



Année Universitaire : 2012-2013



Master Sciences et Techniques : Hydrologie de Surface et Qualité des Eaux

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Apport des séries d'images Landsat TM/ETM+ à l'étude de la dynamique spatio-temporelle (1984-2006) du Barrage Idriss Premier sur Oued Inaouene (Nord du Maroc).

Présenté par:

MOHAMED KHOUNA Chimini

Encadré par:

- Prof. TABYAOUI Hassan (FP-TAZA)

Soutenu Le 18 Juin 2013 devant le jury composé de:

Mr. Lahrach Abderrahim

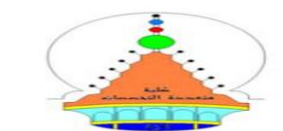
Mr. Lahcen Benaabidate

Mr. Chaouni Abdel-Ali

Mme. El Hammichi Fatima

Mr. Tabyaoui Hassan

Stage effectué à : Faculté Poly-disciplinaire de Taza



Résumé

Cette étude concerne l'apport des séries d'images Landsat TM/ETM+ à l'étude de la dynamique spatio-temporelle du Barrage Idriss Premier sur Oued Inaouene (Nord du Maroc). Les images utilisées ont été extraites à partir d'une série de 14 images Landsat Thematic Mapper (TM) et ETM+ couvrant la période de 1984 à 2006.

Le satellite Landsat TM/ETM+ enregistre des données en sept largeurs de bande différentes avec une large bande panchromatique à haute résolution pour le satellite Landsat ETM+. La résolution au sol de ces images est de 30 mètres.

Pour réaliser notre but, on a fait appel à l'aide des logiciels ERDAS Imagine © pour le traitement des images, au logiciel ArcGIS pour les applications SIG et le logiciel Ms-Excel pour la réalisation de diagramme et le calcul statistique.

Parmi les traitements d'images réalisées, les classifications nous ont permis de convertir des données spatiales en informations pertinentes. Deux types de classifications : supervisée (assistée) et non supervisée (non assistée) ont été appliquées.

Pour faire un suivi spatio-temporel de l'évolution de l'étendue du barrage Idriss Premier, on a fait des soustractions entre les classifications de différentes années et enfin on a interprété les résultats par rapport aux données climatiques (surtout Précipitations) de 11 stations réparties au travers de ce barrage. Les données climatiques de 1983 à 2006 ont permis de ressortir les années pluvieuses et les années sèches et confirment les variations spatiales de l'étendue du barrage pendant 22 années successives.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre concerne les généralités de la télédétection. Le deuxième chapitre concerne les méthodes de traitements et Le dernier chapitre décrit une interprétation des résultats obtenus.

Mots clés:

Télédétection, Images Landsat TM/ETM+, Classification, Précipitations, Barrage Idriss 1^{er}, Fès, Maroc.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail,

À mes chers parents,

À ma sœur,

À mes frères,

À toute ma famille,

À tous mes amis

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin...

Mohamed Khouna Ghimini

Remerciements

Ces remerciements sont avant tout l'expression de ma reconnaissance envers tous ceux qui se sont montres disposes a collaborer a ce travail et a le soutenir.

Au terme de ce projet de fin d'étude de Master, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à Mr. Hassan TABYAOUI, Professeur à la Faculté Poly-disciplinaire de Taza, pour m'avoir encadré, me prodigué les conseils pertinents et qui m'ont aidé à réaliser mon projet dans les meilleures conditions.

Je tiens à remercier du fond du cœur Mr. Abderrahim LAHRACH, Professeur à la Faculté des Sciences et Technique de Fès, Responsable du Master Hydrologie de surface et qualité des eaux pour la qualité de la formation.

Je tiens à remercié tous les Professeurs qui m'ont encadré au cours des deux années de formation au Master Hydrologie de surface et qualité des eaux à la Faculté des Sciences et Technique de Fès.

Mes remerciements vont également à tous les membres du jury qui ont bien voulu prendre la peine de lire ce document et participer à sa valorisation par leurs observations et critiques positives et objectives

Je remercie Messrar Haytem, El Aroussi Alami Omar, pour toute l'aide qu'ils n'ont pas hésité à m'apporter dans ce mémoire.

Je tiens à la fin à remercier, mes amis de Master, pour leur soutient et leur aide.

Sommaire

RESUME	I
DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE	III
LISTES DES FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA TELEDETECTION	1
A. DEFINITION DE LA TELEDETECTION :	1
B. HISTOIRE DE LA TELEDETECTION	1
C. LES BASES PHYSIQUES DE LA TELEDETECTION :	2
D. LES TRAITEMENTS D'IMAGES EN TELEDETECTION :	5
1- <i>Les traitements applicables à un canal</i>	5
2- <i>Les traitements applicables à plusieurs canaux</i>	7
E. LES COMPORTEMENTS SPECTRAUX :	10
F. LES IMAGES LANDSAT	13
CHAPITRE II : METHODES DE TRAITEMENTS	16
I-PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	16
A. CADRE GEOGRAPHIQUE	16
B. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	17
II – TRAITEMENT DES IMAGES LANDSAT	19
A. PRESENTATION DES IMAGES UTILISEES :	19
B. PRESENTATION DU LOGICIEL ERDAS IMAGINE :	19
C. EXTRACTION DU SECTEUR D'ETUDE:	19
D. TRAITEMENT DES IMAGES LANDSAT DU BARRAGE IDRIS PREMIER.....	21
<i>Techniques de Classification d'images</i>	21
E. APPLICATION DE LA CLASSIFICATION NON SUPERVISEE (ITERATION 15 ET NOMBRE DE CLASSE 5) :	22
<i>Méthode</i> :	22
F. EDITION DES SIGNATURES (FIGURE 11 ET 12)	23
G. CLASSIFICATION SUPERVISEE :	26
H. SOUSTRACTION	27
<i>Conversion des images de 8 bits à 2bits</i> :	27
<i>Soustraction</i>	30
I. RESULTATS DES SOUSTRACTIONS DES CLASSIFICATIONS SUPERVISEES :	32
J. CONVERSION DES PIXELS EN ASCII.....	35
A. INTERPRETATION DES RESULTATS :	39
<i>Soustraction image temps t1 moins image temps t2</i>	39
<i>Soustraction image temps t2 moins image temps t1</i> :	40
B. ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES :	41
C. COMPARAISON ENTRE LES DONNEES CLIMATIQUES ET LES RESULTATS DES CLASSIFICATIONS SUPERVISEES :	44
<i>Temps t1 –temps t2</i> :	44
<i>Temps t2 –temps t1</i> :	44
D. CONCLUSION :	45

CONCLUSION GENERALE	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	48

Listes des figures

FIGURE 1 : SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE	4
FIGURE 2 : COMPORTEMENT DE LA VEGETATION.....	12
FIGURE 3 : SIGNATURES SPECTRALES DE QUELQUES ROCHES.....	13
FIGURE 4 : REFLECTANCE DE L'EAU SELON LA CONCENTRATION CHLOROPHYLLIENNE.....	14
FIGURE 5 : REFLECTANCE DE LA NEIGE SELON LA GRANULOMETRIE DES CRISTAUX	14
FIGURE 6 : LOCALISATION DU BARRAGE IDRISSE PREMIER.....	20
FIGURE 7 : UTILISATION DE LA FONCTION CLIP SOUS ARC MAP POUR L'EXTRACTION DU SECTEUR D'ETUDE. 23	
FIGURE 8 : ETAPES POUR L'EXTRACTION DU SECTEUR D'ETUDE SUR ERDAS IMAGINE	24
FIGURE 9 : ETAPES D'UNE CLASSIFICATION NON SUPERVISEE	25
FIGURE 10 : EXEMPLE D'IMAGE RESULTANTE D'UNE CLASSIFICATION NON SUPERVISEE (IMAGE DU 26 JUIN 2002)	26
FIGURE 11 : ATTRIBUES DES 5 CLASSES DE L'IMAGE RESULTANTE DE LA CLASSIFICATION NON SUPERVISEE..	26
FIGURE 12 : IMAGE RESULTANTE DE LA CLASSIFICATION NON SUPERVISEE (IMAGE DU 26 JUIN(2002)MONTRANT LES CINQ CLASSES AVEC DES DIFFERENCES DE COULEURS ET BONNE INDIVIDUALISATION DE LA SURFACE OCCUPEE PAR L'EAU.....	27
FIGURE 13 : ETAPE DE FUSION DES CLASSES POUR L'IMAGE DU 26 JUIN 2002	28
FIGURE 14 : NOUVELLES SIGNATURES OBTENUS A PARTIR DE LA FUSION DES CLASSES PRECEDENTES	28
FIGURE 15 : ETAPES D'UNE CLASSIFICATION SUPERVISEE.....	29
FIGURE 16 : EXEMPLE D'IMAGE RESULTANTE D'UNE CLASSIFICATION SUPERVISEE (IMAGE DU 26 JUIN 2002)	30
FIGURE 17 : ECRAN CREATION DU MODEL SUR ERDAS IMAGINE.....	31
FIGURE 18 : MODEL DE CONVERSION 8 BITS A 2BITS DES IMAGES EN COMPOSITION COLOREE SUR ERDAS IMAGINE	32
FIGURE 19 : INTERFACE DU MODEL POUR LE CALCUL	33
FIGURE 20 : MODEL POUR LA SOUSTRACTION DES DEUX CLASSIFICATIONS SUPERVISEE SUR ERDAS IMAGINE	34
FIGURE 21 : EXEMPLE DE SOUSTRACTION T1-T2 (IMAGE DU 13-MARS-1987 MOINS IMAGE DU 7-OCTOBRE-1987)	34
FIGURE 22 : EXEMPLE DE SOUSTRACTION T2-T1 (IMAGE DU 25-JUIN-2001 MOINS IMAGE DU 29-SEPTEMBRE-1989)	35
FIGURE 23 : EXEMPLES DE SOUSTRACTION T1-T2.....	37
FIGURE 24 : EXEMPLES DE SOUSTRACTION T2-T1.....	39
FIGURE 25 : CONVERSION PIXEL EN ASCII SOUS ERDAS IMAGINE	40
FIGURE 26 : RESULTATS DES SOUSTRACTIONS T1-T2	44
FIGURE 27 : RESULTATS DES SOUSTRACTIONS T2-T1	45
FIGURE 28 : HISTOGRAMMES DES PRECIPITATIONS DES 11 STATIONS ENTOURANT LE BARRAGE IDRISSE PREMIER	47
FIGURE 29 : COURBES DES PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES ET DE POURCENTAGE DE PIXELS OCCUPES (T1-T2) DE TOUTES LES STATIONS	49
FIGURE 30 : COURBES DES PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES ET DE POURCENTAGE DE PIXELS OCCUPES (T2-T1) DE TOUTES LES STATIONS.	49

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : UTILITE EN GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DE CERTAINES COMPOSITIONS COLOREES	16
TABLEAU 2 : IMAGES D’ETUDE	22
TABLEAU 3 : RESULTATS DES CLASSIFICATIONS SUPERVISEES (IMAGE AU TEMPS T1 MOINS IMAGE AU TEMPS T2).....	41
TABLEAU 4 : RESULTATS DES CLASSIFICATIONS SUPERVISEES (IMAGE AU TEMPS T2 MOINS IMAGE AU TEMPS T1).....	42
TABLEAU 5 : PRECIPITATIONS MOYENNES DANS ONZE STATIONS.....	46

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA TELEDETECTION

A. Définition de la télédétection :

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Elle suppose l'acquisition d'information à distance, sans contact direct avec l'objet détecté.

La télédétection est un ensemble de techniques se différenciant les unes des autres par le type de vecteur (avion, satellite ou navette spatiale), le mode d'acquisition (analogique ou numérique, actif ou passif), la résolution spatiale, la gamme spectrale utilisée et la surface observée.

En fonction du type de capteur utilisé, on parle de télédétection passive ou de télédétection active.

- **Télédétection passive**

Le radiomètre (l'instrument de mesure) embarqué sur l'avion ou le satellite capte le rayonnement réfléchi par la surface de la Terre, lorsque le Soleil illumine la Terre. Le Soleil est la source d'énergie. Il n'est donc pas possible de réaliser des observations la nuit ou quand des nuages masquent le sol.

L'observation des régions tropicales n'est pas toujours facile en raison de la couverture nuageuse. Les régions polaires en période hivernale avec peu d'éclairement ne sont pas facilement observables.

- **Télédétection active**

Le capteur embarqué à bord de l'avion ou du satellite produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. On utilise des radars ou des lasers comme source d'énergie. Ces rayonnements passent à travers la couverture nuageuse et il est donc possible d'obtenir des images quelles que soient les conditions météorologiques et de jour comme de nuit. Les images obtenues sont plus difficiles à analyser, mais elles permettent d'obtenir des renseignements sur la topographie, sur la teneur en eau et la rugosité superficielles du sol, sur l'agencement des éléments du paysage ou de détecter la présence de nappes d'hydrocarbures en mer.

B. Histoire de la télédétection

L'histoire de la télédétection commence en 1858 quand Gaspard Félix Tournachon dit Nadar (1820-1910) prend la première photographie aérienne à partir d'un aérostat au

dessus du quartier du Kremlin Bicêtre à Paris. Si l'usage de la télédétection a longtemps été cantonné surtout au domaine militaire, l'offre et la demande ont explosé notamment dans le domaine civil faisant ainsi écho à l'avènement de la société de l'image. Aujourd'hui, l'imagerie spatiale s'est largement diffusée et vulgarisée (navigation sur Internet possible sur une couverture d'images spatiales continue : <http://earth.google.com/>). Cette diffusion est concomitante au basculement vers le format numérique : la donnée est dorénavant un fichier grille (matrice) où chaque carré, appelé pixel (pour Picture-élément), représente l'espace élémentaire au sol sur lequel un enregistrement est effectué et sa taille varie selon la résolution spatiale. Le pixel porte un code de la mesure du signal électromagnétique enregistré et ainsi l'ensemble des pixels constitue l'image. Ce format ouvre le champ à de nombreux traitements numériques qui ont contribué à leur tour à la multiplication des applications de la télédétection.

C. Les bases physiques de la télédétection :

- Les ondes électromagnétiques :

Le Rayonnement Electromagnétique(RE) correspond à l'ensemble des radiations émises par une source qui peut être soit le soleil, soit la surface terrestre ou océanique ou l'atmosphère, ou encore le capteur satellitaire lui-même, sous forme d'ondes électromagnétiques ou de particules. Le RE se décompose en deux champs, un champ électrique (E) et un champ magnétique (M), disposés dans des plans perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, et se déplaçant à la vitesse de la lumière.

- Le spectre électromagnétique :

Le spectre électromagnétique présente toutes les gammes d'ondes depuis les plus petites longueurs d'onde (fréquence très élevée) jusqu'aux plus grandes (fréquences très basse).

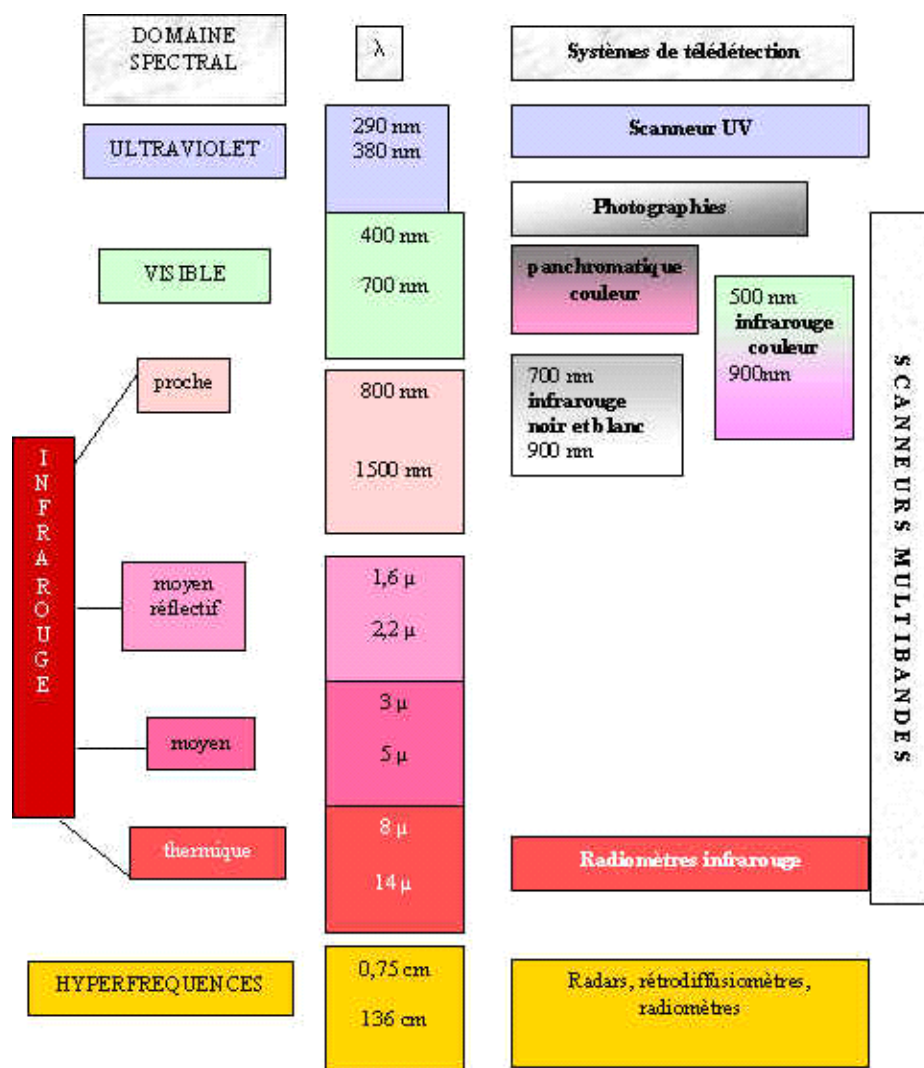


Figure 1 : spectre électromagnétique

- Les ondes les plus utilisées en télédétection sont :

Ultraviolet (UV)		Ce rayonnement se situe au-delà du violet de la partie du spectre visible. Certains matériaux de la surface terrestre, surtout des roches et minéraux, entrent en fluorescence ou émettent de la lumière visible quand ils sont illuminés par un rayonnement ultraviolet.
Visible (VIS) :		La partie visible du spectre va de 0,38 à 0,78 μm . Toutes les couleurs de l'arc -en-ciel, du violet jusqu'au rouge en passant par le bleu et le vert s'y trouvent. La plupart des satellites d'observation de la Terre ont des capteurs enregistrant dans cette partie du spectre. C'est la partie où l'œil humaine peut détecter la lumière.
Infrarouge (IR) :	Proche infrarouge (PIR) :	Centré sur environ 0,9 μm , est très utilisé pour l'étude de la végétation et la détection de l'eau ;
	Moyen infrarouge (MIR) :	Centré sur environ 3 μm (à la fois réfléchi et émis par les surfaces terrestres), est un peu moins utilisé et sert à la détection de l'eau dans les plantes, la détection de la neige et de glace, l'évaluation de l'humidité du sol;
	L'infrarouge thermique	Emis par les surfaces terrestres de 8 à 12 μm est très utilisé en météorologie et en climatologie ;
	Domaine des hyper-fréquences	Il s'étend de 1mm à 1m. Elles sont de plus en plus utilisées, notamment en océanographie et en agriculture.

- Interaction RE-matière :

Le rayonnement électromagnétique est modifié par l'atmosphère et par la surface de la Terre. C'est dans cette modification que réside l'information géographique dans la mesure où toute modification peut théoriquement être reliée à la nature d'un objet géographique.

- Interaction RE-atmosphère :

Lors de la traversée de l'atmosphère, le rayonnement électromagnétique subit des interactions avec les différents composés atmosphériques. On distingue deux phénomènes majeurs : la diffusion et l'absorption.

- **La diffusion:** correspond à des phénomènes de réflexion multiples entre le RE et les atomes, les molécules et les particules atmosphériques.

-
- **L'absorption:** survient lorsque les grosses molécules de l'atmosphère (ozone, bioxyde de carbone et vapeur d'eau) absorbent l'énergie de diverses longueurs d'onde.

- Interaction RE-Surface naturelle :

Lorsqu'un rayonnement électromagnétique atteint la surface terrestre (qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère), il peut être réfléchi (ρ), absorbé (α) ou transmis (τ).

- **Réflexion** : se produit lorsque la cible redirige l'énergie du rayonnement;
- **Absorption** : se produit lorsque l'énergie du rayonnement est absorbée par la cible;
- **Transmission** : se produit lorsque l'énergie du rayonnement passe à travers la cible;

N.B: En télédétection, les quantités mesurées sont le rayonnement réfléchi ou émis.

- Signatures spectrales des principales surfaces naturelles :

En fonction de la nature et des caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagira avec la cible selon l'une ou l'autre des propriétés citées précédemment, ou de manière générale selon une combinaison de ces propriétés. Chaque surface possède ainsi une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchie en fonction de la longueur d'onde) qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires.

D. Les traitements d'images en télédétection :

Le but ici est de fournir une palette d'outils permettant d'améliorer la visualisation des images satellites et donc de pouvoir mieux les interpréter.

Il existe deux types de traitements :

1- Les traitements applicables à un canal

Les traitements suivants sont applicables à un quelconque canal d'une image satellitale.

- Analyse d'un histogramme :

L'histogramme permet de savoir s'il y a ou non de l'information contenue dans l'image. Il se caractérise par sa forme et certaines données comme les valeurs de la moyenne, de la médiane, de l'écart-type. Plusieurs méthodes sont disponibles pour analyser l'histogramme. La méthode radiométrique utilise des modèles permettant de transformer les comptes numériques en valeur de réflectance. Les comptes numériques sont évalués à partir de la connaissance des comportements spectraux de divers objets : sol, végétation, eau, neige, route. Il faut disposer entre autres des coordonnées de la scène satellitale, de la date et de l'heure de prise de vues. Il est aussi possible de caler les comptes numériques à partir de réflectance prises sur le terrain. La méthode géographique retrouve sur l'image les

localisations d'un objet bien connu au sol. En affectant à toutes les occurrences de cet objet une couleur donnée, on établit le spectre des comptes numériques caractérisant l'objet géographiquement. Il est alors possible d'interpréter thématiquement les valeurs de comptes numériques de l'histogramme de chaque canal.

- Les transformations des comptes numériques :

La visualisation d'une image sur l'écran, à partir d'une image brute, passe par deux phases : une fonction de transformation des comptes numériques bruts puis une table de coloration (Look Up Table). Une des premières manières de transformer une image est l'amélioration de la dynamique. Les données brutes d'une image ne couvrent presque jamais l'étendue des 256 valeurs possibles, or il est recommandé d'utiliser cet intervalle le plus complètement possible. Une façon de faire est, pour l'affichage, d'affecter à 0 la valeur minimum des comptes numériques et de porter la valeur maximale des comptes numériques à 255. Cette pratique est simple et garde toute l'information mais la dynamique n'est pas toujours nettement améliorée. Une deuxième façon de faire définit les bornes de la population statistique des comptes numériques en laissant à gauche comme à droite 1 pour 10 000 des valeurs, en s'assurant que les objets intéressants à classer ne sont pas dans ces gammes de comptes numériques. Puis on adapte l'affichage en fonction de ces seuils de dynamique. Enfin, une troisième façon met les seuils à partir de la première ou de la dernière valeur de compte numérique dont l'effectif en pixels est supérieur ou égal à 1 pour 10 000.

Une fois les bornes choisies, on peut appliquer les fonctions de transformation. L'objectif est de permettre d'avoir la majorité des pixels de l'image dans des valeurs de grisé détectables aisément par l'œil. La fonction de transformation la plus simple est la fonction linéaire. Cette méthode présente l'avantage de conserver les positions relatives des objets dans le domaine des comptes numériques. La transformation racine carrée donne un contraste satisfaisant si les valeurs des comptes numériques de la bande sont relativement faibles (les valeurs proches de 0 sont éclaircies et les valeurs proches de 255 sont saturées dans les valeurs très claires). La fonction logarithmique donne un effet semblable à la précédente, elle est globalement très claire. La fonction de transformation exponentielle donne une image très sombre pour les valeurs moyennes et faibles.

Une fois la transformation terminée, on affecte une couleur à chacun des 256 comptes numériques. Plusieurs tables de coloration (Look Up Tables) sont utilisées : table qui code du noir pour la valeur 0 au blanc pour la valeur 255, table qui passe du noir au blanc pour revenir au noir, table monochrome qui affecte une même couleur pour l'ensemble de l'image en passant du foncé au clair. Le contraste est le rapport de la distance topologique entre deux sites à l'éloignement géographique de ces mêmes sites. Il s'agit pour deux objets du rapport de leur distance sémantique à leur distance géographique. Il est important car il

permet de mettre en évidence une zone. Il dépend de l'image elle-même, de la fonction de transformation utilisée et de la LUT.

2- Les traitements applicables à plusieurs canaux

Les traitements d'image utilisent en général trois canaux car il est possible de les afficher en même temps sur un écran. Dans la majorité des cas, on affecte une couleur à un canal mais la comparaison entre les couleurs et les comportements spectraux des objets n'est pas facile. En effet, il n'y a pas de rapport direct entre la réflectance d'un objet dans une bande spectrale et la valeur du compte numérique du canal correspondant à la bande, les calages qui sont faits entre l'énergie reçue par le capteur et la discrétisation du signal ne sont pas les mêmes selon les canaux et il faut prendre en compte les améliorations de la dynamique de chaque canal. En conséquence la même valeur d'un compte numérique sur les différents canaux ne correspond pas à la même luminance. Il ne faut pas rechercher un lien absolu entre comptes numériques et comportements spectraux.

- **Correction** : on relève trois types de correction :
 - Correction atmosphérique : afin d'éliminer l'action de l'atmosphère et isoler les signatures Spectrales des objets terrestres. Connaissant certains paramètres (angle azimutal, heure et jour de la prise de vue, etc.), on utilise des modèles pour réaliser la correction.
 - Correction radiométrique : afin d'éliminer le bruit des capteurs et corriger les comptes numériques de scènes à deux dates pour pouvoir les comparer.
 - *Correction géométrique* : afin d'éliminer les distorsions lors des enregistrements par le satellite (Altitude, rotation, courbure...). La superposition de deux images nécessite une correction géométrique. Cette procédure est appelée redressement géométrique.

- **Combinaison de canaux**

L'affichage sur un écran d'ordinateur d'une image numérique enregistrée par une caméra digitale s'effectue de manière évidente: on associe au canal "rouge" du système d'affichage l'image enregistrée par le canal "rouge" de la caméra, au canal vert le canal vert, etc. L'image résultante correspond donc fidèlement à ce que l'œil d'un observateur direct aurait vu: l'image d'un objet de couleur rouge est rouge, etc.

Dans les systèmes de télédétection, nous avons vu qu'il est possible de détecter et d'enregistrer des parties du spectre électromagnétique qui ne sont pas décelables à l'œil nu, comme l'infrarouge par exemple. Pour pouvoir visualiser cette information, on associe aux bandes spectrales du système d'observation des couleurs d'affichage (rouge-vert-bleu), qui

ne leur correspondent pas nécessairement. Ce faisant, on crée des compositions colorées, appelées parfois "images en fausses couleurs".

En se basant sur les modèles liant les comptes numériques aux comportements spectraux, on construit diverses compositions colorées dont les plus courantes sont les suivantes :

- Infrarouge couleur : canal IR en rouge, canal rouge en vert et canal vert en bleu
Dans cette composition colorée, l'eau apparaît en bleu plus ou moins sombre, les sols en bleu ou en cyan plus ou moins clairs, la végétation en rouge plus ou moins intense, les ombres sont très sombres.
- Pseudo-vraie-couleur : canal IR en vert, canal rouge en rouge et canal vert en bleu
Les végétaux apparaissent en vert, les sols en brun jaune, les eaux en bleu violacé. Toutes les images obtenues par composition colorée comportent exactement la même information mais notre œil la perçoit plus ou moins bien.

Cette méthode est très efficace car elle permet d'analyser en un coup d'œil des données ayant trois composantes: comme indiqué précédemment, en faisant varier de 0 à 255 les composantes rouge, verte et bleue définissant la couleur d'un pixel d'une image numérique, on peut obtenir plus de 16 millions de couleurs différentes. L'œil de l'interprète s'avère être un puissant outil d'analyse, car il permet de comparer la couleur de différents objets, mais aussi d'analyser la manière dont les couleurs sont juxtaposées, la forme et la taille des objets, etc.

- **Ratio** : les Transformations Ratio des données de télédétection peuvent être appliquées pour réduire les effets de l'environnement. Ratio également fournit des informations uniques et subtiles différences de réflectance spectrale ou de couleur entre les matériaux de surface qui sont souvent difficiles à détecter dans une image standard. Il est également utile pour distinguer les sols et la végétation.

Exemples de combinaisons : Le nombre de combinaisons de rapports possibles d'un capteur multi spectral avec les bandes P est $n = P (P-1)$. Ainsi, pour les TM des six groupes de réflexion il ya trente combinaisons de rapport différentes.

Voici quelques unes :

- TM3/TM4: Ce rapport définit uniquement les terres arides et les zones urbaines.
- TM5/TM7: Ce ratio sépare terre et eau uniquement. Comme les sols présentent une forte absorption dans la bande 7 réflectance (2,08 2.35um) et élevé dans la bande 5 (1,55 - 1.75um), le sol a été améliorée dans ce rapport.

Terre est apparue comme ton plus léger et l'eau est apparue comme ton sombre.

- TM3/TM5: Ce ratio est utile pour observer les différences de turbidité de l'eau.

- **Indice** : Combinaison de plusieurs bandes spectrales destinée à mettre en évidence les particularités radiométriques d'une surface donnée.

L'indice de végétation normalisé ($NDVI = (PIR-R)/(PIR+R)$) est le plus utilisé en biogéographie et en agriculture car il est étroitement corrélé avec la production chlorophyllienne des surfaces végétales.

- **Classification** : L'objectif de la classification est d'identifier les classes auxquelles appartiennent des objets à partir de traits descriptifs (attributs, caractéristiques).

- Classification non-supervisée

Dans cette approche, on laisse l'ordinateur analyser l'ensemble des signatures spectrales de tous les pixels de l'image, et déterminer des groupements naturels, c'est-à-dire regrouper les pixels sur base de signatures spectrales similaires. Dans certains cas, l'utilisateur peut imposer le nombre de catégories qu'il souhaite obtenir en fin de classification, et dans certains programmes, on peut également "forcer" certaines classes. Les algorithmes de classification procèdent en général par plusieurs passages au cours desquels les solutions proposées sont affinées de manière à créer des groupes plus homogènes et mieux différenciés.

Le principal avantage de cette méthode est d'être très rapide, puisqu'elle ne requiert pratiquement pas d'intervention de l'utilisateur. Son principal défaut est de se baser exclusivement sur les différences spectrales, qui ne correspondent pas toujours à des catégories naturelles d'occupation du sol. Par exemple, il est fréquent d'obtenir par classification non supervisée plusieurs classes correspondant à de la végétation herbeuse, mais une seule classe regroupant tout le tissu urbain, la voirie et les champs labourés, ce qui ne correspond normalement guère aux besoins des interprètes.

- Classification supervisée

- Seuillage monospectral

Pour l'eau, c'est facile. Dans certains cas, il est possible d'isoler une catégorie d'objets en effectuant un simple seuillage des valeurs numériques, dans une seule bande spectrale (seuillage mono spectral). C'est assez souvent le cas pour les surfaces aquatiques observées au moyen d'un capteur sensible au proche infrarouge: tous les pixels dont la valeur

numérique est inférieure à une valeur seuil peuvent être affectés à la classe "eau". Dans certains cas, une classe d'objets sera définie par une fourchette de valeurs ("tous les pixels dont la valeur numérique est comprise entre 56 et 87 sont classés comme forêt de feuillus" par exemple). Ce type de seuillage est souvent représenté graphiquement sur l'histogramme des valeurs numériques de l'image. On détermine habituellement les valeurs des seuils de manière interactive. Ce seuillage est assez efficace, même si on observe quelques pixels "parasites". Malheureusement, dans la plupart de cas, cette méthode n'est pratiquement utilisable que pour la classe "eau".

- *Classification par maximum de vraisemblance*

Il s'agit probablement d'une forêt. La classification par maximum de vraisemblance n'est pas très différente de la précédente: on utilise également des zones-échantillon pour déterminer les caractéristiques des classes d'objets, qui deviennent également des centres dans l'espace multi spectral. Par contre, au lieu d'affecter un vecteur spectral à la classe dont le centre de gravité est le plus proche, elle se base sur une analyse statistique de la distribution des vecteurs spectraux de l'échantillon pour définir des zones de probabilité équivalente autour de ces centres. La probabilité d'appartenance à chacune des classes est calculée pour chaque vecteur spectral et le vecteur est affecté à la classe pour laquelle la probabilité est la plus élevée. Un avantage considérable de cette méthode est qu'elle fournit pour chaque pixel, en plus de la classe à laquelle il a été affecté, un indice de certitude lié à ce choix. Il est ainsi possible de traiter différemment des pixels classés "forêt" avec plus de 90% de certitude, et des pixels classés "forêt" avec une faible probabilité. On hésitera par exemple moins à reclasser ces derniers pixels dans une autre classe lors de traitements ultérieurs. Pour intéressante qu'elle soit, cette possibilité n'est que très rarement exploitée par la plupart de logiciels de traitement des données de télédétection.

E. Les comportements spectraux :

- **La Végétation** : De nombreux modèles existent pour modéliser la réflectance de la végétation. Les facteurs influencent la réflectivité de la végétation sont :
 - La structure de la feuille (structure interne, surface de la feuille, contenue eau et chlorophylle),
 - La géométrie de la feuille (orientation, inclinaison)
 - L'assemblage des feuilles (recouvrement, disposition)
 - La structure canopée (lisse rugueuse, ouverte, fermée)
 - L'angle de prise de vue

- L'influence du sol

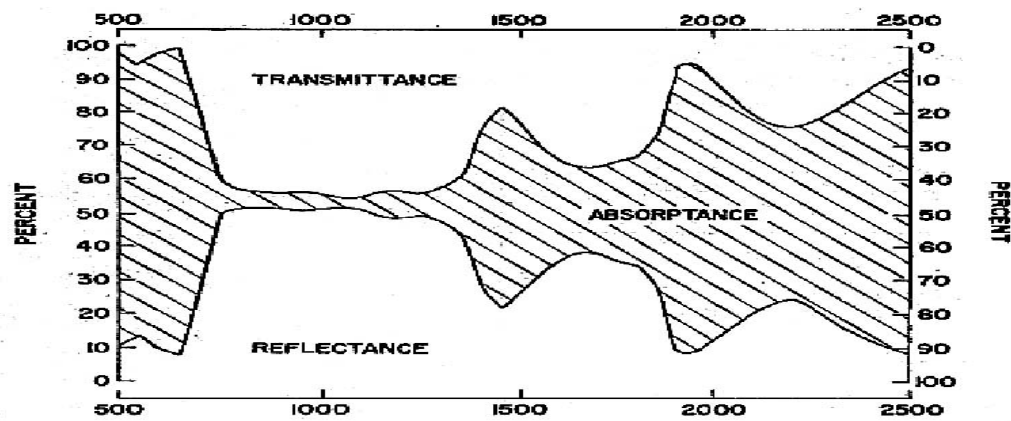


Figure 2 : Comportement de la végétation (15)

- Dans le domaine visible (0,4 0,7 mm) le rayonnement est en majeure partie absorbée par les pigments foliaires (chlorophylle a et b avec 2 bandes d'absorption dans le bleu et le rouge) pour la photosynthèse. Ce qui explique que les végétaux nous apparaissent verts. La réflectance est d'autant plus faible que la photosynthèse est importante.
- Dans le domaine de l'IR, c'est la teneur en eau qui affecte la réflectance.
- **Les roches** : La réflectance des roches dépend de leur composition physico-chimique mais également de leur degré d'altération. La signature spectrale d'une roche n'est donc pas uniquement une combinaison des signatures spectrales des minéraux qui la compose.

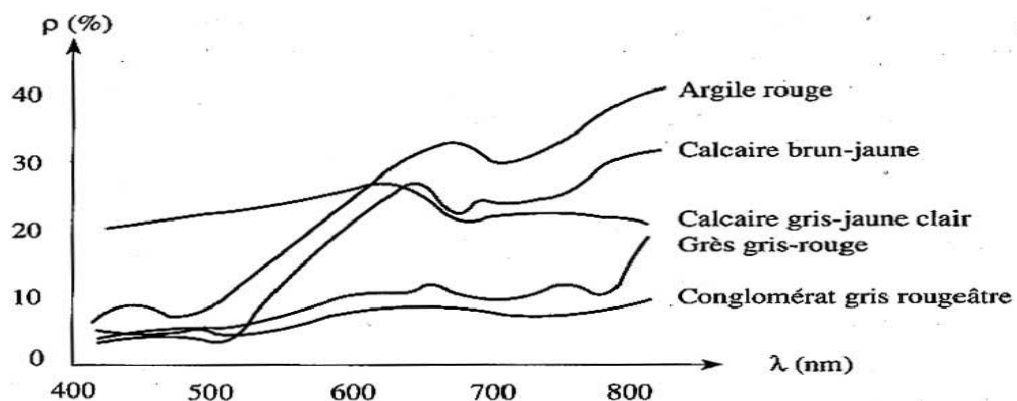


Figure 3 : Signatures spectrales de quelques roches (15)

- **L'Eau** : La réflectance de l'eau est dépendante de son état (liquide, solide ou gazeux). Si l'eau est pure, on voit à travers. L'énergie reçue dans le visible et IR est majoritairement transmise (moins de 5% est réfléchi) . L'absorptance est plus faible

pour les radiations vertes et bleues qui pénètrent plus profondément. On estime qu'au dessus de 40m la totalité du rayonnement est absorbé, l'eau apparaît alors noir. Il est alors possible de remonter à la profondeur en fonction de la couleur de l'eau.

Les éléments dissous ou en suspension dans l'eau (particules, algues, matières organiques) jouent également un rôle important.

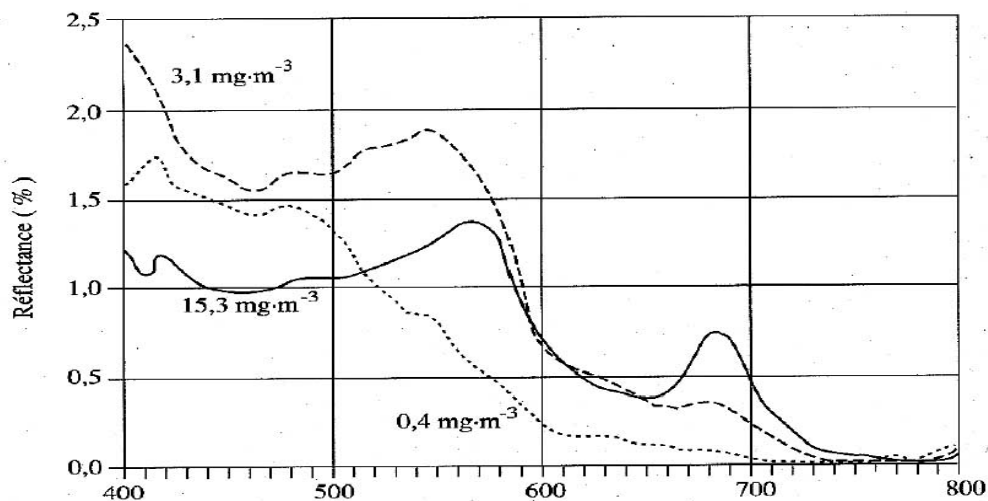


Figure 4 : Réflectance de l'eau selon la concentration chlorophyllienne(15).

La réflectance de la neige est liée aux impuretés qu'elle contient ainsi qu'à la granulométrie des cristaux.

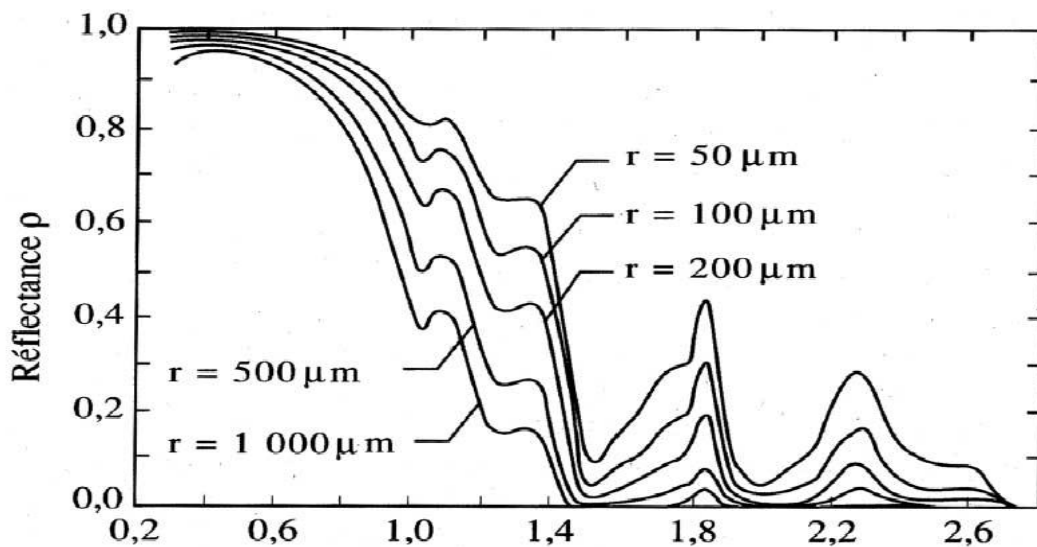


Figure 5 : Réflectance de la neige selon la granulométrie des cristaux(15)

F. Les images Landsat

Ce programme américain de télédétection spatiale ([NASA](#) et [USGS](#)) a été le premier programme civil d'observation de la Terre par satellite. Il a commencé avec le lancement du premier LANDSAT en 1972. Ce programme a donc permis d'engranger des millions de données formant une librairie exceptionnelle des conditions sur Terre depuis presque 40 ans.

Capteurs TM

Ces scanners à haute résolution possèdent 7 bandes spectrales et couvrent toujours une zone de 185 km sur 185 km.

Bande	Bande spectrale	Résolution	Utilisation
1	0,45 - 0,52 μm	30 m x 30 m	Différenciation sol / végétaux, zones côtières
2	0,52 - 0,60 μm	30 m x 30 m	Végétation
3	0,63 - 0,69 μm	30 m x 30 m	Différenciation des espèces végétales
4	0,76 - 0,90	30 m x 30 m	Biomasse
5	1,55 - 1,75 μm	30 m x 30 m	Différenciation neige/nuage
6	10,4 - 12,5 μm	120 x 120 m	Thermique
7	2,08 - 2,35 μm	30 m x 30 m	Lithologie

Capteur ETM+

Ce scanner est une évolution des TM précédents. Il comporte maintenant une large bande panchromatique à haute résolution.

Bande	Bande spectrale	Résolution	Utilisation
1	0,45 - 0,515 μm	30 m x 30 m	Différenciation sol / végétaux, zones côtières
2	0,525 - 0,605	30 m x 30 m	Végétation
3	0,63 - 0,69 μm	30 m x 30 m	Différenciation des espèces végétales
4	0,75 - 0,90 μm	30 m x 30 m	Biomasse
5	1,55 - 1,75 μm	30 m x 30 m	Différenciation neige/nuage
6	10,4 - 12,5 μm	60 m x 60 m	Thermique
7	2,09 - 2,35 μm	30 m x 30 m	Lithologie
PAN	0,50 - 0,90 μm	15 m x 15 m	

- Les applications en géologie et en hydrologie :

La liste suivante donne des exemples de diverses applications des données Landsat qui ont été démontrées dans l'histoire des 27 années du programme Landsat.

En géologie :

- Cartographier les principales caractéristiques géologiques

-
- La révision des cartes géologiques
 - Reconnaître et classer certains types de roches
 - La délimitation de roches non consolidées et les sols.
 - La cartographie des dépôts de surface volcaniques
 - Cartographie des formes géologiques terrestres
 - L'identification d'indicateurs de ressources minérales et pétrolières
 - Détermination de structures géologiques régionales
 - Cartes géomorphologiques producteurs
 - Cartographie des cratères d'impact

En Hydrologie

- Délimitation des frontières eaux et des zones d'eau de surface
- Cartographie des caractéristiques des inondations et des plaines inondables
- Mesure de détermination de zone de couverture de neige et de glace
- Mesurer les changements et l'étendue de caractéristiques glaciaires
- Mesure de la turbidité et les sédiments modèles
- Délimitation des champs irrigués
- Inventaires de surveillance du lac et de la santé
- Estimation de la fonte des neiges ruissellement
- Caractérisation des pluies tropicales
- Les bassins versants de cartographie

Tableau 1 : utilité en Géologie et hydrogéologie de certaines compositions colorées (14)

Type de capteur	Canaux composition colorée BVR	Utilité (en Géologie et Hydrologie)	Résultat trouvé
ETM+	1-2-3		L'image résultante est proche de la réalité, mais peu contrastée

	2-3-4		La végétation apparaît en rouge parce qu'elle est plus réfléchissante dans le PIR que dans le vert ou dans le rouge.
TM	3-2-1	Paysage tel perçu par l'œil humain, profondeur des eaux claires	Couleur réelle
	4-3-2	Similaire aux photographies infrarouges	Végétation= rouge ; urbain= bleu ; trait côtier bien visible
	4-5-3	Fait ressortir la végétation(en rouge)	Les sols humides apparaissent plus foncés que les sols secs (en vert)
	7-4-2:	Frappantes pour les régions désertiques. Utile pour les études géologiques, agricoles et des zones humides.	La végétation en vert, les prairies en vert, les zones roses représentent les sols stériles, oranges et bruns représentent régions à faible densité de végétation. Végétation sèche en orange et l'eau en bleue.
	6-2-1	Permet quantifier la température de l'eau	
	7-3-1	Permet différencier certains minéraux	Dépôts salés apparaissent blanc. Les rivières apparaissent bleu foncé.
	4-5-7	Permet différencier certains minéraux	
	72-1	Cartographie des étendues d'huiles dans l'eau	L'huile apparaît en rouge sur un fond noir
MSS	1-2-4		Plans d'eau en bleu. Eaux profondes et claires sont en bleu foncé à noir, eaux chargées de sédiments ou peu profondes apparaissent plus claire. Nuages et la neige apparaissent comme blanc brillant, et ils sont distingués les uns des autres par l'ombre associé aux nuages.

CHAPITRE II : METHODES DE TRAITEMENTS

I-PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

A. Cadre géographique

La zone d'étude concerne le barrage Idriss premier situé dans la région de TAZA-ALHOCEIMA-TAOUNATE. Ses Coordonnées sont : 34°07' N 04°40' W.

Le Barrage Idriss Premier est mis en eau en 1973. Cet ouvrage dresse ses 24 contreforts en travers du lit de l'oued Inaouene à 20 km au Nord Est de la ville de Fès dans un paysage de collines marneuses au relief assez doux, caractéristique du Pré-rif. La retenue qu'il développe à l'amont d'une capacité de 1.186 Mm³ est assez vaste, grâce à des conditions topographiques très favorables, pour régulariser non seulement les apports de l'Oued Inaouene, soit environ 700 Mm³ par an, mais aussi les 600 Mm³ annuels du Haut-Sebou provenant de la dérivation du barrage Allal Al Fassi. Le barrage Idriss 1er est capable d'assurer, avec la contribution des apports sauvages, la fourniture de 830 Mm³/an pour l'irrigation de 72.300 ha correspondant au premier ensemble irrigué de la plaine du Gharb. Une usine de pied d'une puissance installée de 40 MW turbine les lâchers agricoles pour produire en moyenne 66 GWh par an.

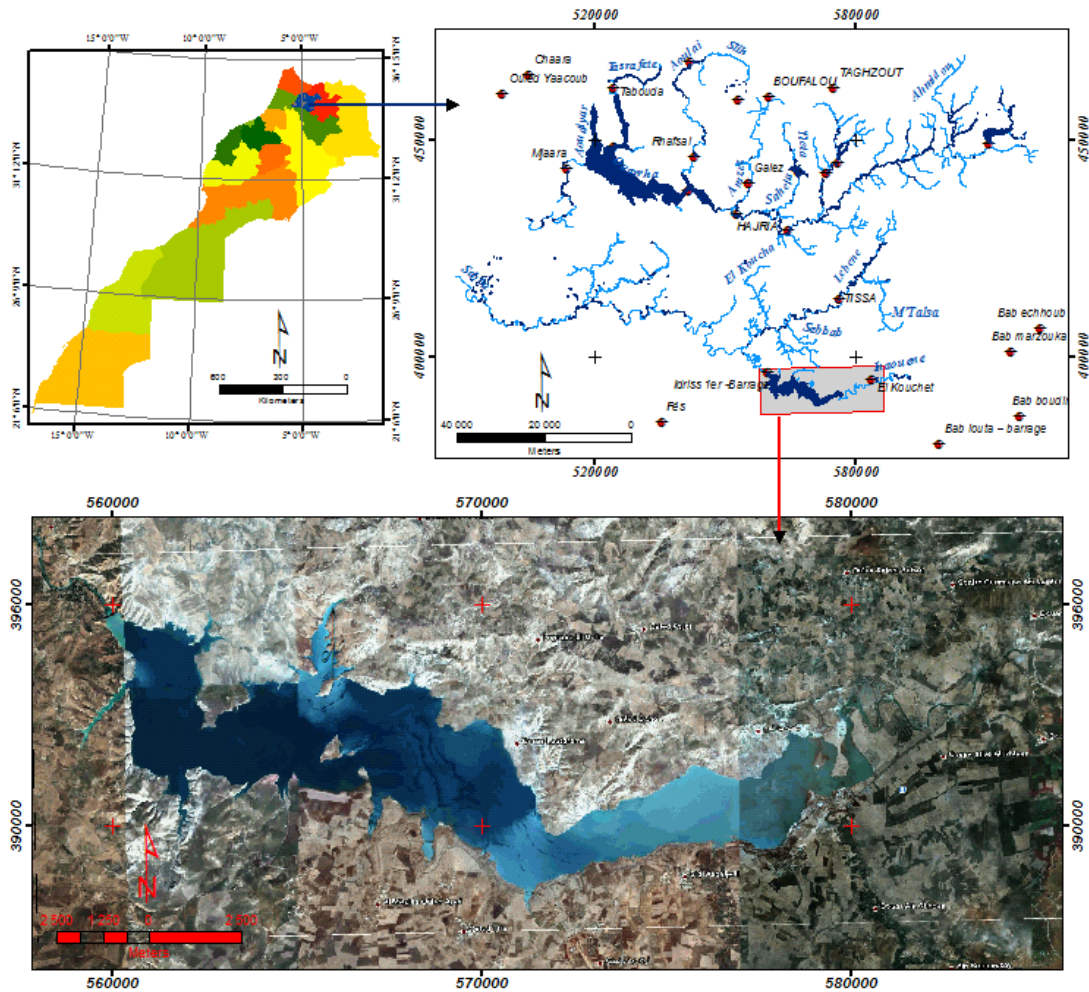


Figure 6: Localisation du barrage Idriss premier

B. Caractéristiques physiques

Les eaux du barrage Idriss Premier sont relativement chargées en nutriments, souvent turbides. Leur température varie entre 10 et 28°C et le pH entre 7,5 et 8,5. La faune invertébrée est relativement pauvre.

La végétation de ce milieu artificiel est peu intéressante, exception faite d'une large prairie couvrant le lit de l'oued Inaouene, en amont de la retenue.

Le peuplement naturel de poissons fut constitué de barbeaux (encore abondants) et d'anguilles et aloses (éteintes); le peuplement introduit se compose de 6 espèces: la Carpe commune, le Black-bass, le Blue-gill, le Sandre, le Rotengle et, d'introduction récente, la Carpe argentée.

Une quarantaine d'espèces d'oiseaux signalées en hivernage, pour un total ne dépassant pas les 4000 oiseaux.

II – TRAITEMENT DES IMAGES LANDSAT

A. Présentation des images utilisées :

Les images utilisées correspondent à 14 scènes du satellite LANDSAT 4 et 5 de 30 mètres de résolution couvrant la zone d'étude pour la période de 1984 jusqu'à 2006.

Tableau 2 : Image d'étude

Nom image d'origine
27-08-1984.jpg
7-03-1985.jpg
13-03-1987.jpg
7-10-1987.jpg
6-08-1988.jpg
26-09-1989.jpg
25-07-2001.jpg
25-05-2002.jpg
10-06-2002.jpg
26-06-2002.jpg
29-06-2003.jpg
31-07-2003.jpg
17-09- 2003.jpg
12-11- 2006.jpg

Pour faire un suivi de l'évolution spatiale du barrage Idriss premier, on a fait la classification supervisée à l'aide du logiciel ERDAS IMAGINE 9.2.

B. Présentation du logiciel ERDAS IMAGINE :

ERDAS IMAGINE®, de Leica Geosystems GIS & Mapping est le logiciel de référence utilisé par la plupart des professionnels de la géomatique. Il a été conçu pour le traitement d'image, sa série très complète d'outils, sa simplicité d'utilisation et son apprentissage rapide vous permettront de créer rapidement l'imagerie rectifiée nécessaire à l'amélioration de votre SIG

C. Extraction du secteur d'étude:

Le secteur d'étude extrait des images brutes est cadré par les coordonnées Lambert Maroc par ses bordures référencées dans le tableau suivant:

Point	X	Y
1	336537,636	3783133,571
2	365202,135	3783133,571
3	365202,135	3772656,076
4	336537,636	3772656,076

L'extraction du secteur à partir des scènes brutes est réalisée par la fonction Clip sur Arc GIS-Arc Map (Fig. 7) et par la fonction utilities/subset image sous Erdas Imagine (Fig. 8)

- Sous ArcMap, Ouvrir Arctoolbox → Data Management tools → Raster → Raster Processing → Clip

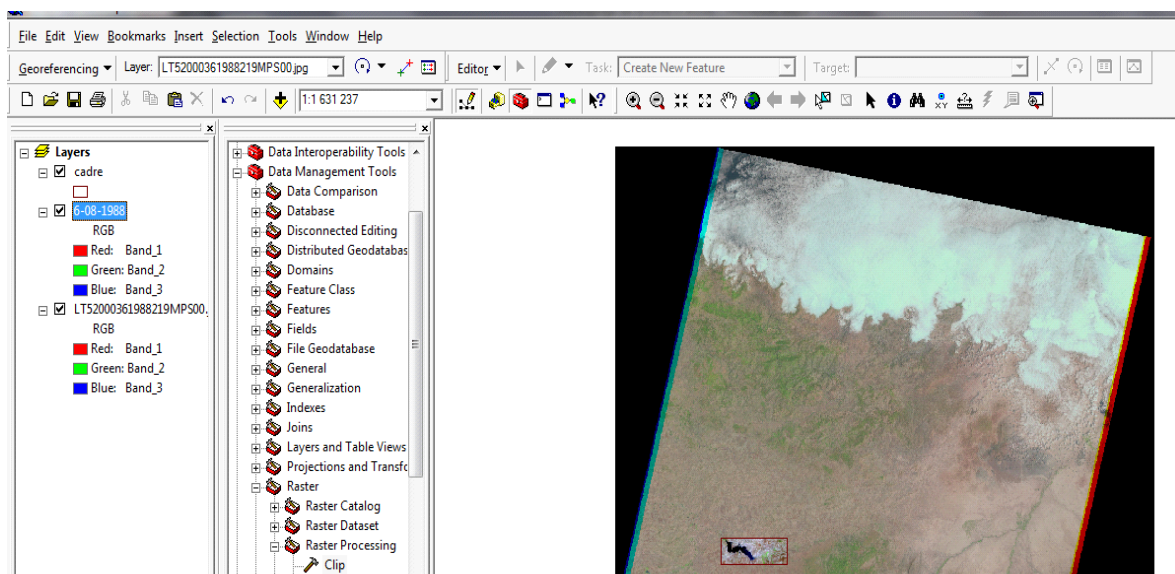


Figure 7 : Utilisation de la fonction clip sous ArcMap pour l'extraction du secteur d'étude

La démarche suivit, sous Erdas Imagin, est comme suit:

On clique sur Interpreter → utilities → subset image, on remplit les coordonnées des limites du secteur d'étude, puis on clique sur AOI, on choisit AOI file, puis on clique sur le fichier border.aoi qu'on a déjà crée puis on met OK.

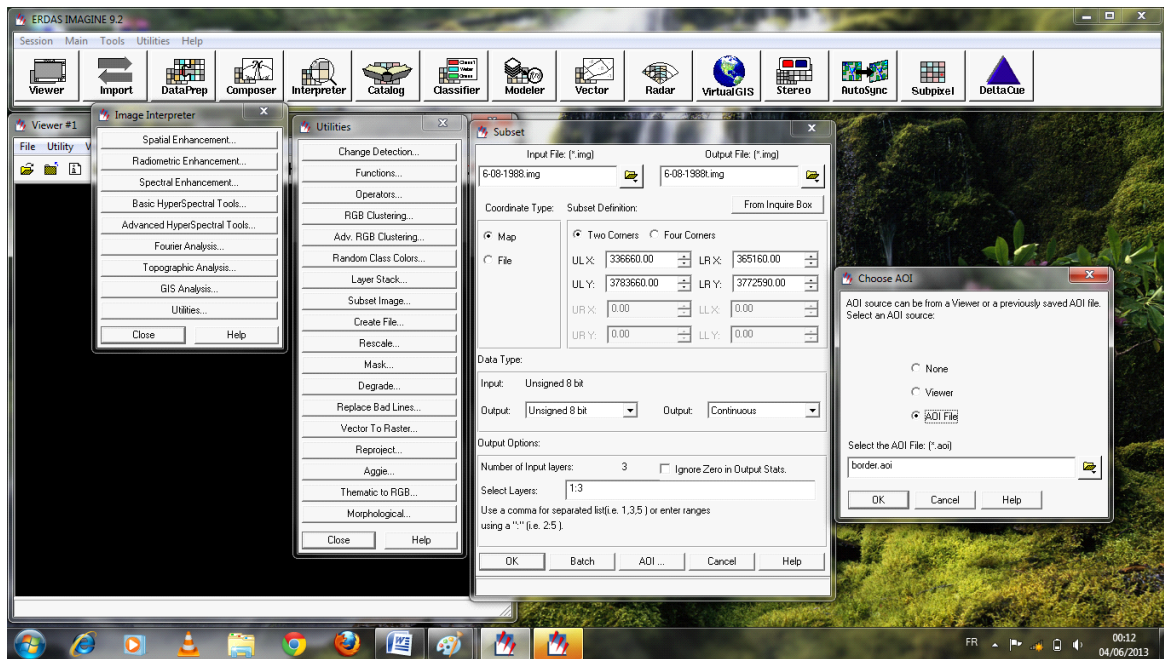


Figure 8 : étape pour l'extraction du secteur d'étude sur Erdas Imagine

D. Traitement des images Landsat du barrage Idriss Premier

Techniques de Classification d'images

Il y a deux méthodes de classification des données de télédétection :

- la classification supervisée
- la classification non-supervisée

Pour la classification supervisée, on demande au logiciel de rechercher dans l'image les pixels les plus proches d'une signature type. Pour la classification non-supervisée, le logiciel regroupe les pixels dont la signature est la plus proche, puis l'utilisateur recherche ce que représentent les catégories.

- Classification supervisée :

L'objectif de la classification supervisée est principalement de définir des règles permettant de classer des objets dans des classes à partir de variables qualitatives ou quantitatives caractérisant ces objets.

En particulier, les classes retenues pour l'apprentissage de la classification supervisée, ne sont pas toujours pertinentes. En effet, il peut arriver que des classes soient oubliées, ou encore que l'étiquetage ait été réalisé dans de mauvaises conditions ne permettant pas la distinction de classes intéressantes.

- Classification non-supervisée :

La classification non-supervisée ne se positionnant pas sur ce type de problème, puisqu'elle détermine les classes, peut venir en aide à une classification supervisée, pour confirmer ou infirmer le choix des classes initiales, et proposer une classification avec des classes ayant plus de sens.

Pour faire la classification supervisée, il a été nécessaire dans un premier temps de faire la classification non supervisée pour savoir les classes qu' occupe l'eau pour ensuite passer vers la signature éditée, pour rassembler les classes occupée et non-occupée par l'eau.

E. Application de la Classification non supervisée (itération 15 et nombre de classe 5) :

Le but de la classification non supervisée est d'identifier une partition des données telle que les objets d'une même classe se ressemblent le plus possible et que des objets de classes différentes soient les plus différents possible.

Méthode :

Sur l'ERDAS IMAGINE, on clique sur classier→« Unsupervised classification », on introduit le nom de l'image en entrée, le nombre de classe choisit est de 5 et le nombre d'itération : 15 (figure 9)

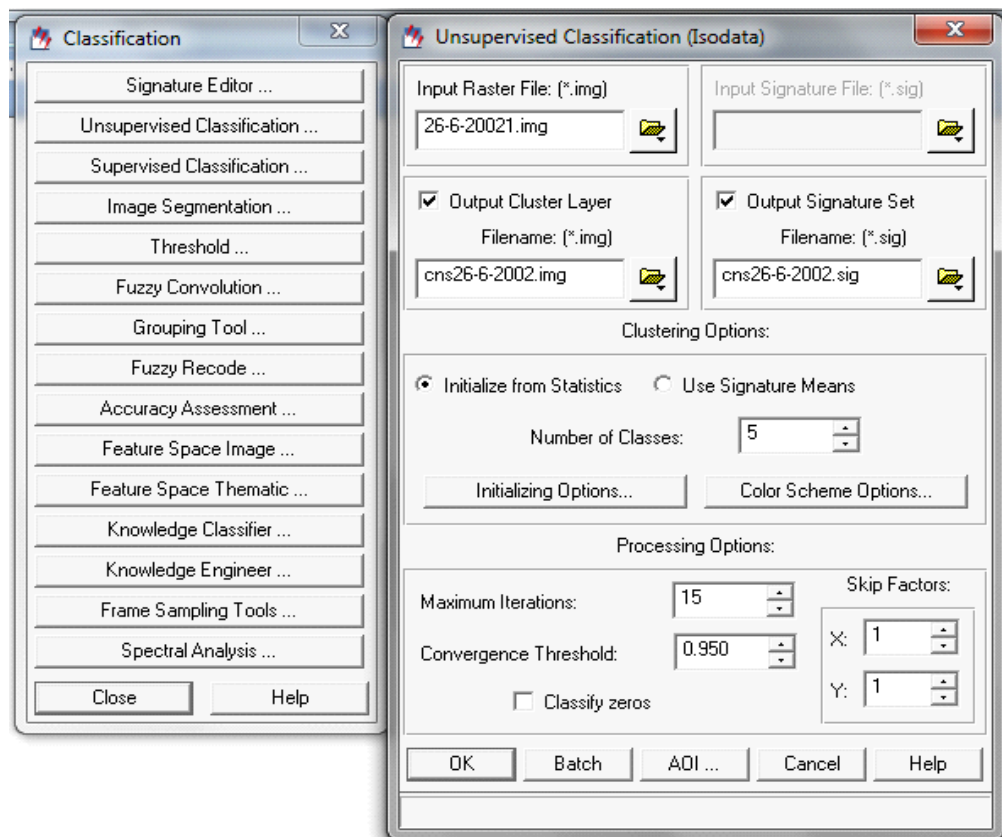


Figure 9 : Etapes d'une Classification non-supervisée

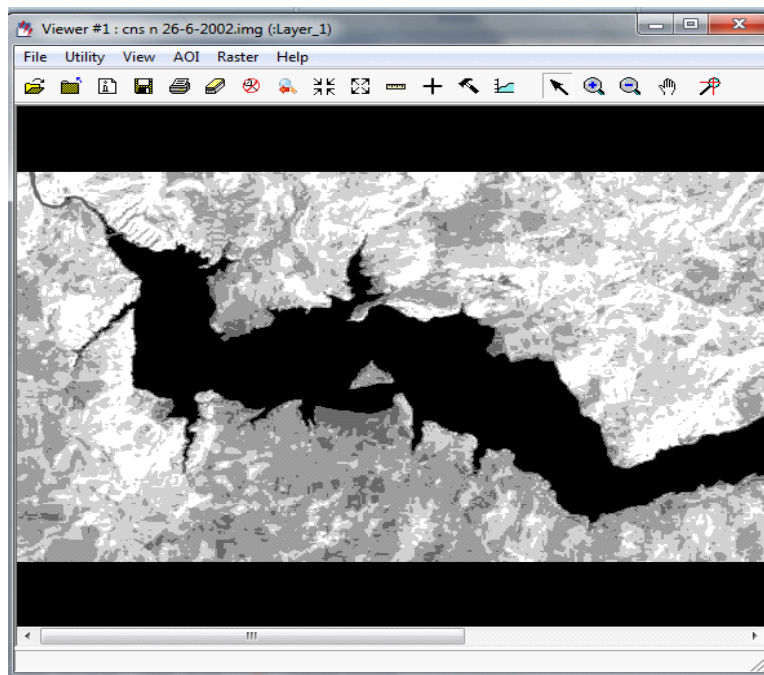


Figure 10 : Exemple d'image résultante d'une classification non-supervisée (image du 26 juin 2002)

F. Edition des signatures (figure 11 et 12)

Avant de commencer la classification supervisée, il faut d'abord localiser les zones qui reflètent la présence de l'eau sur l'image résultante de la classification non-supervisée. La méthode consiste à identifier par des couleurs différentes classes d'attributs.

Sur Erdas imagine, ouvrir images → raster → attributs

Row	Histogram	Color	Red	Green
0	0		0	0
1	44725		0	0
2	20307		0.627451	0.321569
3	108223		0.627451	0.12549
4	107649		1	1
5	53696		1	1

Figure 11 : Attribut des 5 classes de l'image résultante de la classification non-supervisée (image du 26 juin 2002)

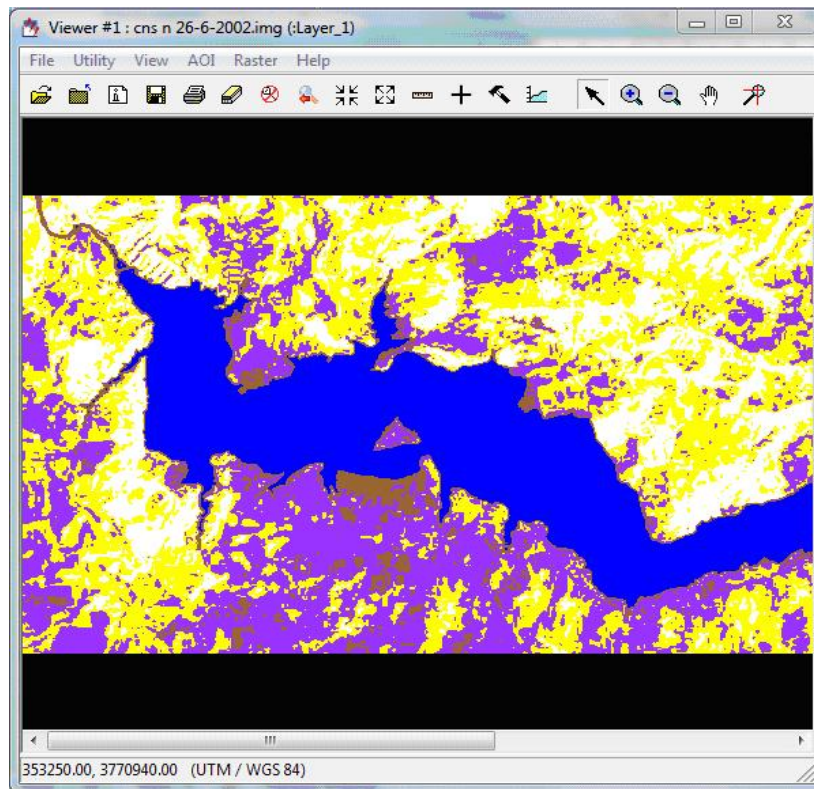


Figure 12 : Image résultante de la classification non-supervisée (image du 26 juin 2002) montrant les 5 classes avec des différences de couleurs et une bonne individualisation de la surface occupée par l'eau

L'étape suivante consiste à créer un fichier de signature spectrale comportant deux classes seulement à partir des 5 classes : Classe (1) occupée par l'eau et classe (2) non occupée par l'eau.

Il s'agit en fait de fusionner les classes occupées par l'eau dans une seule classe et les classes qui ne correspondent pas à l'eau dans une deuxième classe et enfin on donne à chacune des deux nouvelles classes deux nouvelles couleurs.



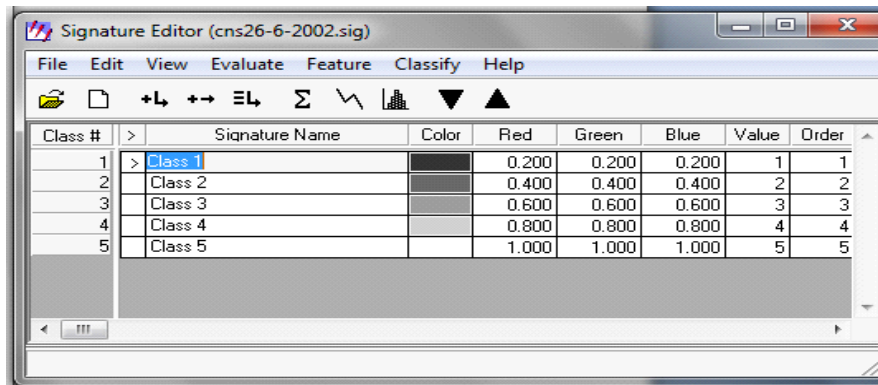
En pratique, on clique dans la barre de menu d'ERDAS, sur le bouton → signature editor, une fenêtre va apparaître, on clique après sur « file » puis open et on va chercher le fichier .sig .

Maintenant que notre fichier .sig est ouvert, on peut commencer à fusionner les classes.

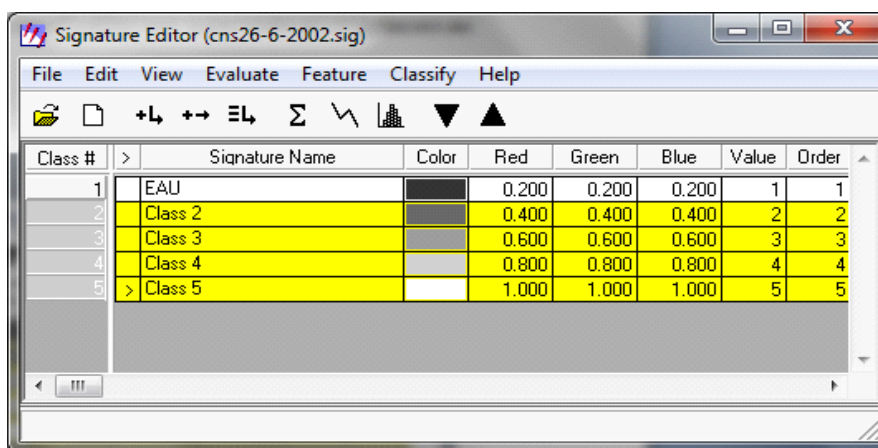
Pour fusionner les classes, on doit d'abord les sélectionner dans le tableau. Pour ce faire, cliquez sur la ligne de l'un des Classes qu'on souhaite fusionner, maintenir la touche Majuscule enfoncée et cliquer ensuite sur l'autre (s) classe (s) en cours de fusion. Dans cet

exemple, nous allons fusionner les classes 2, 3, 4 et 5 qui ont été générées à partir d'une classification non supervisée en cinq classes au total.

Maintenant aller à Edit > Merge (Figure 13). Notez qu'une nouvelle classe contenant les données que nous avons fusionnées a été ajoutée à la dernière ligne de notre table. Avec les quatre classes fusionnées étant toujours sélectionnées, aller à Edit > Delete. Le tableau devrait maintenant ressembler à la figure 14:

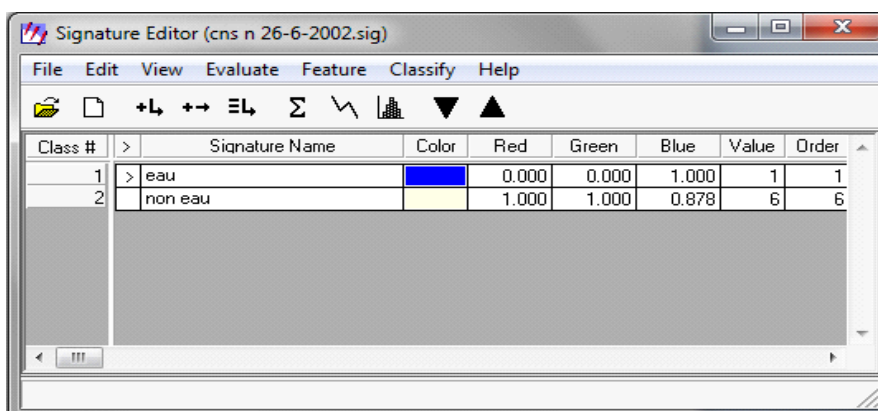


Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
1	> Class 1		0.200	0.200	0.200	1	1
2	Class 2		0.400	0.400	0.400	2	2
3	Class 3		0.600	0.600	0.600	3	3
4	Class 4		0.800	0.800	0.800	4	4
5	Class 5		1.000	1.000	1.000	5	5



Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
1	EAU		0.200	0.200	0.200	1	1
2	Class 2		0.400	0.400	0.400	2	2
3	Class 3		0.600	0.600	0.600	3	3
4	Class 4		0.800	0.800	0.800	4	4
5	> Class 5		1.000	1.000	1.000	5	5

Figure 13 : Etape de fusion des classes pour l'image du 26 juin 2006



Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
1	> eau		0.000	0.000	1.000	1	1
2	non eau		1.000	1.000	0.878	6	6

Figure 14 : Nouvelles signatures obtenues à partir de la fusion des classes précédentes

On suit les mêmes étapes pour l'ensemble des 14 images datant de 1984 à 2006.

G. Classification supervisée :

Maintenant on va effectuer une classification supervisée utilisant le fichier des signatures éditées.



Pour ce faire, on clique sur **Classifier** → supervised classifier, on introduit le nom de l'image en entrée comme « Input Raster File » et le nom du fichier de la signature déjà crée en comme « input Signature File », on donne ensuite le nom de fichier de sortir comme « Classifier File » (figure 15). Apres validation, Erdas fait sortir l'image classifiée et assistée (Figure 16).

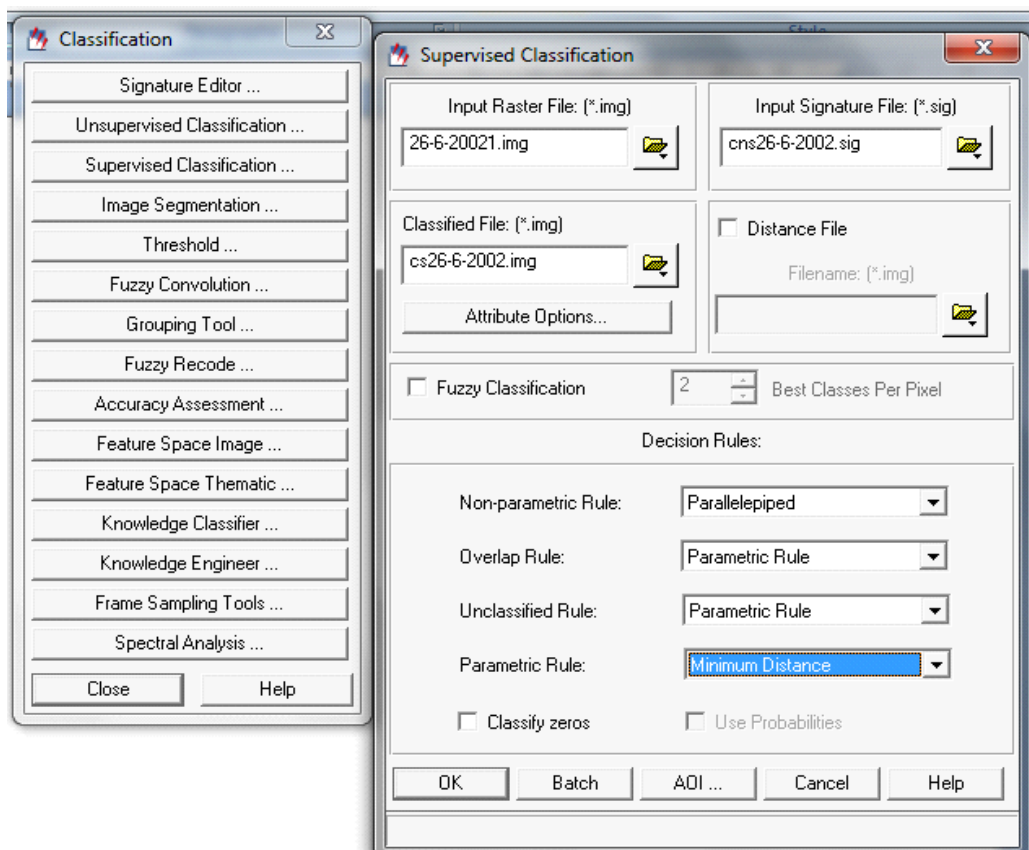


Figure 15 : Etapes d'une Classification supervisée

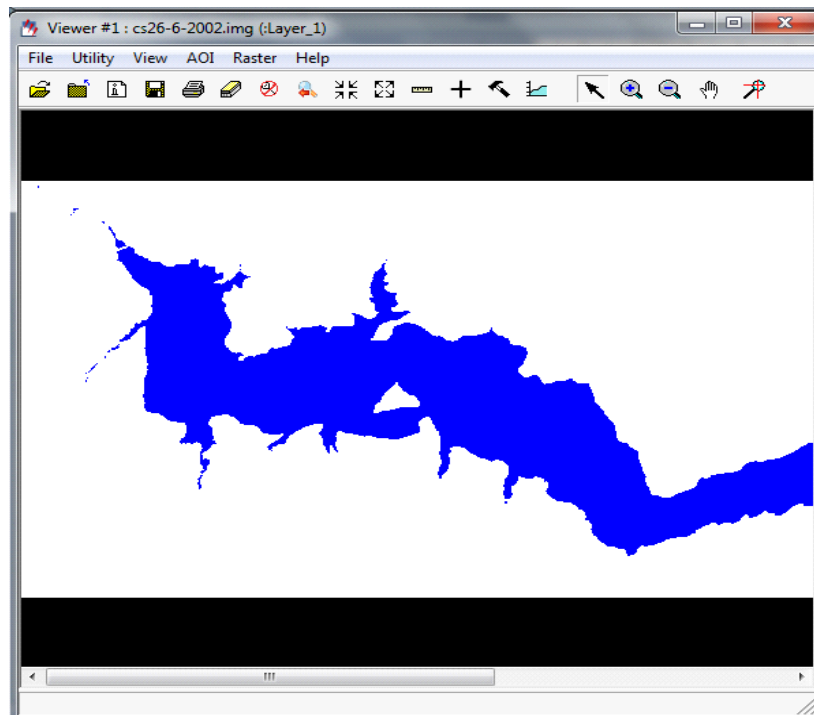


Figure 16 : Exemple d'image résultante d'une classification supervisée (image du 26 juin 2002)

H. Soustraction

Conversion des images de 8 bits à 2bits :

Comme les images résultantes peuvent contenir plus de classes occupées par l'eau, on procède à affecter aux pixels contenant l'eau la valeur « 1 » et aux pixels vides la valeur « 0 ». De ce fait, on fait une conversion grâce à l'outil Modeler sur Erdas. Le but est d'avoir les mêmes valeurs radiométriques dans toutes les images et préparer les classifications supervisées au calcul de soustraction entre les images de différentes dates.

- Les étapes sont les suivantes :



Aller à ERDAS IMAGINE, sur la barre de menu cliquer sur , ensuite sur « model maker », une fenêtre vide va apparaitre avec les outils de modélisation :

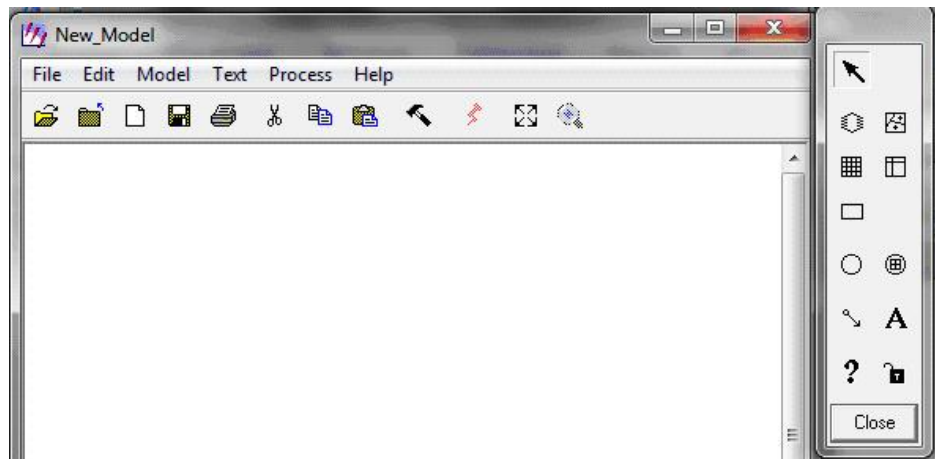


Figure 17 : Ecran création de model sur Erdas Imagine

On choisit ce outil de dessin , on clique la dessous, puis on clique sur , et enfin je clique sur , on met les flèches comme dans l'image ci-dessous , on aura enfin cette forme :

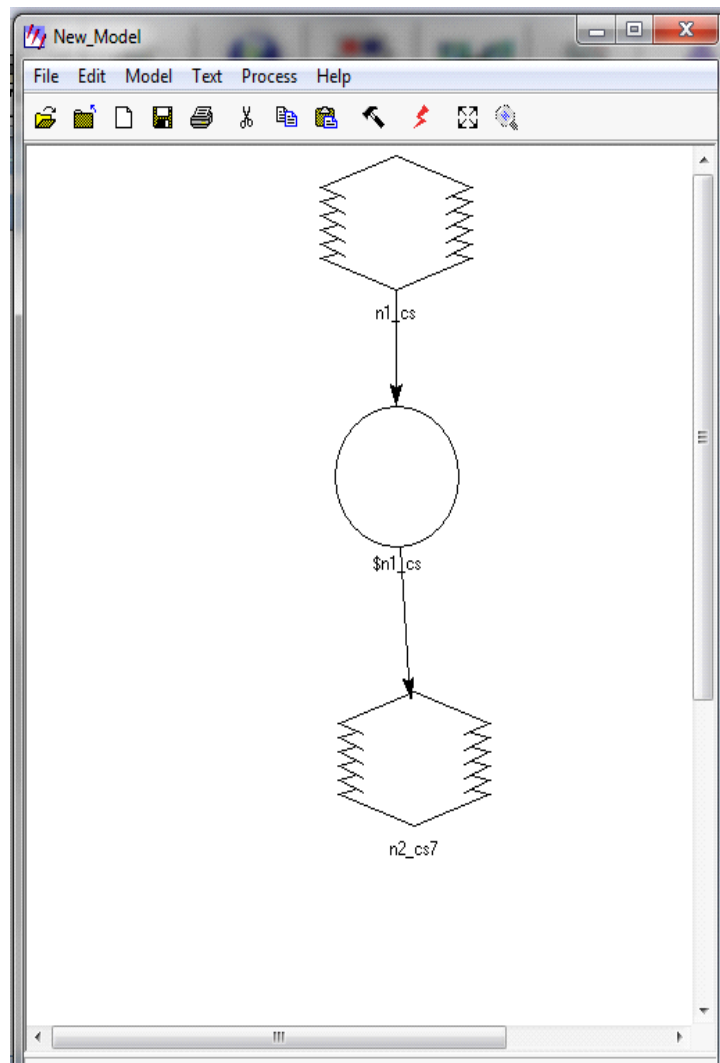


Figure 18 : Model de conversion 8 bits à 2bits des images en composition colorée sur Erdas
Imagine

Tels que la première figure représente l'image de départ (l'image classification supervisée), la deuxième l'opération est le calcul par les fonctions Relationnels :

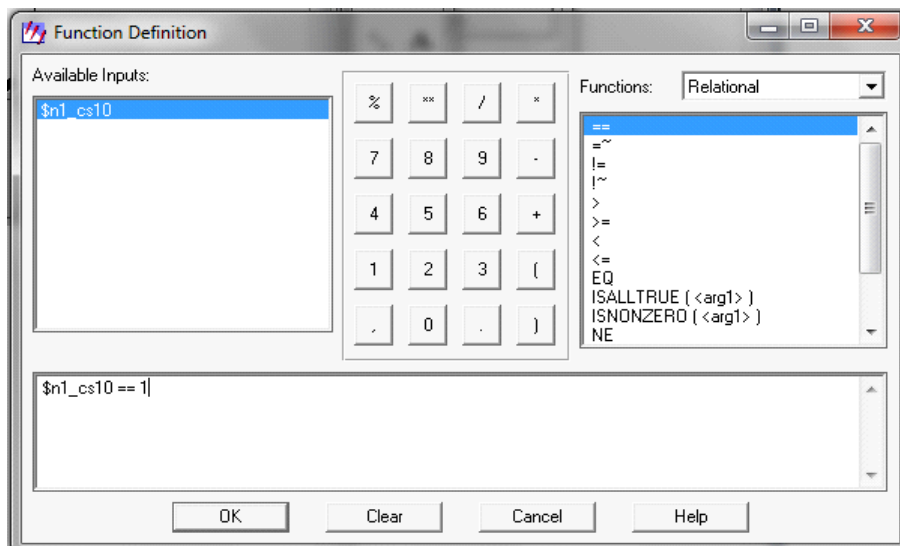


Figure 19 : Interface du Model pour le calcul

La valeur « 1 » correspond sur l'image à la classe qu'occupe l'eau dans le barrage est un dans toutes les images de la classification supervisée du 26 juin 2006.

Soustraction

Pour faire la soustraction on suit les étapes suivantes :



On clique sur  , puis sur « Model Maker », avec les outils de dessin on crée le schéma suivant qui correspond à deux images en entrée, une formule de soustraction (dans le cercle) et une image de sortie.

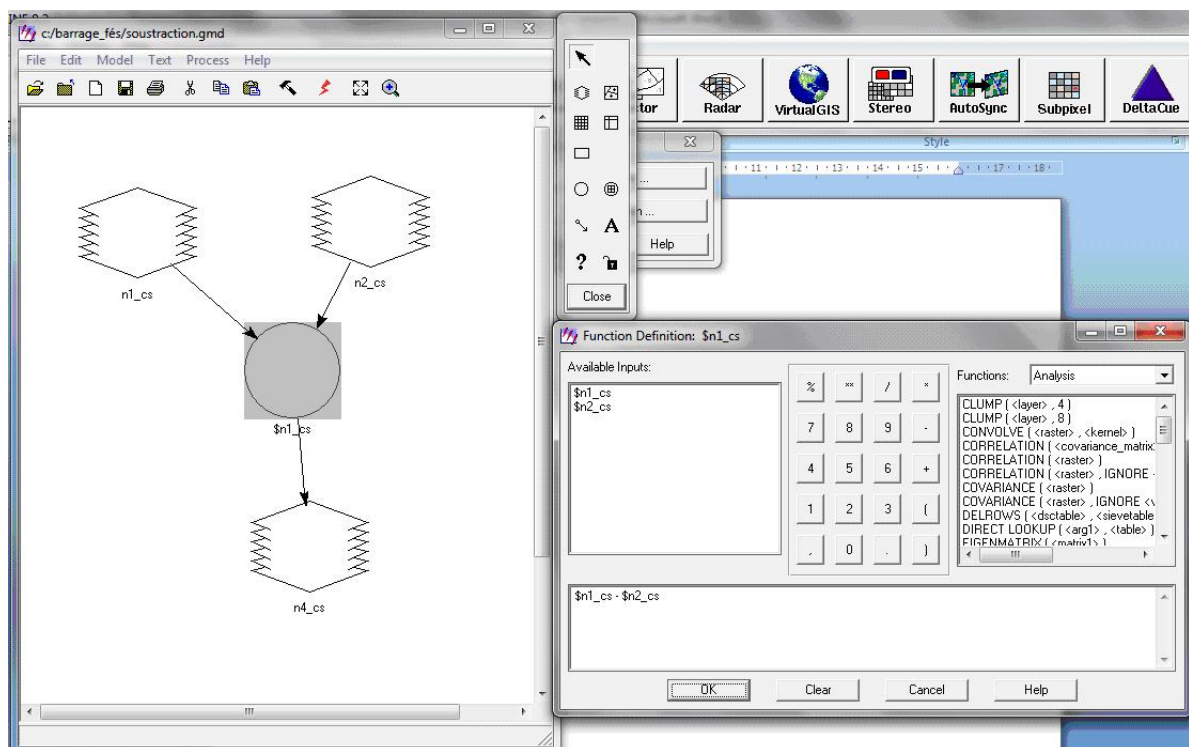


Figure 20 : Model pour la soustraction des deux classifications supervisée sur Erdas Imagine

Pour plus de précision, on a fait la soustraction dans les deux sens (c'est-à-dire l'image au temps t1 moins l'image au temps t2 et l'inverse image t2 moins image t1). Cette étape est faite pour toutes les images. Les figures 21 et 22 montrent deux cas de soustraction de classifications supervisées

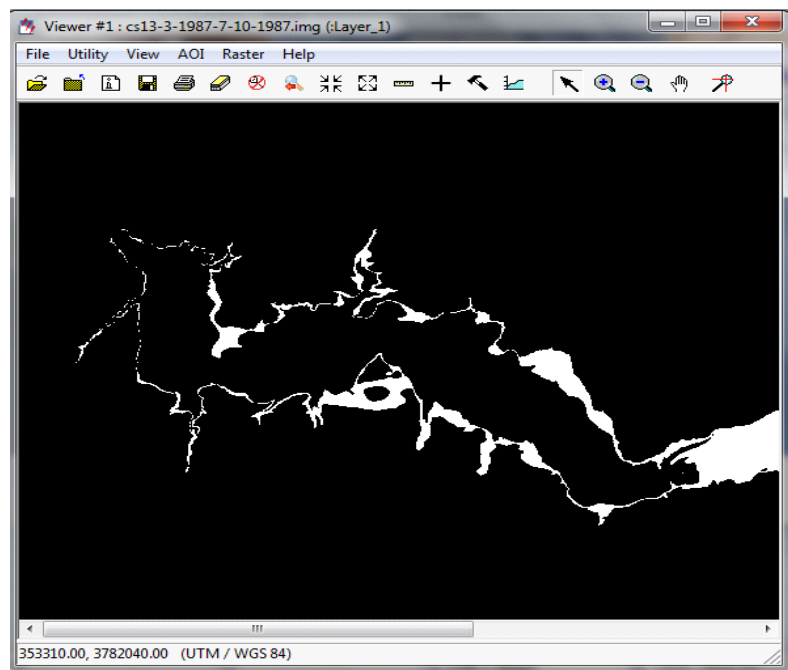


Figure 21 : Exemple de soustraction t_1-t_2 (image du 13 mars 1987 moins l'image du 7 octobre 1987)

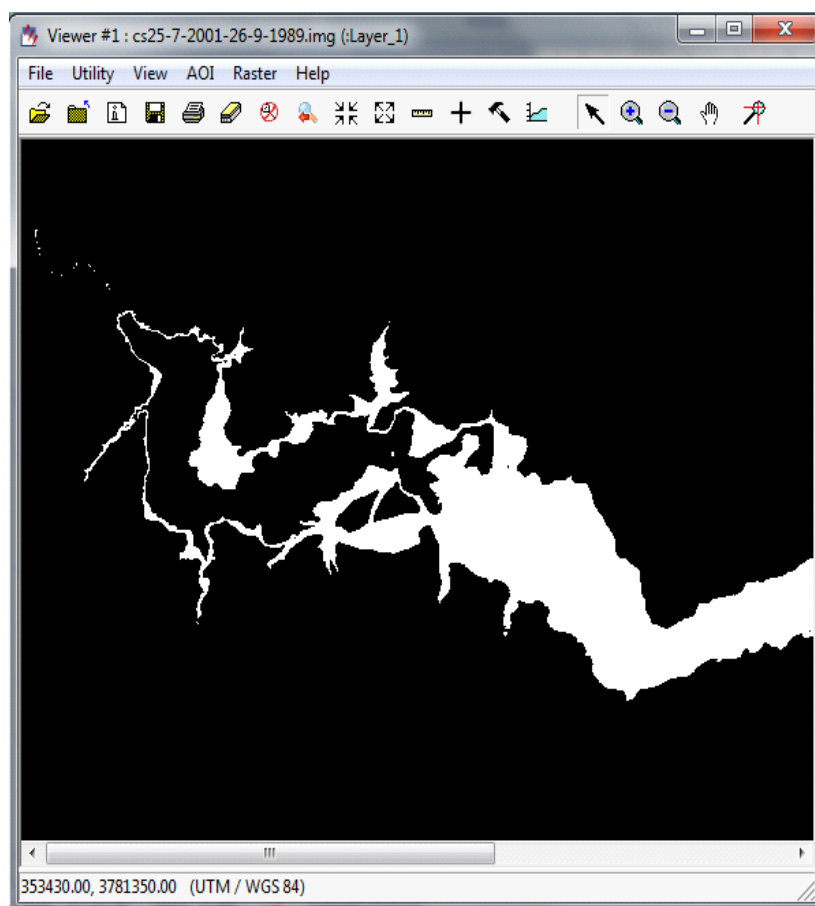
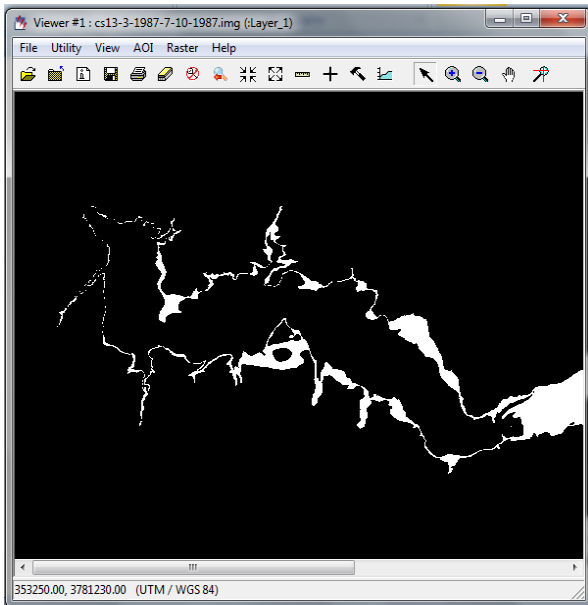


Figure 22 : Exemple de soustraction t_2-t_1 (image du 25 juin 2001 moins image du 29 septembre 1989)

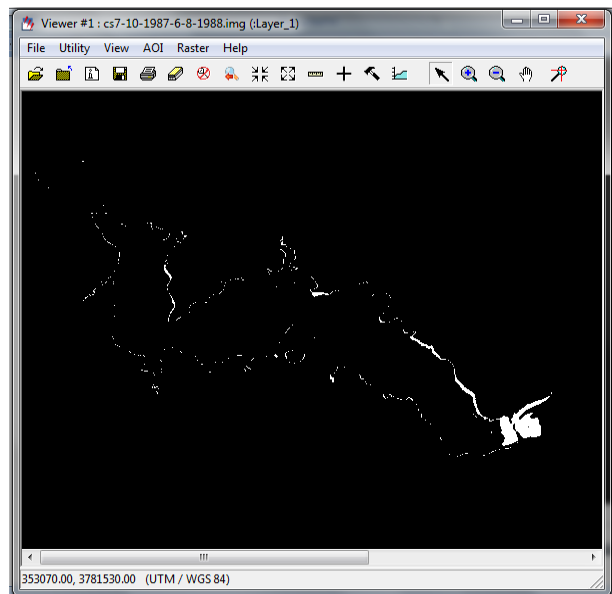
I. Résultats des soustractions des classifications supervisées :

Les figures 23 et 24 représentent les résultats de la classification supervisée (au temps (t_1-t_2) et (t_2-t_1)).

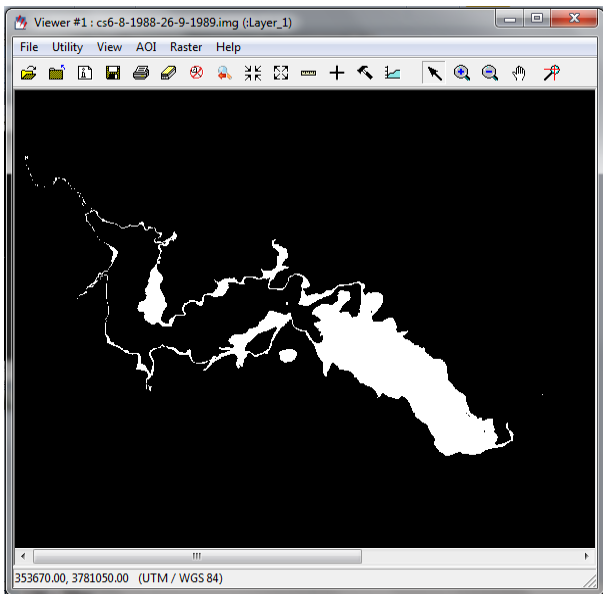
La couleur blanche représente la zone occupée par l'eau.



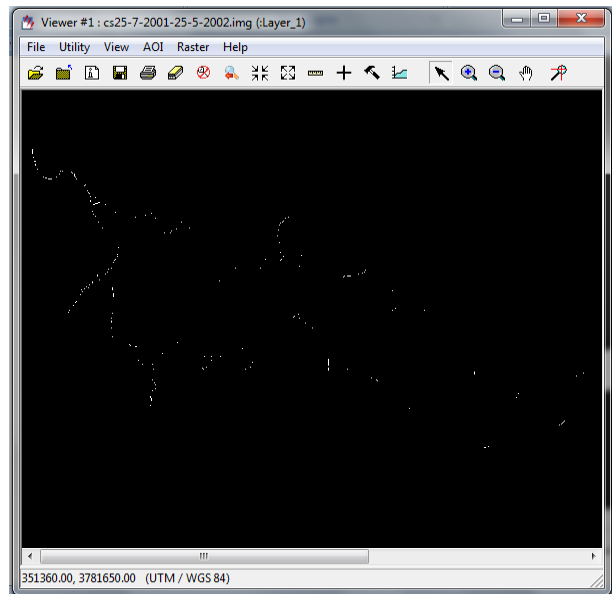
t_1 (13/03/1987) – t_2 (07/10/1987)



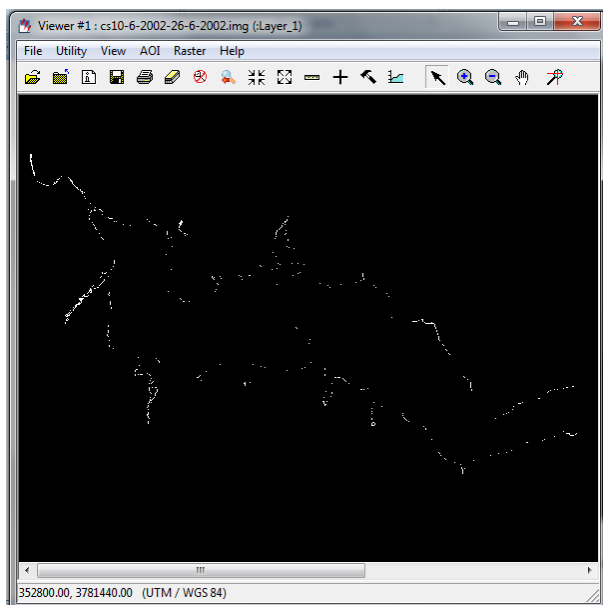
t_1 (07/10/1987) – t_2 (06/08/1988)



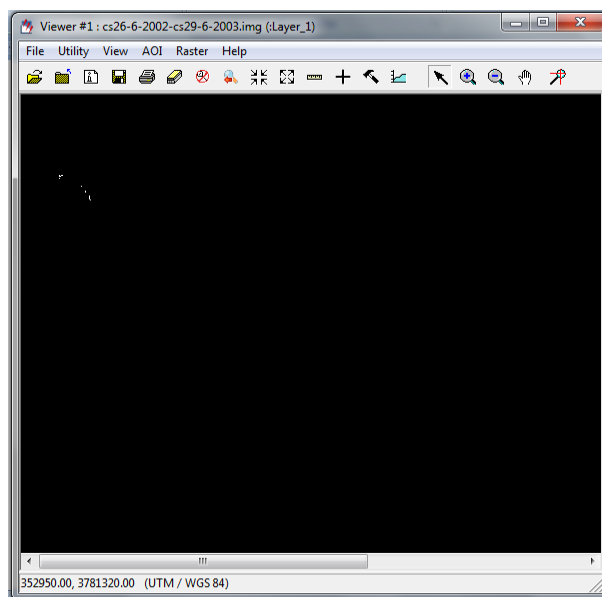
t_1 (06/08/1988) – t_2 (26/09/1989)



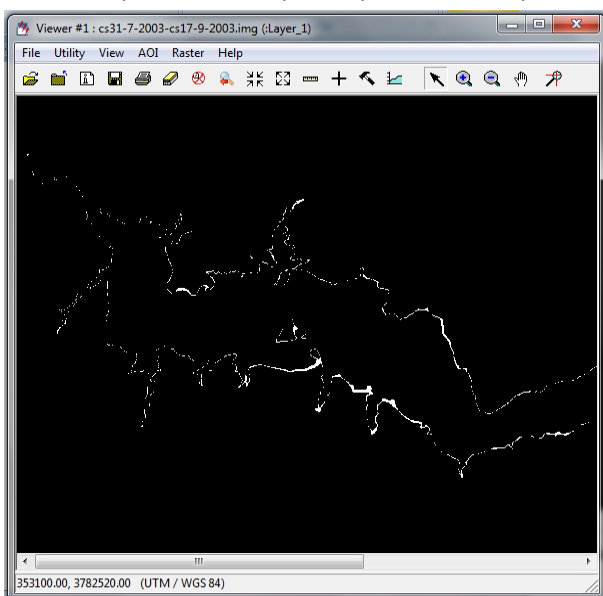
t_1 (25/07/2001) – t_2 (25/05/2002)



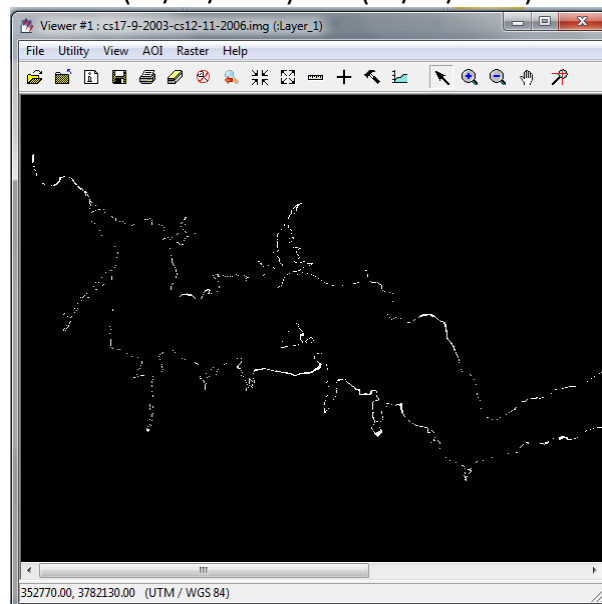
t1 (10/06/2002) – t2 (26/06/2002)



t1 (26/06/2002) – t2 (26/06/2002)

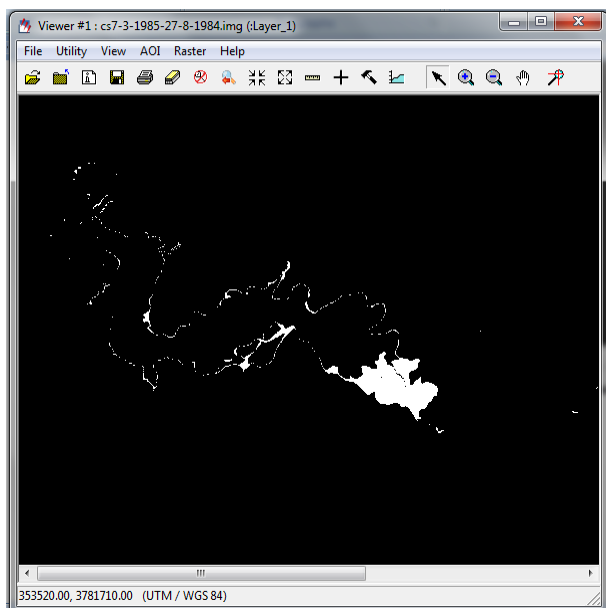


t1 (31/07/2003) – t2 (17/09/ 2003)

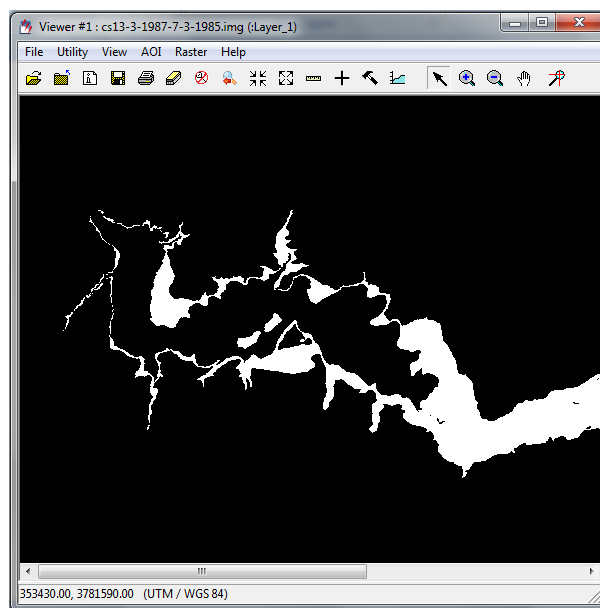


t1 (17/09/ 2003) – t2 (12/11/ 2006)

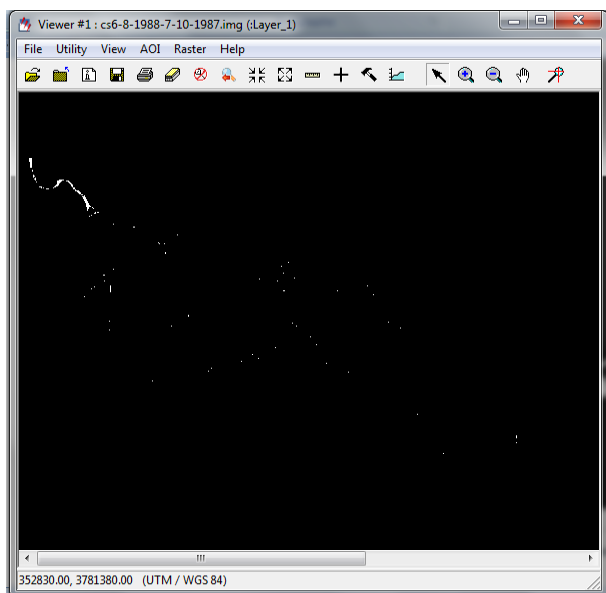
Figure 23- Exemple de soustraction t1-t2



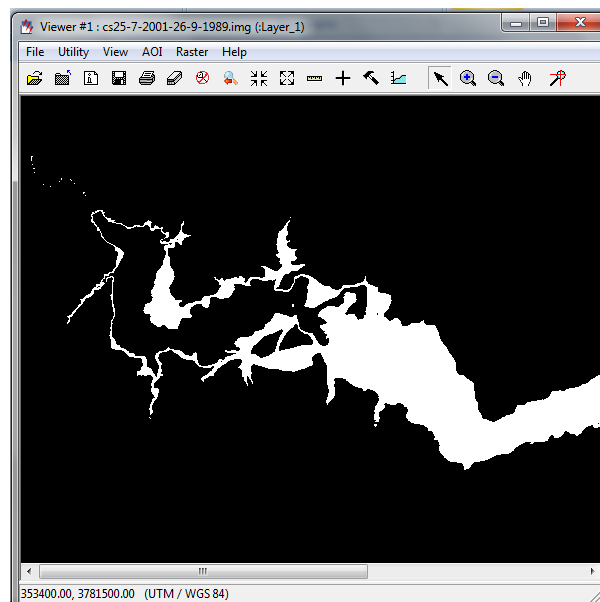
t2 (7/03/1985) – t1 (27/08/1984)



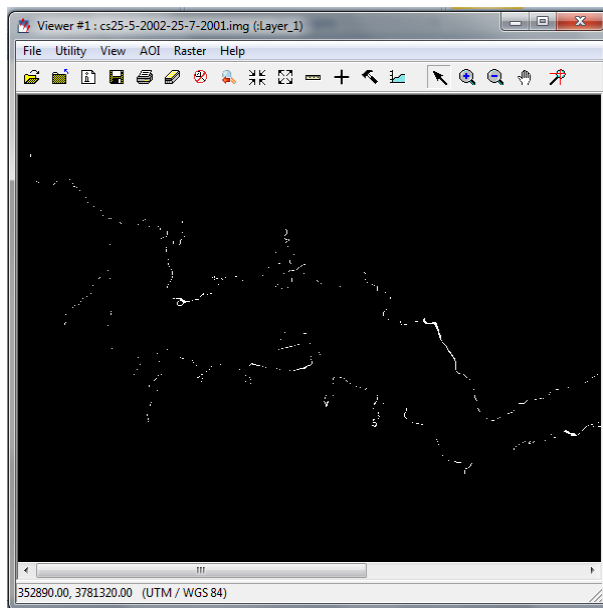
t2 (13/03/1987) – t1 (7/03/1985)



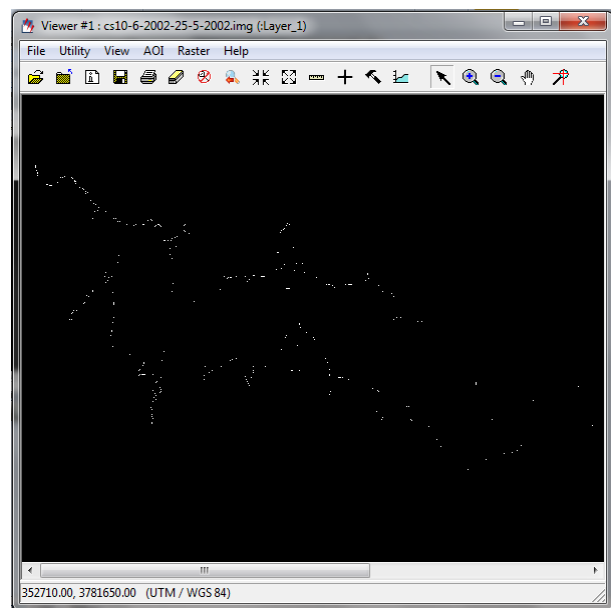
t2 (6/08/1988) – t1 (7/10/1987)



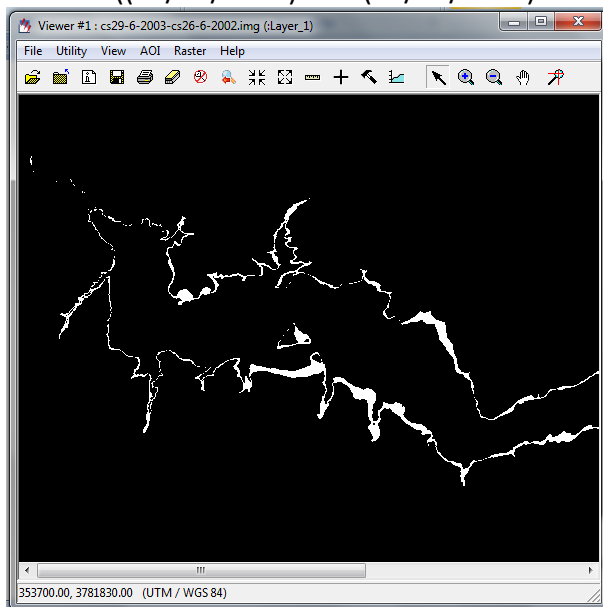
t2 (25/07/2001) – t1 (26/09/1989)



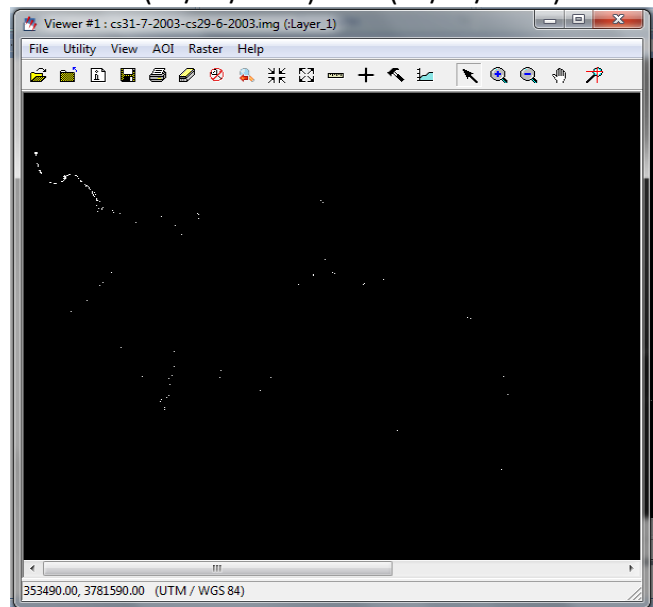
t2 ((25/05/2002) – t1 (25/07/2001)



t2 (10/06/2002) – t1 (25/05/2002)



t2 (29/06/2003) – t1 (26/06/2002)



t2 (31/7/2003) – t1 (29-6-2003)

Figure 24 : Exemple de soustraction t2-t1

J. Conversion des pixels en ASCII

Pour une bonne interprétation des résultats des soustractions des surfaces occupées et non-occupées par l'eau dans le barrage Idriss Premier au cours de la période de 1984 à 2006, nous allons procéder comme suit :

- effectuer une conversion des pixels en ASCII,
- calculer les pourcentages par année

Pour convertir les pixels en ASCII, on suit les étapes suivantes :

Sur la barre de menu principale d'ERDAS IMAGINE, sélectionner Utilities → Convert Pixels to ASCII, la table de dialogue de la figure 25 montre les étapes à suivre

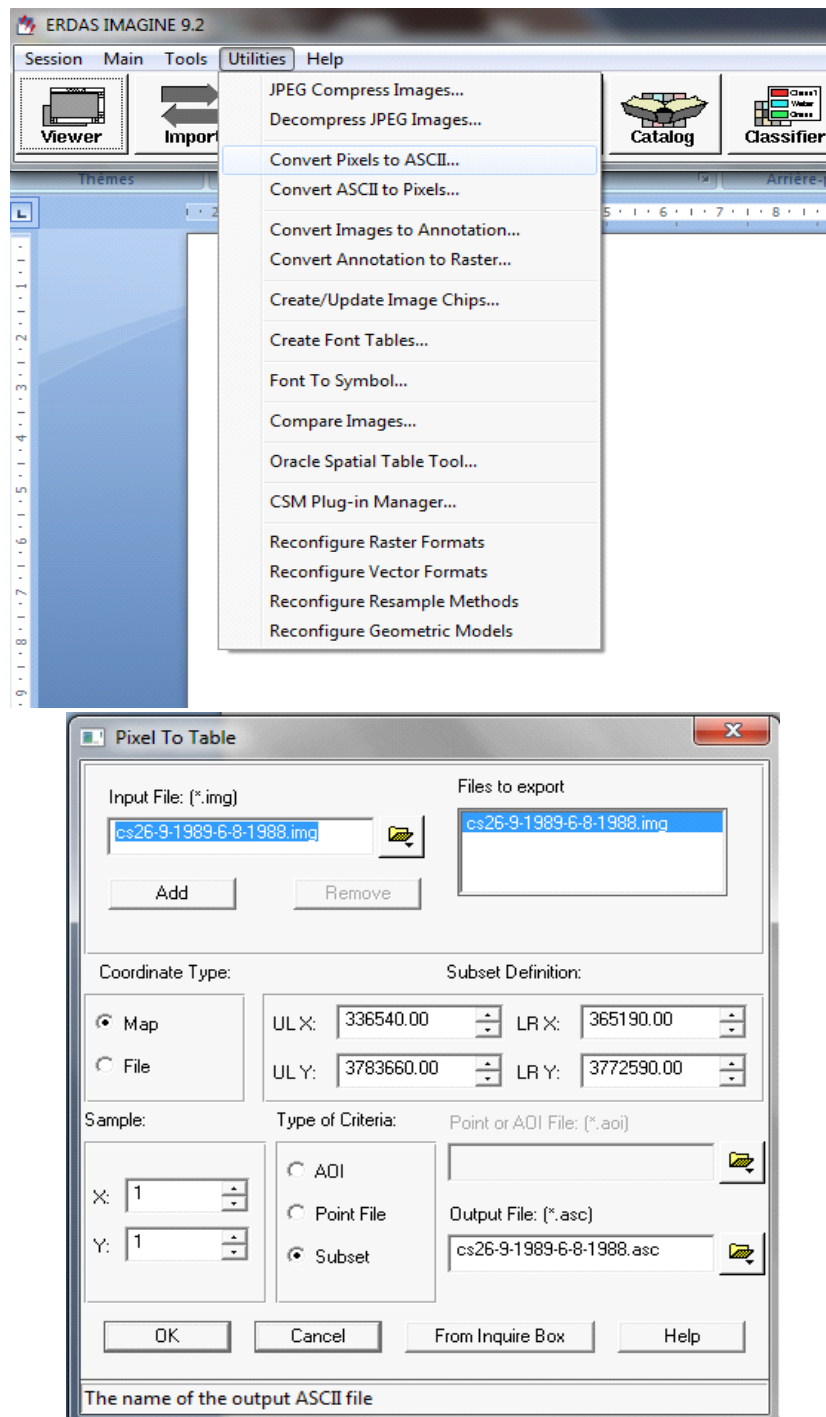


Figure 25 : Conversion Pixels à ASCII sur Erdas Imagine

Dans la table de dialogue, on spécifie le fichier raster en entrée et on sélectionne le bouton « Ajouter », et on attribue un nom au fichier de sortie. Le résultat est un fichier contenant les valeurs X, Y, et Z au format ASCII. Ce fichier peut être traité avec le logiciel Microsoft Excel.

Sur une feuille Excel, la valeur Z égale à 1 correspond à un pixel occupé. La valeur Z = 0 correspond à un pixel vide. Ainsi, le nombre de cases ayant la valeur Z =1 sur l'ensemble des valeurs permet de calculer le pourcentage des pixels occupés par rapport à la surface totale de l'image.

Comme exemple, l'image résultante de la soustraction du 31-7-2003 à celle du 29-6-2003 comprend : 334600 valeurs dont 13400 ont la valeur Z=1, soit 0,4% de pixels occupés. Le reste correspond à des pixels non occupés (Z=0), soit 99,6%.

Les tableaux 3 et 4 représentent les résultats des soustractions.

Tableau 3: Résultat des classifications supervisées (soustraction image t1 moins image t2)

Nom de l'image	% de pixels occupés par l'eau	% de pixels non occupés par l'eau
((27-8-1984)-(7-3-1985))	0,4	99,6
((7-3-1985)-(13-3-1987))	0,039	99,96
((13-3-1987)-(7-10-1987))	5,08	94,92
((7-10-1987)-(6-8-1988))	0,52	99,48
((6-8-1988)-(26-9-1989))	4,80	95,20
((26-9-1989)-(25-7-2001))	0,024	99,97
((25-7-2001)-(25-5-2002))	0,064	99,93
((25-5-2002)-(10-6-2002))	0,16	99,84
((10-6-2002)-(26-6-2002))	0,35	99,65
((26-6-2002)-(29-6-2003))	0,004	99,99
((29-6-2003)-(31-7-2003))	0,43	99,57
((31-7-2003)-(17-9-2003))	0,96	99,04
((17-9-2003)-(12-11-2006))	0,81	99,19

Tableau 4: Résultat des classifications supervisées (Image t2 moins image t1)

Nom de l'image	% de pixels occupés par l'eau	% de pixels non occupés par l'eau
((7-3-1985) -(27-8-1984))	1,15	98,85
((13-3-1987) -(7-3-1985))	8,03	91,97
((7-10-1987) -(13-3-1987))	0,015	99,98
((6-8-1988) -(7-10-1987))	0,061	99,93
((26-9-1989) -(6-8-1988))	0,018	99,98
((25-7-2001) -(26-9-1989))	9,23	90,77
((25-5-2002) -(25-7-2001))	0,56	99,44
((10-6-2002) -(25-5-2002))	0,084	99,91
((26-6-2002) -(10-6-2002))	0,056	99,94
((29-6-2003) -(26-6-2002))	3,93	96,07
((31-7-2003) -(29-6-2003))	0,4	99,6
((17-9-2003) -(31-7-2003))	0,016	99,98
((12-11-2006) -(17-9-2003))	0,043	99,95

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

A. Interprétation des résultats :

Soustraction image temps t1 moins image temps t2

L'analyse du tableau 3 et de l'histogramme de la figure 26 montre que :

- Entre 1984 et 1985, le pourcentage de pixels occupés par l'eau est peu élevé (0,4%), donc nous pouvons dire que la surface occupée par le barrage en 1984 est plus importante que celle en 1985 ;
- Entre 1985 et 1987, le pourcentage de pixels occupés par l'eau est très faibles donc il n'y a pas de grandes différences entre ces deux années (le volume d'eau est presque le même) ;
- En 1987, entre le mois 3 et le mois 10, on observe une importante variation avec un pic de 5,08%. Le volume d'eau entre ces mois a augmenté progressivement ;
- Entre 1987 et 1988, on a une simple variation de ce pourcentage de pixels occupés par l'eau (0,52%). donc la surface du barrage a subit une simple extension entre 1987 et 1988 ;
- Entre 1988 et 1989, ce pourcentage a subit une très grande augmentation. Donc il y'a eu une extension très importante de la surface du barrage entre ces années ;
- Entre 1989 et 2001, la variation du pourcentage d'eau est très faibles, donc variations presque négligeable ;
- Entre 2001 et 2002, la variation est très faible mais plus importante que celle entre 1989 et 2001, nous pouvons dire qu'il n'y a pas eu de variations très remarquable du volume d'eau entre ces deux années ;
- En 2002, entre le mois 5 et le mois 6, le pourcentage a augmenté, donc la surface occupée par le barrage a augmenté ;
- Entre 2002 et 2003, il n'y a pas eu de changement car le pourcentage est négligeable ;
- En 2003, entre le mois 6 et le mois 9, le pourcentage à augmenter. La surface occupée par l'eau a subit une extension peu importante ;
- Enfin entre 2003 et 2006, le pourcentage s'est élevé pour atteindre 0,81%. Donc il y'a eu une augmentation du volume d'eau dans le barrage.

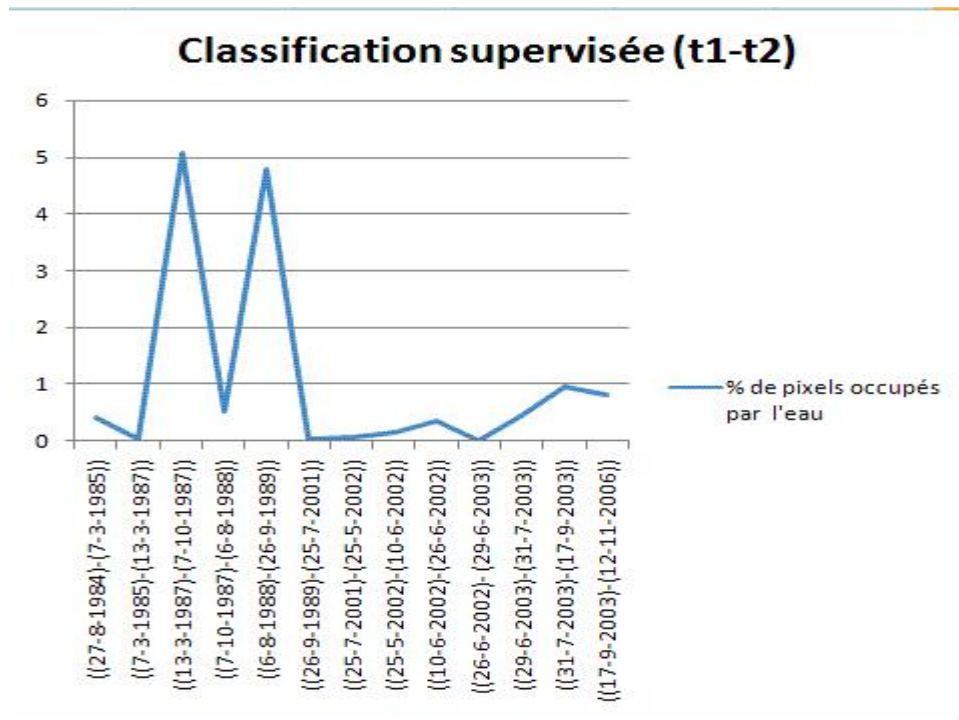


Figure 26 : Résultat des soustractions t1-t2

Soustraction image temps t2 moins image temps t1 :

L'analyse du tableau 4 et de l'histogramme de la figure 27 montre que :

- Entre 1985 et 1984, le pourcentage des pixels occupés est un peu élevé (1,15%), donc nous pouvons dire que la surface occupée par le barrage en 1985 est plus importante que celle en 1984 ;
- Entre 1987 et 1985, le pourcentage est très important (8,03%). Il y'a eu une extension très importante de la surface du barrage entre ces années ;
- 1987, entre le mois 10 et le mois 3, la variation du pourcentage d'eau est très faibles, donc variation négligeable ;
- Même raisonnement entre les années 1988 et 1987, 1989 et 1987, la variation ou le pourcentage de la variation est très minime donc nous pouvons dire que la surface occupée par le barrage est resté la même ;
- Entre 2001 et 1989, le pourcentage est à son maximum (9,23%). Donc le volume d'eau a considérablement augmenté dans le barrage.
- Entre 2002 et 2001, le pourcentage est peu élevé. Donc la surface du barrage a subit une simple extension entre 2002 et 2001.
- En 2002, entre le mois 5 et le mois 6, le pourcentage est presque nul donc la surface occupée par le barrage est restée la même.
- Entre 2003 et 2002, le pourcentage s'est élevé pour atteindre 3,93%, donc la surface occupé par l'eau en 2002 s'est étendu avec un pourcentage élevé.
- En 2003, entre les mois 6 et 9, le pourcentage est passé de 0,4% à 0,016%. Donc la surface occupé par l'eau s'est rétréci.

- Enfin entre 2006 et 2003, il n'y a pas eu de changement car le pourcentage est très minime.

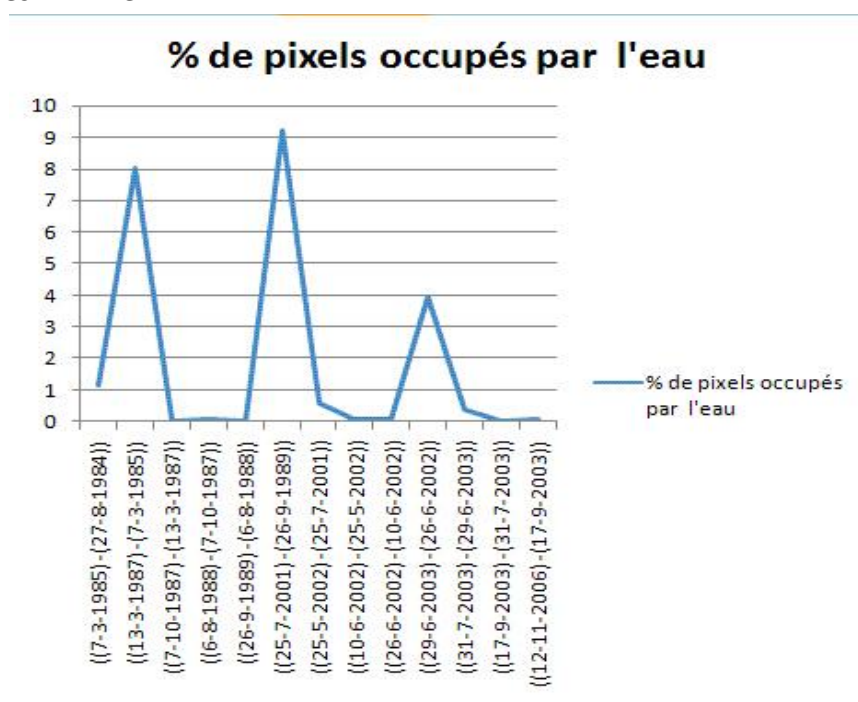


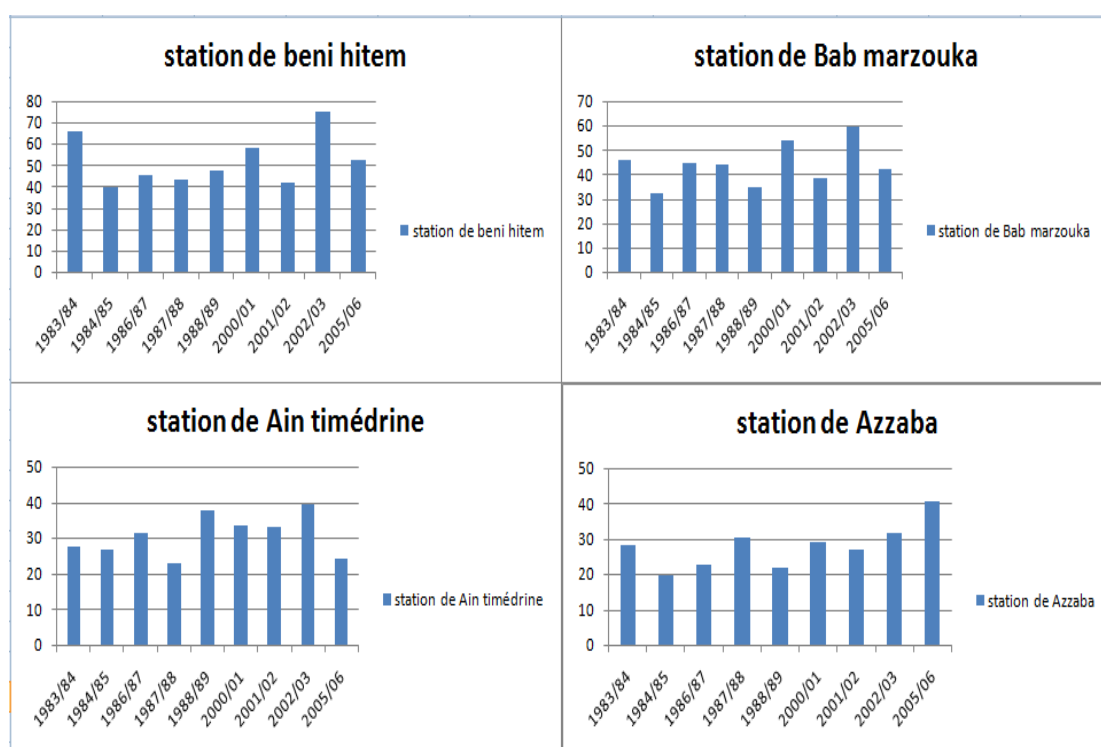
Figure 27 : Résultat des soustractions t2-t1

B. Analyse des données climatiques :

L'étude des variations annuelles des précipitations au niveau du barrage Idriss premier a été réalisée à partir des données climatiques de 11 stations réparties à travers ce barrage. Il s'agit de la station de Tissa au nord, la station de Allal Al Fassi –barrage, la station de Azzaba, la station de Ain Timédrine au sud, la station de Bab Louta – barrage au sud-est, la station de Bab Boudir et celle d'El Kouchet à l'Est, la station de Bab Marzouka, les stations de Bab Echhoub et Béni Hitem au nord-Est et enfin à l'Ouest par la station du barrage lui-même. Le tableau 5 résume les données des précipitations au niveau de 11 stations. La figure 28 montre les histogrammes calculés pour l'ensemble des stations.

Tableau 5 : Précipitations moyennes dans onze stations

Année	Tissa	Allal al fassi	Bab louta – barrage	Bab boudir	Bab echhoub	beni hitem	Bab marzouka	Ain timédrine	Azzaba	Idriss 1er -Barrage	el kouchet
1983/1984	40,54	—	—	—	—	66,025	45,77	27,65	28,35	31,17	28,86
1984/1985	29,91	—	—	—	—	39,91	32,12	26,85	19,67	27,53	52,63
1986/1987	33,88	—	—	—	—	45,65	44,77	31,52	22,55	26,71	35,39
1987/1988	35,9	—	—	—	—	43,3	43,77	22,91	30,39	33,68	37,13
1988/1989	29,19	—	—	—	—	47,12	34,63	37,83	21,96	31,4	44,99
2000/2001	—	28,32	43,56	96,04	63,42	57,82	53,74	33,3	28,86	35,27	—
2001/2002	—	28,25	35,08	56,53	38,54	41,8	38,38	32,91	26,96	23,83	—
2002/2003	—	35,21	53,57	120,7	63,28	75,13	59,34	39,42	31,78	42,73	—
2005/2006	—	38,13	46,1	38,99	51,47	52,6	42,15	23,99	40,39	—	—



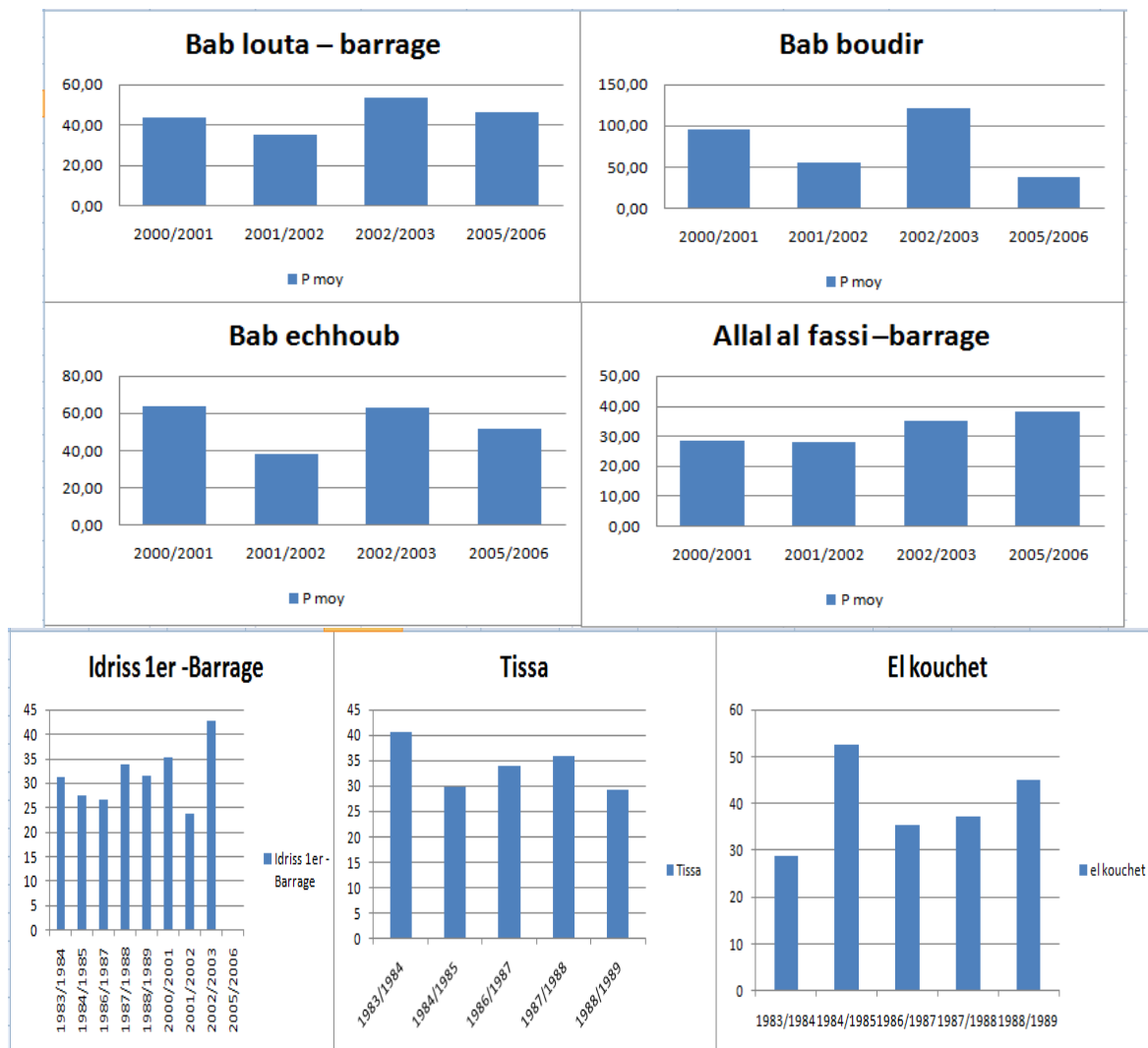


Figure 28 : Histogrammes des précipitations pour 11 stations entourant le barrage Idriss Premier

Ce tableau 5 et la figure 28 montrent que :

- En 1983/1984, les précipitations vont de 27,65mm à 66,025mm.
- En 1984/1985, les précipitations vont de 19,67mm à 52,83mm.
- En 1986/1987, les précipitations vont de 22,55mm à 45,65mm.
- En 1987/1988, les précipitations vont de 21,91mm à 43,77mm.
- En 1988/1989, les précipitations vont de 21,96mm à 47,12mm.
- En 2000/2001, les précipitations vont de 28,32mm à 96,04mm.
- En 2001/2002, les précipitations vont de 23,83mm à 56,53mm.
- En 2002/2003, les précipitations vont de 31,78mm à 120,7mm.
- En 2005/2006, les précipitations vont de 23,99mm à 52,6mm.

Donc on peut dire que les années les plus pluvieuses, sont successivement : 2000/2001 et 2002 /2003. Les précipitations sont donc plus élevées dans les stations à l'Est du barrage Idriss premier (Stations de Bab boudir, Beni hitem , Bab echhoub, Bab marzouka). Ceci est probablement dû au fait que ces stations sont situées au niveau d'un couloir étroit ouvert vers l'Océan Atlantique, ce qui concentre les précipitations en provenance de ce dernier. Les précipitations les plus faibles sont enregistrées au niveau des stations de Bab Louta –

barrage, Ain timédrine, Azzaba, Allal al fassi –barrage Idriss premier-barrage, El Kouchet et Tissa.

C. Comparaison entre les données climatiques et les résultats des classifications supervisées :

Temps t1 –temps t2 :

Nous constatons d’après la figure 29 que :

- Durant les périodes 1984/1985, les précipitations sont faible avec un maximum de 60,023mm
- et aussi entre 1984 et 1985 la variation du volume d’eau dans le barrage est faible.
- La période 1985 -1989, peut être considéré comme sèche puisque les précipitations sont faibles. Alors que durant cette même période, le barrage a subit deux grandes extensions séparées par une petite régression.
- La période 1989-2006 est une période humide puisque les précipitations sont très importantes sauf l’année 2002 qui est très sèche. Alors que durant cette période, le volume d’eau est passé de presque nulle à de petite extension.

Temps t2 –temps t1 :

Nous constatons d’après la figure 30 que :

- Durant les périodes 1984/1985, les précipitations sont faibles avec un maximum de 60,023mm
- et aussi entre 1985 et 1984, le volume d’eau dans le barrage est un peu élevé.
- La période 1985 -1989, peut être considéré comme sèche puisque les précipitations sont faibles.
- Alors que entre 1987 et 1985, le barrage a subit une grande extension mais entre 1989 et 1987, il s’est rétréci ou bien entre ces années le volume d’eau est resté le même.
- La période 1989-2003, est une période humide puisque les précipitations sont très importantes sauf l’année 2002 qui est très sèche.
- Alors que dans cette période, le volume d’eau a subit une très grande extension entre 2001 et 1989 pour ce rétrécir en 2002 avant d’augmenter entre 2002 et 2003.
- En 2006, le volume d’eau dans le barrage de même que les précipitations ont diminué considérablement.

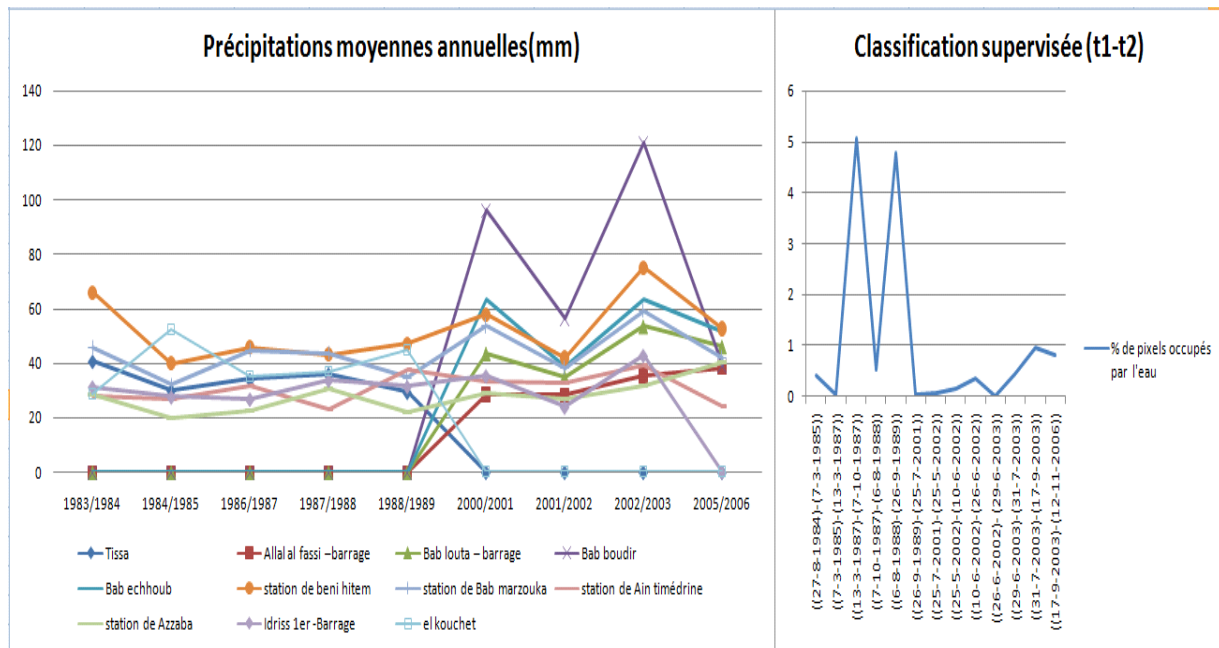


Figure 29 : Courbes de Précipitation moyennes annuelles et de pourcentage de pixels (t1-t2) occupés de toutes les stations.

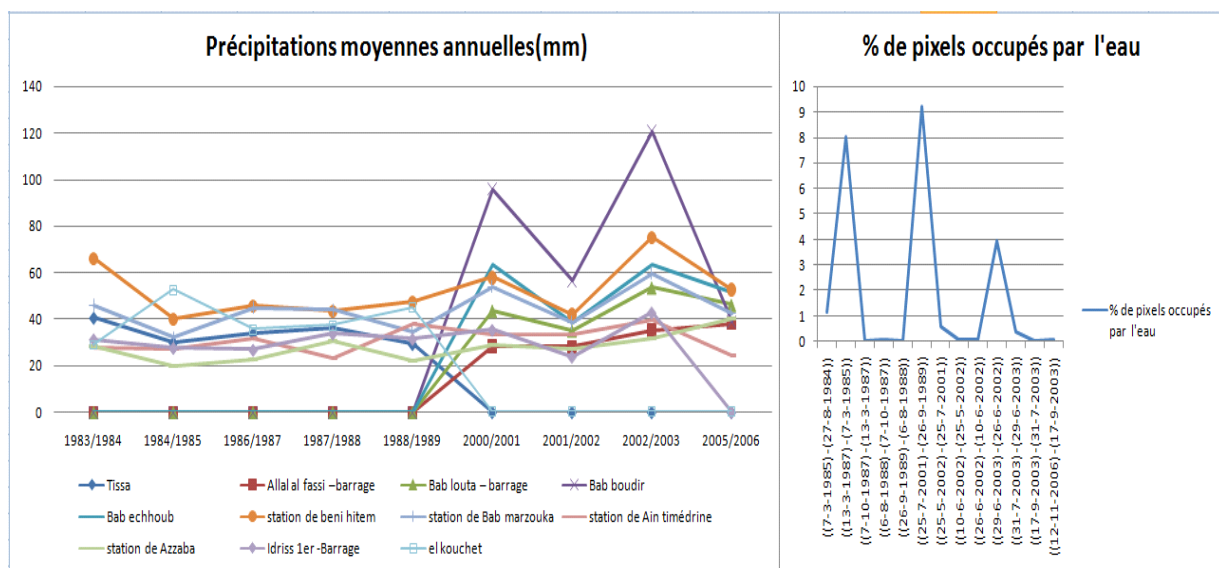


Figure 30 : Courbes de Précipitation moyennes annuelles et de pourcentage de pixels occupés (t2-t1) de toutes les stations.

D. Conclusion :

Pour conclure nous pouvons dire d'après les résultats trouvés que :

- Pour la classification supervisée (t1-t2), les résultats trouvés ne coordonnent pas du tout avec les données des précipitations.
- Pour la classification supervisée (t2-t1), les résultats coordonnent en majorité avec les données des précipitations. Ce qui explique bien pourquoi on a extension et retraissement du volume d'eau dans le barrage.

Alors les différences trouvées entre les précipitations et la variation du volume d'eau dans le barrage peuvent être liées à plusieurs causes dont :

- Envasement du barrage Idriss 1er
- Une réduction du volume du lâché du barrage pendant cette période

CONCLUSION GENERALE

Les images satellite sont très riches en informations de toutes sortes. L'information obtenue par les images satellite permet non seulement de créer et de mettre à jour des cartes, mais elle permet aussi d'analyser divers aspects du territoire. Les images satellites ne sont généralement pas aussi précises que les photographies aériennes, mais elles couvrent de grands territoires et permettent des analyses régionales.

Dans ce travail, nous avons travaillé avec des images Landsat TM /ETM+ de 1984 à 2006 qui ont déjà subi toutes les corrections. Ensuite à l'aide du logiciel de traitement des images satellitaires ERDAS IMAGINE, nous avons procédé à la classification supervisée qui est une méthode qui utilise l'information radiométrique pour classer chaque pixel individuellement. On a suivi toutes les étapes nécessaires pour aboutir à de nouvelles images classifiées. Pour interpréter les images trouvées en classification supervisée, on a fait des soustractions entre les années, et pour quantifier les résultats on a converti les pixels au format ASCII toujours sur ERDAS. Cette conversion nous a permis de faire des histogrammes nécessaires à l'interprétation.

D'après les résultats trouvés, nous pouvons voir qu'entre ces années le volume d'eau dans le barrage a subi d'importante variation qui peuvent avoir comme origine les variations climatiques, le paramètre pris en compte ici est la précipitation.

En comparant les résultats trouvés en classification supervisée et celles des précipitations, on a trouvé qu'il y'a une concordance entre ces résultats sauf l'image entre 13-3-1987 et 7-3-1985. Ce qui nous a permis de suivre l'évolution spatio-temporelle du barrage de 1984 jusqu'à 2006.

En perspective, dans notre cas nous avons appliqué cette méthode sur un barrage, mais cette méthode peut être appliquée à n'importe quelle courbe d'eau, lac, rivières, oasis, forêts, etc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Girard mC. & Girard cm. 1999. Traitement des données de télédétection
Agence du bassin hydraulique de Sebou

SITES VISITES

<http://afangnik.tripod.com/teled.html>
<http://effigis.com/fr/services/traitement-images-satellite>
<http://eoedu.belspo.be/fr/satellites/Landsat.htm>
http://geospatial.intergraph.com/Libraries/Support_Documents/PixelToASCII.sflb.ashx
<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article346>
<http://www.ipt.univ-paris8.fr/vgodard/enseigne/teled2/tuidrisi/tdi42tel.htm>
<http://effigis.com/fr/services/traitement-images-satellite>
<http://www.sciencedirect.com/revues.usmba.ac.ma/science/article/pii/S0924271610001140>
[?np=y](http://www.sciencedirect.com/revues.usmba.ac.ma/science/article/pii/S0167865506002200)
[?np=y](http://www.sciencedirect.com/revues.usmba.ac.ma/science/article/pii/S0167865506002200)
https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/TELEDETECTION/document/cours_telede
[tection/REFLECT.html](http://www.tsi.enst.fr/~campedel)
[www.tsi.enst.fr/~campedel](http://sal.ocean.washington.edu/tutorials/erdas/)
[http://sal.ocean.washington.edu/tutorials/erdas/](http://web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html)
[http://web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html](https://persosdt.univbrest.fr/~delacour/COURS/M210.1/Cours1_Teldet_REM/index.html)
[https://persosdt.univbrest.fr/~delacour/COURS/M210.1/Cours1_Teldet_REM/index.html](file:///C:/Users/acer/Documents/Barrage%20IDRISS%201er%20%28H11%29%20_%20Centre%20d%27Echange%20d%27Information%20sur%20la%20Biodiversit%C3%A9%20du%20MAROC.htm)
[file:///C:/Users/acer/Documents/Barrage%20IDRISS%201er%20%28H11%29%20_%20Centre%20d%27Echange%20d%27Information%20sur%20la%20Biodiversit%C3%A9%20du%20MAROC.htm](http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&ID=80&ID_PAGE=223)
http://www.water.gov.ma/index.cfm?gen=true&ID=80&ID_PAGE=223



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: MOHAMED KHOUNA Chimini

Année Universitaire : 2012/2013

Titre: Apport des séries d'images Landsat TM/ETM+ à l'étude de la dynamique spatio-temporelle (1984-2006) du Barrage Idriss Premier sur Oued Inaouene (Nord du Maroc).

Résumé

Cette étude concerne l'apport des séries d'images Landsat TM/ETM+ à l'étude de la dynamique spatio-temporelle du Barrage Idriss Premier sur Oued Inaouene (Nord du Maroc). Les images utilisées ont été extraites à partir d'une série de 14 images Landsat Thematic Mapper (TM) et ETM+ couvrant la période de 1984 à 2006.

Le satellite Landsat TM/ETM+ enregistre des données en sept largeurs de bande différentes avec une large bande panchromatique à haute résolution pour le satellite Landsat ETM+. La résolution au sol de ces images est de 30 mètres.

Pour réaliser notre but, on a fait appel à l'aide des logiciels ERDAS Imagine © pour le traitement des images, au logiciel ArcGIS pour les applications SIG et le logiciel Ms-Excel pour la réalisation de diagramme et le calcul statistique.

Parmi les traitements d'images réalisées, les classifications nous ont permis de convertir des données spatiales en informations pertinentes. Deux types de classifications : supervisée (assistée) et non supervisée (non assistée) ont été appliquées.

Pour faire un suivi spatio-temporel de l'évolution de l'étendu du barrage Idriss Premier, on a fait des soustractions entre les classifications de différentes années et enfin on a interprété les résultats par rapport aux données climatiques (surtout Précipitations) de 11 stations réparties au travers de ce barrage. Les données climatiques de 1983 à 2006 ont permis de ressortir les années pluvieuses et les années sèches et confirment les variations spatiales de l'étendu du barrage pendant 22 années successives.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre concerne les généralités de la télédétection. Le deuxième chapitre concerne les méthodes de traitements et le dernier chapitre décrit une interprétation des résultats obtenus.

Mots clés:

Télédétection, Images Landsat TM/ETM+, Classification, Précipitations, Barrage Idriss 1^{er}, Fès, Maroc.