



UNIVERSITE d'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO (ESPA)
DEPARTEMENT INFORMATION GEOGRAPHIQUE
Et FONCIERE (IGF)

**Mémoire de fin d'études en vue d'obtention d'un diplôme Licences es-
Sciences Technique**

Intitulé :

**METHODE DE MISE A JOUR DES CARTES
TOPOGRAPHIQUES A L'ECHELLE 1/100 000 A PARTIR
DE L'IMAGE SPOT**

Présenté par :

REGALA Trinôme Joseph

Promotion 2010

Le 05 Avril 2011



UNIVERSITE d'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO (ESPA)
DEPARTEMENT INFORMATION GEOGRAPHIQUE
Et FONCIERE (IGF)



**Mémoire de fin d'études en vue d'obtention d'un diplôme Licences es-
Sciences Technique**

Intitulé :

**METHODE DE MISE A JOUR DES CARTES TOPOGRAPHIQUES A
L'ECHELLE 1/100 000 A PARTIR DE L'IMAGE SPOT**

Présenté par :

REGALA Trinôme Joseph

Promotion 2010

Devant la commission d'examen formée de

- **Président** : Monsieur RABETSIAHINY, Chef de Département Information Géographique et Foncière
- **Rapporteur** : Monsieur RAHAINGOALISON Narizo, Chef de Département Centre national de Télédétection et d'Information Géographique(CNTIG)
- **Examineurs** : RAJAONARISON Jean Désiré, Directeur Technique et enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

RABEMALAZAMANANA, Chef de Département Photogrammétrie
et enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier au terme de cette étude, tous ceux qui ont, de près ou de loin, aider à concrétiser ce travail.

Mes plus sincères remerciements vont tout d'abord à ANDRIANARY Philippe Directeur de l'Ecole Supérieur Polytechnique d'Antananarivo. Qu'il trouve dans ces quelques lignes l'expression de toute ma compassion.

A Monsieur RAZAFINDRABE Franck directeur Générale du FTM de m'avoir accepter à faire le stage au sein de la société.

Merci à Monsieur Narizo RAHAINGOALISON, mon encadreur, pour ses orientations, son écoute, le partage de son savoir et l'attention qu'il a portée à mon travail.

A Monsieur RANDRIAMANANTSOA Pierre de m'avoir épaulé dans le maniement des logiciels.

Je tiens à remercier les membres de jury :

- Monsieur RABETSIAHINY, qui, malgré ses occupations, nous a fait un grand honneur de présider le jury de ce mémoire.
- Monsieur RABEMALAZAMANANA et RAJAONARISON Jean Désiré, examinateurs pour avoir accepté d'affecter un temps à ce modeste travail et de l'attribuer des remarques et des corrections très intéressantes.

Merci également à tous les enseignants du département information géographique et foncière pour leurs compétences et leurs disponibilités.

Je tiens aussi à remercier tous le personnel du FTM de m'avoir fourni les données nécessaires pour réaliser ce travail. Je les remercie aussi pour leurs accueils chaleureux et leur gentillesse.

Enfin je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien et leurs encouragements.

TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	i
Table des matières.....	ii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des abréviations.....	vi
Chapitre1.INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. Contexte général et problématique.....	1
2. Objectifs.....	1
3. Principe du travail.....	2
4. Plan suivi pour la rédaction.....	2
Chapitre2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1. Présentation du FTM.....	3
2. généralités de la télédétection.....	6
2.1. Définitions.....	6
2.2. Principes de la télédétection.....	6
3. Classification d'images.....	12
3.1.Principe de la classification.....	12
3.2.Méthode générale.....	12
4. Evaluation de la qualité de la classification des cartes obtenues par télédétection.....	15
4.1.Stratégie d'échantillonnage.....	16
4.2.Les matrices de confusion et leurs indices.....	16
CHAPITRE 3 : DEROULEMENT DU TRAVAIL.....	17
I.DEBUT DU TRAITEMENT.....	17
1. Plan de situation.....	17
2. Les images SPOT.....	18
2.1.Caractéristiques de l'image SPOT.....	19
2.2.La réponse au besoin multi-échelle de l'image SPOT.....	19
2.3.Unes couverture mondiale à la carte.....	20
3. Les différentes bandes de l'image SPOT.....	21
II. PRETRAITEMENT DE L'IMAGE.....	22
1. Traitements d'image numérique.....	22
2. Moyen technique utilisé.....	23

3. Mosaïque d'images.....	23
4. Géoréférencement de l'image.....	25
5. Coupure d'image.....	25
6. Correction géométrique.....	27
7. Amélioration des images.....	29
7.1.Par rehaussement de contraste.....	30
7.2.Par création des compositions colorées.....	30
8. La corrélation des bandes et le choix des compositions colorées.....	34
III. TRAITEMENT PROPREMENT DIT.....	35
1. Interprétation visuelle.....	35
2. Classification.....	35
2.1.Classification non supervisée.....	37
3. Méthode pour l'échantillonnage.....	38
3.1.Extraction à partir des classes.....	38
3.2.Extraction à partir des couleurs.....	43
4. Travaux sur terrain.....	44
4.1.Matériels requis.....	44
4.2.Données indispensables.....	45
4.3.Principe.....	45
5. Méthode d'extraction des informations à partir du résultat de classification.....	48
IV. METHODE DE MISE A JOUR DE LA BASE DE DONNEES.....	50
1. Introduction.....	50
2. Détail de la mise à jour de la base de données.....	51
2.1.Les informations ponctuelles.....	51
2.2.Les informations linéaires.....	52
2.3.Les informations surfaciques.....	54
CONCLUSON.....	58
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	I
ANNEXES.....	II

LISTE DES FIGURES

figure1 : schéma récapitulatif du processus de la télédétection.....	11
Figure2 : processus de la télédétection.....	12
Figure3 : réponse spectrale typique.....	13
Figure 4 : Visualisation de la P47 par rapport à Madagascar.....	19
Figure5 : Représentation des bandes 1et 2.....	22
Figure6 : Représentation des bandes 3 et 4.....	23
Figure7 : La mosaïque des images bandes panchromatiques de la partie Est et de l'Ouest d'Antananarivo délimitée par la feuille P47.....	25
Figure8:Représentation de l'image relative à la feuille P47.....	25
Figure9 : résultat de la mosaïque d'images.....	29
Figure10: Histogramme après amélioration.....	31
Figure11 : composition 123.....	33
Figure12 : composition 321.....	34
Figure13 : composition 214.....	35
Figure14 : résultat d'une classification non supervisée (60 classe) avec attribut.....	37
Figure15 : exemple d'aire d'apprentissage.....	38
Figure16 : classification selon les classes.....	41
Figure17 : classification à partir de la couleur.....	45
Figure18 : exemple d'image de référence.....	47
Figure 19: zone qui montre la confusion de la rizière au marais.....	48
Figure 20: confirmation d'une information (sol nu).....	48
Figure 21: correction après travaux de terrain.....	49
figure22 : exemple d'occupation du sol (rizière et plan d'eau).....	50
Figure23 : généralisation d'une carte.....	51
Figure24: les habitations.....	52
Figure25 : représentation linéaire.....	53

Figure26 : représentation du nouveau tracé.....	53
Figure27 : représentation linéaire.....	54
Figure28 : représentation d'un nouveau tracé.....	54
Figure29 : représentation de l'évolution de la rizière.....	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Longueur d'onde du visible et de l'infrarouge.....	8
Tableau2 : Représentation générale de la matrice de confusion.....	17
Tableau3 : image SPOT.....	19
Tableau4 : liste des légendes dans la carte topographique au 1 : 100 000.....	43

LISTE DES ABREVIATIONS

GPS : Global Positionning System

OTB : Orfeo Tool Box

FTM: Foiben-Taosaritanin'I Madagasikara

SPOT: Systèmes Pour l'Observation de la Terre

BD : Base de Données

SIG : Système d'Information Géographique

RGB : Red Green Blue

RMS : Root Mean Square

EQM : Erreur Quadratique Moyenne

REM : Rayon Electromagnétique

CRIS : Centre de Réception et de Rectification des Images Satellites

EPCA : Etablissement Public à Caractère Administratif

INDGH : Infrastructure Nationale de Données Géographiques

CNTIG : Centre National de Télédétection et d'Information Géographique

AGEX : Agence d'Exécution

PE1 : Programme Environnemental 1

ACP : Analyse en Composante Principale

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

CHAPITRE 1. INTRODUCTION GENERALE

1. CONTEXTE GENERAL ET PROBLEMATIQUE

Madagascar est parmi les pays en voie de développement qui connaît l'avancement technologique de tous ce qui concerne la topographie du point de vue matériels que logiciels. Comme la station totale, théodolite, GPS ... qui sont très performants à nos jours, et concernant le logiciel de traitement d'image comme l'ERDAS, ENVI, OTB,...sont aussi très améliorés.

De ce faite l'exploitation des photographies aériennes, méthode traditionnelle pour l'acquisition de l'information, a toujours été couteuse. C'est ainsi que les techniques numériques comme la télédétection satellitaire ont connu des développements considérables et intéressants pour la mise à jour des cartes topographiques. Grâce à la télédétection et au SIG (système d'Information Géographique), permettent de fournir aux décideurs des informations spatiales et quantitatives sur l'évolution des occupations du sol et ainsi l'obtention, le traitement et la présentation de ces informations constituent un champ d'étude et de recherche pour certaine projet par exemple.

Madagascar est couvert de 452 feuilles cartes topographiques au 1 : 100 000 (selon les coupures des cartes au 1 :100 000 de Madagascar fournies par le FTM) qui date des années 50 environs et ont subit d'une révision dans les années 70. Actuellement, une recherche de méthodologie de mise à jour de ces cartes à partir des images SPOT est en cours.

L'objectif du travail est de proposes des méthodologies qui contribuent à la mise à jour de la carte topographique au 1 : 100 000 et la base de données BD100.

2. OBJECTIFS

L'objectif du présent travail consiste à proposer des méthodes d'extraction des objets géographiques figurant dans ces cartes à partir des images SPOT. La feuille P47 a été choisie pour faire la pratique et les applications car nous avons du faire des descentes

sur terrain. Les extractions sont faites à partir du logiciel ERDAS IMAGINE 9.1 et dans le but d'avoir des cartes topographiques conformes à la réalité sur terrain en respectant les spécifications techniques de ces cartes.

3. PRINCIPE DU TRAVAIL

Le principe du travail est d'extraire à partir des images SPOT le maximum d'éléments géographiques figurant sur les cartes topographiques au 1 : 100 000 utilisant des différentes techniques de télédétection. En effet, notre méthode consiste à faire des classifications d'images résultant des différentes combinaisons de canaux afin d'avoir des résultats plus claires.

4. PLAN SUIVI POUR LA REDACTION

Après la présentation du FTM nous passons à la généralité de la télédétection. Ensuite, dans le traitement, après avoir situer la zone d'étude et la présentation de l'image, nous entrons dans le contenu du travail qui commence par le traitement préliminaire, la manipulation de l'image par les logiciels ERDAS, la classification et enfin le résultat obtenu par le logiciel SIG.

CHAPITRE 2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. PRESENTATION DU FTM [1]

Le FTM (Foiben-Taosaritanin'i Madagasikara) est un Etablissement Public à Caractère administratif (EPA) chargé de la maîtrise de l'information géographique, hydrographique et cartographique.

Il est placé sous tutelle budgétaire du Ministre chargé du budget, sous la tutelle comptable du Ministre chargé de la comptabilité publique et sous la tutelle technique du Ministre chargé de l'Aménagement du territoire.

Le FTM est doté de la personnalité morale, de l'autonomie administrative et financière, et jouit de l'indépendance technique pour l'exécution de sa mission. Sa gestion est régie par les dispositions par du décret n°2010-0395.

Le FTM est l'Autorité Nationale de la cartographie, de l'Infrastructure Nationale de Données Géographique et Hydrographique (INDGH). Il est seul habilité à apporter son concours par contrats, pour les services et travaux de sa compétence, aux diverses administrations, collectivités et services publics ainsi qu'à des organismes ou personnes privées, lorsque les services ou travaux présentent un caractère d'intérêt général. Il peut en outre sous-traiter lesdits services ou travaux.

Le siège du FTM est situé à Antananarivo.

Le FTM comprend en son sein le Centre National de Télédétection et d'Information Géographique (CNTIG) et une unité de conseil, d'Etude, de Formation et d'Appui, CEFA-FTM. Des agences du FTM peuvent être créées par voie d'Arrêté conjoint des ministères de tutelle budgétaire, de la comptabilité publique et technique.

- Historiques

L'histoire du FTM se résume comme suit :

1972 : l'Etat a pris l'administration de l'IGN.

1974 : création du FTM par le décret n°74001 du 04 janvier 1974 et la gestion du capital et du patrimoine revenait à l'Etat.

1990 : le 15 décembre, réorganisation du FTM par le décret n°90653.

1991 : FTM est devenu l'Agence d'Exécution (AGEX) du Programme Environnemental 1 (PE1), chargé du volet cartographique, télédétection et information géographique.

1993 : mise en place effective du centre national de la télédétection et de l'information géographique (CNTIG).

Depuis juin 2010, le FTM s'est doté d'un statut d'établissement public à caractère administratif.

Actuellement, le FTM est dirigé par Monsieur RAZAFINDRABE Franck, Directeur Général, au rang du Directeur Général du Ministère, et emploie environ 150 personnes.

Depuis 1995 plusieurs cartes thématiques sont obtenues après des classifications et par traitement numérique des images satellitaires.

- Activités

Le FTM a pour mission :

- Implantation et entretien, sur l'ensemble du territoire, les réseaux géodésiques et de nivellement de précision, relatif au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques, altimétriques ;
- D'implanter et entretenir les marégraphes ;

- D'exécuter les levés bathymétriques du littoral, d'établir et mettre à jour les cartes marines des zones maritimes de Madagascar ;
- De réaliser et renouveler périodiquement la couverture photographique aérienne et de coordonner l'imagerie satellitaire sur l'ensemble du territoire national, d'élaborer les produits dérivés tels les orthophotographie numériques et les modèles numériques de terrain ;
- D'établir et mettre à jour les cartes topographiques de base de territoire national et les cartes dérivées ;
- De réaliser les travaux de délimitation des subdivisions administratives et de collectivités territoriales décentralisée du territoire ;
- De constituer et de gérer le référentiel d'adressage et la toponymie ;
- De produire et mettre à jour, sur l'ensemble du territoire, des bases de données géographiques de référence, unique et homogènes ;
- De décrire cartographiquement l'occupation du sol jusqu'à ses parcellaires et d'élabore la nomenclature graphique y afférente ;
- D'accomplir d'une manière générale tout autre activités relatives à l'information géographique de base ;
- D'assurer la maîtrise d'ouvrage délégué de service public en matière d'infrastructure de données géographiques et hydrographiques ;
- D'effectuer des activités de recherche et de développement, d'intérêt général dans les domaines scientifiques, technique et technologiques liés à l'information géographique, hydrographique et cartographique ;
- D'apporter son concours et de délivrer son agrément dans les activités de formation professionnelle dans les domaines scientifiques et techniques liés aux activités mentionnées ci-dessus ;
- De contribuer à la valorisation et à l'exploitation des résultats des activités définies ci-dessus ; et
- De contrôler tous travaux topographiques et tonométriques, tous travaux de nivellement de précision, tous travaux de prises de vues aériennes et tous travaux orthophotographiques et tout rattachement aux systèmes de référence national géodésique et de nivellement.

2. GENERALITES DE LA TELEDETECTION

2.1. DEFINITIONS

- La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact direct avec ceux-ci. En quelques sortes c'est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et techniques pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir des informations recueillies à distance de l'objet détecté [5].
- La télédétection est l'ensemble des moyens et méthodes mis en œuvre pour obtenir des informations à distances d'un objet situé en un lieu éloigné de l'observateur de la surface terrestre ou dans l'atmosphère[5].

Il y a deux méthodes de télédétection [6]:

- **La méthode de télédétection active** qui fournit sa propre source de rayonnement électromagnétique. En effet le capteur est muni d'une source artificielle qui peut produire du rayonnement pour éclairer la cible, donc c'est une méthode qui utilise d'autres sources, en plus du soleil, de rayonnement pour la détection des objets à observer.
- **La méthode de télédétection passive** qui utilise le rayonnement émis par le soleil (source naturelle) pour détecter les objets observés.

2.2. PRINCIPES DE LA TELEDETECTION

La télédétection est utilisée dans des domaines divers : géologie, archéologie, environnement, surveillance maritime, surveillance militaire, et aussi la mise à jour des cartes topographiques. Chacun de ces domaines a ses propres besoins en données, traitement et analyse de l'information. Dans la mise à jour des cartes, on applique presque tout un traitement à partir d'une image SPOT.

- Le rayonnement électromagnétique et les différentes réponses spectrales :

La télédétection spatiale est une mesure de l'énergie émise par la surface de la Terre sous forme de rayonnement électromagnétique (REM).

La plupart des applications de la télédétection utilisent les domaines du visible (0.4 à 0.7 μ m) et de l'infrarouge (0.7 à 1000 μ m) (tableau1). La source d'énergie peut être passive ou active [6].

Région	Longueur d'onde (μ m)	Désignation
Visible	0.40-0.45	Violet
	0.45-0.50	Bleu
	0.50-0.55	Vert
	0.55-0.60	Jaune
	0.60-0.65	Orange
	0.65-0.70	Rouge
Infrarouge	0.7-1.0	Proche infrarouge
	1.0-2.5	Moyen infrarouge
	2.5-1000	Infrarouge thermique

Tableau 1 : Longueur d'onde du visible et de l'infrarouge

- Généralités sur les capteurs [6]

Les satellites de télédétection qui sont en orbite se compose essentiellement : des systèmes de rétablissement d'altitude pour qu'il maintienne son altitude initiale afin d'être à une altitude toujours constante ; des systèmes de commande d'altitude qui ont pour mission de garder l'axe de prise de vue ainsi que la stabilité du vecteur en tangage, en roulis et surtout en lacet ; des systèmes de contrôle pour l'opération au bord et la communication avec la commande au sol ; des systèmes de transmission et de réception pour les données, commande de contrôle terrestre ; le système de stockage des données ; et des capteurs.

Le capteur est un système complexe qui peut capter, analyser, coder, transcrire et envoyer les informations, véhiculé par le rayonnement émis ou réfléchi par le sol observé, vers une station de réception au sol.

En télédétection, quand on parle de capteur, il faut distinguer le mode passif, où l'on enregistre la lumière naturelle, solaire, provenant de l'objet cible, du mode actif où l'on éclaire artificiellement le corps cible avant d'enregistrer le rayonnement que ceux-ci renvoie vers le capteur.

Que le mode soit passif ou actif le capteur est en général composé de :

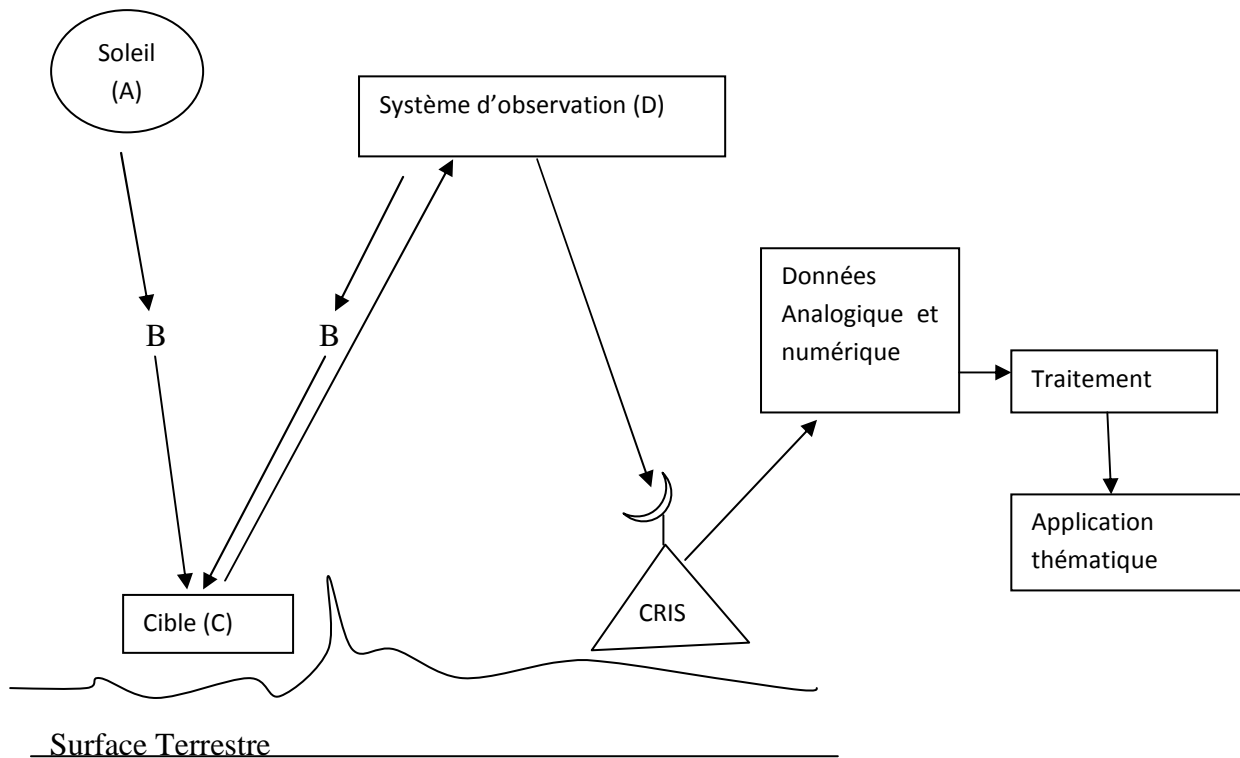
- D'un système optique qui conditionne la limite de résolution spatiale, définit la géométrie de l'information, la caractéristique optique et l'angle de visée du système.
- D'un système-filtre spectral pour la sélection des domaines spectraux de mesures, définit là ou les zones du spectre reçu au capteur.
- D'un système-détecteur qui limite la résolution spectrale et radiométrique, transforme les données reçues en signal qui va être converti en une quantité enregistrable pour l'envoi et l'archivage.

- Processus de la télédétection

Le REM traverse l'atmosphère sous forme d'onde électromagnétique (A) et la surface de la Terre (C) (émission) et dans le sens inverse (réflexion). Les éléments présents dans l'atmosphère comme les particules d'aérosols, les gouttelettes d'eau et divers autres composants de l'atmosphère provoquent deux effets : absorption et dispersion du REM (B) [6].

Le REM qui n'est pas absorbé, ou dispersé, par l'atmosphère arrive à la surface de la Terre où il est absorbé, transmis ou réfléchi selon la propriété des matériaux présents sur la surface. L'énergie émise ou diffusée par la cible est enregistrée sous forme numérique par le capteur embarqué à bord d'un satellite ou d'un avion pour ensuite être transmise à une station de réception située au sol où l'information est transformée en image (numérique ou photographique) (CRIS).

Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image est nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir qui est sous forme de donnée analogique et numérique. La dernière étape du processus de la télédétection consiste à utiliser l'information extraite de l'image par des traitements pour des applications thématiques.



CRIS : Centre de Réception et de Rectification des Images Satellites

Figure1 : schéma récapitulatif du processus de la télédétection

Les caractéristiques de l'énergie incidente, selon le principe de conservation d'énergie sont :

$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$

Où (λ) : longueur d'onde,

E_I : énergie incident ;

E_R : énergie réfléchié ;

E_A : énergie absorbée et

E_T : énergie transmise.

L'absorption (A) se produit lorsque l'énergie du rayonnement est absorbée par la cible, la transmission (T) lorsque cette énergie passe à travers la cible et la réflexion ® lorsque la cible redirige l'énergie rayonnante.

L'énergie incidente totale interagira (exercer une action réciproque) avec la surface selon l'une ou l'autre de ces trois modes d'interaction ou selon leur combinaison. La proposition de chaque interaction dépendra de la longueur d'onde, ainsi que de la nature et des conditions de la surface (figure2)



Figure2 : processus de la télédétection

Source : file:///H:/05_f.php_fichiers/intract.jpg

En télédétection spatiale, on s'intéresse à l'énergie réfléchie E_R qui est la mesure enregistrée par le capteur sous forme numérique représentant la réflectance spectrale $\rho(\lambda)$ qui est la fraction entre l'énergie réfléchie E_R et l'énergie incidente E_I .

Ces nombres sont enregistrés en pixels organisés en matrices de lignes et colonnes qui forment des images. La dimension de cette matrice combinée avec la dimension du pixel correspondant à la portion de la surface de la Terre vue par le capteur.

Chaque pixel est composé de plusieurs mesures du REM ce qui constitue l'approche multispectrale (par exemple, les images Landsat, SPOT ou Ikonos).

L'analyse visuelle ou statistique des réflectances nous permet de discriminer des objets dont la surface spectrale (combinaisons d'intensité d'énergie réfléchie par chaque cible à la surface de la Terre dans des longueurs d'ondes variées) est différente (figure 3).

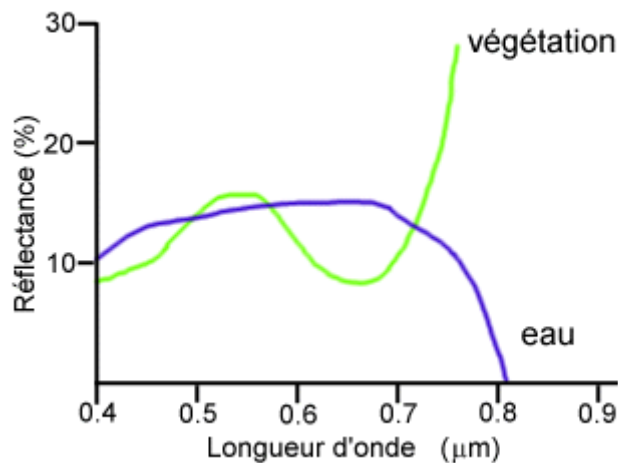


Figure3 : réponse spectrale typique

Source : file:///H:/05_f.php_fichiers/spectrl_f.gif

3. CLASSIFICATION D'IMAGES

Les images obtenues par télédétection permettent, après classification, la construction des cartes d'occupation du sol qui peuvent être utilisées dans la mise à jour des cartes topographiques et d'autres applications. Quel que soit la méthode et l'élément d'analyse (pixel ou objet) utilisés, il est toujours nécessaire d'ajouter à ces méthodes de classification deux places obligatoires : le codage des résultats de la classification obtenue selon une nomenclature prédéfinie et l'évaluation de la qualité des cartes produites [6].

3.1. PRINCIPE DE LA CLASSIFICATION

La classification appliquée a pour but de regrouper des objets, au mieux de leur ressemblance. Lorsqu'elle est appliquée aux images numériques, les objets traités sont les éléments d'image, et leurs ressemblances sont calculées sur la base de leurs caractères que contiennent les densités optique dans chaque canal.

3.2. METHODE GENERALE

La classification appliquée aux images numériques est un modèle, dont le but est d'établir la correspondance entre la valeur radiométrique et la réalité au sol. Tout modèle contient des paramètres dont il faut choisir la valeur :

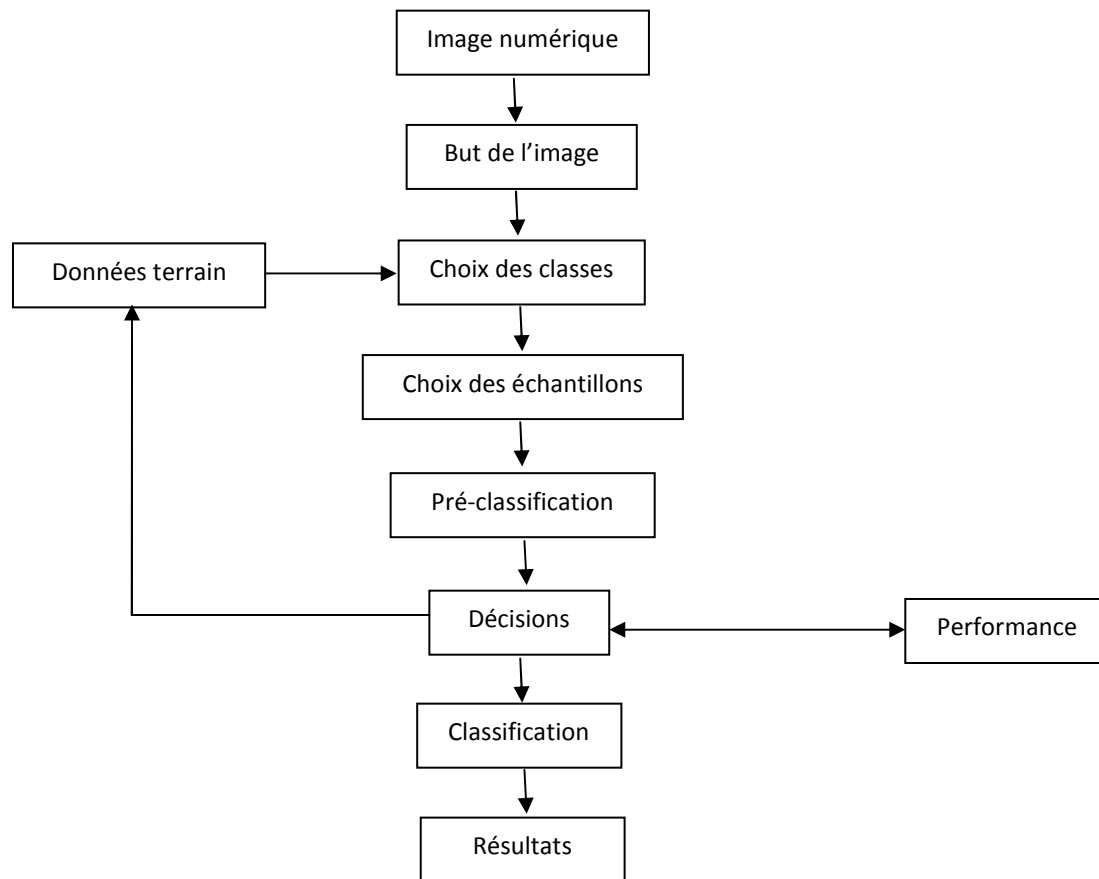
Les valeurs de ces paramètres sont choisies sur la base des données : c'est le calage du modèle qui est essayé sur une autre partie des données ; cette dernière partie est le test du modèle. Après l'analyse du test et qu'on n'est pas satisfait, il est préférable de redéfinir les valeurs des paramètres.

Par définition la classification regroupe des objets en classes, en se fondant sur la ressemblance entre les valeurs mesurés sur ces objets.

En général il existe deux catégories de méthodes d'extraction d'information à partir d'image satellite, indépendamment de l'unité spatiale d'analyse utilisé [6]:

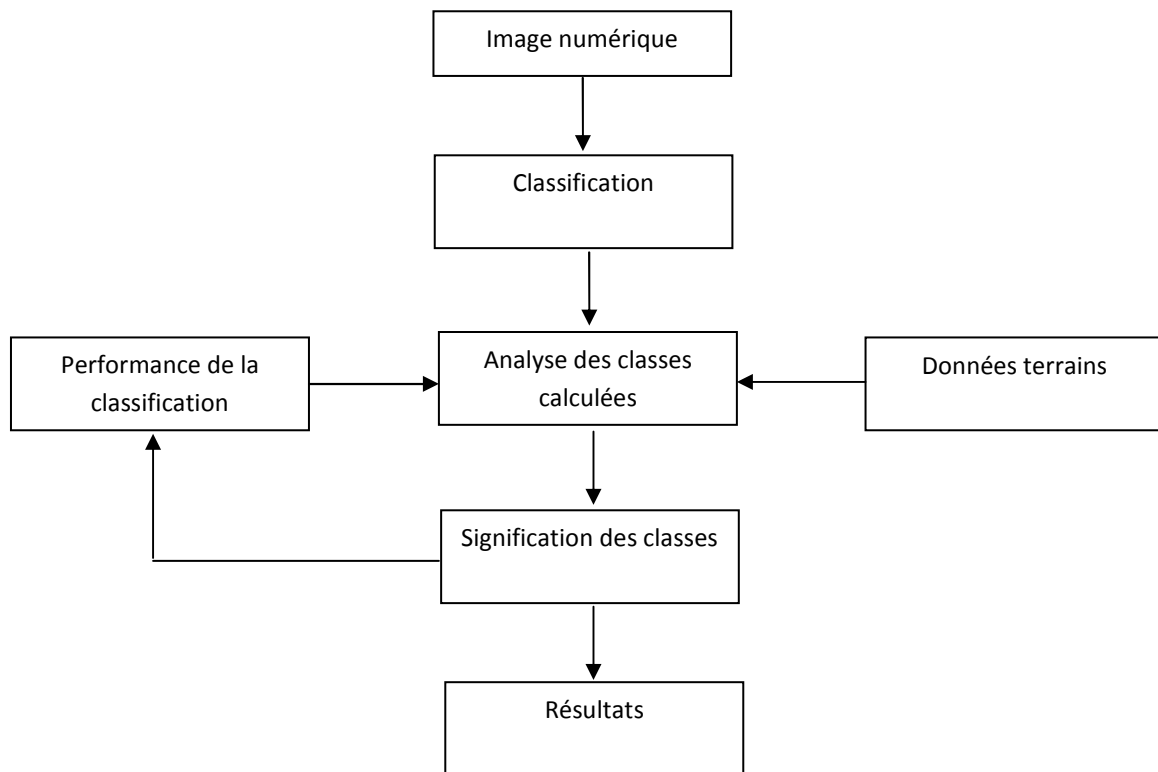
- La classification supervisée et
 - La classification non supervisée
- **La classification supervisée** où un ensemble d'individus doit être réparti en un certain nombre de classes défini à priori. Elle consiste à affecter des objets inconnus à des classes prédéterminées. En effet l'opérateur choisit le nombre de type de classes, selon ce qu'il connaît des objets au sol et en fonction des impératifs de son étude. Il est nécessaire qu'il connaisse les caractéristiques au sol d'une portion de la zone d'étude, portion appelée la zone de test. Ensuite il repère sur l'image des zones représentatives des classes choisies: les caractères des zones de calage, qui permettent la définition des classes: les caractères des zones de calage, en particulier les valeurs radiométriques qui y sont mesurées dans des différents canaux, sont identifiés aux caractères des classes qui y sont définis par échantillonnage.

Schéma de la classification supervisée



- **La classification non supervisée** où les individus en classes calculées, en fonction de leurs degrés de ressemblance. La correspondance existant entre les classes ainsi définies et la réalité s'effectue à postériori. Le principe de cette classification est de constituer automatiquement des classes par le regroupement des points en ces diverses classes. Il est basé uniquement à partir des caractéristiques radiométriques des objets au sol mesurées sur les images. L'opérateur n'intervient que pour définir la correspondance entre les classes ainsi calculées et la réalité des objets au sol (pour cela il est nécessaire de s'appuyer sur des zones de test sur lesquelles les caractéristiques sont connues).

Schéma de la classification non supervisée



4. EVALUATION DE LA QUALITE DE LA CLASSIFICATION DES CARTES OBTENUES PAR TELEDETECTION

Une classification n'est pas complète sans l'évaluation de son exactitude. En effet on ne peut pas utiliser des données obtenue par télédétection avec certitude si on ne sait pas quel est, statistiquement, le niveau d'erreur qui lui est associé. L'évaluation de la qualité des cartes obtenues par télédétection se fait par comparaison entre la carte obtenue dans le processus de classification et les données de référence qui peuvent être obtenue sur le terrain ou à partir de photographies aériennes avec une résolution spatiale supérieure à celle des images utilisées dans la production de la carte. La relation entre les deux ensembles de données se fait à partir des matrices de confusion [5].

Il faut définir une stratégie d'échantillonnage pour construire les matrices de confusion et extraire les indices : exactitude globale, exactitude pour le producteur, exactitude pour l'utilisateur, erreur par défaut et erreur par excès.

4.1. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

Il existe plusieurs type d'échantillonnage (aléatoire simple, aléatoire stratifié,...) mais la plus utilisée est l'échantillonnage aléatoire simple, jugé le plus fiable pour l'utilisation correcte des indices. Néanmoins, un échantillonnage non stratifié a plus de difficultés à garantir un nombre d'échantillons qui soit représentatif pour chaque classe.

Pour la taille de l'échantillon, elle doit être suffisamment grande pour permettre une analyse statistiquement significative.

4.2. LES MATRICES DE CONFUSION ET LEURS INDICES

L'exactitude d'une classification est évaluée à l'aide d'une matrice de confusion en comparant le nombre de pixels bien classés par rapport au nombre total de pixels. Les éléments de la diagonale de la matrice représentent la fréquence de concordance entre la carte classifiés et les données de référence [7].

Classe de la carte classifiée	Classe de la carte de référence			
	1	2	...	n
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}
Total référence	$a_{.1}$	$a_{.2}$...	$a_{.n}$

Tableau2 : Représentation générale de la matrice de confusion

CHAPITRE 3 : DEROULEMENT DU TRAVAIL

I.DEBUT DU TRAITEMENT

1. PLAN DE SITUATION

Avant d'entrer dans le détail du travail, il est évident de donner une situation du domaine d'étude. La feuille P47 qui constitue Antananarivo (capital de Madagascar) et ses environs est comprise dans la grille SPOT dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ID = 360
- K = 388
- J = 169
- KJ = 169388

Elle est située au centre des quatre (4) feuilles dont au Nord est le P46 celle d'Ambohimanga ; au Sud par P48 celle d'Ambatolampy ; à l'Est par Q47 celle de Manjakandriana et à l'Ouest par O47 celle d'Arivonimamo.

Caractéristique de la feuille P47 :

- UL : X= 501 548.49 m
Y= 810 700.42 m
- Projection conforme Laborde
- Origine de la projection : latitude=21^{Gr}00 Sud / Longitude=49^{Gr} Est Paris
- Coordonnée origine de la projection : XV=400Km / YV=800Km

Voici le plan de situation :

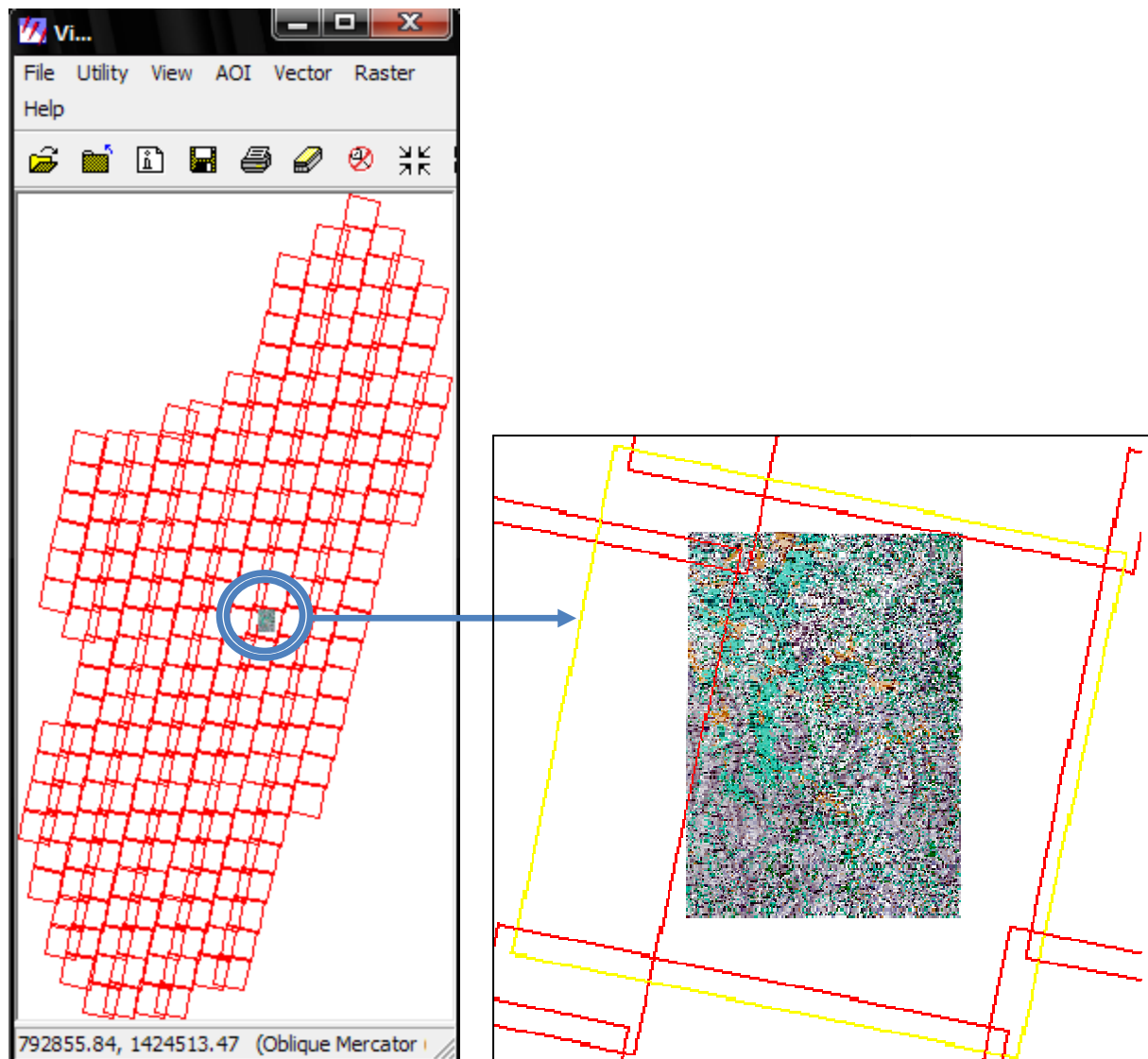


Figure 4 : Visualisation de la P47 par rapport à Madagascar

2. LES IMAGES SPOT

Les satellites SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre ou Satellite Pour l'Observation de la Terre) sont une série de satellites de télédétection civils d'observation du sol terrestre. Les images Spot sont commercialisées par la société Spot Image.

Un des grands atouts du système SPOT est sa capacité de dépointage de son instrument imageur principal de part et d'autre de la trace au sol du satellite, de $+31,06^\circ$ à $-31,06^\circ$. Ceci

lui confère une très grande flexibilité d'acquisition, en ramenant notamment la répétitive d'acquisition (fréquence temporelle ou fréquence de revisite) à 2-3 jours[9].

L'image SPOT a trois Génération :

- La 1^{re} génération : SPOT 1 ; 2 ; 3
- Le 2^e génération: SPOT-4 ;
- Le 3^e génération: SPOT-5.

2.1. CARACTERISTIQUES DE L'IMAGE SPOT

Produits	Panchromatique : 2,5 m - 5 m - 10 m Multispectral : 2,5 m - 5 m - 10 m - 20 m
Bandes spectrales	P (panchromatique) ; B1 (vert) ; B2 (rouge) ; B3 (proche infrarouge) ; B4 (MIR : moyen infrarouge, pour Spot 4 et 5)
Emprise	60 x 60 km
Revisite	2 à 3 jours 1 jour avec la constellation des satellites Spot
Programmation	Oui, standard ou prioritaire
Archive mondiale	> 20 millions d'images depuis 1986
Angle de visée	Visée latérale : +/- 27 ° Stéréo avant / arrière avec Spot 5
Précision de localisation	< 30 m (1 σ) pour Spot 5 < 350 m (1 σ) pour Spot 1 à 4 Produits ortho : < 10 m (1 σ) si utilisation de la base Reference3D sinon dépend de la qualité des points d'appuis et MNE utilisés
Niveaux de prétraitement	1A, 1B, 2A, 2B, Ortho

Tableau3 : image SPOT

2.2. LA REPONSE AU BESOIN MULTI-ECHELLE DE L'IMAGE SPOT

Les images SPOT offrent le meilleur compromis résolution et couverture. A la fois précise et globale, une seule image SPOT couvre une zone de 3 600 km², dans une gamme de

résolutions de 20m à 2.5m, avec une précision de localisation jusqu'à 10m. Ces caractéristiques sont idéales pour des travaux à échelle régionale du 1 : 100 000 au 10 000 [9].

2.3. UNE COUVERTURE MONDIALE A LA CARTE

Des dizaines de millions d'images du monde entier sont collectées par les satellites SPOT depuis 1986. Cette archive constitue une source considérable d'information récentes ou historique pour les études multitemporelles.

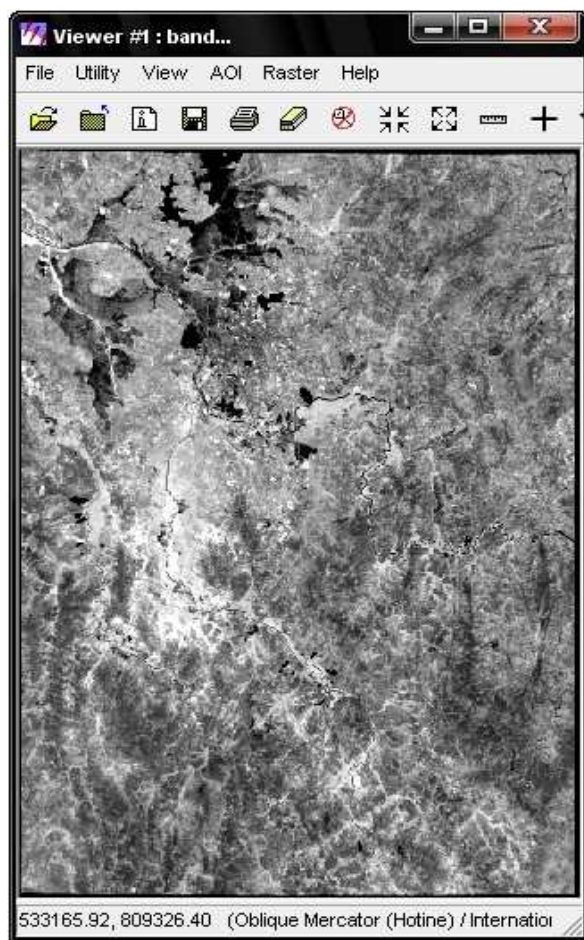
De plus, les satellites SPOT peuvent être programmés pour répondre aux exigences temporelles et géographiques. Nous bénéficions alors d'un service privilégié à toutes les étapes : analyses des besoins, proposition de programmation, validation des images, bilan régulier des tentatives de prises de vues [9].

En résumé, l'image SPOT nous offre :

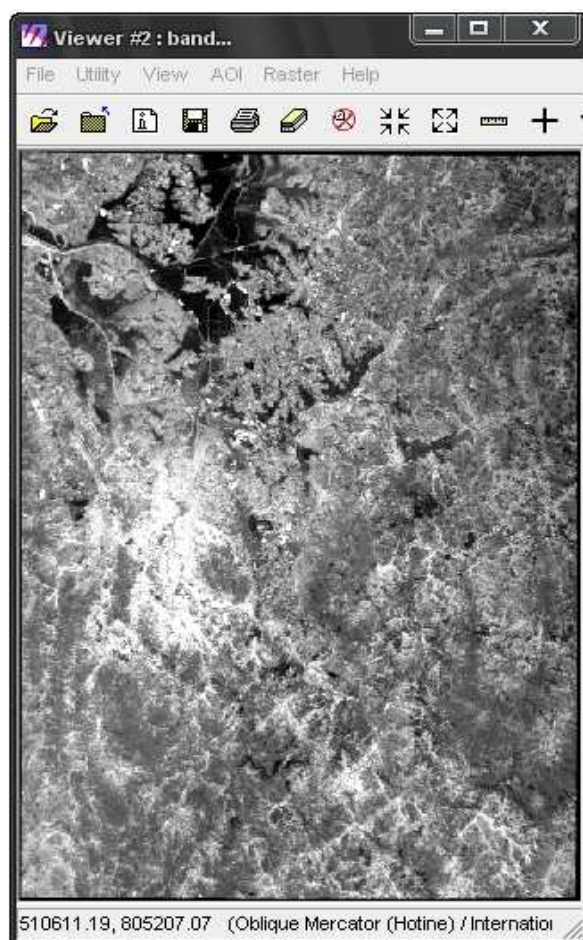
- La combinaison optimum de la résolution, couverture et précision.
- La réponse aux besoins multi-échelle
- Une couverture mondiale à la carte (archive globale et récente, service de programmation sur mesure)
- Des ortho-images de précision grâce à la base de calage Référence 3D
- Une disponibilité rapide des produits

3. LES DIFFERENTES BANDES DE L'IMAGE SPOT

Les deux images représentent respectivement les bandes 1 et 2 de la zone d'étude :



Bande 1 : Vert (0,50 - 0,59 μm)



Bande 2 : Rouge (0,61 - 0,68 μm)

Figure5 : Représentation des bandes 1et 2

Les deux images représentent respectivement les bandes 3 et 4 de la zone d'étude :

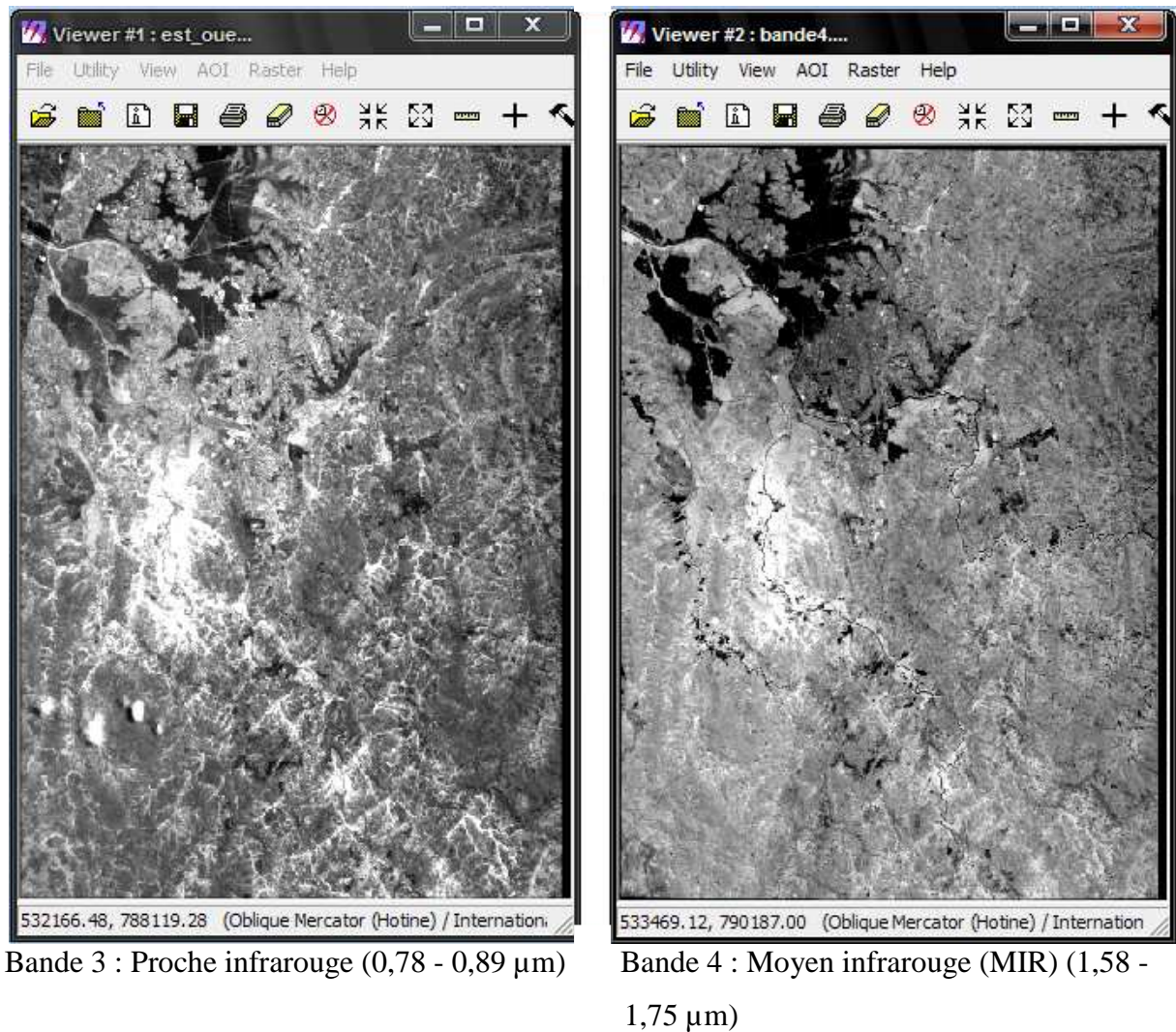


Figure6 : Représentation des bandes 3 et 4

II. PREPARATION DE L'IMAGE

1. TRAITEMENTS D'IMAGE NUMERIQUE

Ils se composent d'un ensemble d'opérations de traitements appliqué aux données brutes pour leur donner la forme et les réalités qu'en attendent les utilisateurs, à savoir la décodification des données par exemple. En effet les satellites envoient une quantité énorme d'informations vers la station de réception. Ils ont intérêt à réduire le volume des données à

transmettre. La première tâche du centre est donc de décoder ces informations pour retrouver les informations créées par le capteur [5].

2. MOYEN TECHNIQUE UTILISE

Divers logiciels ont été mis en œuvre pour la réalisation de cette étude. La partie télédétection a été réalisée à l'aide de deux logiciels différents : ERDAS IMAGINE 9.1 et OTB.

- Erdas Imagine 9.1 est destiné au traitement des images satellitaire. En plus des outils de classification classique basés sur la radiométrie des pixels et quelques paramètres texturaux (filtres), ce logiciel très complet inclut un module de géoréférencement et des outils de visualisation très performants. Il a été utilisé pour les phases suivantes : mosaïque d'image, coupure, correction géométrique, classification radiométrique, calcul des matrices de confusions.
- L'OTB nous a servi uniquement que pour l'extraction des néocanaux parce que ce logiciel n'est pas encore acquis. De même nous n'avons pas reçue des formations sur la fonctionnalité de ces outils (annexe 8).

La partie cartographie a été effectuée avec Arc View 3.2 et ArcView 9.2.

3. MOSAÏQUE D'IMAGES

La feuille P47 est incluse dans deux images que ce soit la bande panchromatique ou multi-spectrales. Donc pour avoir une image complète il faut faire la mosaïque des images. Cela consiste à fusionner deux ou plusieurs images afin d'avoir une vue homogène et nette de la zone d'étude et y compris la cohérence des données comme la concordance des coordonnées et la projection.

Voici la représentation de la mosaïque des images de la bande panchromatique relative à la partie Est et de l'Ouest d'Antananarivo délimité par la feuille P47 :

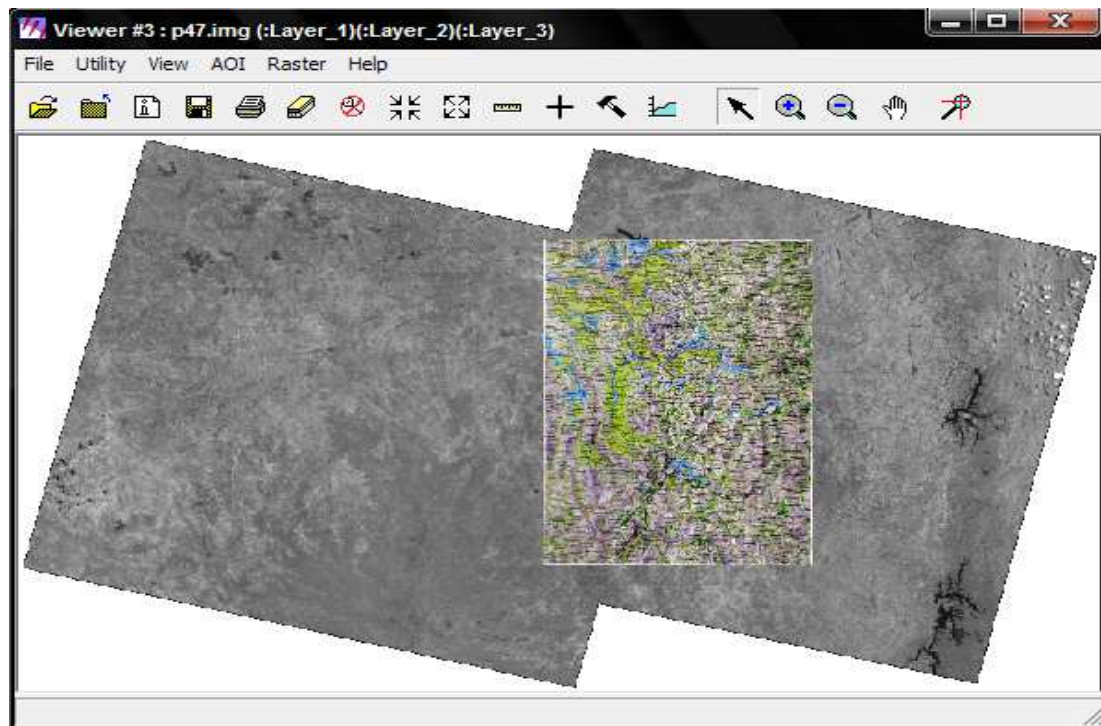


Figure7 : La mosaïque des images bandes panchromatiques de la partie Est et de l'Ouest d'Antananarivo délimitée par la feuille P47

Commande : data Prep – mosaic images – chargé les images - OK

Résultat :

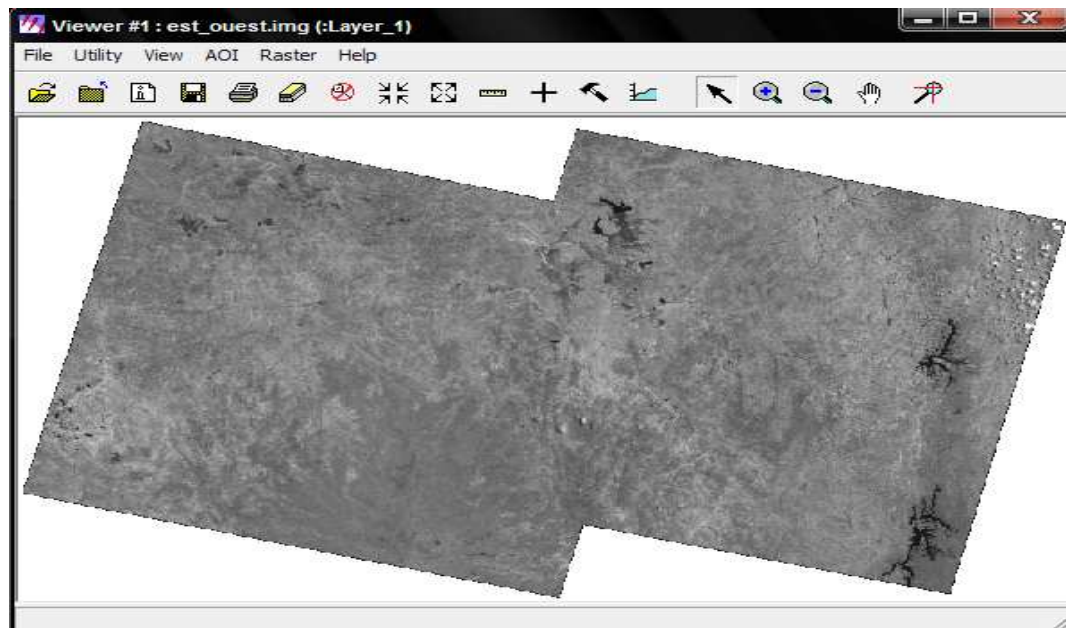



Figure9 : résultat de la mosaïque d'images

4. GEOREFERENCEMENT DE L'IMAGE

Pour géoréférencement, il suffit d'introduire les paramètres suivants qui sont ceux du Laborde Madagascar :

Projection type:	Oblique Mercator (Hotine)
Spheroid name:	International 1909
Datum name:	Tananarive observatory 1925
Scale factor at center:	0.999500
Latitude of point of origin:	18:54:00:000000S
False easting:	1113136.314600 meters
False northing:	2882900.727900 meters
Do you want to enter either:	azimuth and longitude
Azimuth east for central line:	18:54:00.000000
Longitude of point of origin:	46:26:14.02502 ^E

Pour les introduire dans ERDAS on suit successivement les étapes suivantes :

On visualise une image qui a déjà ces paramètres puis à l'aide de ce bouton :  on introduit ces paramètres en ajoutant ou modifiant les paramètres existant et sauvegarder.

5. COUPURE D'IMAGE

Après la mosaïquage des images, le découpage suivant la feuille P47 est une étape importante dans le traitement, vu la taille de l'image [(60km×60km)×2].

Après opération faite par le logiciel (à l'aide l' « AOI » ou « inquire box » qui sont l'outil de coupure) nous avons une image de la taille de la feuille P47 avec les 4 bandes.

Commande : interpreter > utilities > subset >

Définition de subset : Employez ce groupe pour définir un secteur rectangulaire des données à employer comme dossier de production. Les coordonnées du sous-ensemble peuvent être dérivées d'une boîte d'investigation dans la visionneuse ou en écrivant des valeurs explicites de X, de Y pour le supérieur-gauche et des coins inférieurs droits du sous-ensemble. Les coordonnées de défaut sont le dossier d'entrée entier [8].

Inquire box : Employez ce dialogue pour voir les coordonnées des coins d'une boîte d'investigation, ou pour les éditer en écrivant des coordonnées spécifiques. Pour utiliser la boîte d'investigation avec succès, l'image doit être orientée à son système de carte, et aucune rotation ne devrait être appliquée à la visionneuse [8].

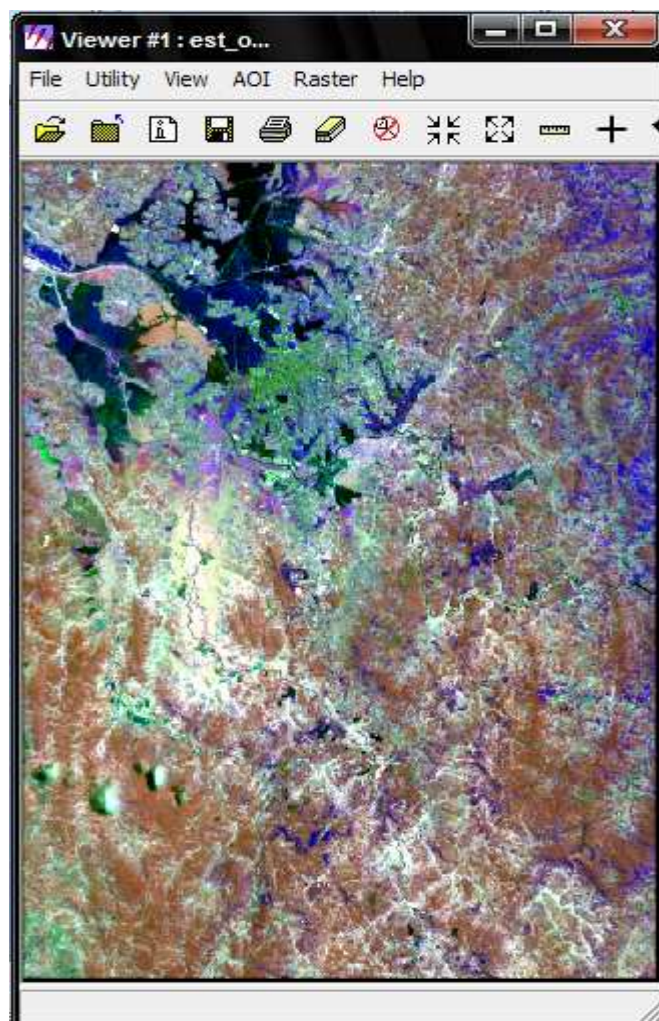


Figure8:Représentation de l'image relative à la feuille P47

6. CORRECTION GEOMETRIQUE

Les images enregistrées par les capteurs des satellites contiennent des erreurs géométriques et radiométriques qu'il faut corriger, ou minimiser le plus possible, avant de les utiliser.

- Les erreurs radiométriques sont provoquées par les instruments utilisés pour l'enregistrement des données et par les effets atmosphériques (absorption et diffusion des gaz, aérosol et poussières). Chacune de ces erreurs doit être corrigée en utilisant des techniques spécifiques à sa nature [8] (annexe 1).
- Les erreurs géométriques peuvent être provoquées par divers facteurs au moment de l'acquisition de l'image comme la variation de la vitesse, l'altitude et l'orientation du satellite, la courbure et le mouvement de rotation de la Terre et au relief de la surface. Comme pour les erreurs radiométriques, des techniques spécifiques à chaque facteur existent pour leur correction [8] (annexe1).

L'erreur quadratique moyenne (EQM) mesure la distorsion obtenue dans le processus de correction géométrique d'image et représente la différence entre le résultat d'une coordonnée pour un point de contrôle et sa valeur réelle. Cette erreur est relativement sous forme RMS (Root Mean Square) dans le logiciel et doit être inférieure à 1 pixel pour les études de changement [5].

Etapes suivies :

Ce module permet le traitement des points d'appui qui sont :

- Points de référence
- Points de placement sur l'image

Le but de la prise de point d'appui est souvent de préparer un nouvel échantillonnage de l'image. L'image de référence ici est la carte topographique au 1 : 100 000

➤ *Placement des points d'appui :*

Après chargement des images, l'opérateur peut changer, avant tout chose, la forme et la couleur du curseur qui lui permettra de placer ses points d'appui. Ensuite, pour que la distorsion soit parfaite il faut que la répartition des points soit bien faite (figure9).

Commande : visualisation de l'image à corriger > raster > geometric correction > polynomial > choix de projection > charger l'image de référence > OK

⊕
GCP #1 : point d'appui pointé sur l'image et symbolisé par ERDAS

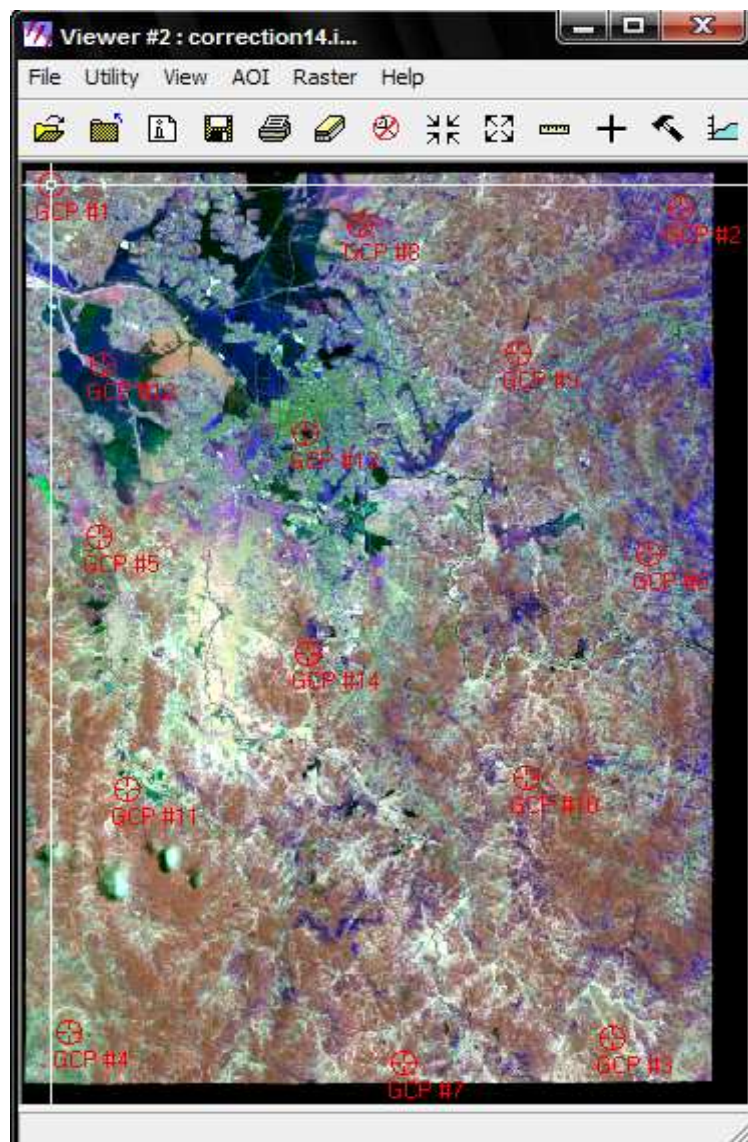


Figure9: image avec répartition des points d'appuis

Après placement des points le logiciel fait en même temps le calcul des résidus sous forme RMS :

GCP Tool : (Input : 413_corr.img) (Reference : ref.gcc)

File View Edit Help

Control Point Error: (X) 3.5266 (Y) 2.9108 (Total) 4.5728

Point #	X Input	Y Input	>	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error
1	502266.180	810281.898			502268.836	810281.181	Control	3.708	-2.655	4.560
2	531747.525	809112.823			531696.726	809169.756	Control	-3.021	2.617	3.997
3	528400.887	768529.038			528444.506	768597.712	Control	-2.616	-0.162	2.621
4	503126.299	768973.515			503105.287	768890.651	Control	1.121	-3.434	3.612
5	504552.287	793192.677			504569.982	793058.114	Control	-4.645	0.707	4.698
6	530174.802	792309.922			530205.129	792260.005	Control	0.970	0.008	0.970
7	518698.994	767253.275			518705.780	767309.379	Control	-0.153	4.867	4.870
8	516743.242	808256.856			516709.013	808296.918	Control	-2.347	-3.284	4.037
9	524131.329	802020.222			524125.151	802013.676	Control	5.214	-0.873	5.286
10	524400.411	781289.834			524442.003	781244.903	Control	4.491	-5.329	6.969
11	505826.573	780887.361			505843.369	780757.668	Control	3.436	1.076	3.601
12	504688.096	801590.162			504698.516	801514.485	Control	-2.598	5.057	5.685
13	514208.139	798154.516			514216.043	798100.849	Control	2.848	1.429	3.187
14	514286.349	787409.254			514299.740	787321.891	Control	-6.408	-0.025	6.408
15							Control			

Formule du calcul de la RMS :

$$RMS = \sqrt{(X_{residual})^2 + (Y_{residual})^2}$$

RMS (erreur moyenne)

7. AMELIORATION DES IMAGES

Les informations sur l'image peuvent être identifiées selon la qualité de cette dernière. En effet une image est dite lisible si d'une part elle est informative c'est-à-dire que les détails présents sont nets et clairs, et d'autre part elle est agréable à l'œil (l'œil humain peut séparer les couleurs présentes). Ce que l'on cherche par les différentes opérations et d'améliorer le maximum de discrimination de l'information.

Il existe plusieurs techniques d'amélioration de la qualité des images pour réaliser une analyse et une extraction des informations.

7.1. PAR REHAUSSEMENT DE CONTRASTE

Il est clair que le but des améliorations des images est de transformer les données en des phénomènes évidents ou d'objet que des analystes ou les photo-interprètes ont besoin.

Rappelons qu'une image peut être présentée par son histogramme, qui est la fonction exprimant le nombre des pixels associées à chaque compte numérique ou valeur radiométrique, qui peut être numérique ou graphique. Cette modification de l'histogramme a pour effet de rehausser le contraste de l'image.

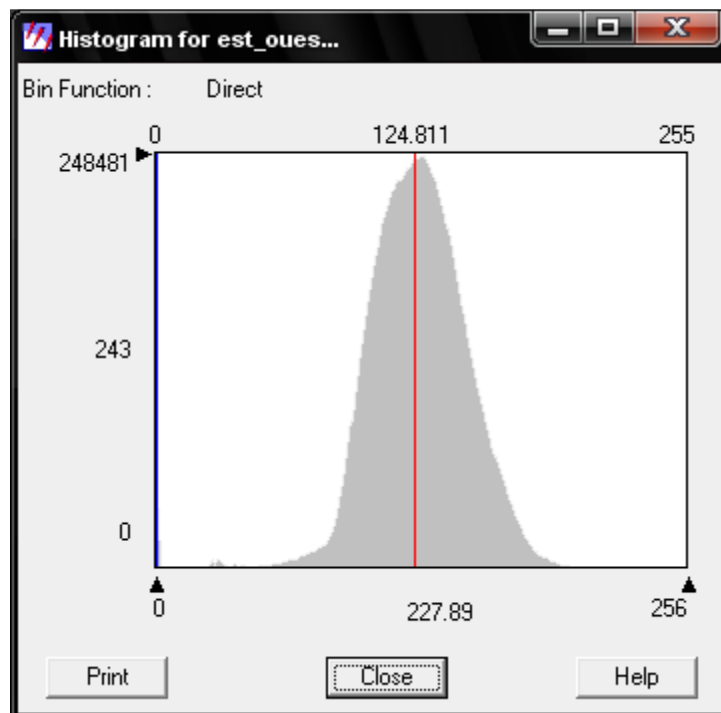


Figure10: Histogramme après amélioration

Pour une bonne visibilité de l'image, nous avons appliqué le « Standard Déviation Stretch »

Commande : visualisation de l'image > contrast > Standard Déviation Stretch

7.2. PAR CREATION DES COMPOSITIONS COLOREES

L'image en noir et blanc présente les informations en tons de gris et l'œil humain ne distingue que 20 couleurs parmi les 256 niveaux différents. Une présentation en couleurs des

images contribuera aux photo-interprètes la direction des informations. C'est le principe de la composition colorée qui consiste à afficher les différents composants de l'image en rouge, vert et bleu, couleurs fondamentales.

Parmi les quatre bandes, 24 fichiers de composition colorées sont possible par leur permutation : 123 ; 321 ; 214 ;...

Commande : interpreter > utilities > layer stack

➤ *Composition 123-RGB ou composition infra rouge fausses couleurs :*

Cette composition colorée est très utile pour distinguer les types de végétation. En effet, les végétaux ont une réflectance qui augmente rapidement vers le proche infrarouge. Ils apparaissent donc dans des teintes dégradées de rouge sur la composition. Les végétaux chlorophylliens répondent en magenta tandis que les non chlorophylliens sont en brun vert. A l'opposé, l'eau a une réflectivité quasi nulle dans l'infrarouge et répond donc en foncé (figure11).

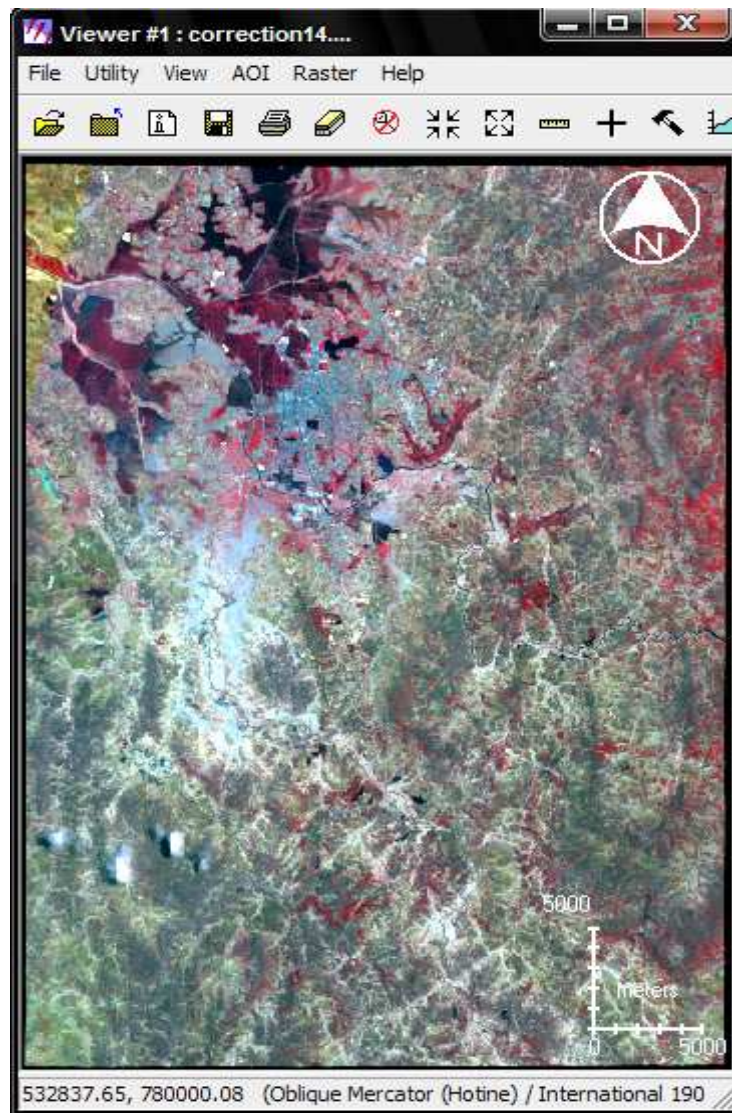


Figure11 : composition 123

➤ *Composition 321-RGB :*

Il y a donc une bonne différenciation entre les végétations, les sols nus et les zones bâties qui répondent en mauve ainsi qu'entre les types de végétaux chlorophylliens dans les teintes bleues et non chlorophylliens en vert sombre. Les zones humides de type rizières inondées, lacs ou rivières ont une couleur variant du noir au bleu violet en suivant la profondeur (figure12).

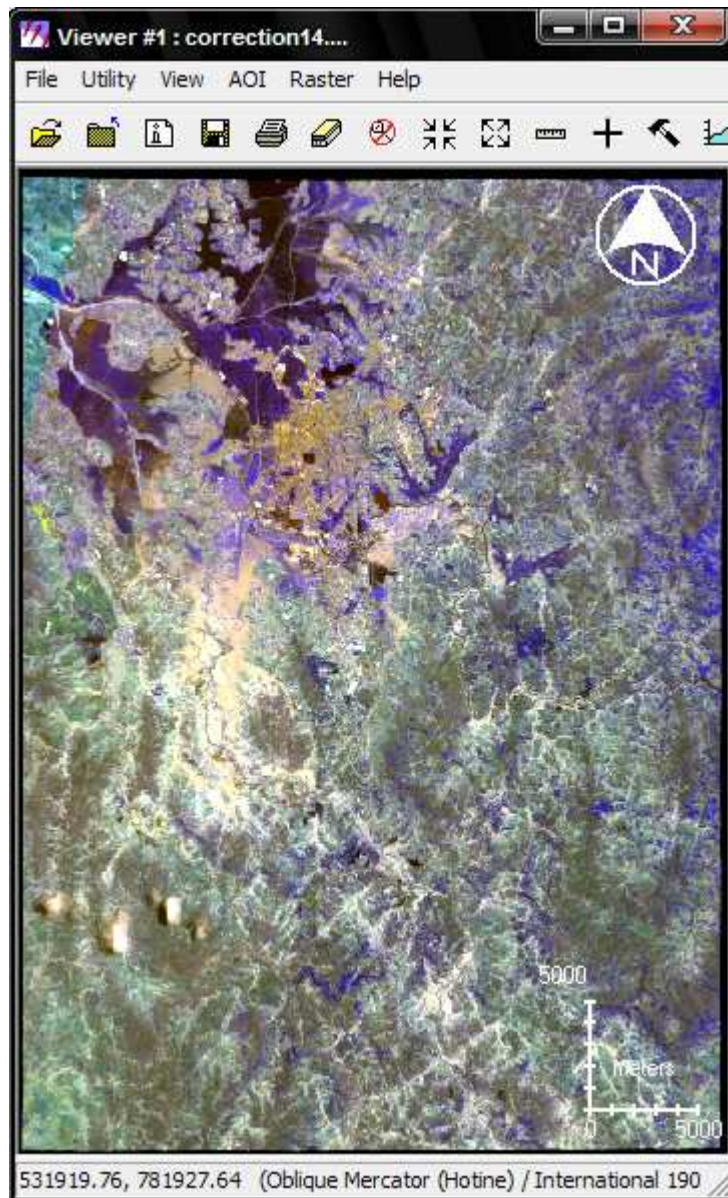


Figure12 : composition 321

➤ *Composition 214 :*

Le principal avantage de cette composition est qu'on peut bien distinguer l'eau qui prend la teinte noire, les zones inondées qui se présentent en teinte différentes avec les surfaces bâties en vert foncé, les sols nus blanc, la savane en marron foncée et la végétation qui apparaît en violet foncé et clair (figure13).

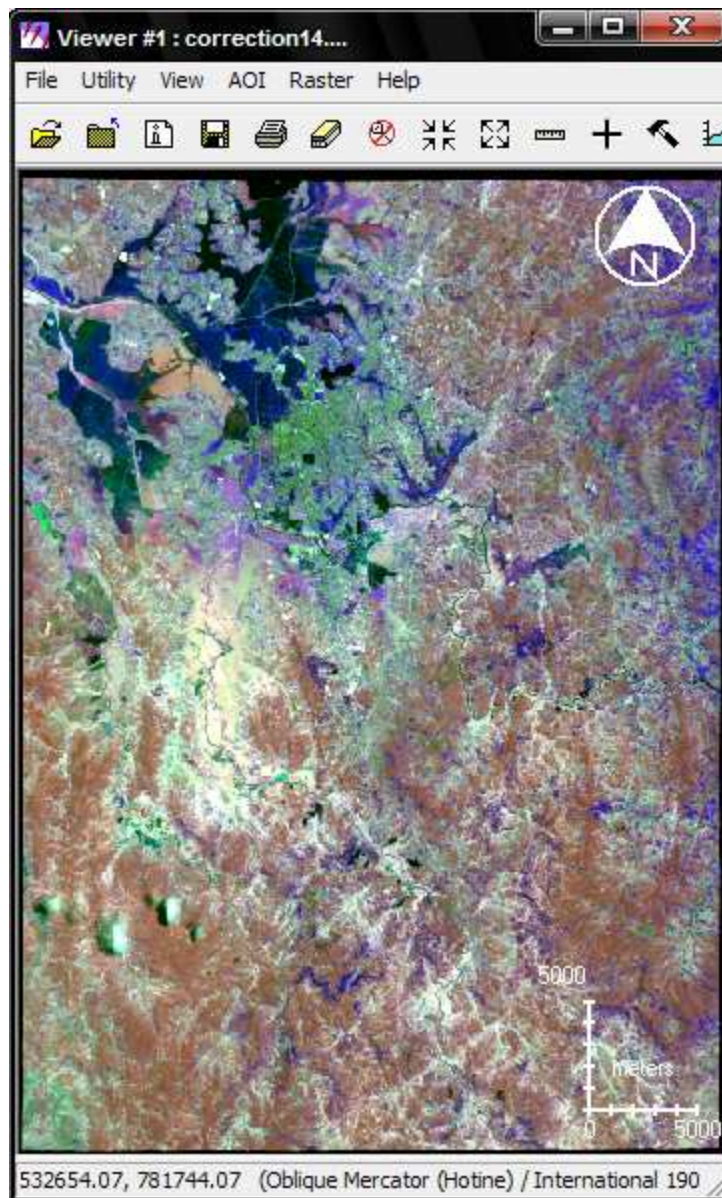


Figure13 : composition 214

8. LA CORRELATION DES BANDES ET LE CHOIX DES COMPOSITIONS COLOREES

Afin de mettre en évidence le plus d'éléments sur une même composition colorée, il faut étudier leur corrélation par bande spectrale. Le but est de choisir les bandes les plus décorréélées, c'est-à-dire avec des réponses le plus séparées.

Durant toute opération de traitement nous avons choisi la combinaison 214 parce que les objets géographiques sont nets comme les rizières, savanes, végétations, sol nu, habitation et il ne reste à faire qu'à les déterminer à partir de la clé d'interprétation.

III. TRAITEMENT PROPREMENT DIT

Durant tout le travail, nous avons fait des divers traitements pour aboutir au résultat. Nous avons fait tout d'abord le traitement visuel afin de définir la clé d'interprétation et après les classifications non supervisée et supervisée.

1. INTERPRETATION VISUELLE

Le but dans l'interprétation est de savoir le contenu de l'occupation du sol de la zone et de connaître telle couleur correspond à telle occupation.

- **Avantage :** cette méthode permet d'avoir une vision globale de la zone et d'identifier les éléments géographiques symbolisés dans la carte topographique au 1 : 100 000. Chaque composition affichée dans des différentes fenêtres donne des informations complémentaires qui facilitent cette opération d'identification.
- **Inconvénients :** cette méthode demande une expérience du savoir faire, elle est limitée dans le domaine du visible (voir 7.2.création de composition coloré), elle exige du temps pour dessiner.
- **Conditions :** elle exige un savoir faire de l'analyse et une familiarisation avec la zone d'étude.

2. CLASSIFICATION

La classification appliquée a pour but de regrouper des objets, au mieux de leur ressemblance. Lorsqu'elle est appliquée aux images numériques, les objets traités sont les éléments d'image, et leurs ressemblances sont calculées sur la base de leurs caractères qui constituent les densités optiques dans chaque canal.

2.1. CLASSIFICATION NON SUPERVISEE

Elle consiste en l'agrégation des pixels d'une image en classe spectrales sans connaître à priori la signification thématique de celles-ci. L'utilisation de ce type de méthode s'avère intéressante quand l'acquisition d'échantillonnage pour faire une classification supervisée est impossible. Elle n'utilise pas d'aires d'apprentissage pour l'identification des pixels et fait une agrégation en groupe naturel, non nécessairement contigus, en nombre défini par l'utilisateur.

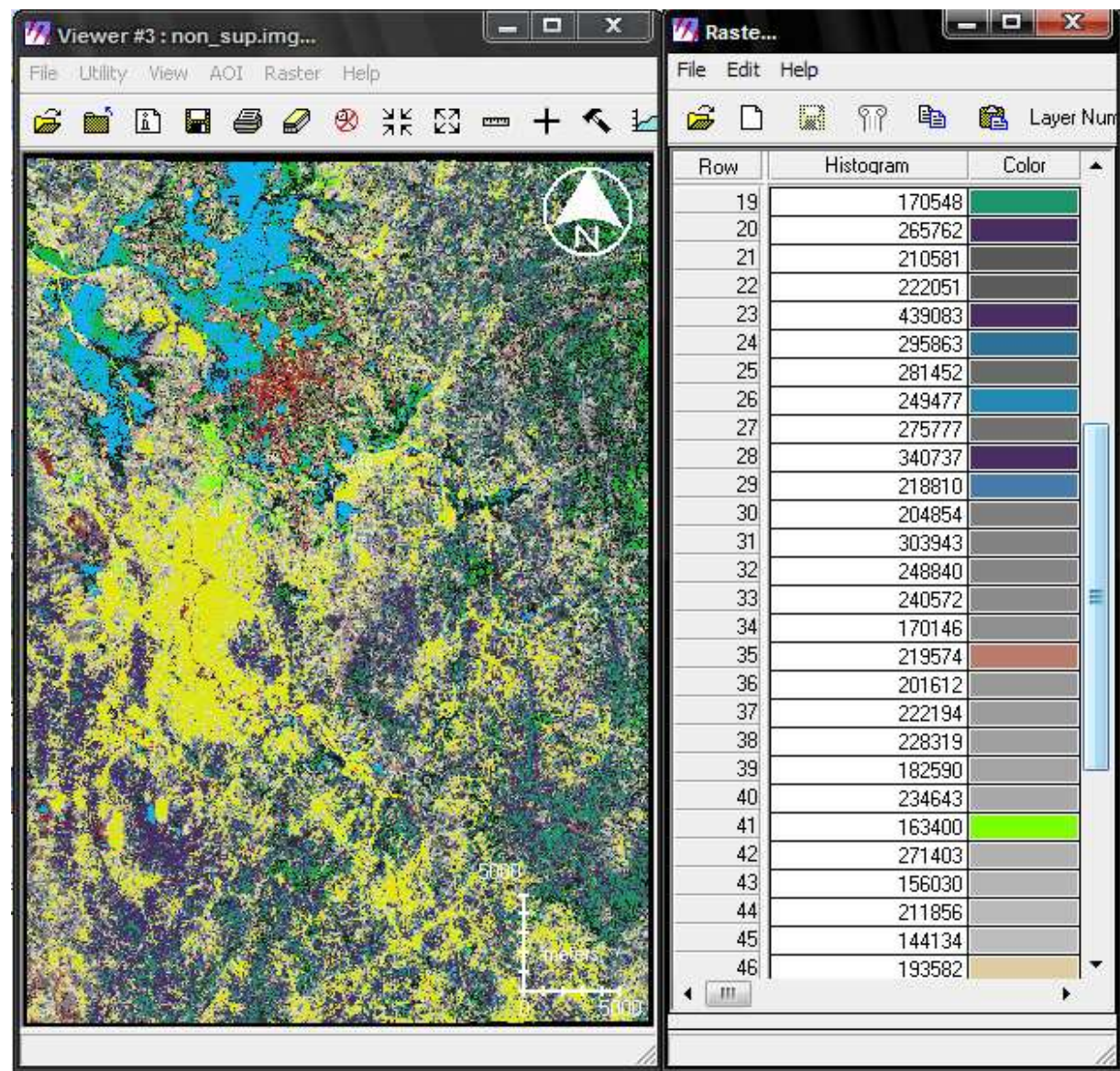


Figure14 : résultat d'une classification non supervisée (60 classe) avec attribut

Ce mode de classification n'est pas idéal pour faire une carte d'occupation du sol parce qu'il y a beaucoup de confusion entre deux ou plusieurs identités différentes. Il y a

confusion car ils ont une même valeur radiométrie enregistrée par le capteur, et c'est la raison pour laquelle nous avons choisi le nombre de 60 classes pour bien les déterminer.

Le résultat donne une image noir et blanc et c'est dans l'« attribut » de chaque classe qu'on colorie à nouveau. L'agrégation de plusieurs classes permet de reconstituer une entité géographique par exemple la rizière et dans le but de minimiser le nombre de classe et de simplifier le résultat.

2.2. CLASSIFICATION SUPERVISEE

La classification supervisée est basée sur des aires d'apprentissage et comporte deux étapes :

- La sélection des aires d'apprentissage (les échantillons) pour chaque classe selon la nomenclature adoptée (figure15)



Figure15 : exemple d'aire d'apprentissage

- La classification des pixels ou objets d'image qui ont été choisis dans la première étape, en utilisant les algorithmes spécifiques.

Parmi les algorithmes de classification supervisée les plus utilisés sont : la méthode du maximum de vraisemblance, la méthode de la distance minimum à la moyenne, la méthode du parallélépipède, les K-plus proche voisin.

Parmi ces méthodes le maximum de vraisemblance est l'algorithme le plus utilisé pour la classification des images en télédétection parce que cette méthode affine la répartition de chaque classe en formant une ellipse qui se rapproche le plus du cluster.

3. METHODE POUR L'ECHANTILLONNAGE

3.1. EXTRACTION A PARTIR DES CLASSES

Cette méthode a pour but de bien distinguer les différentes classes dans une zone. Pour les aires d'apprentissages, il suffit de bien savoir la valeur radiométrique d'une classe pour ne pas confondre avec les autres et que ces parcelles soient de plus ou moins égaux pour chaque classe afin de minimiser la confusion.

Voici la liste des classes qu'on peut extraire dans la zone d'étude :

- Rizière
- Zone d'habitation
- Sol nu
- Zone marécageuse
- Plan d'eau
- Eucalyptus
- Savane arborée
- Savane herbeuse

Le choix de ces classes est en rapport avec la légende de la carte topographique suivante :



: zone inondable, cours d'eau, marais, vase \Rightarrow plan d'eau, zone marécageuse



: bois \Rightarrow eucalyptus



: rizière \Rightarrow rizière



: brousse \Rightarrow savane herbeuse



: savane \Rightarrow savane arborée

A priori le nombre des classes est arrêté au nombre de 8 alors qu'au résultat nous avons 18 classes (figure 16). Ceci s'explique par la multitude de la valeur radiométrique d'une seule classe :

- la classe « rizière » apparue en 7 variétés
- la classe « zone d'habitation » en 2 variétés
- la classe « plan d'eau » en 2 variétés
- la classe « zone herbeuse » en 2 variétés

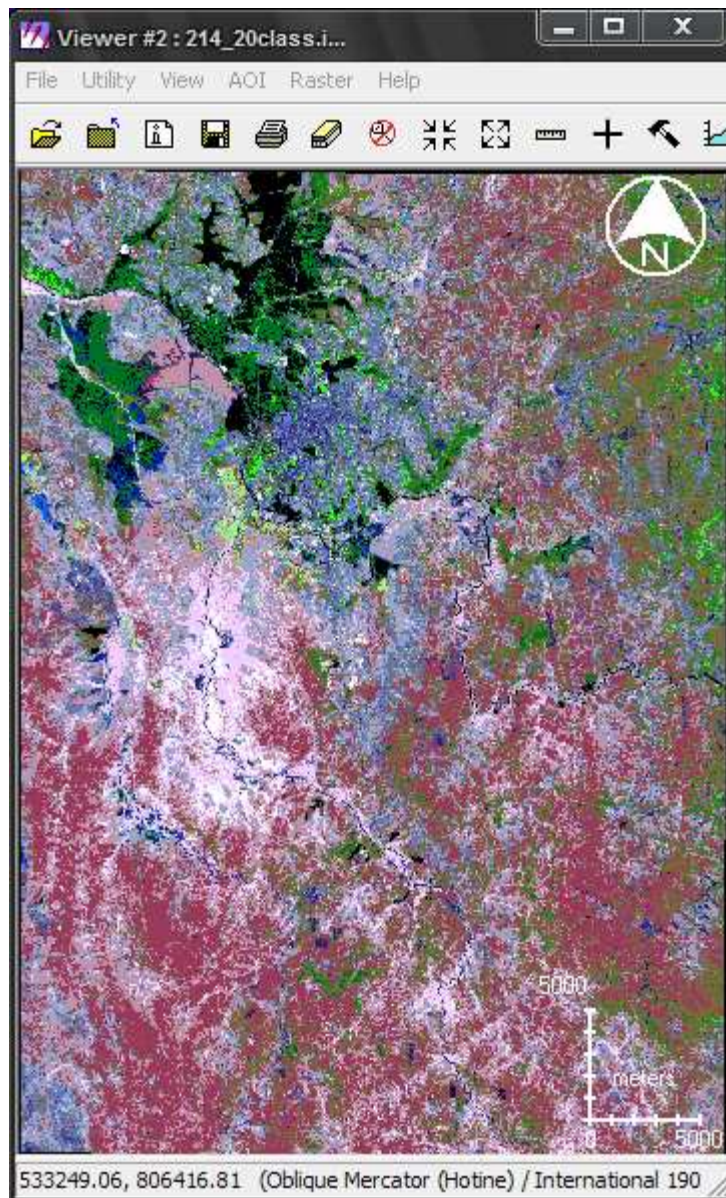


Figure16 : classification selon les classes

Remarque : c'est par rapport à la zone d'étude qu'il faut distinguer les différentes classes.

C'est-à-dire que ce n'est pas toutes les occupations trouvées dans une carte qu'il faut trouver dans une zone d'étude. Prenons comme exemple les occupations dans la zone côtière n'est pas tout à fait trouver dans la zone des hauts plateaux (tableau4).

Voici la liste des légendes possibles dans la carte topographique au 1 : 100 000

Information sur la carte topographique	visibilité
▪ Points géodésiques	▪ -
▪ Aéroport	▪ +
▪ Constructions : en dur	▪ +
En bois	▪ -
Campement	▪ -
▪ Poste : avec télégraphe	▪ -
ordinaire	▪ -
▪ Eglise	▪ -
▪ Calvaire	▪ -
▪ Rova	▪ -
▪ Marché	▪ +
▪ Cimetière	▪ -
▪ Ruine	▪ -
▪ Mine	▪ -
▪ Carrière	▪ -
▪ Phare	▪ -
▪ Ponton	▪ -
▪ Jetée	▪ -
▪ Réservoir	▪ -
▪ Source	▪ -
▪ Puits	▪ -
▪ Citerne	▪ -
▪ Baobabs	▪ Hors zone
▪ Cafetier	▪ Hors zone
▪ Vanillier	▪ Hors zone
▪ Giroflier	▪ Hors zone
▪ Canne à sucre	▪ Hors zone
▪ Cocotier	▪ Hors zone
▪ Palmier	▪ Hors zone
▪ Oranger	▪ Hors zone
▪ Bananier	▪ Hors zone

▪ Eucalyptus	▪ +
▪ Pin	▪ +
▪ Arbres isolés	▪ +
▪ Bambou	▪ Hors zone
▪ Epineux	▪ Hors zone
▪ Cactus	▪ Hors zone
▪ Manioc	▪ Hors zone
▪ Statue	▪ -
▪ Caserne ou sapeur pompier	▪ +
▪ Ecole	▪ +
▪ Route nationale	▪ +
▪ Sentier	▪ +
▪ Route bordé d'arbre	▪ +
▪ Route en déblai	▪ -
▪ Route en remblai	▪ -
▪ Voie ferré	▪ +
▪ Gare	▪ -
▪ Passage à niveau	▪ +
▪ Passage inférieur	▪ -
▪ Passage supérieur	▪ -
▪ Câble transporteur d'énergie électrique	▪ -
▪ Ligne télégraphique et téléphonique	▪ -
▪ Cours d'eau permanent	▪ +
▪ Barrage	▪ +
▪ Pont	▪ +
▪ Chute	▪ Hors zone
▪ bac	▪ Hors zone
▪ pirogue	▪ Hors zone
▪ rond point	▪ +
▪ rochers	▪ +
▪ lac	▪ +
▪ zone inondable	▪ +
▪ rizière	▪ +

▪ marais	▪ +
▪ Vase	▪ +
▪ Sable	▪ +
▪ Dune	▪ Hors zone
▪ Cuvette	▪ +
▪ Bois	▪ +
▪ Brousse	▪ +
▪ Savane	▪ +
▪ Verger	▪ Hors zone
▪ Culture	▪ +
▪ jardin	▪ +

Tableau4 : liste des légendes dans la carte topographique au 1 : 100 000

Ce tableau montre la visibilité des objets géographiques dans une carte topographique qu'on peut voir sur l'image (+) et ceux qu'on ne peut pas voir (-).

3.2. EXTRACTION A PARTIR DES COULEURS

A partir de la combinaison 214, nous avons fait la classification à partir des couleurs. C'est préférable parce que les classes se répartissent dans la zone alors qu'une classe est définie par son couleur (valeur radiométrique) (figure17). Pour cela les classes sont arrêter au nombre de 30 selon la couleur. (matrice de confusion voir ennexe3)

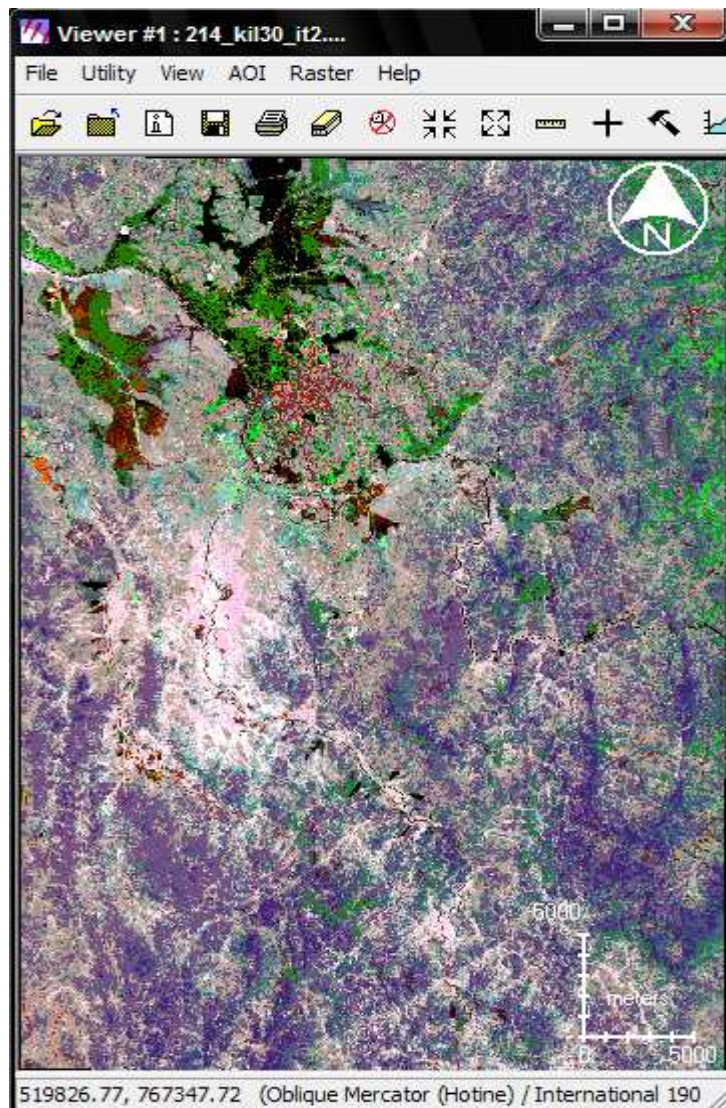


Figure17 : classification à partir de la couleur

4. TRAVAUX SUR TERRAIN

4.1. MATERIELS REQUIS

- Une voiture : moyen de déplacement
- Un GPS : pour piquage des points
- Une boussole : pour savoir l'orientation du nord magnétique
- Une jumelle optique : pour une confirmation des endroits éloignés
- Des stylos en couleurs

4.2. DONNEES INDISPENSABLES

- La feuille P47
- Coordonnées pour caler le GPS
- Quelques images imprimées où il y a des difficultés sur les clés d'interprétation

4.3. PRINCIPE

Après des traitements faits, c'est-à-dire après classification, il est évident qu'il y a des confusions sur le résultat. Cela peut arriver parce que deux choses différentes ont une même réflectance. Prenons l'exemple de la route qui est identique avec les surfaces bâties. Dans le cas contraire, il est possible que le résultat montre des couleurs différentes alors que la réalité sur terrain approuve des surfaces identiques. Telle est le cas des rizières qui ont plusieurs caractères (sèche, humide, déjà récolté,...). Tout cela nécessite une descente sur terrain pour en savoir la « vérité terrain ».

Le travail sur terrain est divisé en deux :

- 1^{ère} étape : lever les ambiguïtés dans les zones où il y a confusion
- 2^{ème} étape : évaluation postérieure du résultat, saisir quelques parcelles d'entraînement pour vérifier sur terrain ou inversement et c'est une méthode pour savoir la clé d'interprétation (figure18).

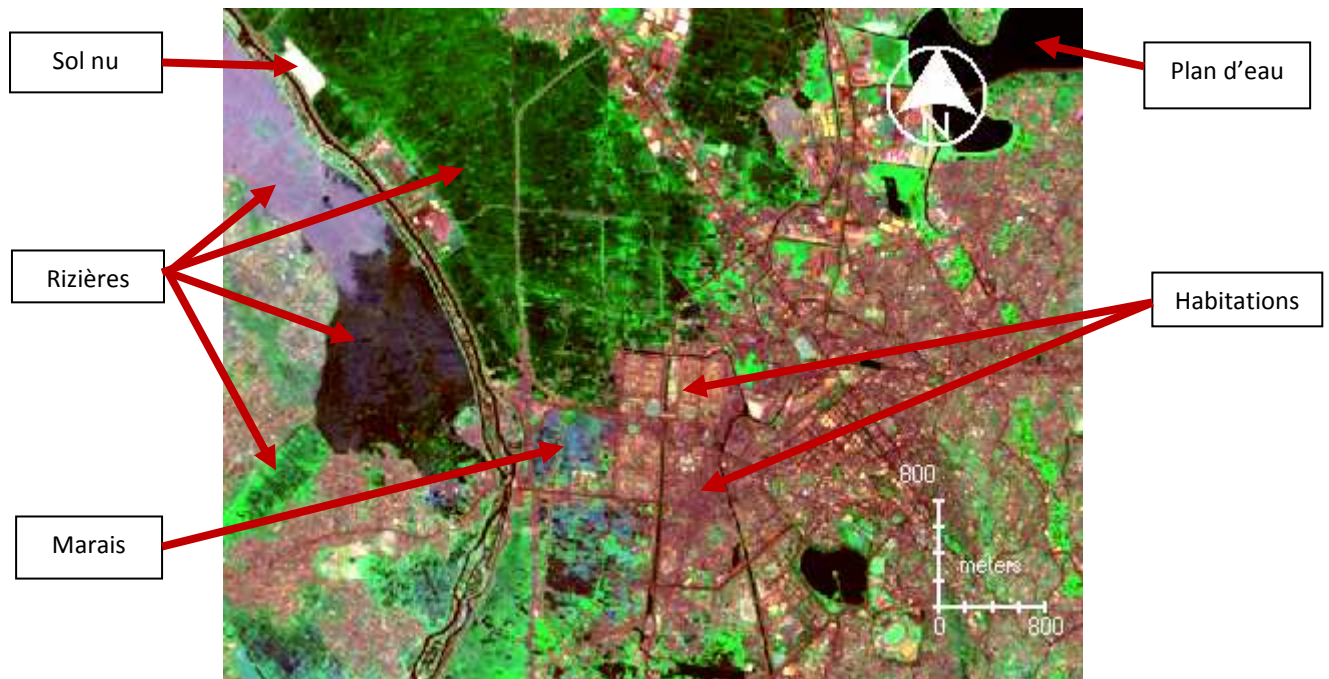


Figure18 : exemple d'image de référence

Axe de l'itinéraire :By-pass, Tanjombato, 67 Ha, Ambohitrimanjaka, Fenoarivo, Vontovorona

Durant le parcours, nous avons pris 7 points. Parmi ces points nous pouvons voir plus clair la réalité pour comparer avec l'image (zone où il y a confusion) (figure19) et de même de pouvoir confirmer une information (figure20).

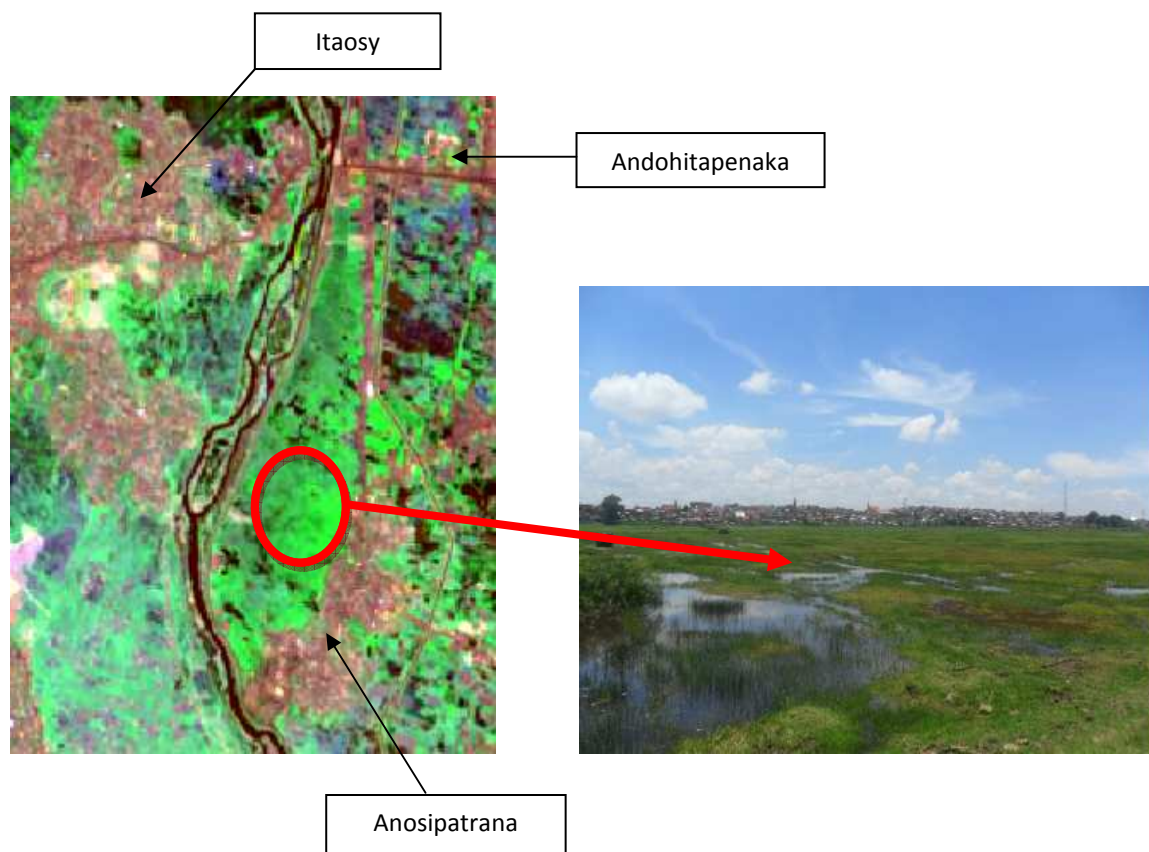


Figure 19: zone qui montre la confusion de la rizière au marais

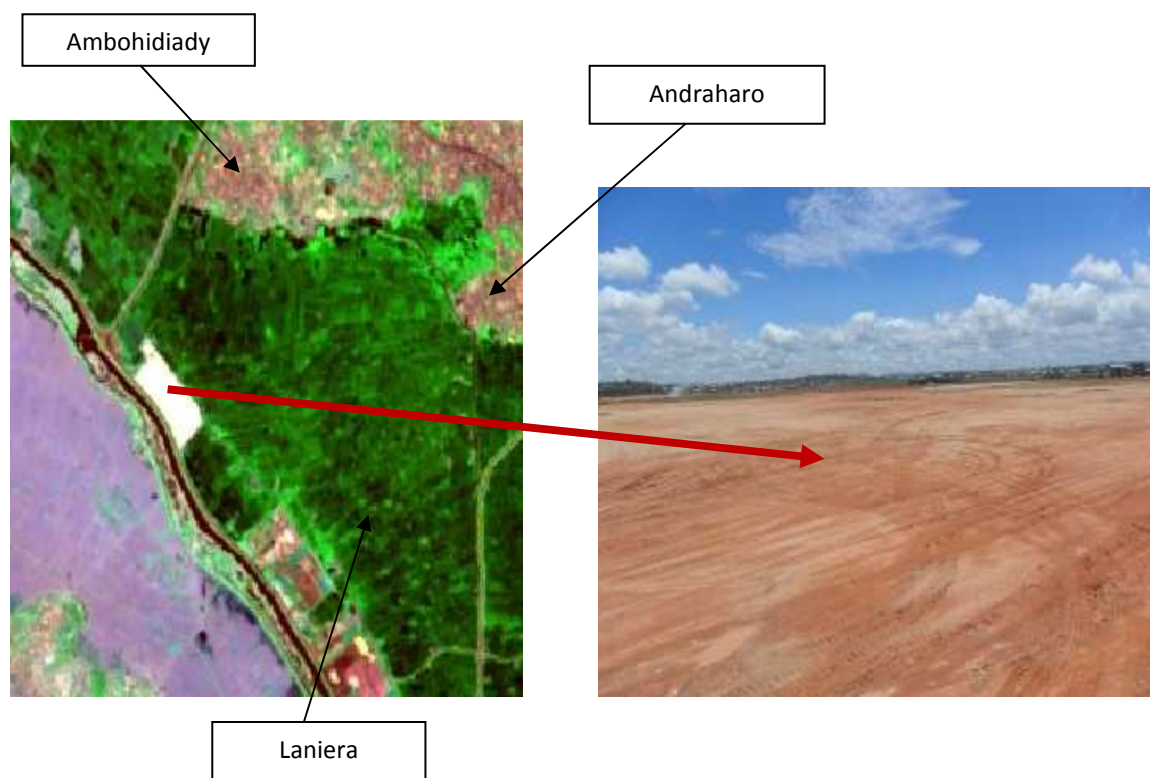


Figure 20: confirmation d'une information (sol nu)

Après des travaux sur terrains nous avons effectué des rectifications sur l'image après classification en ajoutant le nombre d'itération et nous avons le résultat suivant :

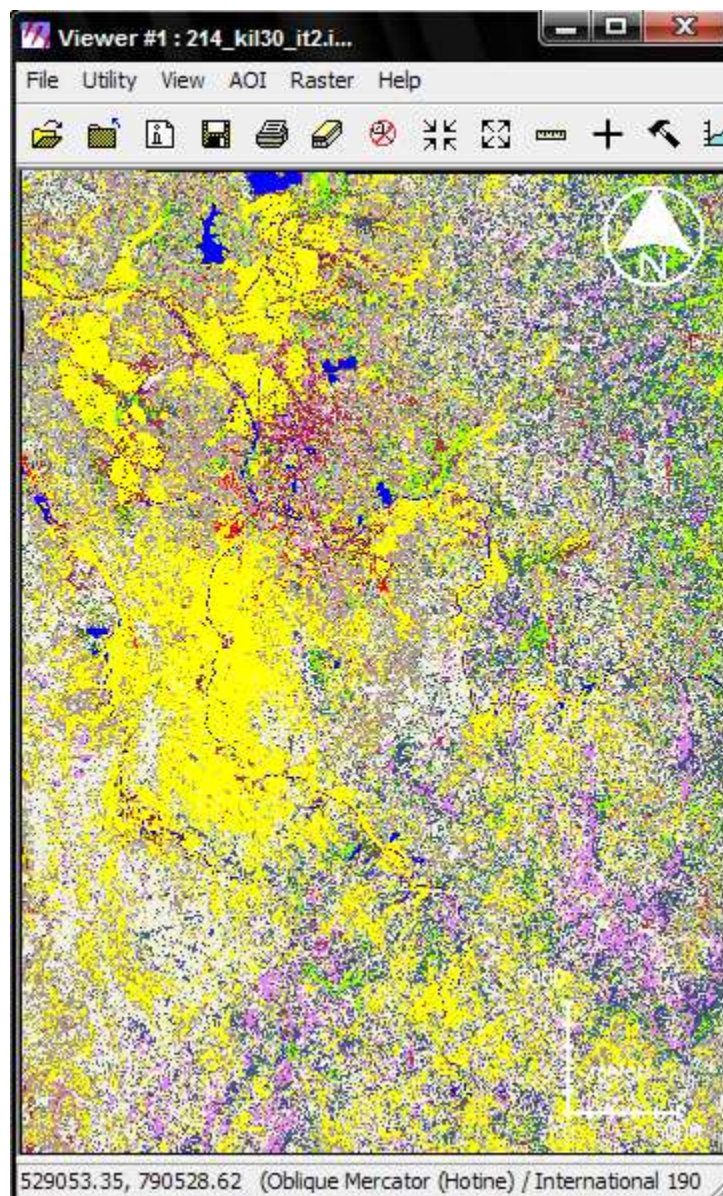


Figure 21: correction après travaux de terrain

5. METHODE D'EXTRACTION DES INFORMATIONS A PARTIR DU RESULTAT DE CLASSIFICATION

Le travail dans la classification est de distinguer, regrouper et spécifier les pixels dans les zones de même réflectance radiométrique enregistrées par le capteur. De ce fait, on peut les séparer pour avoir les différentes occupations du sol. A l'aide même du logiciel

ERDAS, l'opération de cette distinction est faite par l'intermédiaire du masque binaire qui consiste à spécifier la valeur d'une information à tirer et masquer en même temps les autres.

Commande : raster > attribut (pour voir la valeur de l'occupation à extraire)

Raster > recode (changer en **1** la valeur de l'occupation en question et en **0** la valeur des autres) > OK

Les occupations fondamentales sont : rizière, plan d'eau, savane arboré, savane herbeuse, habitation, sol nue.

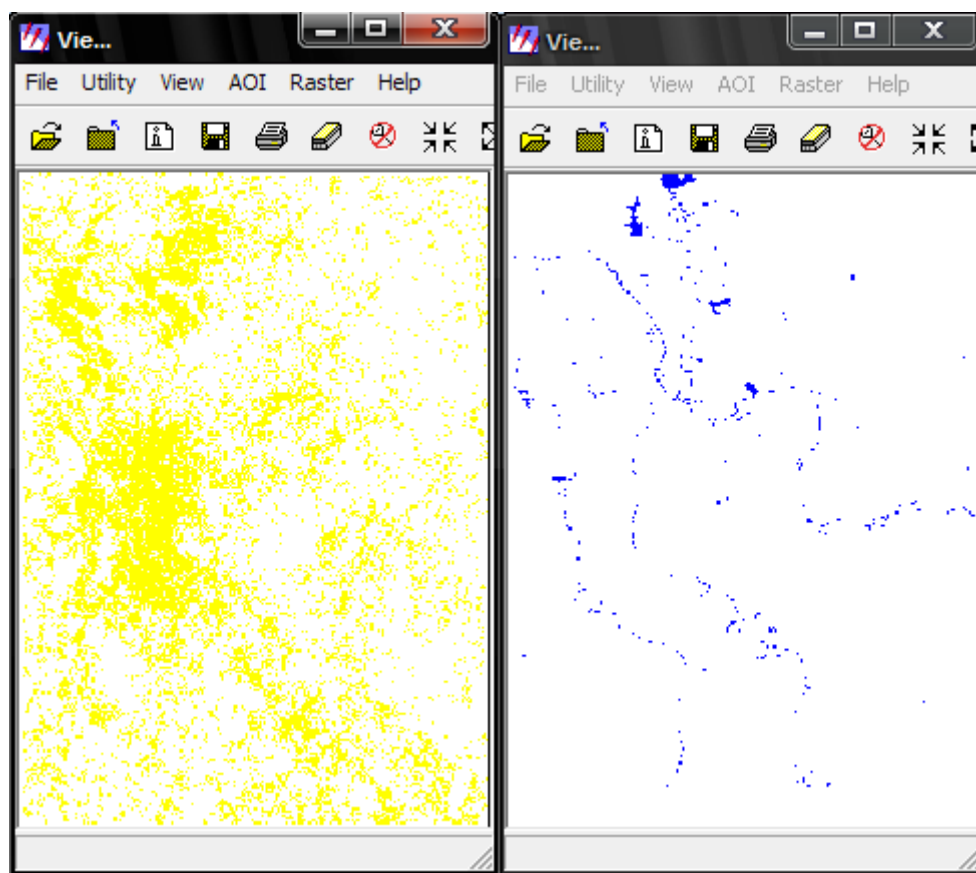


figure22 : exemple d'occupation du sol (rizière et plan d'eau)

Après extraction des occupations du sol, on les combine à nouveau et on obtient une carte d'occupation du sol identique à celle de la figure 21.

Commande : interpréter > utilities > operator

Remarque : Les occupations sont extraites à partir de résultat de classification supervisée à 30 classes. Afin de voir l'évolution de ces occupations par rapport à la carte topographique (P47), il faut les combinées à partir de l'opération dans le logiciel ERDAS. Cependant la plupart de ces occupations n'ont pas de problème durant l'extraction mais la route et les surfaces bâties se confondent dans la classification. Alors, il est difficile de les distinguer dans l'image. C'est ainsi que nous avons décidé de les numériser dans ArcView 3.2

IV. METHODE DE MISE A JOUR DE LA BASE DE DONNEES (BD)

1. INTRODUCTION

La zone P47 a subit des changements au cours du temps, et presque dans toute les différentes couches de la base de données. De ce faite la mise à jour de ces couches parait difficile, d'une part, à cause de l'échelle de la carte 1 : 100 000. Certaines informations sur la carte topographique à mettre à jour sont généralisées, par conséquent, dans certain endroit les tracés issus de l'image SPOT ne sont pas parfaitement superposable à cette dernière (figure23). D'autre part, l'image SPOT permet de modifier le tracé conforme à la réalité sur terrain dans quelque zone donc elle permet la mise à jour de la carte.

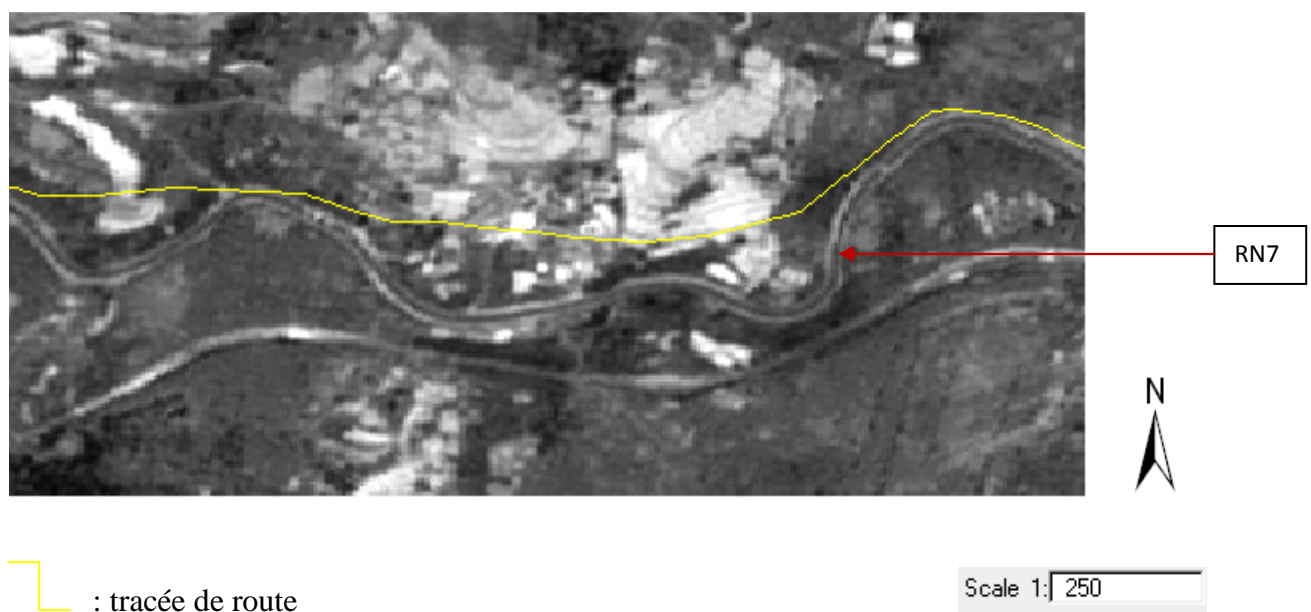


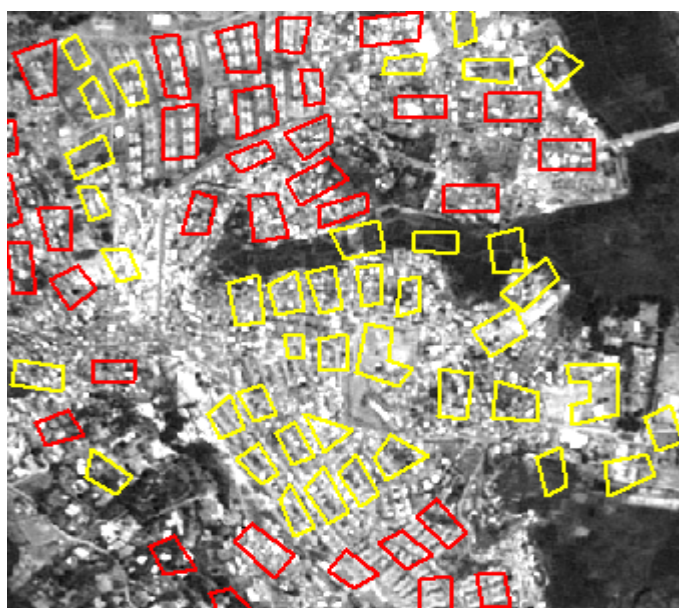
Figure23 : généralisation d'une carte

2. DETAIL DE LA MISE A JOUR DE LA BASE DE DONNEES

Les objets géographiques se présentent sous forme de point, ligne, polygone ou bien information ponctuelle, linéaire et surfacique. Rappelons que seules les informations surfaciques peuvent extraire à partir du traitement d'image numérique mais les informations ponctuelles et linéaires sont à vectorisé dans ArcView3.2.

2.1. LES INFORMATIONS PONCTUELLES

Pour les informations ponctuelles, prenons comme exemple les habitations, la méthode est de voir l'évolution des zones habitées et de comparer avec la base de données graphique pour la cartographie. Ensuite faire la numérisation avec la règle de la généralisation d'une carte. C'est-à-dire qu'on ne peut pas tracer une à une les bâtiments mais on groupe quelque dizaine de ces derniers en un rectangle et en gardant plus ou moins leurs orientations (figure24).



— : Ancien tracé
— : Nouveau tracé

Scale 1: 500

Figure24: les habitations

2.2. LES INFORMATIONS LINEAIRES

Les informations linéaires, tel est le cas de la route, se présentent en plusieurs aspects dans l'opération de la mise à jour :

- **Changement de tracé** : comme nous avons vu sur la figure ci-dessous, le trait en jaune est le tracée dans la base de données ancienne, alors que sur l'image le nouveau tracé prend la teinte blanchâtre (figure25).

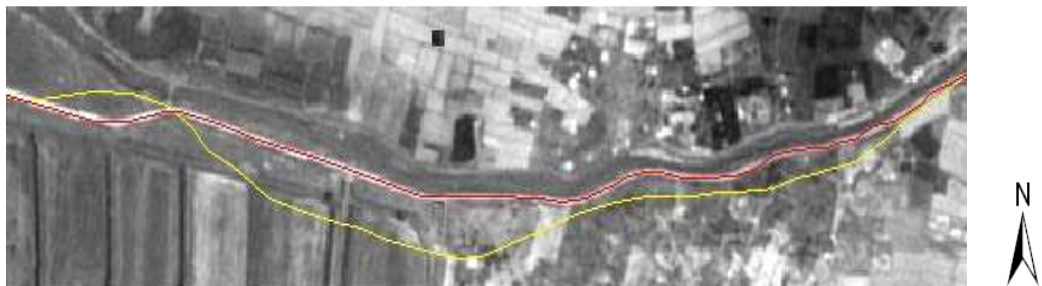


└ : Ancien tracé

Scale 1: 250

Figure25 : représentation linéaire

En conséquence le nouveau tracé suit la trace blanchâtre.



└ : Ancien tracé

Scale 1: 250

└ : Nouveau tracé

Figure26 : représentation du nouveau tracé

- **Tracé qui n'existe plus** : sur l'image il est bien clair que la trace en jaune n'existe plus. Donc l'opération à faire est de l'enlever dans la base de données.

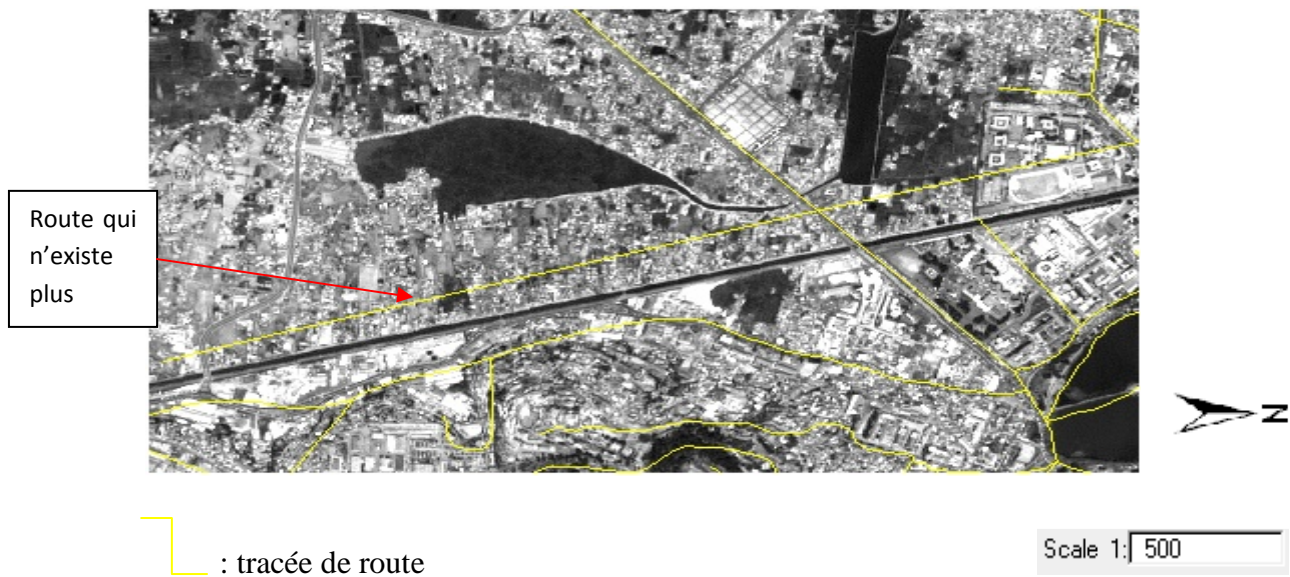


Figure27 : représentation linéaire

- **Formation d'un nouveau tracé :** la route est nouvellement construite comme celle de la By-pass.

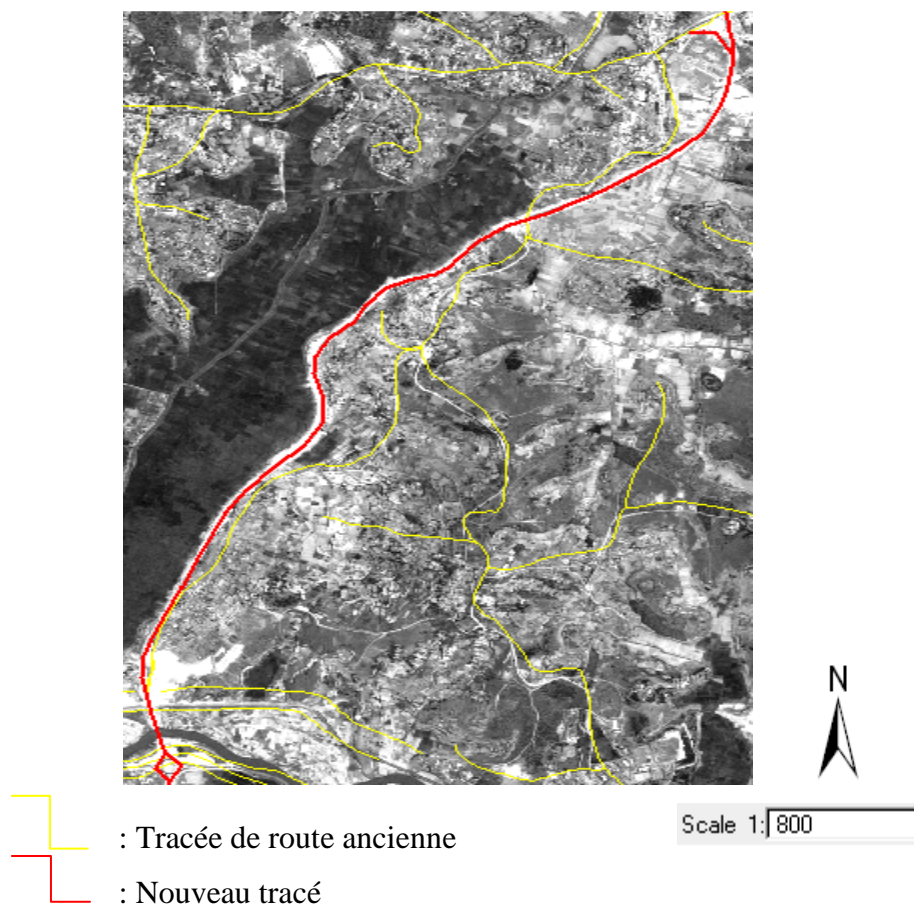


Figure28 : représentation d'un nouveau tracé

Remarque : la vectorisation est faite avec l'image panchromatique à cause de sa résolution spatiale 2.5m

2.3. LES INFORMATIONS SURFACIQUES

Après classification, les occupations du sol sont extraites une à une et constituent les informations zonales. Prenons l'exemple de la rizière, sur la figure ci-dessous, l'ancienne surface occupée est colorée en vert et l'évolution est en jaune.

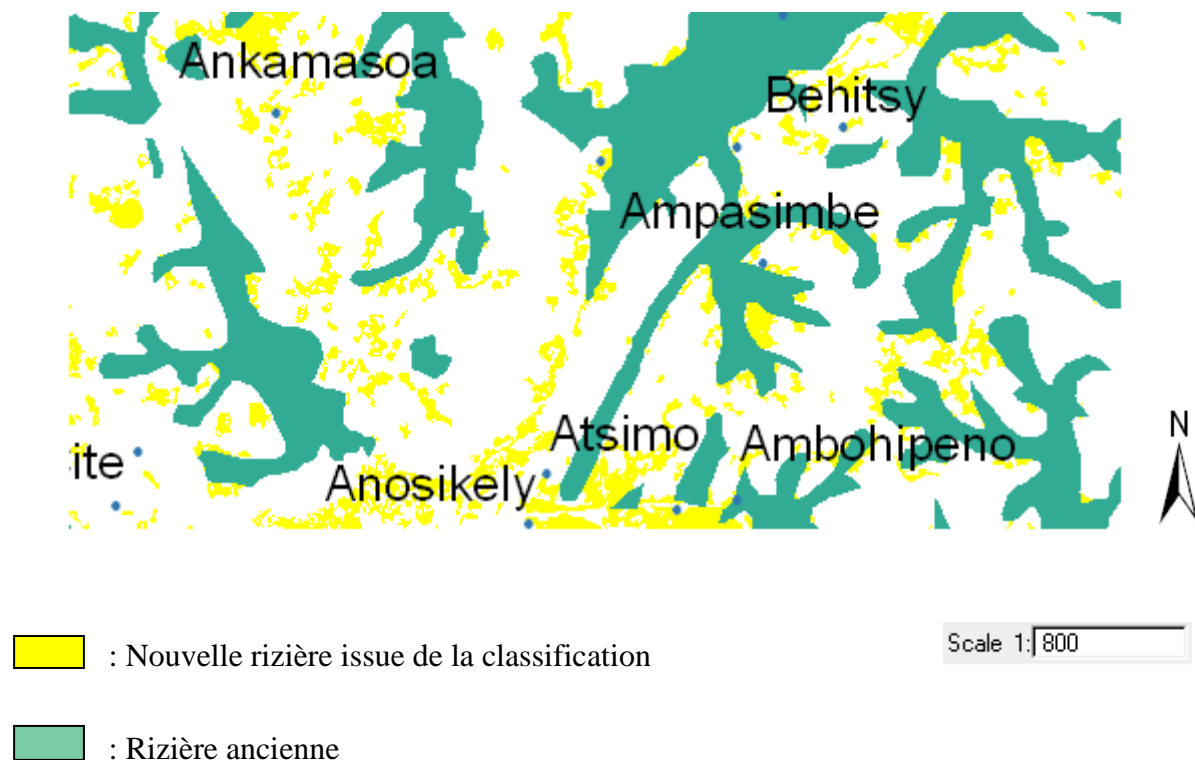


Figure29 : représentation de l'évolution de la rizière

Dans une carte topographique, la base de données à mettre à jour qui constitue tous les informations dans une zone est listée comme suit :

- Route
- Piste
- Sentier
- Habitation
- Poste, pont, cimetière, hôpital, église, école, rova
- Plan d'eau
- Rizière
- Forêt
- Ligne téléphonique, fils électrique, limite administrative

Les deux procédés de mise à jour concernant les informations linéaires (pris comme exemple la route) et ponctuelle (pris comme exemple l'habitation) sont les méthodes à suivre pour mettre à jour toutes les bases de données dans une carte topographique, mais les occupations du sol sont à extraire dans le traitement d'image numérique.

En somme, nous avons comme données initiale dans le travail la carte topographique 1/100 000 scannée, image SPOT et la BD100. La carte nous a servi uniquement pour affichage dans le but de vérifier le résultat de coupure, le géoréférencement et la correction géométrique. Après les travaux de prétraitement, l'image a subi de nombreuses classifications afin d'avoir une carte d'occupation du sol et c'est le but dans le traitement d'image. A partir des objets géographiques sur l'image (en points, lignes, polygones), nous avons vu la différence après superposition et comparaison de ces dernières à la base de données et proposer des méthodes pour la mise à jour de celle-ci (voir diagramme).

CONCLUSION

En guise de conclusion, le travail de mise à jour d'une carte est une tâche très difficile et demande un savoir faire sur la certitude des résultats. Aussi la technologie a connue une importante évolution durant des années et la topographie étant en parallèle. Les cartes topographiques sont faites auparavant par restitution photogrammétrique des photographies aériennes suivies de mise au net par dessin et la base de données est issue de la numérisation des cartes topographiques au 1 : 100 000.

Cette méthode reste toujours coûteuse alors, actuellement, à l'aide de la télédétection nous pouvons faire des mises à jour des cartes topographiques avec des moyens moins coûteux. De ce fait on peut toujours mettre à jour les cartes topographiques d'une manière périodique.

L'image SPOT 5 est l'objet de tout traitement dans le présent travail. On peut faire des études dans différentes échelles à partir de 1 : 10 000 au 1 : 100 000. Cependant il y a quand même des différences à citer sur le résultat :

➤ Points commun :

Durant tout le travail nous avons vu que c'est seulement les étapes à suivre dans le traitement de l'image pour avoir les occupations du sol de la zone qui est en commun dans ces deux échelles. Les étapes à suivre sont les suivantes :

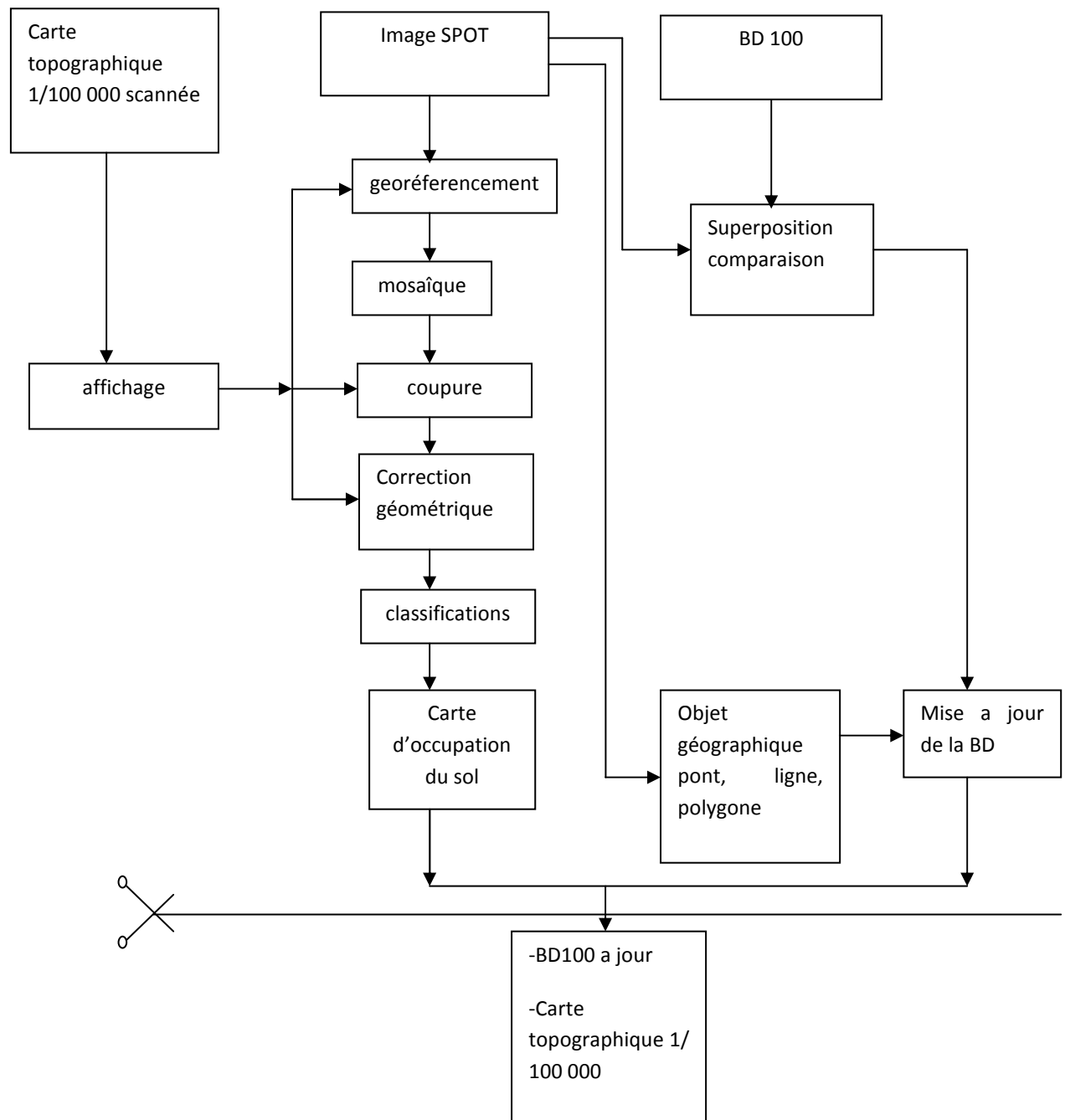
- Géoréférencement de l'image
- Mosaïquage des images
- Coupure d'image
- Classification
- Extraction des occupations du sol
- Carte des occupations du sol

➤ Différence :

Après toutes ces étapes citées en dessus, le but dans la mise à jour est de comparer les informations dans une ancienne carte à celle du nouveau. C'est dans ce point de vue qui

spécifie ces deux échelles. Dans la carte 1 : 10 000 la base de données est très claire et détaillée tandis que cette dernière est très généralisée dans l'autre échelle et voir même invisible. De ce fait le travail de terrain reste toujours très important parce que c'est après la descente sur terrain qu'il faut corriger toute ambiguïté sur le résultat partiel des occupations du sol.

Diagramme de déroulement du travail



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Documents consultés :

[1]DECRET N°2010-0395 portant statut du FOIBEN-TAOSARITANIN'I MADAGASIKARA(FTM)

[2]ERDAS IMAGINE^R V8.4 TOUR GUIDETM copyright 1991-1999 by ERDAS, Inc. All Right Reserved.

[3]ERDAS IMAGINE^R V8.4 FIELD GUIDETM copyright 1991-1999 by ERDAS, Inc. All Right Reserved.

[4]La CARTOGRAPHIE, FERNAND JOLY Professeur à l'université de Paris VII presses universitaire de France 108, boulevard Saint-Germain, Paris.

[5]Carlos R. Télédétection satellitale. Notes de cours. Section des sciences et Ingénierie de l'environnement, Ecole Polutechnique fédérale de lausanne. Laboratoire de système d'information géographique (la SIG).

[6]CERTU, CETE Lyon, Mai 2005. Les bases de données géographiques d'occupation du sol. Rapport d'étude.

[7]Oloukoi J., Metropolitan Growth Mapped from space image. The international archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, vol XXXVI.

Sites visités :

[8]www.erdas.com

[9]www.solarproducts.com

[10]www.ccrs.nrcan.gc/ccrs.edu

[11]www.certu.fr

[12]www.crscwisc.edu/ressources/EOSC.html

www.orfeo-toolbox.org/otb

www.orfeo-toolbox.org/endex.php/mainpage

ANNEXES

Annexe 1

Les différents niveaux de corrections appliqués à une image

Les images sont donc livrées à un niveau de rectification (opération de prétraitement) déterminé par l'utilisateur :

➤ Image de niveau 1A :

Le prétraitement de niveau 1A consiste à corriger les défauts radiométriques provenant des écarts de sensibilité entre les détecteurs élémentaires de l'instrument de prise de vue (égalisation radiométrique). Aucune correction géométrique n'est appliquée. Il s'agit d'un niveau de prétraitement quasiment brut.

Précision de localisation

Sur les satellites Spot 1 à 4, les données auxiliaires (coordonnées du centre de la scène et des quatre coins) permettent de localiser l'image au sol avec une précision meilleure que 350 m. Sur Spot 5, le nouveau capteur stellaire qui offre une meilleure connaissance de l'attitude du satellite, permet d'accroître considérablement la performance de localisation des images qui passe ainsi à 30 m. Les erreurs de parallaxe dues au relief ne sont pas prises en compte dans le calcul de ces précisions de localisation.

Utilisation

Ces produits s'adressent particulièrement aux utilisateurs expérimentés utilisant des logiciels de traitement d'image. Ils sont avant tout destinés aux applications cartographiques et sont utilisés pour les traitements géométriques de l'image : MNE (modèles numériques d'élévation), orthorectification et tous traitements radiométriques de précision.

➤ Image de niveau 1B :

Le prétraitement de niveau 1B consiste à appliquer des corrections radiométriques identiques à celles du niveau 1A (égalisation radiométrique), et géométriques. Les traitements géométriques consistent à corriger l'image des distorsions internes causées par les conditions de prise de vue (variation d'attitude du satellite, effet panoramique, courbure et rotation de la Terre, etc...).

Précision de localisation

L'image reste localisée avec une précision équivalente au niveau 1A, c'est-à-dire sur Spot 1 à 4, meilleure que 350 m et sur Spot 5 meilleure que 30 m. Les erreurs de parallaxe dues au relief ne sont pas prises en compte dans le calcul de ces précisions de localisation.

Utilisation

Ces produits s'adressent aux utilisateurs ayant besoin d'un premier niveau de correction géométrique. Ils sont particulièrement adaptés pour des mesures géométriques (distances, angles et superficies), pour la photo-interprétation et les études thématiques. Dans ce cas, l'analyse est visuelle, assistée par ordinateur ou complètement numérique.

➤ Image de niveau 2A :

Au niveau 2A, la scène est rectifiée dans la projection cartographique standard (UTM WGS 84), sans utiliser de points d'appui. Il s'agit du produit d'entrée dans la gamme des

produits cartographiques. Pour Spot 1, 2, 3, 4, l'altitude de rectification est constante sur toute la scène ; pour Spot 5, on utilise un MNE mondial avec des mailles de 1 km de côté. Les corrections géométriques se basent sur un modèle de ré-échantillonnage tenant compte des distorsions dues aux conditions de prise de vue ainsi que des transformations nécessaires pour transposer l'image dans la projection cartographique standard UTM WGS 84. Ce modèle est calculé sur la base des paramètres de prise de vue connus a priori (éphémérides du satellite, attitude, etc.) sans apport de mesures extérieures. Il est possible d'opter pour d'autres projections cartographiques ou d'autres altitudes moyennes de rectification, sur demande.

Précision de localisation

Pour une scène d'altitude constante, la précision de localisation reste celle du niveau 1B, c'est-à-dire sur Spot 1 à 4 meilleures que 350 m et sur Spot 5 meilleure que 30 m.

Utilisation

Ces produits s'adressent à des utilisateurs souhaitant associer des informations géographiques de types et de sources différents, et appliquer leur propre traitement colorimétrique aux images de niveau 2A afin d'en extraire des informations spécifiques. Tout en tenant compte de l'erreur de localisation, l'image est directement superposable à d'autres informations géographiques sur la même projection cartographique : vecteurs, cartes raster ou autres images satellitaires.

➤ Image de niveau 2B :

Le niveau 2B est un niveau "géocodé" : la scène est livrée dans une projection cartographique donnée, et l'utilisation de points d'appui (mesurés sur une carte ou issus de relevés topographiques) permet d'améliorer la localisation des points au sol. Les corrections géométriques se basent sur un modèle de ré-échantillonnage tenant compte des distorsions dues aux conditions de prise de vue ainsi que des transformations nécessaires pour transposer l'image dans la projection cartographique désirée (projection Lambert conforme, projection UTM, projection stéréographique polaire, projection polycônique, etc.). Les corrections géométriques se basent sur une modélisation de la dynamique de vol du satellite d'après les paramètres de prise de vue (éphémérides, attitude, etc.) et des données géographiques ou cartographiques, constituées par des points d'appui.

Précision de localisation

La précision de localisation est directement dépendante de la qualité des documents cartographiques utilisés pour la prise de points d'appui. Ces derniers sont généralement issus de cartes topographiques ou de mesures GPS, selon la disponibilité des documents sur la zone.

Utilisation

Ces produits sont disponibles sous la forme de spatiocartes, soit en scènes entières, soit découpées géographiquement (découps standardisés 30' x 30', 15' x 15', 7'30 x 7'30). Ils sont conçus pour être utilisés comme des cartes numériques et fournissent aux utilisateurs des informations géographiques actualisées couvrant l'ensemble du globe. Les produits de niveau 2B peuvent être utilisés chaque fois que les déformations dues au relief ne sont pas déterminantes (terrain avec peu de relief...).

➤ Image de niveau S (ou ortho) :

Ce niveau de prétraitement est un niveau “géocodé”, comme le niveau 2B. Aussi appelé “orthoimage”, le produit de niveau Ortho corrige les erreurs résiduelles de parallaxe dues au relief, grâce à l’utilisation d’un MNE (modèle numérique d’élévation). Les corrections géométriques, appelées "orthorectifications", se basent sur un modèle de ré-échantillonnage qui tient compte des distorsions dues aux conditions de prise de vue (éphémérides, attitude, etc.) ainsi que des transformations nécessaires pour transposer l’image dans la projection cartographique requise (projection Lambert conforme, projection UTM, projection équatoriale oblique, projection stéréographique polaire, projection polycônique, etc....). Elles se basent sur une modélisation de la dynamique de vol du satellite ainsi que des informations géographiques ou cartographiques constituées par des points d’appui et un modèle numérique d’élévation (MNE).

Précision de localisation

La précision de localisation dépend directement de la qualité du MNE et des points d’appui utilisés. Spot Image propose de générer les produits de niveau Ortho en s’appuyant sur Reference3D, base de données géocodées mondiale, réalisée à partir des images stéréoscopiques issues de l’instrument HRS de Spot 5. Cette base, constituée d’une couche MNE et d’un tapis d’orthoimages complétés par une couche de données qualité est développée par Spot Image et IGN (Institut géographique national, France). Elle permet d’atteindre une précision de localisation de 10 m, pour une image de niveau S.

Utilisation

Ces produits sont disponibles sous la forme de spatiocartes, soit en scènes entières, soit découpées géographiquement (découps standardisés 30’ x 30’, 15’ x 15’, 7’30 x 7’30). Les produits de niveau Ortho sont particulièrement indiqués dans les régions avec relief. Ce degré de prétraitement très élaboré répond aux besoins d’une précision cartographique maximale pour la création et la mise à jour cartographique. Il permet également de superposer l’image avec d’autres informations géographiques de types et sources différents.

Annexe 2

Autres méthodes d'analyse d'image de télédétection

Les méthodes d'analyses d'images obtenues par télédétection les plus utilisées sont la photo-interprétation et la segmentation.

La photo-interprétation

La photo-interprétation ou perception visuelle est une approche basée sur un examen visuel de l'image. Cette approche basée sur la reconnaissance d'objets à partir de la couleur, la forme, la texture et la structure, consiste à tracer des zones d'aspect homogène et, ensuite, à faire sa correspondance thématique. Malgré la possibilité d'obtention de la carte avec un bon niveau de qualité, la classification d'image basée sur l'interprétation visuelle est une méthode jugée lente, couteuse, subjective et d'une reproductibilité trop limitée car deux analystes différents produiront souvent des résultats différents.

Les images à photo-interpréter peuvent être analysées soit sur un tirage papier, soit directement à l'écran (photographies aériennes scannées et images satellites numériques).

La segmentation d'image

L'alternative à la photo-interpretation est l'utilisation des méthodes automatiques de segmentation d'images qui consiste à partitionner l'image numérique en zone ou régions homogènes. Une région est un ensemble de points (pixel) ayant des propriétés communes (intensité, texture,...) qui les différencient des pixels des régions voisines. La segmentation est basée sur les propriétés spatiales et spectrales des pixels. L'homogénéité d'une région est calculée à partir des critères spatiaux et spectraux. La segmentation est un pas important dans l'analyse des données en télédétection. Elle permet d'obtenir de bons résultats quant à l'identification des mesures homogènes présentes dans l'image. Les cartes produites en utilisant cette méthode ne présentent pas un aspect pixélisé mais une configuration naturelle plus interprétable par l'Homme.

Il existe de nombreuses méthodes de segmentation, classées en trois types basés sur les pixels, sur les frontières ou sur les régions.

- Les méthodes basées sur les pixels

Ces méthodes analysent l'homogénéité des pixels entourant un pixel de départ, si celle-ci est forte, les pixels sont regroupés. Ces méthodes incluent des seuils des valeurs de niveaux de gris et produit une image binaire avec deux valeurs possibles : **1** si les valeurs des pixels appartiennent aux limites définies par le seuillage ; **0** si les valeurs des pixels sont en dehors de ces valeurs. Les valeurs de seuillage peuvent être définies par analyse de l'histogramme de l'image.

- Les méthodes basées sur les frontières

Ces méthodes sont basées sur l'idée que l'on peut diviser l'image en région en détectant les frontières de celles-ci. Dans ce type de segmentation, les frontières des objets de l'image se localisent là où existe un changement de valeur de niveau de gris.

- Les méthodes basées sur les régions

Ces méthodes incluent la croissance, la fusion, la division des régions et leurs combinaisons. Dans les approches de croissance de régions la première étape est d'identifier les points de départ de la segmentation, souvent appelés les pixels graines. Les régions sont construites autour de ces pixels en les reliant aux pixels similaires voisins. Dans les méthodes de fusion, les régions adjacentes sont fusionnées si elles sont suffisamment similaires. Dans les méthodes de division, une région est divisée en sous région si la région initiale n'est pas homogène.

Le type de segmentation le plus intéressant pour la classification des images de télédétection est la méthode par croissance de région car elle permet l'identification d'aires homogènes présentes dans l'image pour ensuite faire une classification thématique.

Pour ce travail, le choix de la technique de segmentation se fera en fonction de la méthode utilisée par le logiciel employé comme le logiciel Multispec qui utilise une méthode basée sur les régions.

Annexe 3

Evaluation de la qualité de la classification des cartes obtenues par télédétection

Une classification n'est pas complète sans l'évaluation de son exactitude. En effet on ne peut pas utiliser des données obtenue par télédétection avec certitude si on ne sait pas quel est, statistiquement, le niveau d'erreur qui lui est associé. L'évaluation de la qualité des cartes obtenues par télédétection se fait par comparaison entre la carte obtenue dans le processus de classification et les données de référence qui peuvent être obtenue sur le terrain ou à partir de photographies aériennes avec une résolution spatiale supérieure à celle des images utilisées dans la production de la carte. La relation entre les deux ensembles de données se fait à partir des matrices de confusion.

Il faut définir une stratégie d'échantillonnage pour construire les matrices de confusion et extraire les indices : exactitude globale, exactitude pour le producteur, exactitude pour l'utilisateur, erreur par défaut et erreur par excès.

ERROR
MATRIX

		Reference Data					

Classified	Class						
Data	4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10
Class 4	330	0	0	0	0	0	0
Class 5	0	20	0	0	0	0	0
Class 6	0	0	58	0	0	0	0
Class 7	0	0	0	110	0	0	0
Class 8	0	0	3	10	150	0	0
Class 9	0	0	0	0	0	127	0
Class 11	0	0	0	0	0	0	259
Class 10	0	0	0	0	0	0	0
Class 12	0	0	0	0	0	0	0
Class 13	0	0	0	0	0	0	0
Class 15	0	0	0	13	2	0	0
Class 14	0	0	0	0	0	0	0
Class 16	0	0	0	0	0	0	0
Class 17	0	0	0	0	0	0	0
Class 18	0	0	0	0	0	0	0

Class 3	0	0	0	0	0	0	0
Class 20	0	0	0	0	0	0	0
Class 21	0	0	0	0	0	1	0
Class 23	0	0	0	0	0	0	0
Class 22	0	0	0	0	0	0	0
Class 24	0	0	0	0	0	0	0
Class 1	0	0	0	0	0	0	0
Class 26	0	0	0	1	0	0	0
Class 27	0	0	0	57	0	0	0
Class 28	0	0	0	0	0	0	0
Class 29	0	0	0	0	0	0	0
Class 30	0	0	0	0	0	0	0
Class 25	0	0	0	2	0	0	0
Class 32	0	0	0	0	0	0	0
Class 33	0	0	0	0	0	0	0
Column							
Total	330	20	61	193	152	128	259

Reference Data

Classified

	Class		Class	Class			Class
Data	11	Class 12	13	14	Class 15	Class 16	17
Class 4	0	0	0	0	0	0	0
Class 5	0	0	0	0	12	0	0
Class 6	0	0	0	0	0	0	0
Class 7	0	0	61	0	0	0	0
Class 8	0	0	11	0	0	0	0
Class 9	0	0	0	0	0	0	0
Class 11	0	0	0	0	0	0	0
Class 10	0	0	0	0	10	0	0
Class 12	111	0	0	0	0	0	0
Class 13	0	493	0	0	0	0	0
Class 15	0	0	184	0	0	0	0
Class 14	0	0	0	270	0	0	0
Class 16	0	0	0	0	347	0	0
Class 17	0	0	0	0	0	12	0
Class 18	0	0	0	0	0	0	205

Class 3	0	73	0	0	0	0	0
Class 20	0	0	0	0	1	0	0
Class 21	0	0	0	0	0	0	0
Class 23	0	0	0	0	0	0	0
Class 22	0	0	0	0	0	0	0
Class 24	40	0	0	1	0	0	0
Class 1	54	0	0	0	0	0	0
Class 26	0	0	0	0	0	0	0
Class 27	0	0	15	0	0	0	0
Class 28	0	0	0	18	0	0	0
Class 29	0	0	0	10	0	0	0
Class 30	0	3	0	0	0	0	0
Class 25	0	0	14	0	0	0	0
Class 32	0	0	0	0	0	0	0
Class 33	0	0	0	3	0	0	0
Column							
Total	205	569	285	302	370	12	205

Reference
Data

Classified

	Class		Class	Class		Class	Class
Data	20	Class 21	22	23	Class 24	25	26
Class 4	0	0	0	0	0	0	0
Class 5	0	0	0	0	0	0	0
Class 6	0	0	0	0	0	0	0
Class 7	0	0	0	0	0	0	2
Class 8	0	0	0	0	0	0	0
Class 9	0	0	0	0	0	0	0
Class 11	0	0	0	0	0	0	0
Class 10	0	0	0	1	0	0	0
Class 12	0	0	0	0	31	43	0
Class 13	0	0	0	0	0	0	0
Class 15	0	0	0	0	0	0	0
Class 14	0	0	0	0	0	0	0
Class 16	0	0	0	0	0	0	0
Class 17	0	0	0	0	0	0	0
Class 18	0	0	0	0	0	0	0
Class 3	0	0	0	0	0	0	0
Class 20	77	0	0	0	0	0	0
Class 21	0	62	0	0	0	0	0
Class 23	0	0	35	0	0	0	0

Class 22	0	0	0	71	0	0	0
Class 24	0	0	0	0	173	0	0
Class 1	0	0	0	0	6	164	0
Class 26	0	0	0	0	0	0	22
Class 27	0	0	0	0	0	0	0
Class 28	0	0	0	0	0	0	0
Class 29	0	0	0	0	0	0	0
Class 30	0	0	0	0	0	0	0
Class 25	0	0	0	0	0	0	0
Class 32	0	0	0	0	0	0	0
Class 33	0	0	0	0	0	0	0
Column Total	77	62	35	72	210	207	24

Reference
Data

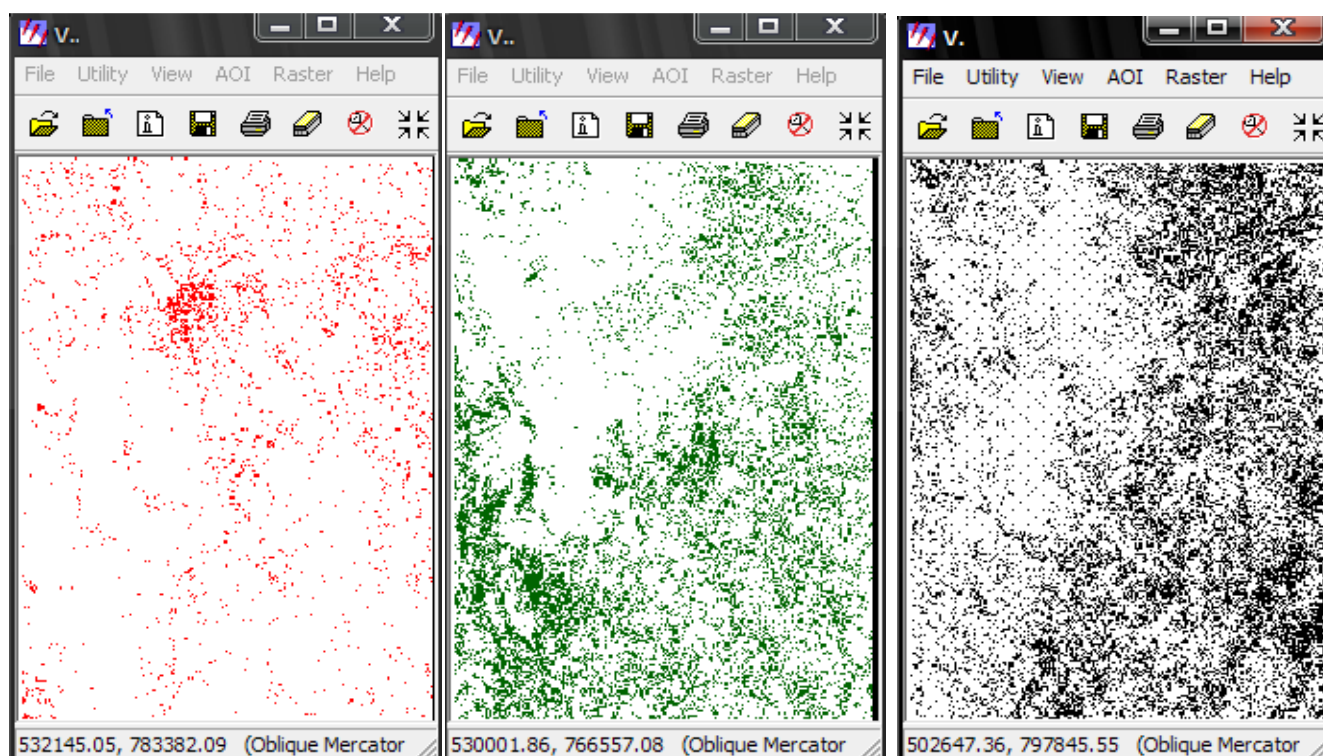
Classified

Data	Class 27	Class 29	Class 30	Class3 1	Class 32	Class 33	Row Total
Class 4	0	0	0	0	8	0	338
Class 5	0	0	0	0	0	0	32
Class 6	0	0	0	0	0	0	58
Class 7	0	0	0	1	0	0	201
Class 8	0	0	0	1	0	0	175
Class 9	0	0	0	0	0	0	127
Class 11	0	0	0	0	0	0	259
Class 10	0	0	0	0	0	0	431
Class 12	0	0	0	0	0	0	185
Class 13	0	0	0	0	0	0	495
Class 15	0	0	0	3	0	0	203
Class 14	0	0	0	0	0	0	270
Class 16	0	0	0	0	0	0	347
Class 17	0	0	0	0	0	0	12
Class 18	0	0	0	0	0	0	205
Class 3	0	0	0	0	0	1	99
Class 20	0	0	0	0	0	0	78
Class 21	0	0	0	0	0	0	63
Class 23	0	0	0	0	0	0	35
Class 22	0	0	0	0	0	0	71
Class 24	0	0	0	0	0	0	214
Class 1	0	0	0	0	3	0	227
Class 26	0	0	0	0	0	0	23
Class 27	0	0	0	0	0	0	185

Class 28	30	0	0	0	0	0	48
Class 29	0	67	0	0	0	0	77
Class 30	0	0	12	0	0	0	15
Class 25	0	0	0	19	0	0	35
Class 32	0	0	0	0	651	0	651
Class 33	0	0	0	0	0	63	67
Total	30	67	12	24	662	64	5226

Annexe 4

Les autres occupations du sol issues du masque binaire



Habitation

Savane herbeuse

savane arboré

Annexe5

Système d'information géographique (SIG)

De nombreuses définitions ont été proposées pour les systèmes d'information géographiques, traduisant leurs nombreuses facettes et accentuant l'aspect tantôt architectural tantôt fonctionnel. En fait, les SIG possèdent des dimensions informationnelles, fonctionnelles et humaines.

La base de données forme le cœur du SIG. Elle renferme à la fois les données cartographiques et les attributs décrivant les éléments cartographiques. "Assembler un SIG" désigne parfois l'opération consistant à regrouper et standardiser un ensemble de données concernant un territoire. Dans sa plus simple expression, un SIG peut donc être simplement une base de données.

Les composantes du SIG :

En plus du personnel et les données géoréférencées, les composants du SIG sont :

➤ Composantes matérielles :

- L'ordinateur
- L'écran et la carte vidéo
- Unités de disque et d'archivage
- La table numérisante
- Le scanneur (balayeur)
- L'imprimante
- La table traçante
- Le GPS

➤ Composantes logicielles :

- Logiciels SIG
- Système de gestion de bases de données
- Système de traitement d'images
- Logiciel de traitements statistiques
- Logiciel de transcodage
- Logiciel de compression
- Logiciel de transmission ftp
- Traçage et reconnaissance automatique des caractères

Notion de couche

Une **couche** est un plan réunissant normalement des éléments géographiques de même type. La notion de couche peut être associée, par exemple, à celle des couches transparentes portant le dessin des différents éléments retrouvés sur les cartes topographiques. Une couche peut aussi être vue comme un **compartiment logique** du système d'information. Chaque couche représente un sous-ensemble " thématique " des informations retrouvées dans le SIG. On dit qu'il s'agit d'un plan car dans la majorité des

cas, les données géographiques incorporées dans les SIG sont bidimensionnelles. Les limites de la couche, dans certains cas définies (comme pour les S.I.G. Idrisi, MapInfo, etc.), dans d'autres cas non-exprimée dans la base d'information (ex: AtlasGis), constituent généralement les limites de la région d'étude.

Certains systèmes rangent chacune des couches dans un fichier distinct alors que d'autres vont rassembler toutes les couches d'une même base dans un seul fichier (figure26). La structuration en couches est associée de près avec le modèle "géorelationnel ". D'autres modes de structuration, notamment les structures de type "objet " fonctionnent de façon légèrement différente. Le recours à des couches est toutefois le mode de structuration de loin le plus répandu.

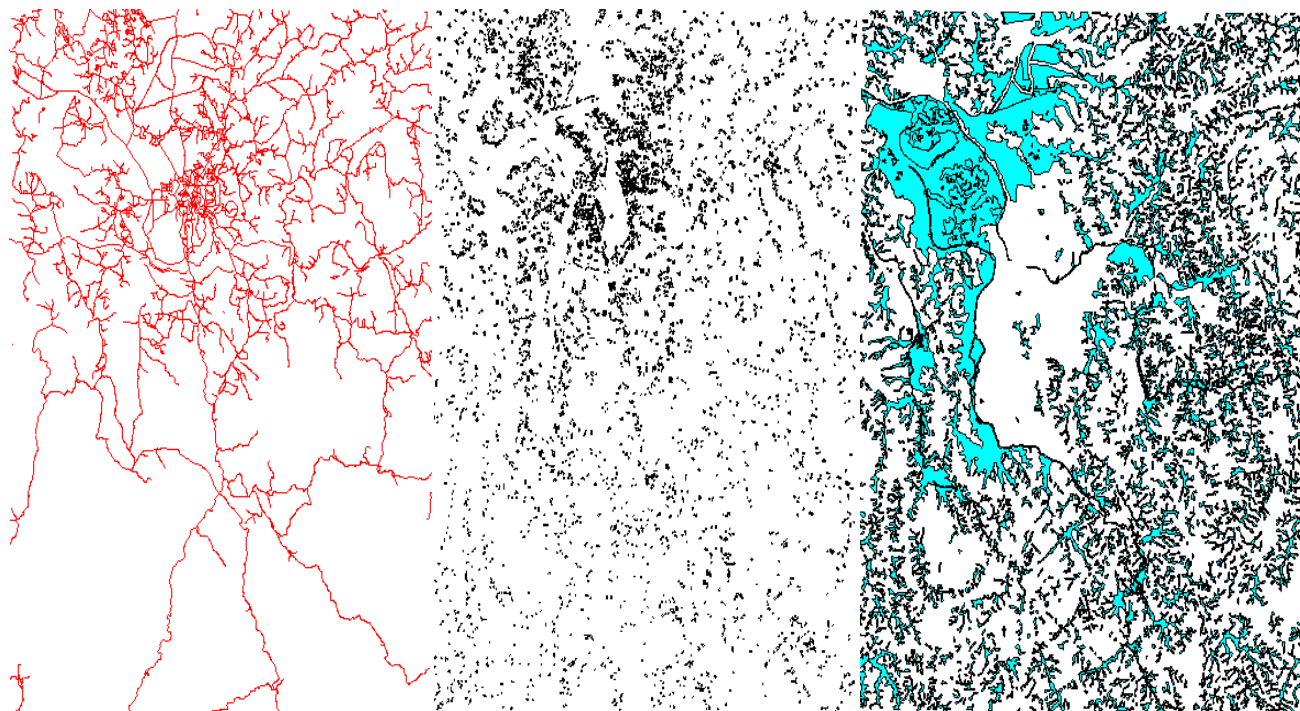
Exemple : le logiciel ARC/INFO utilise le terme " coverage ", traduit par "couverture" pour désigner une couche.

Quelques exemples de couches:

- **la couche des routes**
- **la couche des rivières**
- **la couche de l'occupation du sol**
- **la couche des pentes**
- **la couche lithologique (géologie)**

Annexe 6

Les différentes bases de données de la zone P47



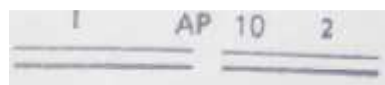
Routes

Habitations

Hydro-zonale

Annexe 7

Principaux légendes dans une carte topographique



: route nationale : 1 bitumée, 2 non bitumée



: 1 route praticable, 2 en construction



: route nationale, route : praticables une partie de l'année



: 1 chemin d'exploitation, 2 sentier



: route : 1 avec repère de nivellement, 2 bordée d'arbre



: route : 1 en déblaie, 2 en remblaie



: voie ferrée : 1 métrique, 2 étroite



: gare : 1 station-halte, 2 arrêt-tunnel



: passage : 1 à niveau, 2 inférieur, 3 supérieur



: 1 aéroport, 2 aérodrome



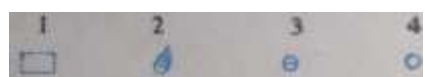
: cours d'eau : 1 permanent, 2 intermittent



: 1 chute, 2 cascade, 3 barrage



: 1 pont, 2 bac, 3 pirogue, 4 gué



: 1 réservoir, 2 source, 3 puits, 4 citerne



: 1 rizière, 2 marais, 3 vase



:1dune, 2sable, 3sable mouillé, 4laisse des plus hautes mers, 5ressif corallien, 6laisse des plus basses mers, 7mouillage



:1rocher, 2escarpement rocheux, 3dômes granitiques



:1courbe de niveau, 2cuvette, 3arrachement



:1bois, 2brousse, 3savane



:1verger-plantation, 2culture, 3jardin



:1baobab, 2formation palétuvier



:1caféier, 2vanillier, 3giroflier, 4canne à sucre



:1cocotier, 2palmier, 3oranger, 4bananier



:1pin, 2eucalyptus, 3arbres isolés



: limite de province



: limite de préfecture



: limite de sous préfecture



: limite d'arrondissement administratif



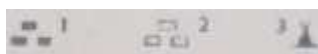
: limite de canton



: câble transporteur d'énergie électrique



: ligne télégraphique et téléphonique





: construction : 1en dure, 2en bois, 3campement



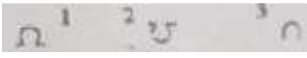
: poste : 1avec télégraphe et téléphone, 2ordinaire


 : 1dispensaire, 2gited'étape

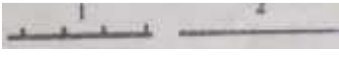
 : 1église, 2calvaire, 3rova, 4marché

 : cimetière : 1chretien, 2musulman, 3tombeau

 : 1ruine, 2mine

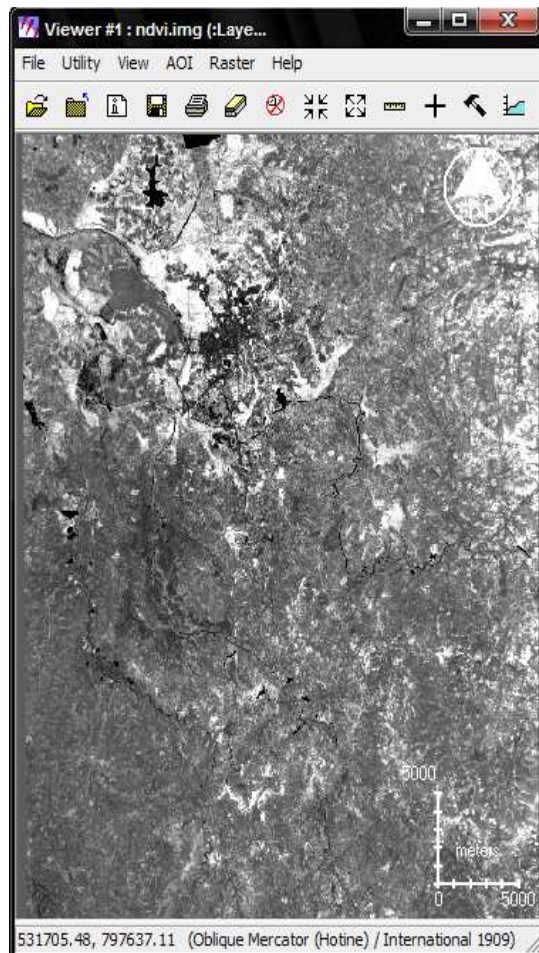
 : carrière : 1sous terraine, 2àciel ouvert, 3grotte

 : 1phare, 2ponton, 3jetée

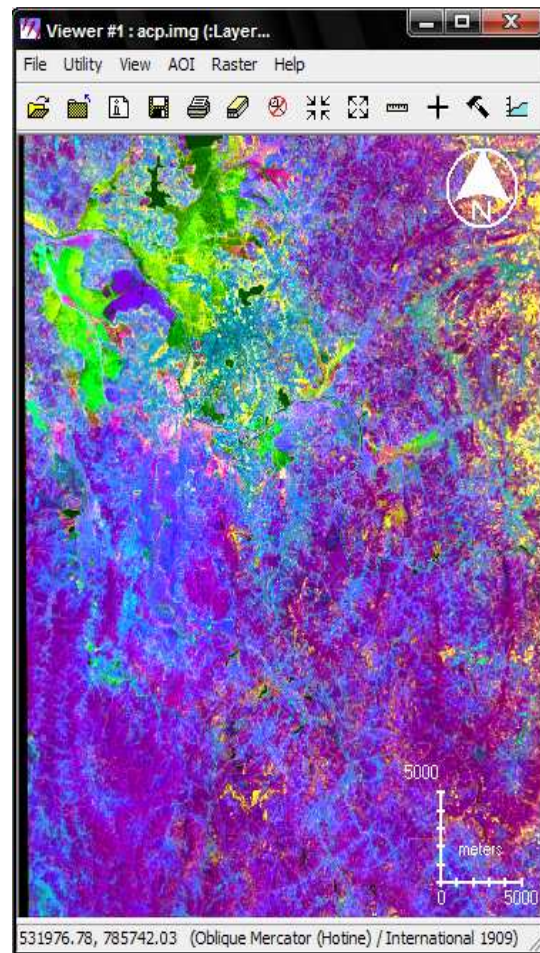
 : canal : 1naviguable, 2non naviguable

Annexe 8

Ces deux images sont respectivement obtenues à partir du logiciel OTB



Extraction NDVI



Extraction ACP

Annexe9

Paramètre Laborde

On peut mettre aussi ces paramètres à la place du ceux dans la page 25 :

Projection type:	Hotine oblique Mercator azimuth center
Spheroid name:	international 1909
Datum name:	Tananarive observatory 1925
Scale factor:	0.999500
Azimuth:	18:54:00.000000
Longitude of center:	46:26:14.025012 E
Latitude of center:	18:54:00.000000S
False easting:	400000.000000 meters
False northing :	800000.000000 meters

Auteur: REGALA Trinôme Joseph

Adresse de l'auteur : lot IIF 3 Bis NWH Antsahameva

Téléphone: 033 07 599 77

Titre: **Méthode de mise à jour des cartes topographiques à l'échelle
1/100 000 à partir de l'image SPOT**

Nombre de pages : 87

Nombre de figures : 29

Nombre de tableau : 04

Résumé :

Les cartes topographiques sont faites à partir de la photographie aérienne auparavant, actuellement à l'aide de l'image SPOT on pourra faire des mises à jour des objets géographiques présentes sur une carte. Mais à remarquer que seules les occupations du sol qu'il faut en tirer avec l'image après des classifications et les informations linéaires sont à numériser manuellement dans un logiciel de SIG.

Mots clé : SPOT, panchromatique, multispectrale, P47, classification, traitement, vectorisation

Rapporteur : Monsieur RAHAINGOALISON Narizo

Auteur: REGALA Trinôme Joseph

Adresse de l'auteur : lot IIF 3 Bis NWH Antsahameva

Téléphone: 033 07 599 77

Titre: **Méthode de mise à jour des cartes topographiques à l'échelle
1/100 000 à partir de l'image SPOT**

Nombre de pages : 87

Nombre de figures : 29

Nombre de tableau : 04

Résumé :

Les cartes topographiques sont faites à partir de la photographie aérienne auparavant, actuellement à l'aide de l'image SPOT on pourra faire des mises à jour des objets géographiques présentes sur une carte. Mais à remarquer que seules les occupations du sol qu'il faut en tirer avec l'image après des classifications et les informations linéaires sont à numériser manuellement dans un logiciel de SIG.

Mots clé : SPOT, panchromatique, multispectrale, P47, classification, traitement, vectorisation

Rapporteur : Monsieur RAHAINGOALISON Narizo