

Plan :

Introduction

Chapitre I : présentation de l'entreprise

1) Présentation de l'ONHYM.....	6
1-1)Création et organisation de l'ONHYM	6
1.1.1) Historique	7
1.1.2) Mission et domaine d'activité de l'ONYM.....	7

Chapitre II : la géologie

1) Géologie de Maroc	8
1.1) domaine saharien et anti atlasicque	8
1.2) domaine atlasicque mésétien	8
1.3) domaine rifain	8
2) Géologie du Maroc Oriental	9
3) Géologie local la bouteniére de Tamlelt	12
3.1) cadre géologique	13
3.2) Géologie de la plaine de Tamelelt	14
3.3) Mines	14

Chapitre III : Généralité sur la télédétection

1) Définition	15
2) Principe	15
3) Intérêt	15
4) résolution spatiale	16
5) résolution spectrale	16
6) images satellite	16
7) images Landsat	17

Chapitre VI : Extraction des structures par l'utilisation d'ERDAS et ArcGis

1) Présentation d'ERDAS.....	18
2) étapes de cette étude d'ERDAS	18
3) traitements utilisés.....	22
4) conclusion.....	24

Chapitre V : Analyse et des résultats de l'interprétation par Imagerie Landsat

1) Interprétation des Linéaments.....	26
2) Confrontation avec les cartes géologiques existantes.....	27
3) cartographie des altérations.....	27
4) conclusion	28

Conclusion générale..... 28

Bibliographie

Introduction Générale

Le stage dans une entreprise, représente une étape importante, puisqu'il permet de découvrir le milieu professionnel et de compléter la formation théorique par une expérience pratique et de vivre de proche le climat de la responsabilité.

Ce rapport présente l'application que j'ai effectuée au cours de mon stage au siège de l'ONHYM (office national des hydrocarbures et des mines) à rabat .

Les objectifs de ce travail sont multiples : premièrement comprendre le travail de base et les mécanismes de fonctionnement de l'entreprise, utiliser les capacités d'observation, d'analyse et d'intégration dans une organisation, et intégrer les connaissances acquises tout au long de la formation universitaire dans le cadre professionnel.

- ✓ Le premier chapitre de ce rapport va représenter l'Office National des hydrocarbures et des mines.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à la télédétection, ses principes et son intérêt.
- ✓ Le troisième chapitre présente la méthode d'extraction des linéaments par le logiciel ERDAS Imagine.

Et le dernier chapitre est consacré à l'analyse des résultats obtenus.

Chapitre I :

Présentation Générale de l'ONHYM :

1) Présentation d'ONHYM

L'ONHYM- L'Office National des Hydrocarbures et des Mines- est un office au sein du Ministère de l'énergie et des mines à caractère semi-public et s'occupe de toutes études et recherches visant à l'exploitation et à la valorisation des substances à l'exclusion des hydrocarbures (pétrole).Il est soumis à la tutelle de l'Etat, laquelle a pour objet d'assurer le respect, par les organes compétents de l'office, des dispositions de la loi 33-01.

1-1) Crédation et organisation de l'ONHYM :

L'ONHYM a été créé le 17 août 2005, par la fusion du Bureau de Recherches et de Participations Minières (BRPM) et de l'Office National de Recherche et d'Exploitations Pétrolières (ONAREP).

B.R.P.M : Le Bureau de Recherches et de Participations Minières a été créé par Dahir le 15 décembre 1928 pour promouvoir la mise en valeur des ressources minières du sous-sol national, phosphates exceptés.

O.N.A.R.E.P : l'Office National de Recherches et d'Exploitations Pétrolières, a été créé par le Dahir du 10 novembre 1981, ce dernier a des compétences relatives à la recherche sur les hydrocarbures, permettant ainsi au Bureau de concentrer son action sur la mise en valeur minière proprement dite.

Depuis leur création, en 1928 pour le BRPM et en 1981 pour l'ONAREP, ces deux organismes ont été les pionniers et les leaders au Maroc dans leurs domaines d'activité respectifs, et ont bénéficié d'une grande renommée auprès des opérateurs internationaux.

Les missions de l'ONHYM sont comme suit:

- Conduire la recherche, l'exploration et l'exploitation des gisements d'hydrocarbures ou de schistes bitumineux, ainsi que des gisements miniers et de toute substance minérale (à l'exclusion des phosphates) ;
- Impulser et soutenir toute action de nature à contribuer au développement de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures et des substances minérales, notamment dans le cadre de partenariats

Les Laboratoires Mines réalisent des prestations aussi bien pour les géologues de l'ONHYM que pour les clients externes. Ces prestations concernent les trois domaines suivants :

- Minéralurgie, Chimie Minérale et Minéralogie et pétrographie

1.1.1) Historique :

L'office Nationale des Hydrocarbure et des Mines (ONHYM) créé le 17 aout 2005, par la fusion du bureau de Recherche et de Participation Minière (BRPM) et de l'Office National de Recherche et d'Exploitations pétrolières (ONAREP).

De puis leur création, en 1928 pour le BRPM et en 1891 pour l'ONAREP, ces deux organismes ont été les leaders au Maroc dans leurs domaines d'activité respectifs, et ont bénéficié d'une grande renommée auprès des opérateurs internationaux .

C'est donc un nouvel élan, porté par une stratégie réactualisée dans le droit fil des orientations gouvernementales, que l'ONHYM repend et développe les acquis des organismes fusionnés.

1.1.2) Missions et domaines d'activités de l'ONYM

Instituées par la loi depuis sa création, les missions de l'Office National des Hydrocarbures et des Mines, se déclinent comme suit :

- Participer au développement socio-économique du Maroc par la mise en valeur des ressources minières (à l'exclusion des phosphates) et des hydrocarbures et mener à travers une démarche technico-économique appropriée, la recherche et l'exploration des gisements d'hydrocarbures et miniers;
- ■ Développer un partenariat proactif et dynamique et construire une expertise nationale dans le domaine pétrolier et minier.
- Conduire la recherche, l'exploration des gisements miniers et de toute substance minérale (à l'exclusion des phosphates) et des gisements d'hydrocarbures ou de schistes bitumineux ainsi que et l'exploitation de ces derniers.

Chapitre II :

La géologie

1) Géologie du Maroc

Situé à l'extrême occidentale de l'Afrique du nord, le Maroc est bordé par la Méditerranée au nord et l'Atlantique à l'ouest. Sa configuration actuelle résulte des effets des différents cycles orogéniques qui s'y sont succédés au cours des temps géologiques à savoir les cycles précambrien, hercynien et alpin. Trois grands domaines structuraux y sont reconnus ce sont du Sud au Nord :

1.1) Domaine saharien et anti atlasique

Limité par l'accident sud atlasique au Nord et le bouclier ouest africain au Sud, le domaine saharien et anti atlasique est formé par un socle protérozoïque, façonné essentiellement durant l'orogenèse précambrienne.

1.2) Domaine atlasique et mésétien

Le domaine atlasique et Mésétien se situe entre l'accident sud atlasique au Sud et la limite sud du Pré rif au Nord.

1.3) Domaine rifain

Situé à l'extrême Nord du pays, ce domaine est affecté par une tectonique alpine majeure engendrant des nappes de glissement et des charriages.

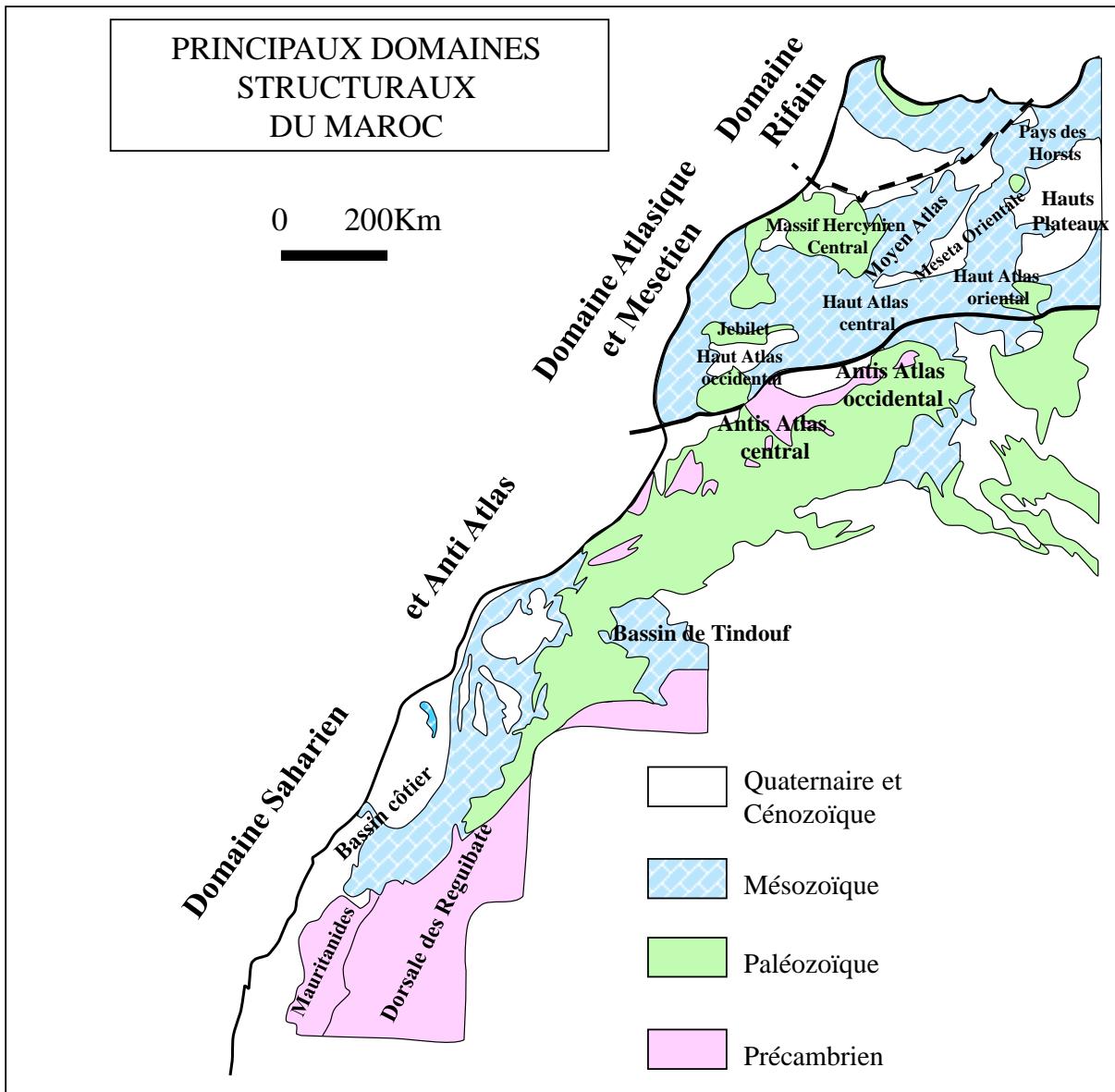


Figure 1 : principaux domaines structuraux du maroc

2) Géologie du Maroc Oriental

La région de l'Oriental est caractérisée par une grande diversité géologique. C'est une zone très vaste où se côtoient plusieurs domaines structuraux : le Rif oriental, le massif des Béni Znassen, les Monts d'Oujda (ou chaîne des Horsts), les Haut Plateaux et le Haut Atlas Oriental. Chacun de ces différents domaines enregistre une histoire géologique particulière.

La chaîne rifaine

Le domaine rifain constitue, avec la cordière bétique, l'extrémité occidentale de la chaîne alpine. C'est un empilement de nappes de charriage, allochtones à vergence vers le sud. Il est subdivisé structurellement en trois domaines : domaine interne, domaine des flysch et domaine externe. Dans la région de l'Oriental, cette chaîne est représentée uniquement par le domaine des flysch (unité de Tisirène), et le domaine externe (unité de Ktama et unité de Temsamane).

Ces nappes à caractère allochtone se déferlent sur des terrains autochtone appelés avant pays comme la chaîne du Gareb, le massif de kebdana et le massif des Béni Bou Ifrour célèbre par ces

gisements de fer. Cette zone est connue, en outre, par son activité volcanique très variée d'âge Miocène et la mise en place de bassins dits post-nappes (Tortonien et Messiniens) à dépôts molassiques.

Le Massif des Béni Znassen

Ce sont des terrains jurassiques légèrement plissés et percés par une boutonnière paléozoïque. Les terrains paléozoïques sont constitués de schiste micacé et des passées quartzitiques et des flyschs turbiditiques d'âge Dévonien traversés par des Monzogranites tardi-hercyniens (247 MA + ou - 7M A).

La couverture mésozoïque est représentée par les argiles rouges, les conglomérats et les coulées basaltiques triasiques; les séries carbonatées du Lias et Dogger et les séries détritiques du Malme.

Les Monts d'Oujda (ou chaîne des Horsts)

C'est une chaîne montagneuse calcaire orientée ENE-WSW, disloquée par une série de failles normales N70 engendrant une structure en touche de piano (Succession de horsts et grabens). Cette structure, d'âge liasique et dogger, est connue par les gisements plombozincifères de Toussit et est limitée au sud par le bassin houillé de Jérada.

Les Hauts Plateaux

C'est un vaste plateau essentiellement jurassico-crétacé qui s'incère en coin entre le Moyen Atlas et le Haut Atlas Centro-oriental. Il est très peu tectonisé et légèrement incliné vers le Sud. Cette structure est échancrée par des boutonnières paléozoïques (Debdou, Mekkam, Aouizert et Lalla Mimouna) d'âge Dévonien et Carbonifère.

Le Haut Atlas Oriental

C'est une structure plissée jurassico-crétacé qui assure la jonction entre le Haut Atlas Central et l'Atlas Saharien en Algérie. Son style tectono-sédimentaire extensif en blocs 4 basculés a engendré une structure en ridges et dépocentres. Cette structure qui caractérise tout le domaine des atlasiques plissés, montre un aspect particulier dans le Haut Atlas Oriental. Il s'agit de la structure célèbre de Jbel Boudhar qui représente un paléo-haut-fond rigide connue par ces richesses minières (Plomb, Zinc, Calcite...).

Le Haut Atlas oriental caractérise en outre par des boutonnières et des paléo-seuils cambro-ordoviciens (Tamlelt, Batten Ejdarie et Mougger).

3) Géologie local "la boutonnière de TAMLALT "

Le Haut Atlas Oriental s'étend depuis l'est de la ville de Bou Arfa jusqu'à la frontière maroco-algérienne (figure 1). Les formations géologiques correspondent, à l'ouest à la plaine de Tamlelt et à l'Atlas saharien en Algérie à l'est.

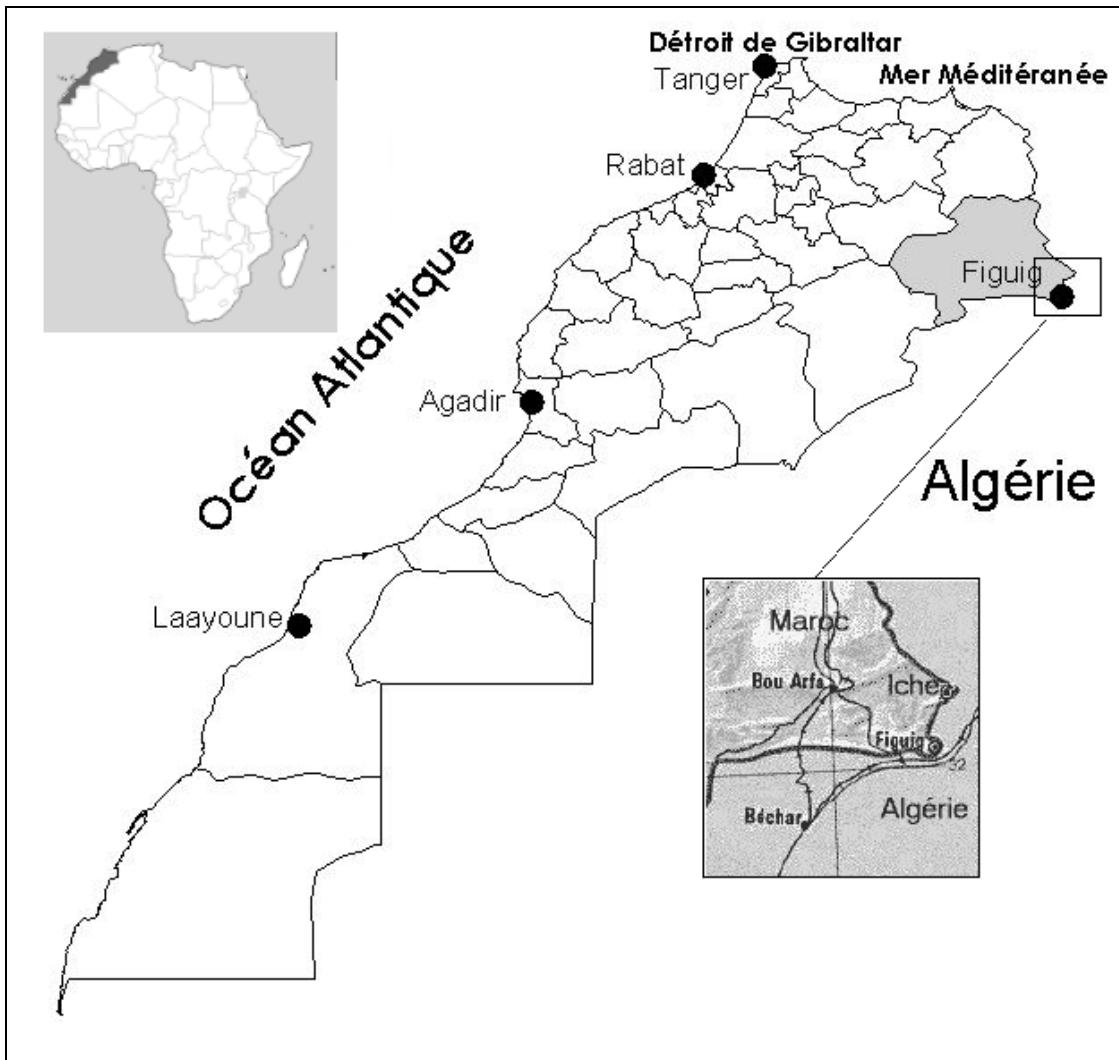


Figure 2: Localisation de la zone d'étude sur la carte du Maroc

3.1) Cadre géographique

La plaine de Tamalt est une large dépression s'étend sur une superficie d'environ 4000 km² qui forme la charnière entre le haut Atlas oriental et l'Atlas Saharien d'Algérie. Elle est bordée au Nord par les Hauts plateaux. Elle se présente sous forme d'une dépression rectangulaire couverte essentiellement de dépôts quaternaires qui laissent apparaître, par endroit, un socle d'âge soit précambrien, soit paléozoïque.

La boutonnière de Tamlalt est limitée, au Nord et au Sud, par les deux accidents bordiers de la chaîne du Haut-Atlas qui sont de direction E-W.

La morphologie en dépression de cette zone est causée par une subsidence active et prolongée qui poursuit actuellement à la faveur de failles quaternaires longitudinales au N et au S de cette plaine. Au cours des années (1997-1998), des travaux de recherches géologiques à des échelles détaillées ont concerné surtout les minéralisations aurifères. Celles-ci sont encaissées dans des terrains d'âge indéterminé et situées dans la bordure Nord de la boutonnière

3.2) Géologie de la plaine de Tamlelt

La plaine de Tamlelt est formée essentiellement par une surface quaternaire. Les affleurements y sont rares et apparaissent surtout près des bordures où on note les formations suivantes :

- ✓ Un petit affleurement de schiste satiné métamorphique du PII juste au Sud du Douar de Ain Chair.
- ✓ Des formations volcaniques du PIII près de Menhoulou et de Guelb bou salem
- ✓ Des affleurements de schiste et quartzite du cambrien qui apparaissent surtout dans la bordure Ouest de la plaine.
- ✓ Les schistes épimétaporphiques attribués au Primaire indéterminé qui apparaissent dans la bordure Nord

3.3) Mine

L'activité minière occupe la seconde place dans l'économie de la province, et favorisée par l'importance des substances minières du plomb, de Zinc et de la Barytine. C'est une activité artisanale, lancée en sens du Dahir N° 1-60-019 du 1^{er} Décembre 1960 par la Centrale D'achat et de Développement de la région Minière de Tafilat et de Figuig (CADETAF) qui encadrent les artisans sur les plans administratif et technique et assure la commercialisation de la production. L'exploitation minière se fait à titre individuel ou dans le cadre de coopératives qui sont aux nombres de 15. Egalement, il y a à signaler l'exploitation d'un des plus grands gisements de Barytine au Maroc (Mine de Zelmou à la commune rurale de Bouanane) par la Compagnie Marocaine de Barytine (COMABAR). Il Existe d'autres gisements renfermant les minerais de Manganèse et de cuivre.(Mnissar, 2001)

Chapitre III :

Généralité sur la télédétection

1) Définition :

La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre, 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.

2) Principe :

Ce type de méthode d'acquisition utilise normalement la mesure des rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis des objets étudiés dans un certain domaine de fréquences (infrarouge, visible, micro-ondes). Ceci est rendu possible par le fait que les objets étudiés (plantes, maisons, surfaces d'eau ou masses d'air) émettent ou réfléchissent du rayonnement à différentes longueurs d'onde et intensités selon leur état. Certains instruments de télédétection utilisent des ondes sonores de façon similaire, et d'autres mesurent des variations dans des champs magnétiques ou gravitaires.

3) Intérêt :

La télédétection géologique concerne de nombreux champs d'application parmi lesquels vient en premier ordre la cartographie géologique, suivie de la recherche de ressources du sous-sol et le suivi de certains phénomènes naturels. On utilise les propriétés spectrales des objets pour les reconnaître: c'est ce qui a donné lieu à une nouvelle discipline de la télédétection : la géologie spectrale.

Dans cette section on a fait l'analyse de l'imagerie satellite est réalisée afin de localiser les structures géologiques qui peuvent contenir des hydrocarbures. Durant cette analyse de la surface, le photo-interprète peut estimer l'étendue et la géométrie ainsi que l'origine des structures, ce qui donne une esquisse primaire de ce qui se passe en profondeur. Le choix de la résolution est important si on compte avoir plus de détails sur les structures géologiques de surface. (Mnissar, 2001).

4) résolution spatiale :

La plupart des images de télédétection sont composées d'une matrice d'éléments d'image appelés « pixels », soit les plus petits éléments d'une image. Le pixel est habituellement carré et représente une partie de l'image. Il importe, cependant, de faire la distinction entre la taille des pixels et la

résolution spatiale, les deux notions n'étant pas interchangeables. Lorsque l'image provenant d'un capteur ayant une résolution spatiale de 30 m est affichée à l'écran à pleine résolution, chaque pixel correspond à une superficie au sol de 30 m x 30 m. Dans notre image, la taille des pixels et la résolution sont identiques. Il est toutefois possible d'afficher une image sur laquelle la taille des pixels sera différente de la résolution spatiale. Sur de nombreuses affiches montrant des images de la Terre provenant d'un satellite, les pixels ont été réduits proportionnellement pour montrer de plus vastes superficies, mais cela ne change en rien la résolution spatiale du capteur qui a pris l'image. (nilerak.hatfieldgroup.com)

5) ***Résolution spectrale :***

On peut distinguer différentes classes de caractéristiques et de détails dans une image en comparant leurs réponses sur un ensemble précis de longueurs d'onde. On distingue habituellement les grandes classes, comme l'eau et la végétation, en utilisant un grand intervalle de longueurs d'onde, par exemple le visible ou le proche infrarouge .d'autres classes plus spécifiques, notamment les divers types de roche, ne sont pas toujours aussi faciles à différencier par l'un ou l'autre de ces intervalles de longueurs d'onde. Elles exigent l'utilisation d'un intervalle de longueurs d'onde beaucoup plus fin et, par conséquent, un capteur ayant une résolution spectrale beaucoup plus élevée. La résolution spectrale renvoie à la capacité d'un instrument à capter de petits intervalles de longueurs d'onde. Plus la résolution spectrale est élevée, plus l'intervalle de longueurs d'onde est fin pour une bande ou un canal donné. (nilerak.hatfieldgroup.com)

6) **images satellite :**

Une image satellite est comme une photo d'une partie de la Terre, prise de l'espace. Cette image est prise par un satellite placé en orbite autour de la planète. A la différence des images obtenues d'un appareil photo, ou dessinées sur du papier, une image satellite est une image numérique, traité informatiquement, et celle-ci est mise en place à partir d'ondes transmises par le satellite à l'équipement au sol. L'image numérique est fabriquée par un assemblage de pixels, représentés par une série de bits, ayant chacun comme caractéristique un niveau de couleur ou de gris prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, cet emplacement étant défini par ses coordonnées cartésiennes dans un plan d'ordonnée y, d'abscisse x et de centre O.

Grâce à leur altitude, les satellites fournissent des images de grande taille. Dans le jargon, l'image prise est appelée « scène ». Effectivement, une image satellite représente en moyenne une « scène »

de 60km de côté, mais tout dépend du satellite, cela peut varier. La résolution des images joue un rôle important : la précision d'un pixel peut aller de 20 à 30 mètres en couleur et jusqu'à 1 ou 2 mètres en noir et blanc. Ceci dépend des capacités et de l'altitude du satellite. Les résolutions les plus hautes sont malheureusement encore réservées aux services militaires. Grâce à la technologie qui s'améliore de jour en jour, les satellites les plus récents fournissent des images comparables à des photos aériennes.

7) Image Landsat

Le programme d'observation de la surface terrestre Landsat est le plus ancien des Etats Unis. Sept satellites Landsat ont été lancés de puis juillet 1972. Le dernier d'entre eux, Landsat 7.

Les satellites Landsat 4,5 et 7 évoluent à une altitude moyenne de 705 km, sur des orbites circulaires quasi polaire caractérisées par une inclinaison de 98,2° (ce qui permet l'héliosynchronisme). Un tour de la Terre leur prend 98,9 min, si bien qu'ils décrivent 14,5 révolutions par jour. Un cycle orbital complet dure 16 jours.

Ces caractéristiques orbitales ont des conséquences sur l'acquisition des images :

- la couverture est complète entre les parallèles 81° nord et sud.

- le recouvrement des images s'accroît avec la latitude (7% à l'équateur, 54% par 60° de latitude)

La résolution spatiale est passée de 80 m à 30 m (ou 15 m en mode panchromatique) et les domaines spectraux explorés concernent le visible, l'infrarouge proche et moyen ainsi que l'infrarouge thermique. (www.futura-sciences.com)

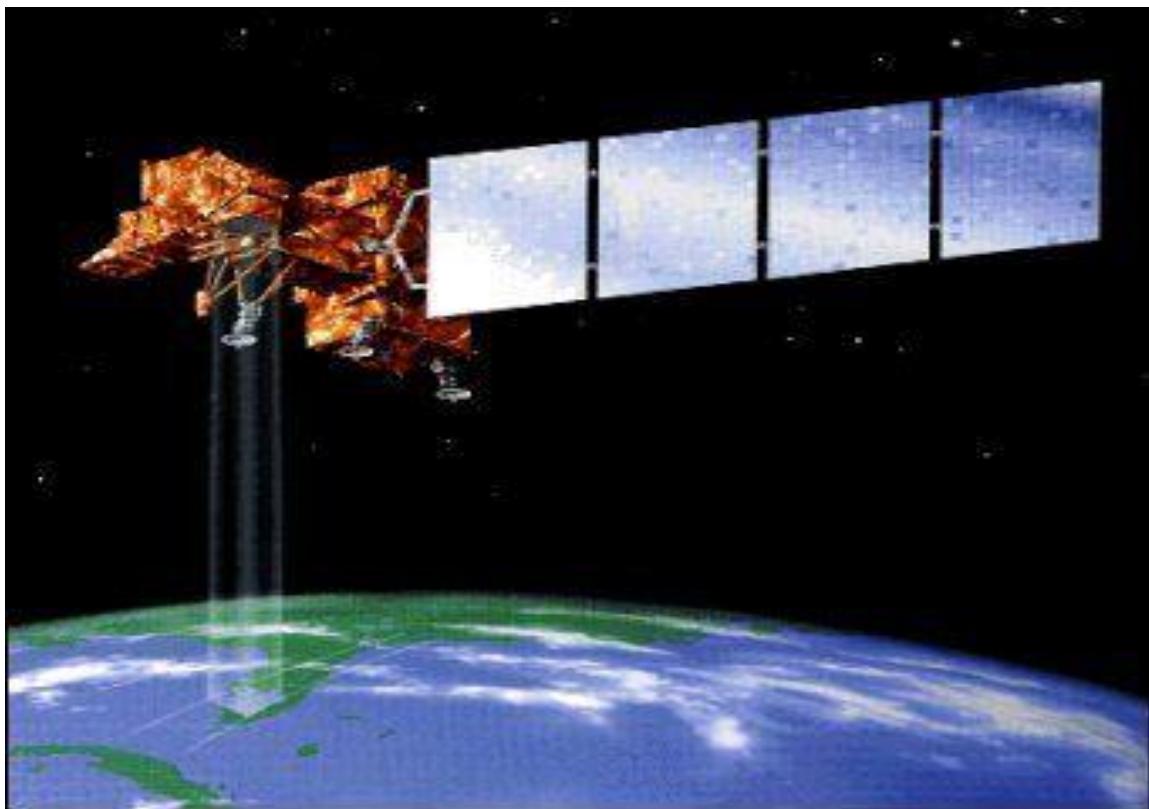


Figure 3: photo de satellite Landsat (www.futura-sciences.com)

Chapitre VI :

Extraction des structures par l'utilisation des logiciels ERDAS et ArcGIS

1) Présentation d'ERDAS

ERDAS IMAGINE vous pouvez traiter des images et en extraire des informations tel un professionnel chevronné, indépendamment de votre expérience. Vous pouvez analyser les données de n'importe quelle source. ERDAS IMAGINE simplifie la classification, l'orthorectification, le mosaïquage, la projection et l'interprétation des images, en maintenant l'intégrité des données géospatiales pour la mise à jour de votre SIG.

ERDAS Imagine combine la télédétection et les possibilités SIG, permettant ainsi de créer des données géospatiales, d'extraire le maximum d'informations et de mettre à jour vos données SIG. (www.quelsoft.com)

2) étapes de cette étude d'ERDAS

a) Téléchargement des photos aériennes

Le téléchargement des images Landsat 5 de 30 m de résolution à partir du site “glcf.umd.edu/data/landsat“. Deux scènes de Landsat 5 TM (Path and Row 198/37 et 198/38) couvrent la région ont été téléchargées et ont subi le même traitement.

Sélection des couches et jalonnement

➤ **interpréter → utilise → layer stack . le type des fichiers “TIFF “**

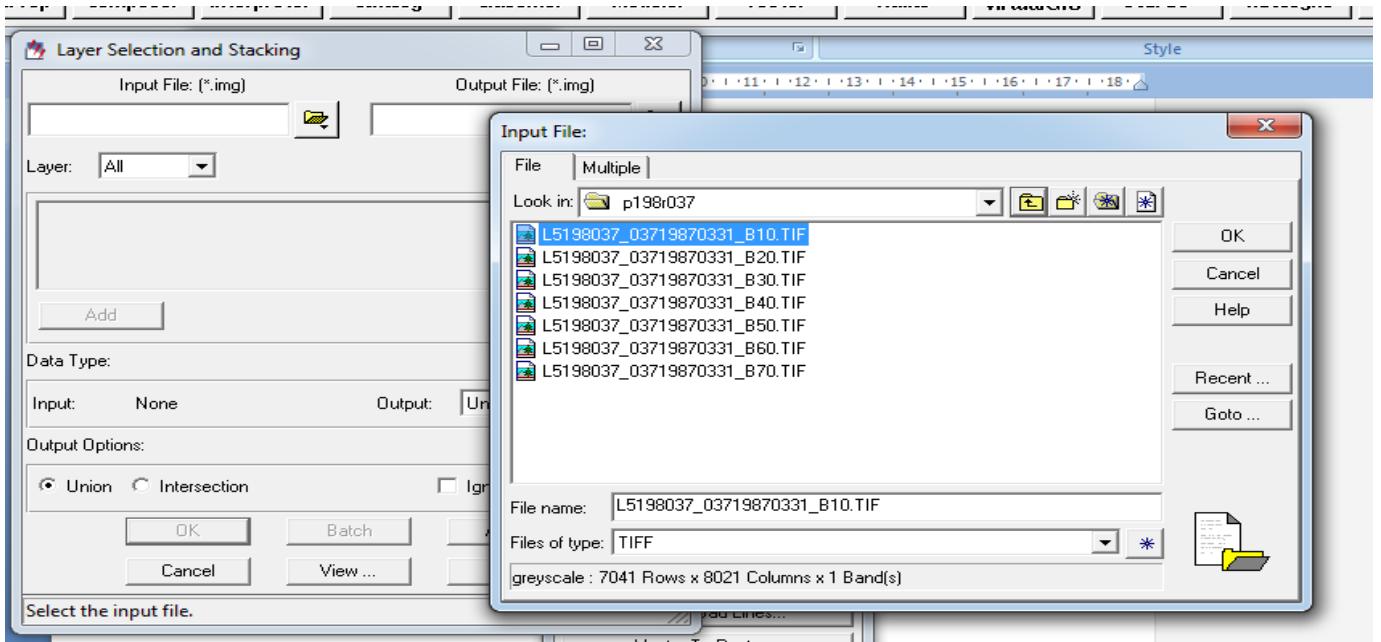


Figure 4 : sélection de couches téléchargées

b) la mosaïque d'images

Le collage des images de chaque (row-path)

➤ dataprep → image mosaic → mosaic tool

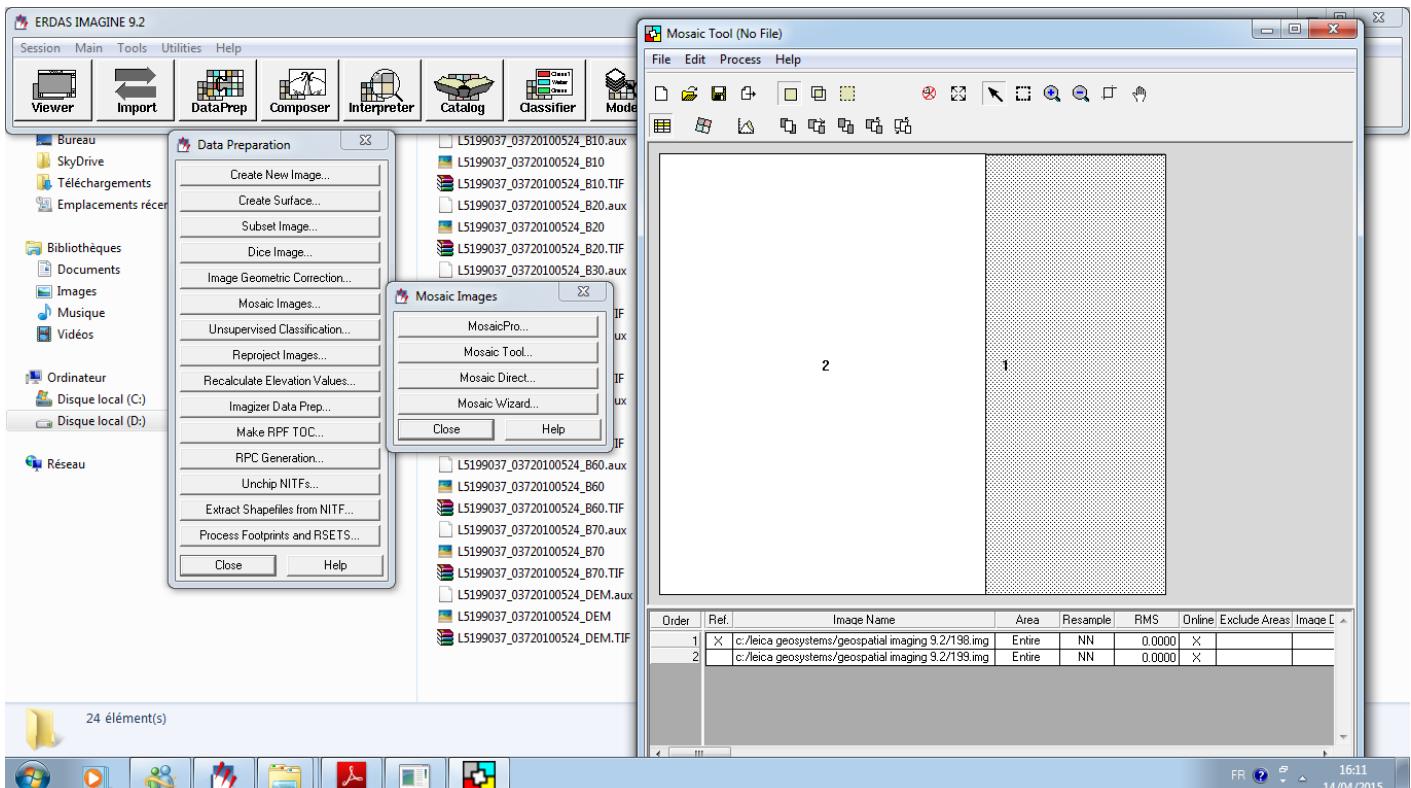


Figure 5: la mosaïque d'images

D) la superposition de la zone d'étude sur les images Landsat

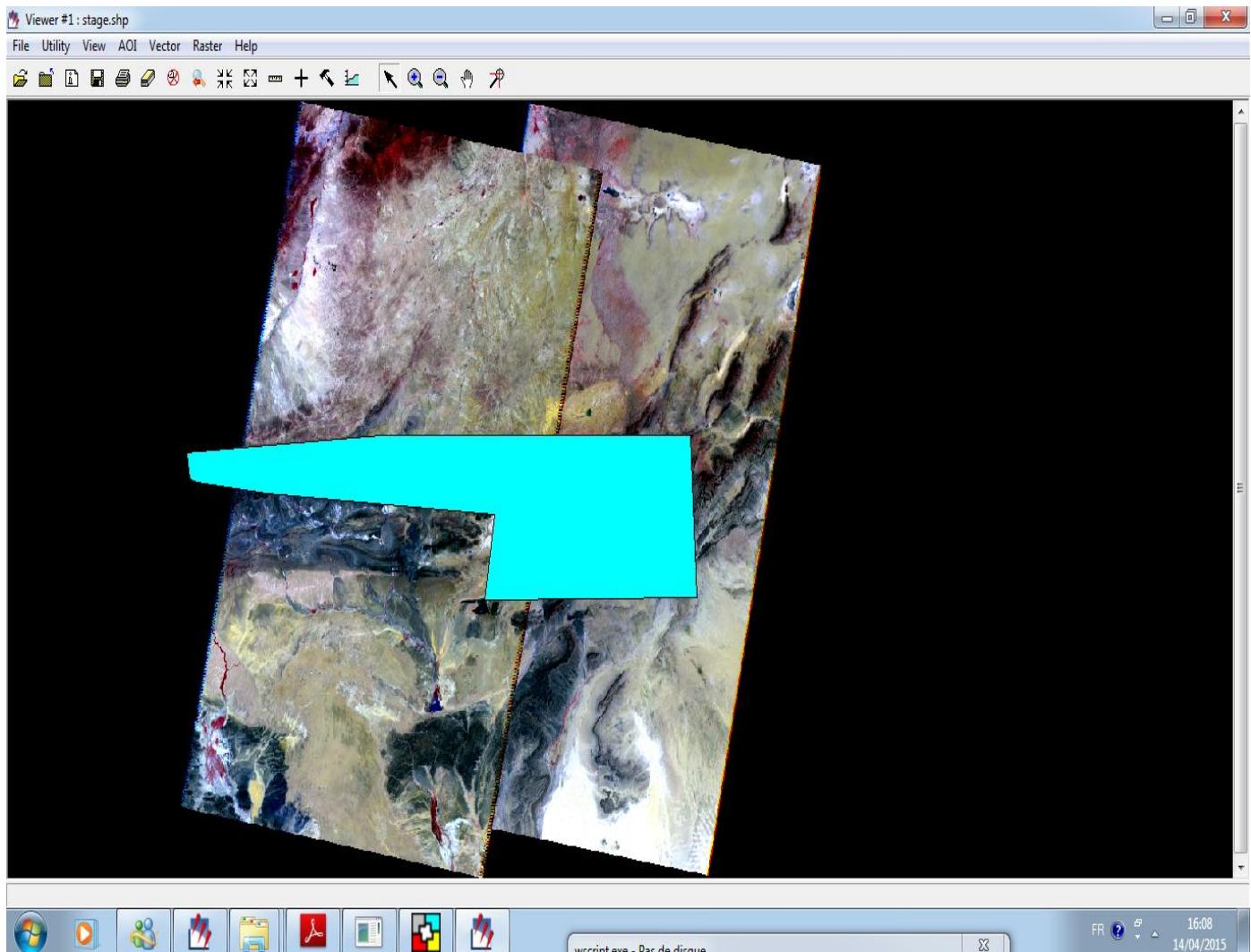


Figure 6 : la superposition de la zone sur l'image

E) le coupage de la zone de travail par “AOI“

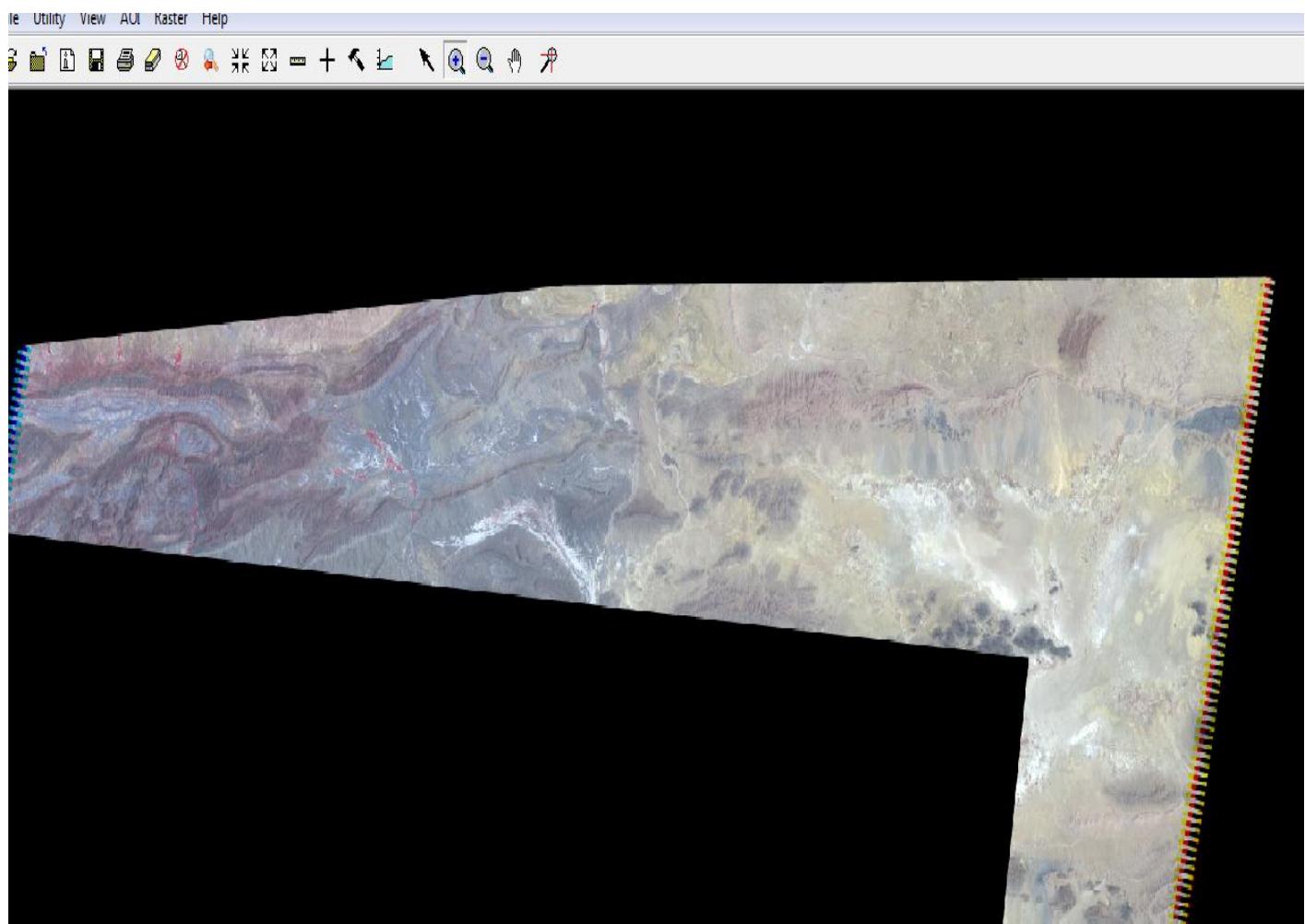


Figure 7 : la zone d'étude

4) Traitements des images

Les traitements spécifiques sont utilisés pour obtenir une différenciation des fractures. Ces traitements sont rendus possibles grâce au format numérique des images satellites qui offre de multiples possibilités d'analyse.

Les images numériques sont riches en informations de diverses natures sur des objets au sol et ne peuvent de ce fait être directement exploitées. Pour faciliter les opérations d'interprétation et mieux discerner les éléments d'analyse structurale, des traitements spécifiques (filtres directionnels) à la cartographie structurale ont été utilisés

Les traitements utilisés :

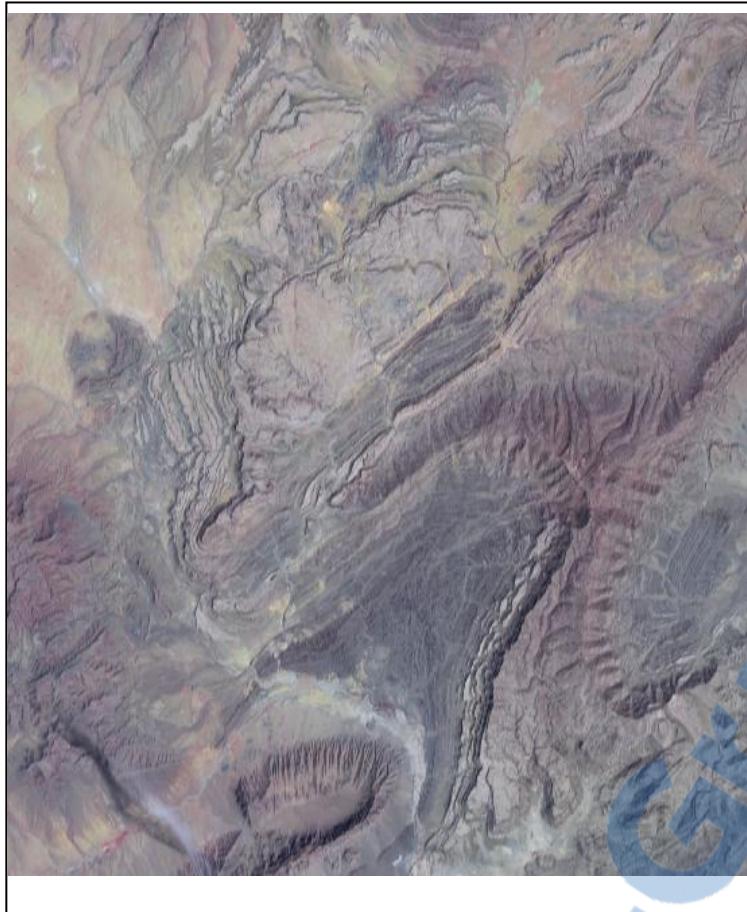


Figure 8: Filtre 5x1



Figure 9 : Filtre 5x5

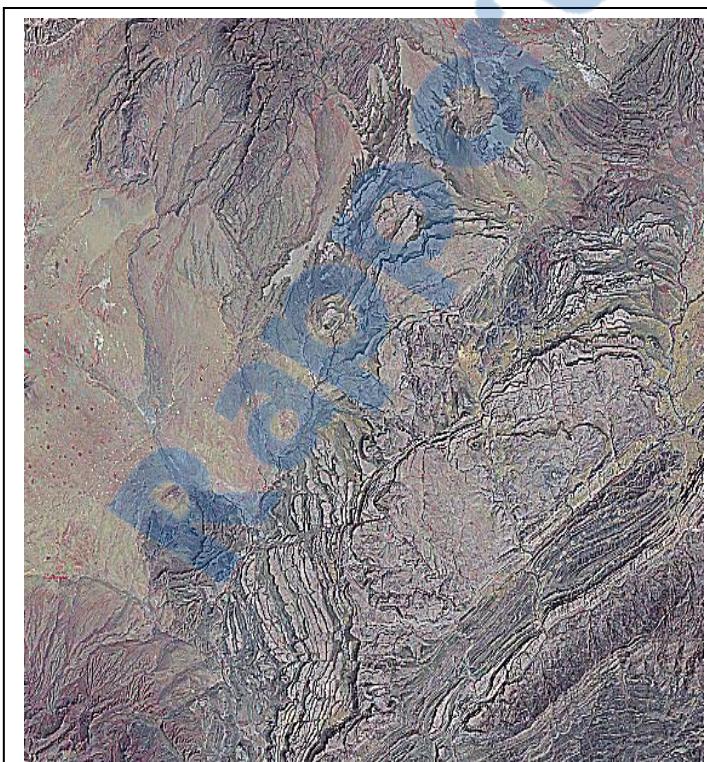


Figure 10: Filtre 7x7



Figure 11 : Filtre 11x11

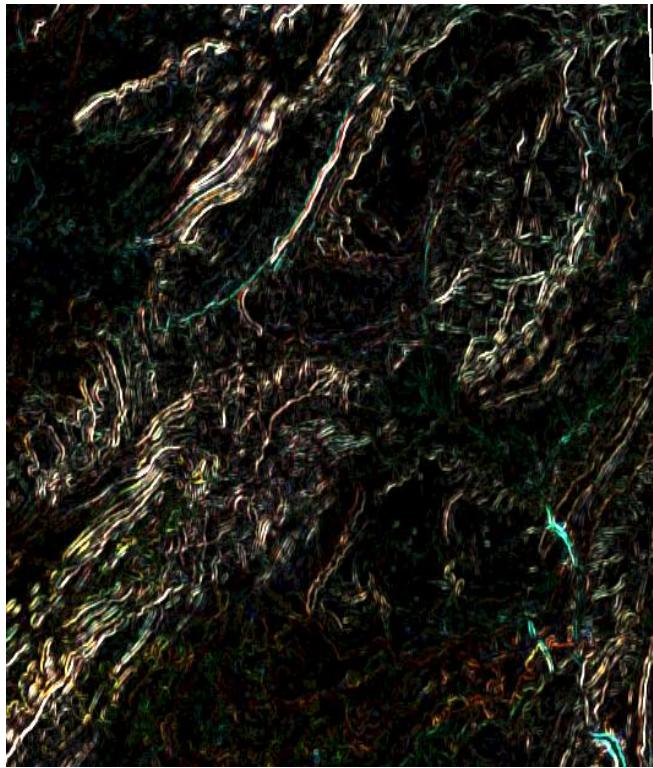


Figure 12: Texture

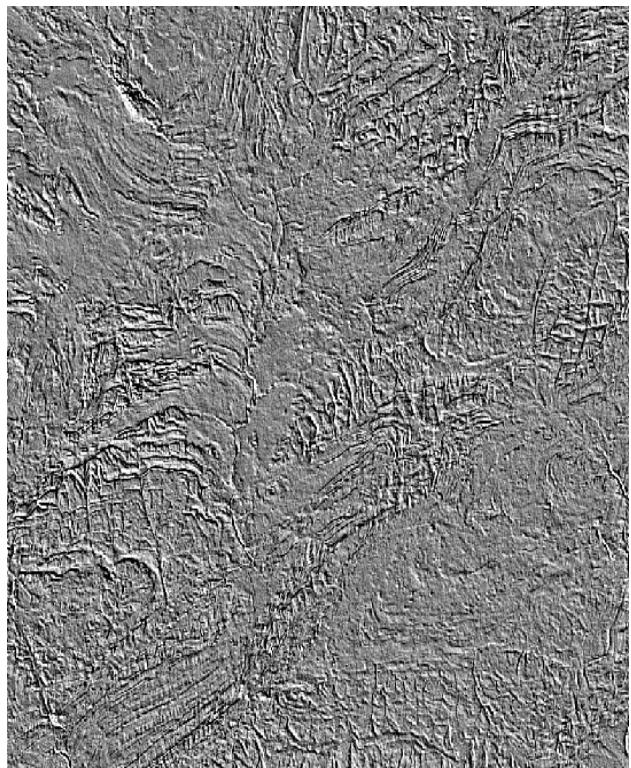


Figure13: shaded

- On a utilisé quelques traitements pour mettre en évidence les structures qui existent sur l'image satellitaire.

Pour l'application d'un filtre 11x11 on' a pas la possibilité de montrer les structures présentent sur l'image, (un peu flow).

Le filtre 1x5 est un bon traitement de voir même à une petite échelle sur l'image.

Les images de Texture et Shaded n'ont pas donné de bons résultats.

Le traitement qui montre bien les structures sur l'image est l'application du filtre 7x7

Conclusion

Les traitements d'images satellisables font ressortir des systèmes structuraux et des systèmes hydrologiques qui ne pouvaient pas être observés aussi complètement par les anciennes techniques.

Les applications économiques de ce genre d'études sont importantes particulièrement pour les recherches minérales. Cette approche permet de renforcer les connaissances théoriques, en particulier dans le domaine structural grâce à l'application de filtres directionnels.

Ces données peuvent être complétées par intégration des données des campagnes géophysiques et des relevés géochimiques dans les systèmes d'information géographique.

Les capteurs utilisés pour cette étude le TM (Thematic Mapper) de Landsat 5 de 30m de résolution.

Chapitre V :

Analyse des résultats de l'interprétation d'image

Landsat TM

1. Interprétation des Linéaments :

Les linéaments sont déduits suivant des critères bien précis : il s'agit de discontinuités correspondant soit à des fractures montrant un décalage entre les formations géologiques ou des prolongements des failles représentées sur la carte existante, soit à un contact anormal entre deux formations géologiques différentes sans décalage. Les linéaments qui ne présentent pas de décalage entre les structures ont fait l'objet d'une vérification sur le terrain. La figure 14 représente la carte structurale regroupant tout le réseau de fractures nouvelles, cartographiées de la région.

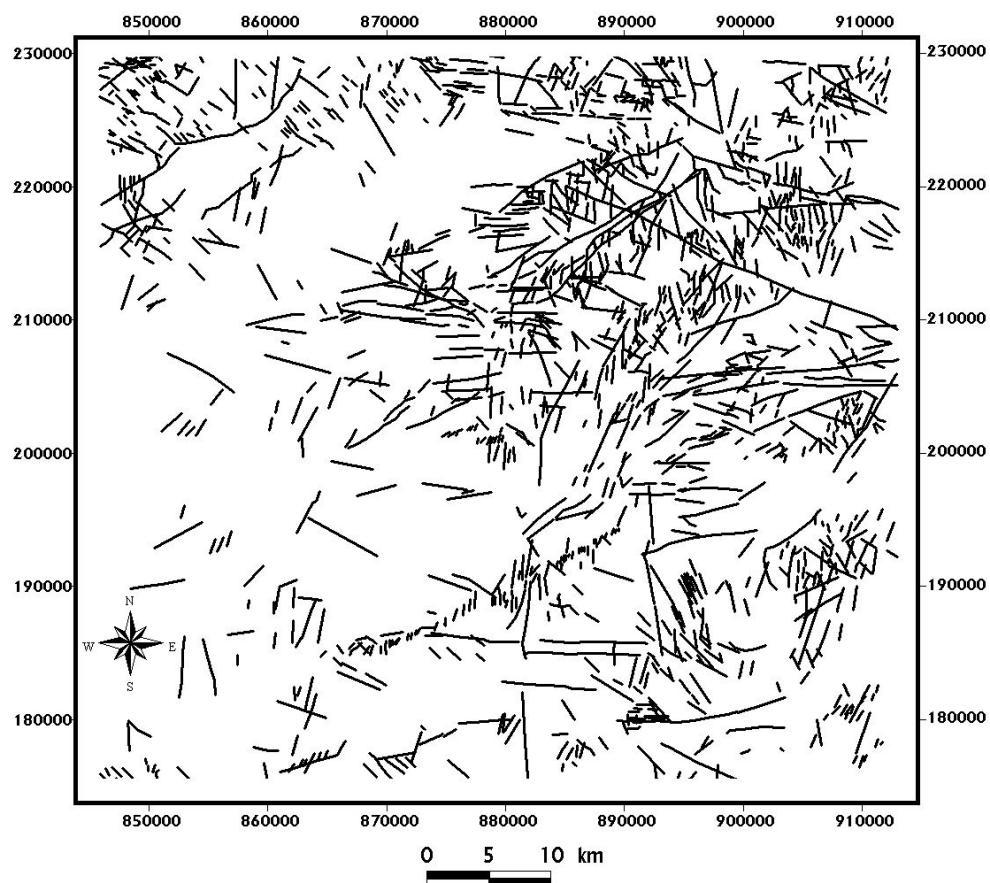
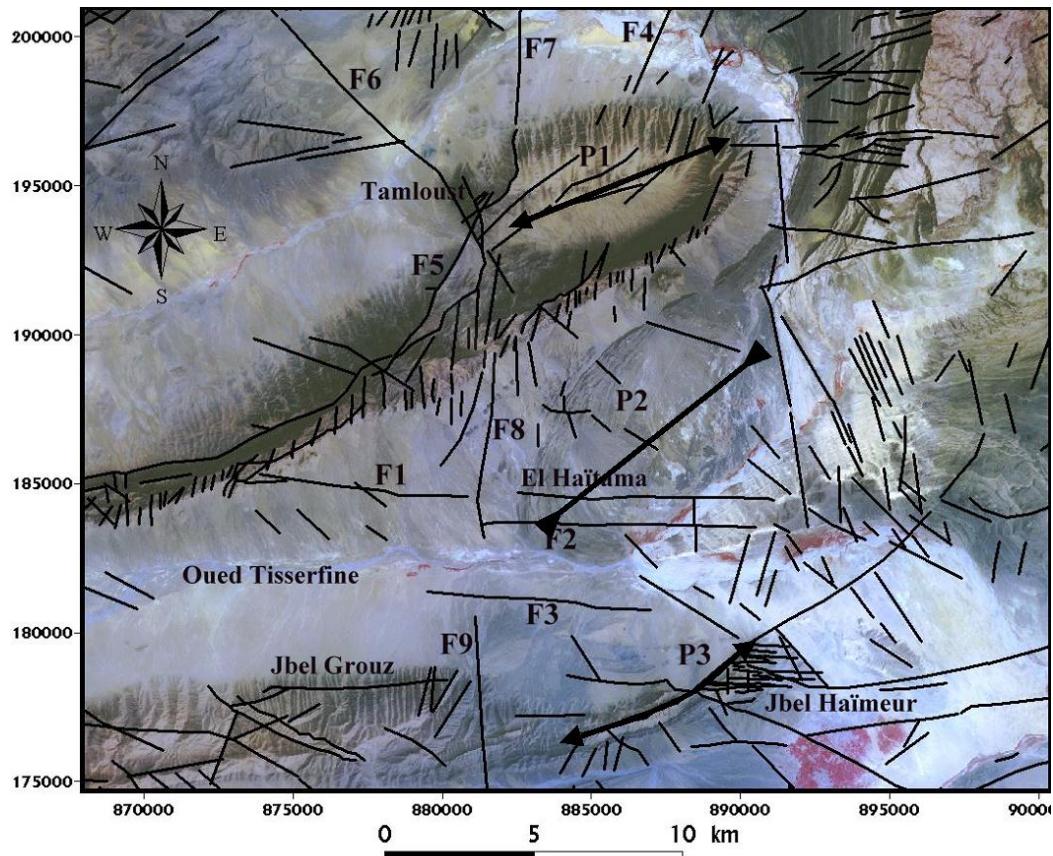


Figure 14: Carte des nouvelles fractures obtenues à partir des images satellite (MNISSAR.S 2002)

La carte structurale élaborée à partir de l'image satellitaire montre que la fracturation s'organise selon quatre directions principales : E-O à ENE-OSO, NNE-SSO, NNO-SSE et N-S.

- La direction E-O à ENE-OSO : elle correspond à des failles plurikilométriques (figure 15) qui affectent aussi bien les terrains triasiques jurassiques que crétacés. Parmi les plus importantes, citons celles qui affleurent parallèlement à l’Oued Tisserfine (F1, F2 et F3 de la figure 15). Sur le terrain, cette direction E-O correspond soit à des failles à jeu normal au cours du Trias et du Lias inférieur (Piqué *et al.*, 1998) soit à des failles réactivées avec un jeu inverse.
- La direction NNE-SSO correspond à des failles métriques à kilométriques qui affectent les terrains du Jurassique supérieur et Crétacé. Parmi les plus importantes citons celles de Jbel Maïz (failles F4 et F5 de la figure 14). Sur le terrain, cette direction correspond à un premier jeu normal, auquel succède un second jeu en décrochement senestre attesté par le décalage des failles normales de direction E-O (figure 15).
- La direction NNO-SSE correspond à des failles décimétriques qui affectent les terrains du Trias et du Jurassique. Sur la figure 15, la faille F6 partant de Jbel Maïz décale en décrochement dextre les failles de direction E-O.



2. **Figure 15 : Localisation des différents éléments d’interprétation (MNISSAR.S 2002)**

3. Confrontation avec les cartes géologiques existantes

Une vision nouvelle des réseaux de failles qui ont affecté le Haut Atlas au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque. Les principales directions de failles mises en évidence E-O à ENE-OSO, NNE-SSO, NNO-SSE et N-S ont guidé la structuration de cette région dont l’évolution géodynamique est caractérisée par une phase extensive au Mésozoïque et une phase compressive Cénozoïque. Ces

résultats sont conformes à celles obtenues par plusieurs auteurs (Du Dresnay, 1963 ; Aït Brahim, 1991 ; EL Kochri et Chorowicz, 1996).

4. cartographie des altérations

Le bassin à l'aplomb de la plaine de Tamlelt a enregistré au Paléozoïque le dépôt de puissantes séries de calcaires au Cambrien et de grès et de conglomérats, en particulier à l'Ordovicien. Les formations du Jurassique reposent en discordance majeure sur celles du Paléozoïque de la plaine de Tamlelt, et consistent en de puissantes séries de dolomies massives et de calcaires rythmés dans la plaine de Figuig.

Sur le plan structural, le Haut Atlas oriental est affecté par des accidents à jeu polyphasé (Du Dresnay 1966, El Kochri 1996, Houari 2003). Depuis le Jurassique, il a connu des phases extensives de directions d'allongement NNE-SSW et NE-SW, qui ont engendré une intense dislocation des dolomies et calcaires jurassiques. La phase compressive tertiaire qui est à l'origine de la surrection de toute la chaîne du Haut Atlas a réactivé les accidents majeurs qui ont rejoué en failles inverses, et par endroits en failles transcurrentes comme les accidents affectant la plaine de Tamlelt (AMAR, 2012)

5. conclusion

Ces résultats sont conformes aux orientations cartographiées par du Dresnay (1963) mais avec un nombre nettement plus important que la carte existante. Une analyse approfondie de ces résultats donne une nouvelle vision de l'interprétation de la fracturation dans le Haut Atlas Oriental.

Une analyse approfondie de ces résultats donne une nouvelle vision de l'interprétation de la fracturation dans le Haut Atlas Oriental. En effet, la formation de cette partie de la chaîne serait le résultat d'un jeu de failles normales au Mésozoïque et de leur rejeu au Cénozoïque en failles inverses couplées à des jeux en décrochement dextre.

Conclusion générale :

Cette approche a permis de réaliser une carte de la géométrie des structures qui complète les travaux anciens réalisés dans la zone.

Les différents traitements réalisés lors de cette étude ont permis d'extraire de manière directe et automatique les différents linéaments présents. En effet, nous avons obtenu une cartographie numérique précise plus détaillée et qui peut être à

chaque fois corrigée de manière plus souple et facile à manipuler. Ceci grâce au logiciel SIG utilisé dans ce travail.

Pour ce qui est du domaine, structural la nouvelle carte présente un réseau de fractures beaucoup plus dense et qui donne, suivant les directions dominantes obtenues, une cohérence avec les interprétations des études antérieures. Les principales directions de failles mises en évidence : E-O à ENE-OSO, NNE-SSO, NNO-SSE et N-S ont guidé la structuration de cette région dont l'évolution géodynamique est caractérisée par une phase extensive au Mésozoïque et une phase compressive au Cénozoïque.



Bibliographie :

Aït Brahim L. et Chotin P. (2001) - Paleostress evolution of the moroccan African margin from triassic to present. Per-Tethys, Memoir 6: Mém. Mus. nat. Hist. Nat, Paris (à paraître).

Amar, M. Apport de la cartographie aéromagnétique à l'identification structurale du système aquifère des sources de l'oasis de Figuig (Maroc). Thèse Docteur ès-sciences. Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Département de Géologie Meknès

Dresnay (1966) -

El Kochri, A. et Chorowicz, J. (1996) - Oblique extension in Jurassic trough of the central and eastern high Atlas (Morocco). Can. J. Earth Sc., vol. 33, N°1, p. 84-92.

Houari (2003) -

Minssar S. (2001) - Étude structurale du Haut Atlas Oriental (Maroc) à l'aide de l'analyse linéamentaire des images HRV (XS) de SPOT. Thèse docteur Université, Mohammed V, Faculté des sciences, Département des sciences de la Terre, Rabat

Piqué *et al.*, (1998) -

<http://www.quelsoft.com/fiche/erdas-imagine-c32-612-2022.html>

<http://www.futura-sciences.com/magazines/espace/infos/dico/d/univers-landsat-3738/>

<http://nilerak.hatfieldgroup.com/French/NRAK/EO/html/rsbch7.html>

<http://nilerak.hatfieldgroup.com/French/NRAK/EO/html/rsbch6.html>

<http://www.onhym.com/emploi-et-carriere.html>