

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة جيجل  
Université de Jijel

Faculté des Sciences Exactes  
et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences  
de la Terre et de l'Univers



كلية العلوم الدقيقة  
و علوم الطبيعة و الحياة  
قسم علوم الأرض و الكون

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Géologie  
Option : Génie Géologique

### Thème

*Utilisation de l'image du capteur ETM+ de Landsat  
dans la cartographie lithologique des formations  
superficielles du fossé d'effondrement  
de Tébessa (Nord Est Algérien)*

Présenté par :

- BOUNNECHE Walid
- MECHAHOU DI Hamza

Soutenu publiquement le : 18/09/2012

Devant le jury composé de :

Président : T.H. DEBIECHE  
Encadrant : A. BOUZENOUNE, K. BOUFAA  
Examineur : Z. BELALA

\*Année Universitaire 2011/ 2012\*

## **RESUME**

La région de Tébessa a connu un développement considérable, marquée par une extension des aires urbanisées. Cette extension chevauche parfois des zones exposées aux risques de gonflement retrait des argiles. La cartographie par méthode classique de ces zones est une tâche à la fois couteuse et ardue ce qui nous a incité de le faire par biais d'un autre outil qui est « la télédétection » en utilisant une images Landsat ETM + acquise le 03 mai 2000.

Le traitement numérique de cette image par le logiciel ENVI 4.7, a consisté à générer, d'une part, des néo-images en composition colorée en bandes simples affichées dans l'ordre colorimétriques RVB et des compositions colorées basées sur des images obtenues par les rapports des bandes, d'autre part. Par ailleurs, des classifications non supervisées et supervisées de ces néo-images basées sur l'algorithme ISODATA, ont été par la suite effectuées. Ces différents traitements ont permis de discriminer les différents thèmes recherchés (les type d'occupation des sols et la lithologie).

La superposition des différentes spatio-cartes obtenues, a conduit à l'élaboration d'une spacio-carte synthétique représentant le terme ultime de notre objectif. Les argiles ou les éléments fins reconnus, sont situées le long du centre du fossé d'effondrement dans leur globalité, ce qui est conforme avec les données cartographiques antérieures, et sont considérées de ce fait, d'aires susceptibles au risque de gonflement-retrait. Certainement, cette approche est purement paramétrique et qualitative mais quelque peu fiable et demure sujet à développer à travers d'autre travaux futurs.

**Mots-clés :** télédétection multispectrale, images Landsat ETM+, traitement numérique d'images, cartographie lithologique, risque gonflement-retrait, fossé d'effondrement, Tébessa

## **Abstract**

Tebessa region has experienced considerable growth, marked by an expansion of urbanized areas. This extension overlaps sometimes prone areas of swelling clays withdrawal. The conventional method of mapping these areas is a task both difficult and expensive that prompted us to do it by using another tool that is "remote sensing" using Landsat ETM+ acquired 3 May 2000 .

Digital processing of the image by the software ENVI 4.7, was to generate the one hand, the neo-color composite images in single strips displayed in the order RGB color and color compositions based on images obtained by reports of the strips, on the other hand. In addition, supervised and unsupervised classification of these neo-images based on the ISODATA algorithm, were subsequently performed. These treatments have helped to discriminate the different themes Wanted (the type of land use and lithology).

The superposition of different spatial-maps obtained has led to the development of a spatial-synthetic map representing the culmination of our goal. Clays or fine elements recognized are located along the center of the rift in their entirety, which is consistent with previous map data and are considered therefore likely areas at risk of swelling-shrinkage . Certainly, this approach is purely qualitative and parametric but somewhat reliable and is subject to develop through other future work.

### **Keywords:**

remote sensing multispectral Landsat ETM+ digital image processing, lithological mapping, risk swelling-shrinkage, rift, Tébessa

## ملخص

قد شهدت منطقة تبسة مواكبا كبيرا ، في إطار توعية المناق الحضرية . هذا التوسع يمتد في بعض الأحيان من المناق المعرضة لأخطار الطين المتورم . الطريقة التقليدية لرسم خرائط هذه المناق هي مهمة صعبة ومكلفة على حد سواء و هذا ما دفعنا للقيام بذلك لتخدام أداة أخرى وهي تقنية "الإشعار عن بعد" لتخدام صور القمر الصناعي لإحداثيات ETM + المكتسبة في 3 مايو 2000 .

المعالجة الرقمية للصورة من قبل برنامج ENVI 4.7، وكان من جهة لإشاء الصور الجديدة عن طريق تركيب الألوان في شرائط عرض ذات الترتيب "احمر، اخضر، ازرق" و من جهة أخرى تعتمد على تراكيب الصور التي حصلنا عليها من عمليات حسابية (جمع، طرح، قسمة وضرب) مطبقة على الشرائط، بالإضافة إلى ذلك، تطبيق عمليات التصنيف الغير موجهة عن طريق البرنامج و الموجهة بواسطة المستخدم للحصول على صور جديدة تنادى إلى خوارزمية ISODATA، أجريت في وقت لاحق . وقد أعدت هذه العلاجات لتحديد مختلف التشكيلات المطلوبة (ووع لتخدام الأراضي والخصائص الصخرية).

وقد مكنتنا عملية تراكب الخرائط المكافية المختلفة التي تم الحصول عليها إلى وضع خريطة المكافية العامة التي تمثل تنويعا لهدفنا . تقع الأرضيات الطينية و التشكيلات المكونة من عناصر دقيقة على و مركز الصدع في مجملها، وهو ما يتسق مع بيانات الخرائط السابقة وتعتبر المناق المرجح التالي لخطر الإكماش و تورم . التأكيد، فإن هذا النهج هو ووعية حثة ولكن يمكن الاعتماد عليها إلى حد ما لكن صورة محدودة، ويخضع للتطوير من خلال الأعمال المستقبلية الأخرى.

**كلمات بحث:** الإشعار عن بعد ، لإحداثيات ، متعددة الألياف، الصور الرقمية ETM + ، تجهيز ورم الخرائط الصخرية مخبر الإكماش الورم، الصدع، تبسة.

## TABLE DES MATIERE

- Résumé
- Abstract
- ملخص
- Table des matières
- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Liste des photos

### Chapitre I : introduction générale

1. Introduction générale et objectif de l'étude.....01

### Chapitre II : Généralités sur la télédétection et ses applications

1. Définition.....02
2. Les domaines d'application de la télédétection.....02
- 3 .Les basesphysiques.....02
  - 3.1. Le rayonnement électromagnétique.....02
  - 3.2. Les ondes électromagnétiques.....03
  - 3.3. Les interactions entre la matière et le rayonnement.....03
  - 3.4. Spectre électromagnétique.....04
  - 3.5. Les sources du rayonnement.....05
  - 3.6. Caractéristiques des images.....06
    - 3.6.1. Résolution radiométrique.....06
    - 3.6.2. Résolution spatiale.....06
    - 3.6.3. Résolution spectrale.....07
  - 3.7. Fenêtres de transmission atmosphériques.....07
  - 3.8. Interaction des rayonnements avec les divers éléments de la surface terrestre.....08
    - 3.8.1. La signatures spectrales.....08
    - 3.8.2. Interactions rayonnement-cible.....09
      - 3.8.2.1. Les feuille.....10
      - 3.8.2.2. L'eau.....11
      - 3.8.2.3. Interaction avec les roches et le sol.....12
  - 3.9. Objets géomorphologique et géologique sur les images.....13
    - 3.9.1. Identification des traces lithologiques.....13
    - 3.9.2. Formations lithostratigraphiques.....13
      - 3.9.2.1. Les caractères de forme.....13
      - 3.9.2.2. La géobotanique.....13
      - 3.9.2.3. Distribution spectrale.....14
      - 3.9.2.4. Les caractères texturaux.....14
      - 3.9.2.5. Contexte.....14
      - 3.9.2.6. L'indentification des formations géologiques doit être multicritère.....15
    - 3.9.3. Les linéaments.....15

### Chapitre III : Contexte géologique

1. Le cadre géographique.....	16
1.1. Situation géographique de la région étudiée.....	16
1.2. Caractéristiques morphologiques.....	16
2. Cadre géologique.....	17
2.1. Les grands traits de la géologie des Monts de Tébessa.....	17
2.1.1. La subsidence.....	18
2.1.2. Le diapirisme triasique.....	18
2.1.3. Le plissement.....	19
2.1.4. Les fossés d'effondrement.....	19
2.2. La Stratigraphie.....	21
2.2.1. Le Trias.....	21
2.2.2. L'Aptien.....	21
2.2.3. L'Albo-Varconien.....	21
2.2.4. Le Cénomano-Turonien.....	21
2.2.5. L'Emschérien.....	21
2.2.6. Le Campano-Maastrichtien.....	22
2.2.7. Le Paléocène.....	22
2.2.8. Le Miocène.....	22
2.2.9. Pliocène.....	22
2.2.9. Les formations quaternaires.....	22
- q' Plio-Quaternaire.....	23
- q,, Matériel d'épandage ancien.....	23
- q, Alluvions anciennes de piedmont.....	23
- a <sup>1</sup> Alluvions anciennes.....	23
- q <sup>2</sup> Limons récents.....	23
- a <sup>2</sup> Alluvions actuelles.....	23
- AEboulis actuels.....	23
3. La tectonique.....	23

### Chapitre. IV : Matériel et méthodes

1. Le capteur Enhanced Thematic Mapper™ Plus (ETM+) de Landsat et ses Applications.....	25
2. Matériels.....	25
3. Méthodes.....	26
3.1. Prétraitement des images.....	26
3.2. Traitement numérique de l'image.....	26
3.2.1. Images issues par composition en vraies et en fausses couleurs.....	26
3.2.1.1. Images en vrais couleurs.....	27
3.2.1.2. Images en fausses couleurs.....	28
3.2.2. Traitement de la distribution spectrale.....	28
3.2.2.1. Les ratios ou rapports de bandes.....	28
3.2.2.1. Les indice.....	28
3.2.3. Classification.....	28
3.2.3.1. Les méthodes de classification assistées (Supervisée).....	29
3.2.3.2. Les méthodes de classifications non assistées (Non supervisé).....	29
3.2.3.3. Intérêt des différentes méthodes.....	29
3.3. Filtres directionnels.....	29

## **Chapitre. V : Traitement et analyse de l'image**

1. Les compositions colorées.....	30
1.1.Composition colorée en bandes simple.....	30
1.2. Compostions colorées en rapport des bandes.....	30
2. Les classifications.....	41
2.1. La classification non-supervisée.....	41
2.2. Classification supervisée.....	44
3. Filtrage directionnel des images.....	54

## **Chapitre. VI : Discussion et conclusion générale**

1. Discussion et conclusion générale.....	58
---	----

## Liste des figures

Figure 01 : Les ondes électromagnétiques.....	03
Figure 02 : Absorption, réflexion et transmission.....	03
Figure 03 : Domaine spectral, longueur d'onde et système de télédétection.....	05
Figure 04 : Le spectre électromagnétique ( Bonn et Rochon1996).....	06
Figure 05 : Exemples de résolution spatiale.....	07
<b>a-</b> SPOT panchromatique résolution spatiale 10m	
<b>b-</b> Lansat TM, résolution spatiale 30m.	
Figure 06 : Largeur de bande pour un film noir et blanc et un film en couleur.....	07
Figure 07 : fenêtres atmosphériques des deux sources de rayonnement (le soleil et la terre).....	08
Figure 08 : Illustration de la position des bandes spectrales de quelques capteurs et signatures spectrales de différents objets. ( <i>Université Wageningen</i> ).....	09
Figure 09 :Interaction rayonnement-cible, exemple des feuilles.....	09
Figure 10 :	
<b>a-</b> la réflectance spéculaire.....	10
<b>b-</b> la réflectance diffuse.....	10
Figure 11a : absorption et réflectance du rayonnement visible et infra-rouge par la chlorophylle.....	10
Figure 11b : signature spectrale des feuilles sèches et feuilles vertes.....	10
Figure 12 : interaction rayonnement-eau.....	11
Figure 13: Signatures spectrales de quelques types de roches (université de Genève) .....	12
Figure14: Réflectance d'un sol selon son taux d'humidité (université de Genève) .....	12
Figure 15 : photo satellitaire représente les limites du bassin Tébessa Morsott (Zereg, 2010) .....	16
Figure 16 : La carte hypsométrique de la région de Tébessa Morsott(Benabbas, 2006).....	17
Figure 17 : La carte géologique de la plaine de Tébessa.....	20



Figure 18 : Coupe géologique schématique de la plaine de Tébessa.....	24
Figure 19 : Affichage en vrais couleurs.....	27
Figure 20 : Affichage en fosses couleurs.....	28
Figure 21 : Image en composition colorée en rapport de bande( $R = (b_4 + b_7)$ , $G = (b_3 - b_4) / (b_5 + b_4)$ , $B = (b_5 - b_1) / (b_4 + b_2)$ ).....	32
Figure.22 : Image issue de la composition colorée en rapport de bande ( $R = (b_5 - b_7) / (b_3 - b_7)$ , $G = (b_5 + b_4) / (b_1 + b_2)$ , $B = ((b_5 - b_4) / (b_2 * b_3)) / ((b_5 - b_4) * (b_2 * b_3))$ ).....	34
Figure23 : Image en composition colorée « $b_7 b_3 b_4$ ».....	36
Figure 24 : Image issue de la composition colorée en rapport de bande « $R = (b_5 - b_7) / (b_1 + b_2)$ , $G = b_3 / b_1$ , $B = (b_2 - b_7) / (b_1 + b_2)$ ».....	37
Figure 25 : Carte lithologique obtenue par analyse visuelle de l'image en composition colorées du fossé d'effondrement Tébessa-Morsott.....	40
Figure26 : Carte montrant la localisation GPS des points échantillonnés.....	42
Figure 27 : classification non superviser sur l'image $b_5 b_3 b_4$ en 6 classes.....	43
Figure 28 : classification non superviser sur l'image $b_5 b_3 b_4$ en 6 classes après Combine Classes et rectifications.....	44
Figure 29 : classification supervisé sur l'image $b_5 b_3 b_4$ en 7 classes.....	45
Figure 30 : classification superviser sur l'image $b_5 b_3 b_4$ en 6 classes après Combine Classes et rectifications.....	46
Figure 31 : classification supervisé sur l'image $b_5 b_3 b_4$ en 5 classes.....	47
Figure 32 : classification superviser sur l'image $b_5 b_3 b_4$ en 5 classes après Combine Classes et rectifications.....	48
Figure 33 : classification supervisé sur l'image $b_5 b_7 b_1$ en 08 classes.....	49
Figure 34 : classification superviser sur l'image $b_5 b_7 b_1$ en 08 classes après Combine Classes et rectifications.....	50
Figure 35 : classification supervisé sur l'image $b_7 b_3 b_4$ en 6 classes.....	51
Figure36 : classification superviser sur l'image $b_7 b_3 b_4$ en 6 classes après Combine Classes et rectifications.....	52
Figure37 : Carte lithologique obtenue par le traitement numérique de l'image en composition colorées du fossé d'effondrement Tébessa-Morsott.....	53

Figure 38 : Zones et linéaments qui ne sont pas été pris en considération.....	54
Figure39: Présentation des linéaments par filtrage directionnel dans des différentes directions.....	56
Figure40 : Carte des linéaments obtenue par filtrage directionnel de la bande 80, du fossé d'effondrement Tébessa-Morsott.....	57
Figure 41 : Organigramme de la méthodologie de traitement d'images satellitaire Lansat ETM+ et cartographie.....	58
Figure 42 : Carte géologique obtenue par illustration des méthodes de l'analyse visuelle, les classifications et les filtres directionnels sur l'image Landsat ETM+ du fossé d'effondrement Tébessa-Morsott.....	60

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Application a la télédétection.....	02
Tableau 02 : Exemple de recouplement de différents critères permettant d'identifier des formations lithostratigraphiques dans une région données (climat tempère).....	15
Tableau 03 : Caractéristique physique et géométrique des bandes de l'image LANDSAT ETM+.....	25
Tableau 04 : Avantages et inconvénients de différentes méthodes.....	29
Tableau 05 : Compositions colorées en bandes simples.....	30
Tableau 06 : Quelques compostions colorées en rapport de bandes.....	31
Tableau 07 : Compostions colorées en rapport des bandes choisies.....	31
Tableau 08 : Quelques compostions colorées utiliser dans les classifications.....	41

## Liste des photos

Photo 01 : Couvert végétal forestier sur les formations rocheuses.....	33
Photo 02: Périmètres de culture et les zones marécageuses.....	33
Photo 03: Formations limoneuses au centre du bassin.....	38
Photo 04: passées plus au moins grossières dans les formations fines.....	38
Photo 05 : limite entre les formations fines et graveleuses à la bordure du bassin.....	39
Photo 06: bordures du bassin formé par matériaux graveleux couvert par de petites plante.....	39
Photo 07: image de la ville de Tébessa issu par Google-Earth.....	39

# CHAPITRE I

**1. Introduction générale et objectif de l'étude**

La région de Tébessa connaît actuellement un développement considérable, qui a été marqué par l'inscription et la réalisation de plusieurs programmes de construction et d'urbanisme. Cette croissance, a conduit à une rapide extension du périmètre urbain ; par conséquent, ceci exige plus d'études de sols mais encore plus de célérité dans les études. Notre contribution consiste à extraire l'information utile dans ces types d'étude par le moindre coût (images disponibles gratuitement sur internet) [1] et en un laps de temps très court (juste le temps du traitement de ces images).

Il est évident que les aires recevant ces différentes installations font l'objet d'une caractérisation géologique et géotechnique. Le volet géologique est souvent traité sous l'angle d'une caractérisation lithologique à travers une cartographie lithologique par les méthodes classiques. Cette tâche est à la fois couteuse et ardue et exige plus de temps. Nous nous proposons d'approcher cette cartographie lithologique par l'utilisation de la télédétection multi-spectrale en traitant des images ETM+ de Landsat pour la discrimination des différentes unités lithologiques qui reçoivent les fondations de ces infrastructures.

Pour les traitements envisagés, nous utiliserons le logiciel ENVI v4.7. L'image utilisée est une image acquise le 03/05/2000. Elle est offerte gratuitement au téléchargement par le site de la NASA [1] et elle a été radiométriquement et géométriquement corrigée par le même centre fournisseur.

Les traitements consistent dans une première étape en la génération d'image en différentes compositions colorées en bandes simples et en rapport de bandes soumises par la suite à une analyse visuelle. Dans une deuxième étape, procéder à des classifications dirigées et non dirigées aboutissant à des néo-images sur lesquelles des discriminations lithologique seraient possibles. Et enfin, la troisième étape, serait réservée à l'application des filtres directionnels afin de mettre en évidence les différents faisceaux linéamentaires.

La compilation des données de ces néo-images sur une spatio-carte synthétique représente le but ultime de notre étude qu'est la carte lithologique étoffée de linéaments, sur laquelle, nous pouvons dresser un éventuel zoning lithologique utilisable en géologie de l'ingénieur.

# CHAPITRE II

## II. Généralités sur la télédétection et ses applications

### 1. Définition

Selon la commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale française, (1988), le mot télédétection désigne l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information.

Selon cette définition très vaste, la télédétection peut se pratiquer de la surface de la Terre vers l'atmosphère ou vers l'espace, comme de l'espace vers la Terre, les techniques de la télédétection aérospatiale, qui a pour but l'étude de la surface de la Terre, des océans et de l'atmosphère à partir d'avions, de ballons ou de satellites, en utilisant les propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchi ou diffusé par les corps ou surfaces que l'on étudie (**Kergomard**)[2].

### 2. Les domaines d'application de la télédétection

Les différentes applications de la télédétection sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 01 : Application a la télédétection**

Disciplines	Exemples d'applications (liste non exhaustive)
Météorologie	Vitesse des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages,...
Océanographie	Couleur de l'eau, turbidité, température de l'eau, hauteur des vagues, courant marin, phytoplancton, pollution marine,...
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans,
Cadastre / urbanisme	couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties,...)
Agriculture	identification des plantations, évaluation de la production
Environnement	étude d'impact, détection des changements,
Biologie/écologie	classification des types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats...
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de téléphonie mobile téléphonies mobile,...
Sciences de la terre	éruptions volcaniques, relief, type de roche, exploration minérale, identification des zones à risques (glissement de terrain, inondations,...)



# CHAPITRE III



# CHAPITRE IV

## IV. Matériel et méthodes

### 1. Le capteur Enhanced Thematic Mapper <sup>TM</sup> Plus (ETM+) de Landsat et ses applications

Chaque capteur est conçu dans un but bien précis mais il peut servir à la fois plusieurs besoins. Il sert des études sur l'occupation du sol, les ressources naturelles, la pollution atmosphérique et (ou), la météorologie. Le capteur ETM+ de Landsat, dispose de 8 canaux, 7 bandes TM et une bande panchromatique (Tab 03) :

**Tableaux 03 : Caractéristiques physiques et géométriques des bandes de l'image Landsat ETM+**

canaux	Longueur d'onde	pixel	La taille de la scène	Angle ouverture	Domaines d'applications
TM1	0,45 $\mu\text{m}$	30m	170 x 185,2 km	14°8	Cartographie bathymétrique, distinction sol végétation et conifères
TM2	0,525 $\mu\text{m}$	30m	170 x 185,2 km	14°8	Etat de santé et de vigueur des plantes
TM3	0,63 $\mu\text{m}$	30m	170 x 185,2 km	14°8	Distinction des types de végétation
TM4	0,73 $\mu\text{m}$	30m	170 x 185,2 km	14°8	Evaluation de la biomasse, cartographie des littoraux (contraste terre-eau)
TM5	1,55 $\mu\text{m}$	30m	170 x 185,2 km	14°8	Evaluation de l'humidité du sol et de la végétation, distinction des types de végétation, pénètre les nuages fins
TM6	10,40 $\mu\text{m}$	60m	170 x 185,2 km	14°8	Evaluation de l'humidité du sol, cartographie thermique, images de nuit.
TM7	2,09 $\mu\text{m}$	30m	170 x 185,2 km	14°8	Distinction des types de roche et de sol
P	0,52 $\mu\text{m}$	15m	170 x 185,2 km	14°8	Amélioration de la résolution pour les différents canaux précédents

En plus des 7 bandes spectrales captées par Landsat-TM, de nouvelles informations peuvent être créées par combinaison de canaux.

### 2. Matériels

- Carte géologique de Tébessa. (n°206) d'échelle (1/50000) et sa notice explicative (**Durozoy, 1956**).
- Carte topographique (n°206) d'échelle (1/50000) dressée par l'institut national de cartographie en 1946 selon le type 1922.

- Carte topographique (n°178) d'échelle (1/50000) dressée par l'institut national de cartographie en 1949 selon le type 1922.
- Une Image satellitaire prise à la date du 03/05/2000, de la série(7) de Capteur LANDSAT (ETM+). Cette image de faible résolution spatiale et spectrale et de niveau de correction 1A est gratuitement disponible sur le site de la NASA [1]. Son utilisation prélude donc à des résultats quelques peu approximatifs vu la faible qualité de celle-ci. De plus, elle est prise à une date de fin de printemps, ce qui entraîne de contrainte car une bonne partie du terrain est encore couverte par la végétation naturelle et les cultures.
- Un GPS Garmin type GPSMAP 62s, précision altimétrique de 1m.
- Logiciel ENVI 4.7 :

Ce logiciel développé par ITT VIS est beaucoup plus spécialisé pour les traitements d'images que pour les aspects plus cartographiques des autres logiciels SIG. Il permet l'intégration facile de données matricielles et vectorielles. Il offre aussi quelques algorithmes de classification. Il possède la capacité d'ajout aisé de modules. De plus, il est possible de le combiner à un autre outil d'ITT VIS nommé IDL afin de créer des applications externes utilisant les algorithmes d'ENVI. Finalement, avec les versions plus récentes, il est possible d'intégrer les capacités d'ENVI à Arc-GIS pour générer des cartes utilisant les données d'ENVI en passant par ArcMap [09].

- Logiciel MapInfo Professional 8.5. :

C'est le produit de cartographie de la gamme MapInfo, La cartographie informatisée poursuit son développement. MapInfo ouvre la voie en proposant de nouveaux produits conçus pour satisfaire tous les besoins, des plus simples, avec Microsoft Data Map dans Excel, jusqu'aux plus spécifiques, avec MapMarker, cette produit de mise en correspondance d'adresses, et Envinsa, notre plate-forme de localisation pour toute l'entreprise. MapInfo Professional® 8.5, certifié Microsoft XP, intègre de nouvelles fonctionnalités remarquables. Les fonctionnalités relatives aux services web ont notamment été largement remaniées pour cette version, de sorte que vous disposez maintenant de nouvelles possibilités pour géocoder vos données et créer des tampons. Ces changements représentent un nouveau tournant dans les capacités de ce produit [10].

- Logiciel photo-filtre

PhotoFiltre Studio est un logiciel de retouche d'images très complet. Il permet d'effectuer des réglages simples ou avancés sur une image et de lui appliquer un large éventail de filtres. Son utilisation simple et intuitive offre une prise en main rapide. La barre d'outils, proposant l'accès aux filtres standards par simple clique de souris, lui donne un côté convivial. PhotoFiltre Studio possède également un gestionnaire de calques (avec couche Alpha), des pinceaux personnalisables, des nozzles (ou tubes), un correcteur pour les yeux rouge, un module d'automatisation et des tas d'autres outils puissants [11].

- Convertisseur des coordonnées 5.1.0.0. :

C'est un logiciel de conversion de coordonnées géographiques. Ces principales caractéristiques sont :

- pour Windows
- supporte les coordonnées en Latitude/Longitude en degrés décimaux, en degrés minutes décimales, en degrés sexagésimaux et en grade

- supporte les coordonnées cartésiennes de nombreux systèmes de projections dont le Lambert conique et le Mercator transverse ;
- accepte les transformations de datum à 3 paramètres (translation) et à 7 paramètres (translation, rotation, facteur d'échelle) ;
- inclut la grille de conversion précise (gr3df97a) de l'IGN pour passer de NTF à WGS84 ;
- accepte les grilles précises pour la Nouvelle Calédonie fournies avec le logiciel Circé V4 (à télécharger séparément) ;
- inclut une librairie (DLL) pour un appel depuis d'autres programmes ;
- documentation indiquant les sources utilisées pour implanter les calculs. en licence GPL : gratuit, fourni avec les sources et adaptable à volonté.(licence LGPL pour la librairie).
- feuilles de calcul Excel pour la conversion en série et l'approximation d'une projection quelconque par du Mercator Transverse [12].

### 3. Méthodes

#### 3.1. Prétraitement des images

Les opérations de prétraitement, parfois appelées restauration et rectification d'image, sont conçues pour corriger les distorsions géométriques et radiométriques des plates-formes et capteurs spécifiques. Les corrections radiométriques peuvent être nécessaires à cause des variations dans l'illumination et dans la géométrie de visée d'une scène, des conditions atmosphériques, du bruit et de la réponse du capteur. Ces prétraitements ont été réalisés par le centre fournisseur des images [7].

#### 3.2. Traitement numérique de l'image

Le traitement d'image consiste à améliorer le contenu d'une image pour en extraire de l'information, pour cela on a été obligé de faire une chaîne de traitement qui nous permettent de retirer le maximum d'information .Notre chaîne de traitement est basée sur les étapes suivantes [8] :

##### 3.2.1. Images issues par composition en vraies et en fausses couleurs

Le bleu, le vert et le rouge sont les couleurs primaires du spectre visible. La combinaison de ces trois couleurs en proportions diverses permet d'obtenir toutes les autres couleurs (jaune, orange, mauve, ...). Le capteur ETM+ qui enregistre dans 7 bandes spectrales dont les courtes longueurs d'ondes sont respectivement le bleu, le vert et le rouge, les proches et moyen infrarouge et le thermique sont situés au-delà de 0.63  $\mu\text{m}$  [8].

##### 3.2.1.1. Images en vrais couleurs

Si la couleur rouge est attribuée aux valeurs de la bande rouge, la couleur bleue à celles de la bande bleue et la couleur verte à celles de la bande verte, la combinaison de ces trois bandes fournit une image en couleurs réelles. C'est la raison pour laquelle ces combinaisons sont appelées des images en vraies couleurs [8].



Figure 19 : Affichage en vraies couleurs [8]

### 3.2.1.2. Images en fausses couleurs

Si par contre, on attribue la couleur rouge aux valeurs enregistrées dans le proche infrarouge (auquel notre œil n'est pas sensible), la couleur verte aux valeurs enregistrées dans le rouge et la couleur bleue aux valeurs enregistrées dans le vert, on obtient une image en fausses couleurs.

Dans ce type d'image composée, la végétation très lumineuse dans le proche infrarouge sera colorée en rouge, tandis que l'eau peu réfléchissante dans le vert, le rouge et le PIR sera noire. Le sol apparaît blanc, car il réfléchit beaucoup dans le vert, le rouge et le PIR [8].

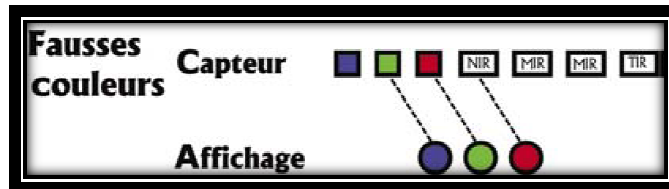


Figure 20 : Affichage en fausses couleurs [8]

## 3.2.2. Traitement de la distribution spectrale

### 3.2.2.1. Les ratios ou rapports de bandes

Pour rechercher et identifier certaines classes thématiques, il est parfois utile de procéder à des opérations arithmétiques sur différentes bandes tels les rapports entre bandes. Ainsi, pour rechercher les argiles (kaolinite, montmorillonite, illite, alunite), le minimum de réflectance étant dans l'infrarouge lointain (TM7) et le maximum dans le moyen infrarouge (TM5), le rapport TM5/TM7 est recommandé. Pour les minéraux ferrugineux (limonite, goethite, hématite) qui ont une réflectance minimale dans le bleu et maximale dans le rouge, il faut faire le rapport TM3/TM1. Les rapports TM3/TM1, TM3/TM2 et TM5/TM4 montrent les oxydes de fer, alors que TM5/TM7 souligne les hydroxydes (**Chorowic & Deroin, 2003**).

### 3.2.2.2. Les indice

Sont des formules qui expriment des relations entre les bandes spectrales, traduisant des caractéristiques des tâches. Ils peuvent être normalisés en les divisant par la somme des facteurs pris en compte. Par exemple, Les courbes de réflectance de la végétation dans le rouge (env. 0.65µm, canal Landsat-TM3) et le proche infrarouge (env. 0.8µm, canal Landsat-TM4) fournissent un premier exemple de création de **néo-canaux** ou **indices**. On utilise les canaux 3 et 4 de Landsat-TM pour calculer un indice de végétation, qui mesure le pourcentage d'écart entre le rouge visible et le proche IR. C'est en effet le contraste entre les deux canaux qui permet au mieux d'exploiter les réponses spectrales de la végétation. La formule de cet indice de végétation (aussi appelé indice de biomasse ou Normalised Difference Végétation Index (NDVI), en anglais) est la suivante :

$$\text{Indice de végétation} = (b4 - b3) / (b4 + b3) \quad (\text{Valeurs comprises entre } -1 \text{ et } 1)$$

(**Chorowic & Deroin, 2003**).

## 3.2.3. Classification

Les opérations de classification et d'analyse d'image sont utilisées pour identifier et classer numériquement des pixels sur une image. La classification est habituellement faite sur des banques de données multispectrales (A), et ce procédé donne à chaque pixel d'une

image une certaine classe ou thème (B) basé sur les caractéristiques statistiques de la valeur de l'intensité du pixel. Il existe une variété d'approches prises pour faire une classification numérique, de type supervisé (confrontation à la vérité-terrain) ou non supervisé (sur la base du seul calcul numérique) (Girard & Girard, 1999).

### 3.2.3.1. Les méthodes de classification assistées (Supervisée)

Les données sont classées vis à vis d'objets de référence, choisis par l'interprète. Ceux-ci peuvent être soit définis à partir de comptes numériques sur un histogramme à plusieurs dimensions (méthode hypercube, cross-plots en anglais), soit à partir de polygones d'entraînement repérés géographiquement sur l'image (zones-test, zones d'apprentissage) (méthode du maximum de vraisemblance). En anglais : supervised classifications (Girard & Girard, 1999).

### 3.2.3.2. Les méthodes de classifications non assistées (Non supervisé)

Les données sont classées en fonction de leurs caractéristiques spectrales, sans aucune information a priori sur la nature des objets à classer. L'interprète intervient pour fixer un nombre de groupes, des seuils, ... (en anglais non supervised classifications). Les méthodes les plus courantes sont des Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH) ou des classifications à partir de centres mobiles (Girard & Girard, 1999).

### 3.2.3.3. Intérêt des différentes méthodes

**Tableau 04 : Avantages et inconvénients des différents méthodes (Girard & Girard, 1999).**

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Classifications non assistées	Utiles pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classifications assistées	Les classes obtenues ont une signification thématique précise	Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

### 3.2.4. Filtres directionnels

L'objectif visé par l'application des filtres est l'identification des linéaments correspondant à des discontinuités lithologiques et structurales dans les images.

Les filtres directionnels améliorent la perception des linéaments en provoquant un effet optique d'ombre portée sur l'image comme si elle était éclairée par une lumière rasante (A. Marion Paris, 1987). De plus ce type de filtre permet de rehausser les linéaments qui ne sont pas favorisés par la source d'éclairage (Allen & Unwin, 1986).

Le rehaussement des linéaments a été effectué à partir de filtres directionnels dans de nombreuses directions. Ceci permet de détecter les linéaments dans toutes les directions possibles.



# CHAPITRE V

## V. Traitement et analyse de l'image

La perception des couleurs par l'œil est nécessaire pour interpréter les images et photographie en couleurs ou en infrarouge couleurs. Il faut être bien conscient que l'interprétation visuelle est toujours employée seule ou en lien avec les traitements informatique des images.

A ce niveau d'analyse qui consiste en une analyse visuelle des images en composition colorées obtenues selon l'ordre colorimétrique RGB pour les différentes bandes et rapports de bandes simples ou complexes ; notre objectif est de mettre en œuvre, l'interprétation des états de surface des sols.

Les spatio-cartes obtenues seront comparées à une carte géologique, afin de savoir quelle peut être l'efficience des différents traitements ayant abouti à ces répartitions des plages des teintes.

### 1. Les compositions colorées

#### 1.1. Composition colorée en bandes simple

Dans une première étape, on a été amené à réaliser une multitude de spatio-cartes en compositions colorées en bandes simples et qui sont présentées dans le tableau suivant (Tableau 05):

**Tableau 05 : Compositions colorées en bandes simples**

Numéro de composition	La composition Colorée dans l'ordre RGB	Numéro de Composition	La composition Colorée dans l'ordre RGB	Numéro de Composition	La composition Colorée dans l'ordre RGB
01	b1b2b3	11	b3b7b1	21	b7b1b2
02	b1b3b4	12	b3b7b2	22	b7b2b3
03	b1b4b5	13	b4b1b2	23	b7b3b4
04	b1b5b7	14	b4b2b3	24	b7b4b5
05	b2b3b4	15	b4b5b7	25	b3b2b1
06	b2b4b5	16	b4b7b1	26	b4b3b2
07	b2b5b7	17	b5b1b2	27	b5b3b2
08	b2b7b1	18	b5b2b3	28	b7b3b2
09	b3b4b5	19	b5b3b4	29	b7b5b4
10	b3b5b7	20	b5b7b1	30	b4b2b1

b : bande

#### 1.2. Compositions colorées en rapport des bandes

Dans une seconde étape, on a procédé à l'affichage dans l'ordre colorimétrique RGB des rapports de bandes ; ce qui nous a permis de discriminer certaines classes thématiques qualitativement meilleurs qu'en bandes simples. Une multitude de combinaison de rapport de bandes, ont été utilisés et qui sont résumés dans le tableau 06 ci-dessous.

**Tableau 06 : Quelques compositions colorées en rapport de bandes**

Numéro de composition	La composition Colorée en rapport de bande dans l'ordre RGB	Numéro de composition	La composition Colorée en rapport de bande dans l'ordre RGB
01	$R = (b2 - b4)/(b3 + b2)$ $G = (b3 - b4)/(b5 + b4)$ $B = (b5 - b1)/(b4 + b2)$	04	$R = (b5 - b7)/(b1 + b2)$ $G = b3/b1$ $B = (b2 - b7)/(b1 + b2)$
02	$R = (b2 - b4)/(b3 + b2)$ $G = (b5 - b1)/(b4 + b2)$ $B = (b3 - b4)/(b5 + b4)$	05	$R = b4/b7$ $G = (b3 - b4)/(b5 + b4)$ $B = (b5 - b1)/(b4 + b2)$
03	$R = (b5 - b7)/(b3 - b7)$ $G = (b5 + b4)/(b1 + b2)$ $B = ((b5 - b4)/(b2 * b3) / (b5 - b4) * (b2 * b3))$	06	$R = (b1 + b2 + b3)/(b4 + b5 + b7)$ $G = (b2 - b5)/(b3 + b7)$ $B = (b4/b7)$

Numéro de composition	La composition Colorée en rapport de bande dans l'ordre RGB
07	$R = (b3 - b4)/(b5 + b4)$ $G = (b2 - b4)/(b3 + b2)$ $B = (b5 - b1)/(b4 + b2)$
08	$R = (b5 - b4)/(b2)(b3)$ $G = (b5 - b7)/(b3 - b7)$ $B = (b4)/(b7)$
09	$R = (b5 + b7)/(b5 + b2)$ $G = (b5)(b7)/(b5)(b2)$ $B = (b7)(b5) + b4 / (b3)(b2) + b1$

L'examen des différentes spacio-cartes produites, nous a permis de négliger beaucoup de compositions colorées aussi bien en bandes simples qu'en rapport de bandes et nous ne retiendrons que quelques unes qui nous paraissent intéressantes au plan discriminatoire des thèmes. La composition en bandes simple b7b3b4 et les compositions en rapport de bandes du tableau (07) ont été retenues.

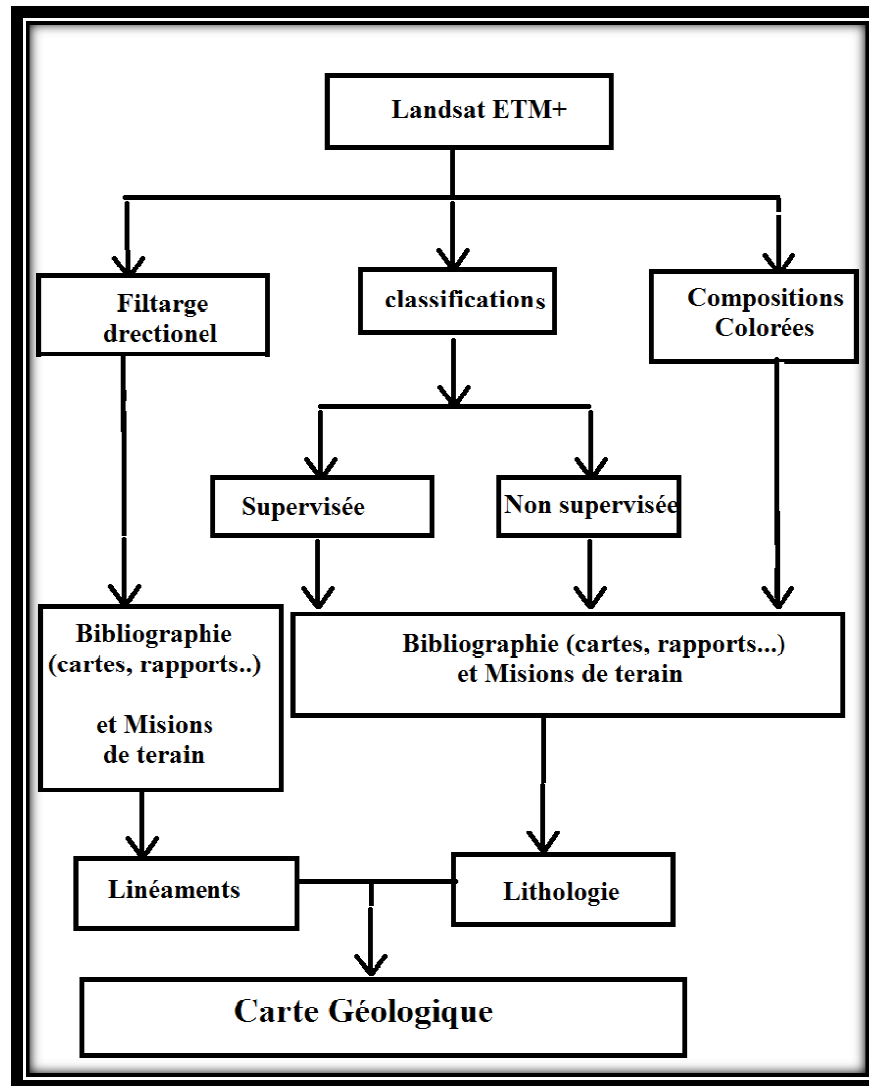
**Tableaux 07 : Compositions colorées en rapport des bandes choisies**

Numéro de composition	01	02	03
La composition Colorée en rapport de bande dans l'ordre RGB	$R = (b5 - b7)/(b3 - b7)$ $G = (b5 + b4)/(b1 + b2)$ $B = ((b5 - b4)/(b2 * b3) / (b5 - b4) * (b2 * b3))$	$R = (b5 - b7)/(b1 + b2)$ $G = b3/b1$ $B = (b2 - b7)/(b1 + b2)$	$R = b4/b7$ $G = (b3 - b4)/(b5 + b4)$ $B = (b5 - b1)/(b4 + b2)$

# CHAPITRE VI

## VI. Discussion et conclusion générale

Pour l'investigation de notre zone d'étude, nous avons suivie les différentes étapes résumées par la figure ci-après.



**Figure. 41 : Organigramme de la méthodologie de traitement d'images satellitaire Landsat ETM+ et cartographie.**

Cet essai de cartographie lithologique par télédétection des formations superficielles du fossé d'effondrement de Tébessa, a montré plus d'un niveau des contraintes et des limites mais l'utilisation de cet outil demeure quand même parfois efficace et fiable.

Dans les documents cartographiques connus et particulièrement la carte géologique au 1/50.000 levée par (Durozoy,1956), il est mentionné, l'existence de formations argileuses et limoneuses au centre du bassin, ces formations passent à des formations graveleuses sous formes de cônes de déjection et tapis graveleux sur les blocs effondrés et un substratum rocheux constitué par des calcaires, des marno-calcaires et des marnes surmontés dans la partie Sud-Est par des formations silico-clastiques du Miocène. La réalité et la position de certaines de ces formations ont été vérifiées.

L'image satellitaire du capteur ETM+ de Landsat accessible gratuitement sur internet [1] et téléchargeable sur le site de la NASA fait partie de la gamme des images à faibles résolution spatiale et spectrale. La date d'acquisition de l'image (03/05/2000) coïncide avec la saison printanière qui se caractérise par une forte activité floristique où la plus part des plantes repoussent d'une manière intense tapissant les différentes zones de notre région d'étude en plus de l'activité culturale en cette période de l'année.

Le traitement numérique de cette image n'a pas permis de proposer une carte lithologique plus ou moins précise dans toute sa globalité pour des raisons que nous allons discuter dans ces paragraphes qui suivent.

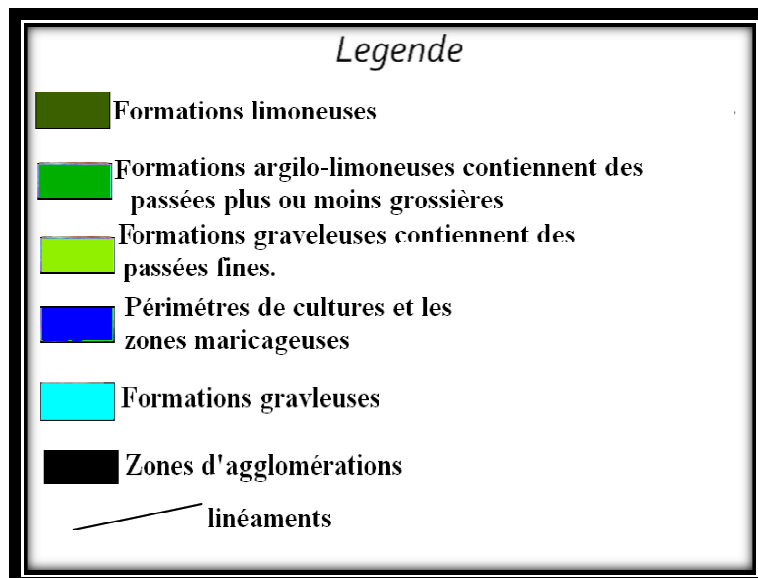
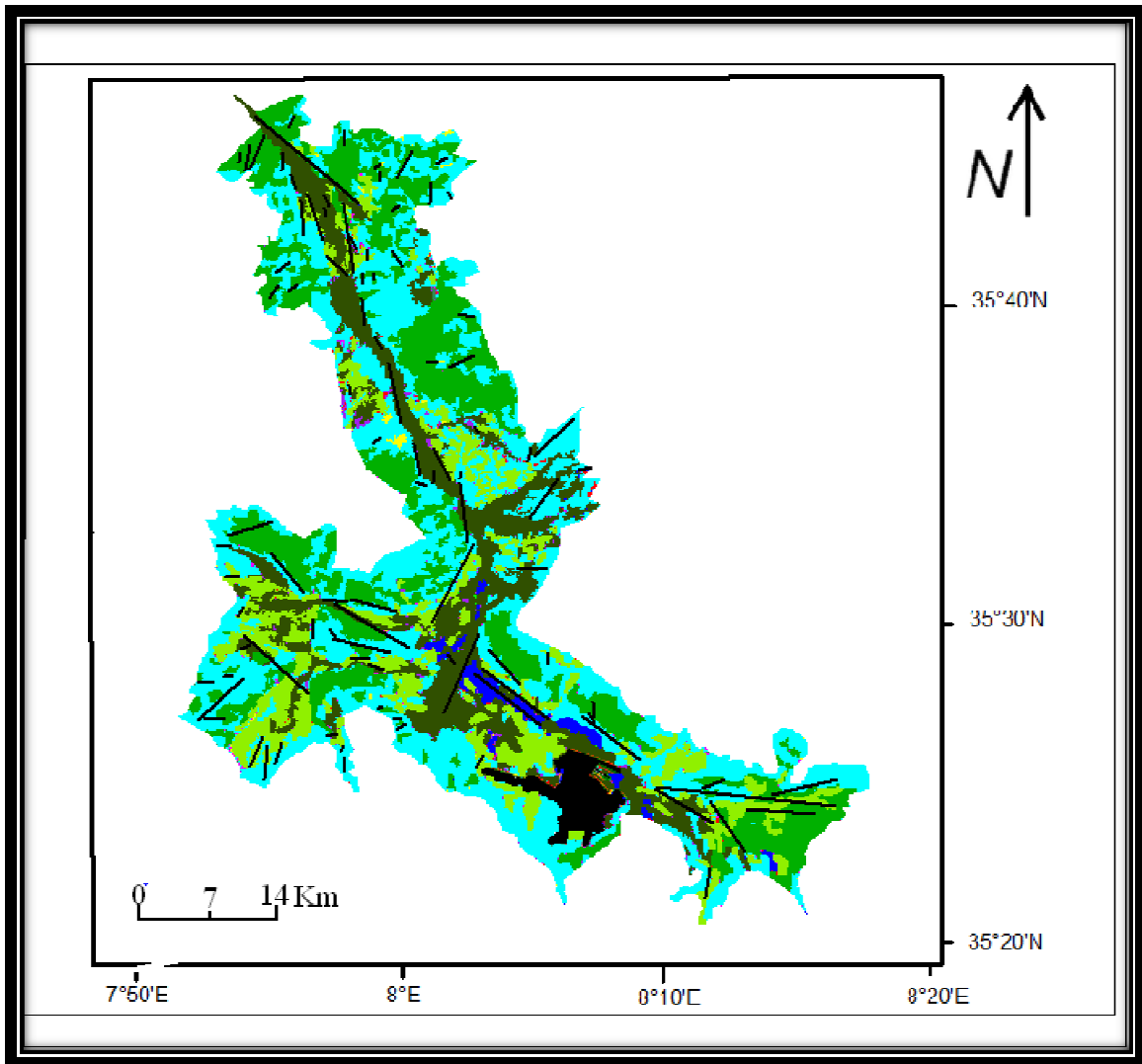
L'image traitée ne dispose pas de la résolution spatiale adéquate pour une bonne cartographie des limites, il faut disposer d'une résolution d'au moins 10m en multi-spectrale tels que les images SPOT mais qui nous sont malheureusement inaccessibles. Ajouter à cela une faible résolution spectrale (largeur de bande de l'ordre de 100nm) qui est insuffisante pour une bonne discrimination des différentes lithologies. Cependant, la télédétection hyper-spectrale s'avère très prometteuse en termes de discrimination des différentes lithologies et leurs limites.

La période de prise d'image ou la date est également une autre contrainte à prendre en compte car en cette période tout est recouvert par la végétation et la réflectance enregistrée est souvent celle de la végétation et non pas des sols sous-jacents.

L'approche adoptée a consisté à séparer les différentes unités par leurs couvert tout d'abord végétal. Le centre du bassin qui est lithologiquement comblé par les formations fines (argiles et limons) est le siège de larges marécages. La discrimination des marécages permet la cartographie des formations fines. Les zones qui montrent réellement des formations fines complètement dénudées en cette période de l'année, conservent un taux d'humidité qui peut être utilisé afin d'être discriminé. La forêt est située sur le substrat calcaire et marno-calcaire, elle est située en dehors des aires de comblement mais reste la plus facilement identifiable sur l'image. Les zones à très fortes réflectance relative, sont celles à graviers et parfois à tapis de croute calcaire.

La carte obtenue ne s'éloigne pas beaucoup de ce qui est connue dans les documents bibliographiques, seulement, elle mérite une reprise afin qu'elle soit affinée en utilisant par exemple plusieurs images pour surmonter la contrainte de la résolution temporelle et avoir le maximum d'aires dégagées. De plus, utiliser d'autres images à plus haute résolution spectrale et spatiale tels les produits SPOT et ASTER.

La discrimination des formations fines, graveleuses et le mélange qui puisse exister entre les deux est un exploit en termes d'apprentissage à l'exploitation de l'outil de télédétection ; car la précision dans les résultats n'était pas l'objectif de départ, d'autant que, les moyens mis en œuvre ne le permettaient pas. Nous rappelons bien le but principal de cet essai et qui d'ailleurs partiellement atteint, c'est la proposition d'une carte dans laquelle sont localisées et limitées les aires à formations fines qui pourraient poser problème en terme d'aménagement et de construction.



**Figure 42 : Carte géologique obtenue par illustration des méthodes de l'analyse visuelle, les classifications et les filtres directionnels sur l'image Landsat ETM+ du fossé d'effondrement Tébessa-Morsott**

# BIBLIOGRAPHIE



# Références bibliographiques



- Benabbas. C, Evolution mio-plio-quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie nord orientale : apport de la photogéologie et analyse morphostructurale, 2006.246p.
- Blancart. E, Utilisation des procédés de reconnaissance aériens et satellites pour les études de tracés de routes de pipe et l'implantation de sites pétroliers à terre mémoire d'ingénieur e.s.g.t.
- Bonn. F & Rochon.G, Précis de télédétection volume 1, 1992. *principes et Méthodes*, Presses de l'université du québec /AUPELF.
- Caloz. R & Golay. F ,Télédétection et images numériques Notes de cours rassemblées version provisoire du 8.6.07, p.3-4.
- Chorowics. J & Deroin .J. P, La télédétection et la cartographie géomorphologique et géologique. Editions scientifiques Gb. Paris, 2003. p141.
- Claude. K , Professeur Ecole Normale Supérieure Paris (Bonn et Rochon) , 1996.p23.
- Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale française*, (1988).
- Drury. A & Unwin S.A, Image Interpretation in Geology, London, 1986, 243p.
- Girard. M.C & Girard. C.M, Traitement des données de télédétection. DUNOD Ed. Paris,1999.pages 157 à 205 et CD Rom.
- Introduction à la télédétection p 2 (source : **Wageningen University**).
- Kergomard. C, la Télédétection Aéro-Spatiale une introduction, Ecole Normale Supérieure, Paris, p. 1-21-22-23.
- Marion. A, Introduction aux techniques de traitement d'image, Edition Eyrolles, Paris, 1987, 278 p.
- Polidori. R, Laurent, Introduction à la télédétection spatiale, 60 pages (Polidori).
- Soudani. K, Cours Télédétection ECO II Version 1.2 Laboratoire d'Ecophysiologie Végétale, Université Paris-Sud, 2005.

## Sites internet visités :

[1] Site de la NASA

<http://www.nasa.gov/>

[2] LA Télédétection AÉRO-SPATIALE : une introduction

<http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/kegomard/Teledetection/CTeledetection.pdf>

[3] Introduction générale a la télédétection

[http://www.esgt.cnam.fr/documents/tfe/memoires/2006/06\\_Blancart\\_mem.pdf](http://www.esgt.cnam.fr/documents/tfe/memoires/2006/06_Blancart_mem.pdf)

[4] Qu'est ce que la télédétection ?

[http://www.esu-psud.fr/IMG/pdf/cours\\_teledec.pdf](http://www.esu-psud.fr/IMG/pdf/cours_teledec.pdf)

[5] Principes de la télédétection

<http://fr.scribd.com/doc/99261134/TeleDetection-in-french>

[6] Cours de télédétection

<http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/ccrs/homepg.pl?f>

[7] Cours tutorial de centre Canadian de télédétection

[http://pages.csam.montclair.edu/~chopping/rs/CCRS/chapter1/chapter1\\_1\\_f.html](http://pages.csam.montclair.edu/~chopping/rs/CCRS/chapter1/chapter1_1_f.html)

[8] Introduction à la télédétection

<http://eoedu.belspo.be/fr/profs/teledetection.pdf>

[9] ENVI

[www.itvis.com](http://www.itvis.com)

[10] Mapinfo

<http://extranet.mapinfo.com/support/documentation/manuals.cfm>

[11] Fotofiltre

[www.photofiltre.com](http://www.photofiltre.com)

[12] Convertisseur des coordonnées 5.1.0.0

<http://eric.sibert.fr/article80.html>

# ANNEXE

## Glossaire :

**Absorbance :** Rapport du flux énergétique absorbé par un corps (ou milieu) au flux énergétique incident pendant le même intervalle de temps (aussi appelé coefficient d'absorption ou facteur d'absorption).

**Bande :** Intervalle de longueur d'onde dans le spectre électromagnétique. Par exemple, pour landsat les bandes indiquent les intervalles spécifiques (le la l'longueur d'onde auxquels les images sont requises).

**Capteur :** Appareil qui reçoit le rayonnement électro- magnétique et le convertit en signal qui peut être enregistré et affiché sous forme de données numériques ou d'image.

**Classification dirigée :** Procédé automatique en vertu duquel chaque vecteur de mesure est attribué à une classe selon une règle de décision spécifique, une fois définies les classes possibles sur la base d'échantillons représentatifs de formations connues.

**Diffusion :** Réflexion multiple d'ondes électromagnétiques par les gaz ou particules de l'atmosphère.

**Echelle:** Rapport entre la distance sur une image et la distance équivalente sur le terrain.

**Filtre:** Toute diapositive physique ou fonction mathématique utilisée pour modifier un spectre.

**Fréquence :** Nombre d'oscillations d'onde par unité de temps ou nombre de longueurs d'onde qui passent en un point par unité de temps.

**Hyperfréquence:** Région du spectre électromagnétique dans la gamme de longueur d'onde de 1 mm à plus de 1 m.

**Image infra-rouge:** Image prise par un radiomètre à balayage qui enregistre le rayonnement dans la bande électromagnétique dont la longueur d'onde varie approximativement de 8 à 14 micro-mètres.

**Infra-rouge thermique:** Région du spectre IR, entre 8 et 14  $\mu\text{m}$  environ, qui correspondent au rayonnement de chaleur. Cette région s'étend entre le proche infra-rouge de plus courte longueur d'onde, en l'infra-rouge lointain, de plus grande longueur d'onde.

**Landsat :** Satellite inhabité de la nasa , a orbite terrestre (initialement appelé erts) transmet des images multispectrales entre 0.4 et 1.1 micromètre aux stations réceptrices au sol.

**Linéaments:** Topographie linéaire sur le terrain ou sur les Images et cartes qui peut représenter une zone faiblement structurée.

**Longueur d'onde:** Distance entre les crêtes d'ondes successives (ou d'autres points équivalents) dans une onde harmonique.

**Luminance:** Mesure quantitative de l'intensité d'une lumière mesurée à l'aide d'un photomètre.

**Multispectral** : se dit d'un capteur opérant dans plus d'une bande spectrale à la fois et par extension des images obtenues à l'aide de ce type de capteur. Le terme de « multibande » est également employé, peut-être plus judicieusement car il y a plusieurs bandes mais un seul spectre électromagnétique.

**Onde électromagnétique** : Ensemble de deux champs, magnétique et électrique, à oscillations perpendiculaires qui se propagent simultanément dans une direction donnée sans nécessiter de milieu matériel. Elle est représentée par deux vecteurs perpendiculaires indissociables, dont l'amplitude varie périodiquement avec le temps: le champ électrique E et le champ magnétique H. La direction de propagation de cette onde est perpendiculaire au plan défini par ces deux vecteurs et dans le vide elle se propage à la vitesse de la lumière.

**Orbite**: Trajectoire que décrit, par rapport à un système de référence spécifié, le centre de masse d'un objet spatial soumis aux seules forces naturelle, essentiellement les forces de gravitation et les force d'inertie.

**Pixel**: Acronyme de Picture Élément. plus petite surface homogène constitutive d'une image numérique, définie par les dimensions de la maille d'échantillonnage. Dans le cas de la numérisation d'une bande magnétique analogique, par exemple, le pixel est le résultat de l'intégration. selon un pas donné, du signal enregistré sur la bande.

**Panchromatique** : Sensible a toute la partie visible du rayonnement électromagnétique.

**Résolution**: Terme général employé pour évoquer, dans le cas d'un système de mesure, l'aptitude à séparer deux niveau d'un signal; dans le cas d'une image, l'aptitude à rendre distincts deux points voisins. le terme de limite de résolution est plus précis.

**Ratio d'images**: il s'agit d'une image préparée par traitement des données multi spectrales numériques. Pour chaque pixel la valeur pour une bande est divisée par celle d'une autre. les valeurs numériques qui *en* résultent sont affichées comme image.

**Rayonnement visible**: Energie de longueurs d'onde de 0,4 à 0,7 um, perceptible par l'œil.

**Réflectance** : Rapport du flux réfléchi par un milieu matériel au flux incident.

**Résolution**: Aptitude à rendre distincts des objets très rapprochés sur une image ou une photographie. Habituellement exprimé comme l'espacement le plus petit, entre deux lignes, qui peut être distinguée. On l'exprime en paires de lignes par unité de distance.

**Résolution spatiale**: Capacité d'un capteur de distinguer deux éléments de surface distincts.

**Résolution spectrale** : Capacité d'un capteur .Je distingué entre deux longueurs d'onde voisines. La largeur de bande définit les bornes supérieures et inférieures de sensibilité d'un capteur.

**Scène** : Surface au sol couverte par une image ou une photographie.

**Signature**: Caractéristiques ou combinaison de caractéristiques permettant d'identifier un matériau ou un objet sur une image ou une photographie.

**Signature spectrale:** modification différentielle du signal émis ou réfléchi par un objet en fonction de sa nature, qui engendre une combinaison originale d'intensités variées à des longueurs d'ondes distinctes. La couleur est la signature spectrale d'un objet dans la partie visible du spectre.

**SRTM:** Shuttle radar Topography Mission.

**Spectre électromagnétique :** Répartition des fréquences du rayonnement électromagnétique depuis les rayons gamma jusqu'aux ondes hertziennes.

**Teinte:** Attribut d'une couleur qui la différencie du gris de même brillance et qui permet de la classer comme bleu,vert,rouge ou comme une nuance de ces couleurs. .

**TM:** "Thematic Mapper". Cartographie thématique.