

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université d'Oran**  
**Faculté des Sciences de la Terre, et de l'Univers**  
**Département des Sciences de la Terre**

**Mémoire**

Présenté pour l'obtention du grade  
**De Master En Géologie**

Option: Magmatisme Géodynamique Et Transfert Lithosphérique  
M G T L

**Thème :**

**Apport De La Télédétection À La Mise En Évidence Des Relations Entre  
La Fracturation Et L'activité Volcanique En  
Oranie – Nord occidentale**

**Présenté par :**

Mr CHEBAB Abdelmadjid

Mr SEGHIR Saad

Soutenu le : \_\_\_\_\_ 01 / 10 / 2015

Devant la comission d'examen :

<b>M. BENDOUKHA R.</b>	_____ Maitre de Conférences à l'Univ d'Oran	_____ <b>Président</b> _____
<b>M. ZERKA M.</b>	_____ Professeur à l'Univ d'Oran	_____ <b>Encadreur</b> _____
<b>M. MEDINI SAID.</b>	_____ Maitre Assistant à l'Univ d'Oran	_____ <b>Examineur</b> _____

# REMERCIEMENTS

*Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'aide et la collaboration de nombreuses personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de toutes nos gratitude.*

*Nous tenons tout particulièrement à remercier **M. ZERKA M.**, Professeur à l'Université d'Oran, pour avoir dirigé avec beaucoup d'attention et de soin ce travail. Nous sommes très reconnaissants pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent. On lui doit beaucoup pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives, ses conseils précieux, son aide, et pour sa gentillesse et sa bonté.*

*Nous remercions vivement **M. BENDOUKHA R.**, Maître de Conférences à l'Université d'Oran, et de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury. Nous lui exprimons nos sincères reconnaissances pour ses encouragements permanents et son aide à sa réalisation.*

*Nos sincères remerciements vont également à **M. MEDDINI.S.**, Maître de Conférences à l'Université d'Oran, qui nous fait un grand honneur d'examiner ce travail et participer à ce jury.*

*Nous remercions aussi tous les professeurs de la faculté des Sciences de la terre de l'Université d'Oran, en particulier ceux de la spécialité des **M G T L**, ainsi que tout le personnel administratif.*

*Nos remerciements les plus sincères vont à nos deux familles qui nous ont toujours encouragés, orientés, et aidés dans la vie.*

*A la fin, nous n'oublions pas nos amis (es) de la promotion, la promotion 5<sup>ème</sup> année **M G T L**.*

# D é d i c a c e

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la

force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire

" Ya Kayoum "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère

A mon père, A l'école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protège.

A mes adorables sœurs Meriem, DJalila, Zineb et Khadidja

A mon seul et unique frère Mohemmed El Amine.

A Mon M.F.L.V

A mon Binôme Seghir Saad

A tous mes chers amis

A tous ceux qui me sont chères.

A Saliha surtout, A les gens qui travail a l'administration du Géologie

A tous ceux qui m'aiment.

Je dédie ce travail.

## *Liste des figures*

- Fig.1:** localisation du magmatisme néogène du pourtour de la méditerranée occidentale (*in Laridhi Ouzaâ, 1994*)
- Fig.2:** répartition de l'activité volcanique en Oranie nord occidentale.
- Fig.3:** contexte géologique de l'Oranie nord-occidentale (*in Megartsi, 1985, redessinée*)
- Fig.4:** Répartition du volcanisme néogène d'Oranie nord occidentale (*in Coulon et al., 2002, redessinée*)
- Fig.5:** Les grands traits structuraux de l'Afrique nord occidentale (*in Ameer, 1988, redessinée*)
- Fig.6:** Représentation d'une image de télédétection spatiale.
- Fig.7:** Spectres multi et hyper spectral.
- Fig.8:** Représentation d'un pavé hyperspectral
- Fig.9:** Fichier information de nos données images satellitaires
- Fig.10:** Les différentes étapes de traitements d'images de notre étude
- Fig.11:** Carte linéamentaire de la région d'Ain Témouchent-Basse Tafna (*in Hebib, 2001*)
- Fig.12:** Rosace de distributions directionnelles des linéaments encaissés dans la région de Aïn Témouchent et de la Basse Tafna (*in Hebib, 2001*)
- Fig.13:** Carte linéamentaire de la région des Souhalia (*in Chebab et Karoui, 2013*)
- Fig.14:** Rosace de distribution directionnelle des linéaments dans la région des Souhalia avec un pas de 20° (*in Chebab et Karoui, 2013*)
- Fig.15:** Carte linéamentaire de la région de Bouzedjar (*in Hebib, 2001*).
- Fig.16:** Rosace de distribution directionnelle des linéaments dans le Sahel d'Oran (*in Hebib, 2001*)
- Fig.17:** Carte linéamentaire de la région des M'sirda (*in Taibi, 2012*).
- Fig.18:** Rosace de distribution directionnelle des linéaments dans la région de M'sirda avec un pas de 20° (*in Taibi, 2012*).

## *Liste des tableaux*

**Tab. 1:** Récapitulatif des mesures statistiques de directions des linéaments encaissés dans la région d'Ain Témouchent et de la Basse Tafna (rive droite) à partir des données Landsat 5 Thematic Mapper (in Hebib, 2001).

**Tab. 2:** Récapitulatif des mesures statistiques de directions de linéaments encaissés dans la région des Souhalia à partir des données de Landsat5 Thematic Mapper.

**Tab. 3:** Récapitulatif des mesures statistiques de directions des linéaments encaissés dans la région de Bouzedjar à partir des données de Landsat 5 Thématic Mapper.

**Tab. 4:** Récapitulatif des mesures statistiques des directions de linéaments encaissés dans la région des M'sirda à partir des données de Landsat 5 Thematic Mapper.

# SOMMAIRE

---

## *Chapitre I : Généralités*

<b>I.1. Introduction générale</b> .....	1
<b>I.2. Situation géographique des secteurs d'études</b> .....	2
<b>I.3. Cadre géologique général de l'Oranie nord occidentale</b> .....	3
a) Le domaine atlasique .....	3
b) Le domaine tellien .....	4
<b>I.4. Aperçu sur le volcanisme de l'Oranie nord occidentale</b> .....	5
<b>I.5. Aperçu tectonique régional</b> .....	7
a) la tectonique hercynienne .....	7
b) la tectonique syn-sédimentaire .....	7
c) la tectonique anté-nappes .....	7
d) la tectonique post-nappes .....	7
e) la tectonique plio-quadernaire .....	7

## *Chapitre II : Télédétection et Traitements d'Image*

<b>II.1. Notions de base sur la télédétection</b> .....	09
II.1.1. Définition de la télédétection .....	09
<b>II.1.2. Principes de base de la télédétection</b> .....	10
• la cible .....	11
• la source d'énergie.....	11
• le vecteur.....	11
<b>II.2. Caractéristiques des images en télédétection</b> .....	11
II.2.1. La résolution spectrale .....	12
II.2.2. La résolution temporelle .....	14
II.2.3. La résolution spatiale .....	14
II.2.4. La résolution radiométrique .....	15
II.2.5. L'échelle .....	15
<b>II.3. Méthodologie</b> .....	15

# **SOMMAIRE**

---

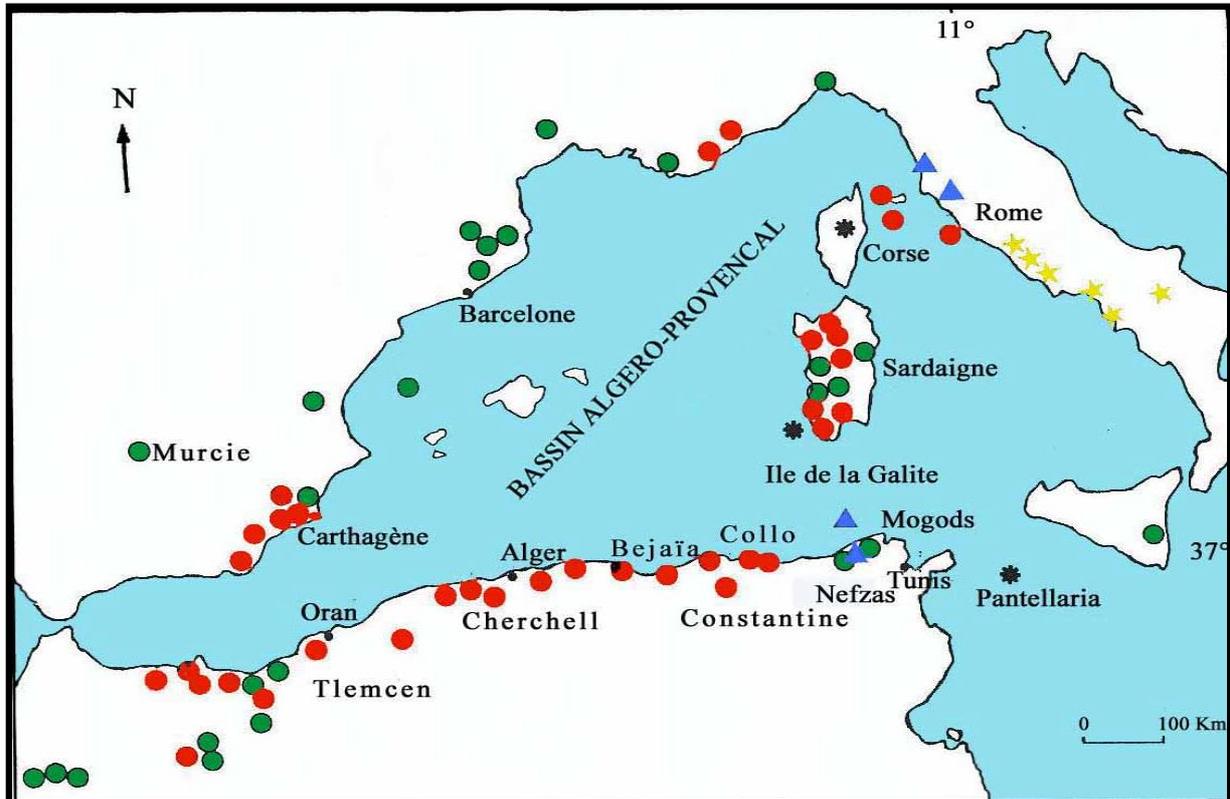
<b>II.4. Documents utilisés</b> .....	15
<b>II.5. Le principe de la photo-interprétation</b> .....	16
II.5.1. La signature spectrale .....	17
II.5.2. La morphologie .....	18
II.5.3. La texture et la structure .....	18
<b>II.6. Imagerie géologique et télédétection</b> .....	18
II.6.1. Approche spectrale .....	18
II.6.2. Approche linéamentaire .....	18
II.6.3. L'analyse linéamentaire .....	19
<b>II.7. Etude compréhensive des linéaments</b> .....	20
II.7.1. Pondération géologique des linéaments .....	20
II.7.2. Hiérarchisation des linéaments .....	20
II.7.3. Individualisation de provinces géologiques homogènes .....	20
II.7.4. Interprétation compréhensive régional .....	20

## ***Chapitre III. Analyse de la Fracturation***

<b>III.1. Introduction</b> .....	21
<b>III. .2. analyse structurale de la fracturation des secteurs d'étude</b> .....	21
III. 2.1. La région d' Ain Témouchent-Basse Tafna .....	21
III. 2-2. le secteur des Souhalia.....	24
III.2.3 Le secteur du Sahel d'Oran ou secteur de Tifaraouine-Bouzedjar .....	27
III.2-4 secteur de M'sirda .....	30
<b>III.3. Discussion et conclusion</b> .....	33
<b>Conclusion générale</b> .....	34
<b>Références bibliographiques</b> .....	36

### I.1. Introduction générale

Le pourtour de la Méditerranée occidentale a été le siège d'importantes activités magmatiques, d'âge Miocène à Quaternaire, se caractérisant essentiellement par des émissions volcaniques d'affinité calco-alcaline, alcaline et même shoshonitique (**Fig.1**).



**Fig.1** : localisation du magmatisme néogène du pourtour de la méditerranée occidentale  
(in Laridhi Ouzaâ, 1994)

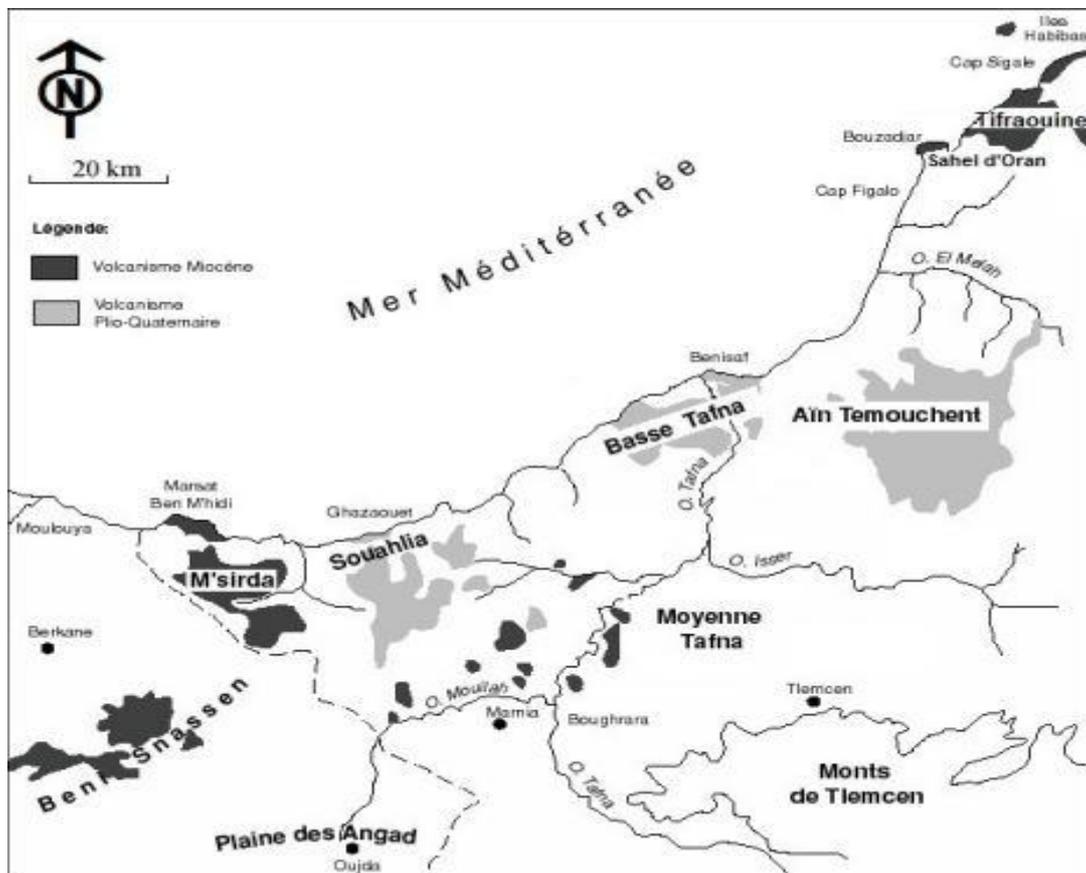
- Magmatisme calco-alcalin
- Magmatisme alcalin
- ▲ Magmatisme anatectique
- ★ Magmatisme potassique
- ✱ Magmatisme hyperalcalin

L'étude que nous avons entreprise a porté sur l'identification des fractures, ou linéaments, en relation avec l'activité volcanique d'Oranie nord occidentale notamment celle localisée dans les secteurs du Sahel d'Oran, d'Ain Témouchent, de la Basse Tafna, des Souhalia et des M'sirda. Une comparaison entre ces massifs est également envisagée.

## I.2. Situation géographique des secteurs d'études :

Les secteurs éruptifs étudiés sont plus ou moins éloignés les uns des autres. D'Est en Ouest, on peut distinguer (**Fig.2**) :

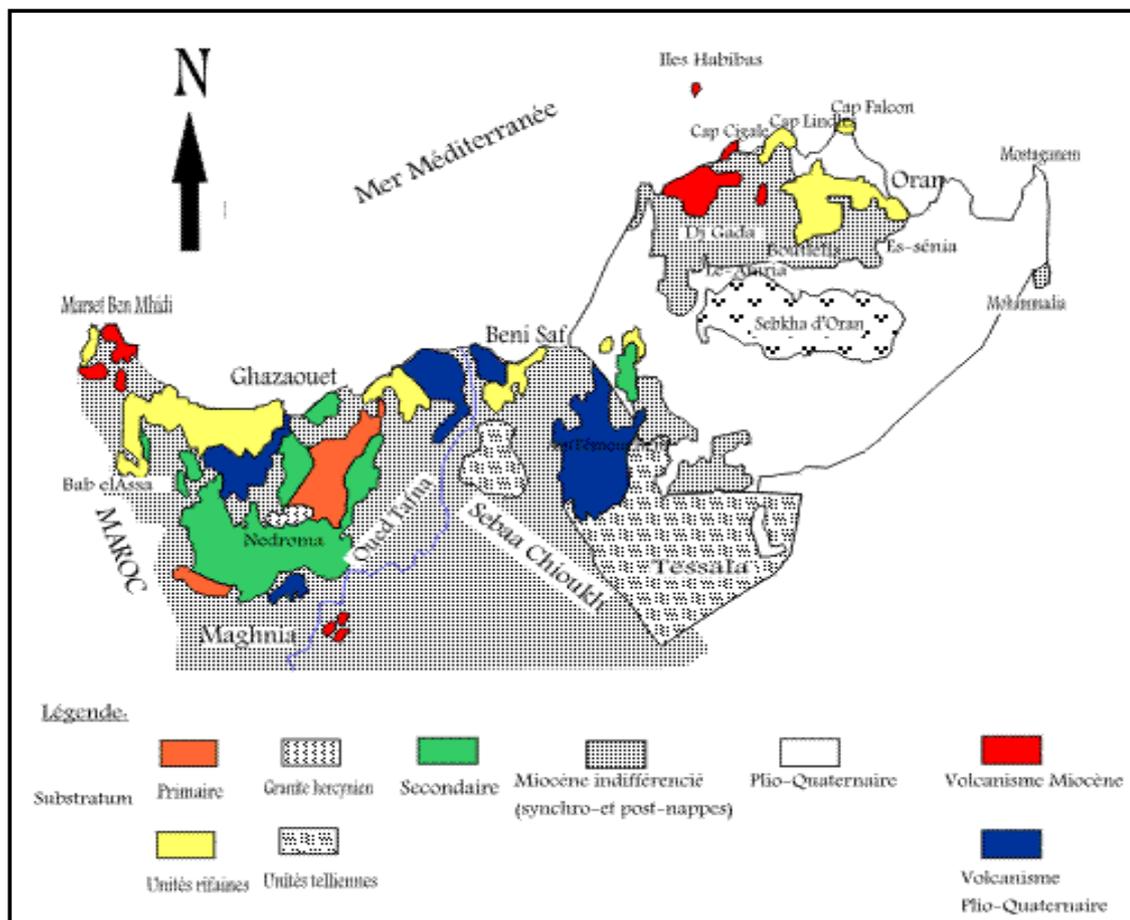
- le Sahel d'Oran ou secteur de Tifaraouine-Bouzedjar ;
- le massif d'Ain Témouchent ;
- le complexe de la Basse Tafna ;
- le massif des Souhalia ;
- le massif des M'sirda.



**Fig.2** : répartition de l'activité volcanique en Oranie nord occidentale.

### I.3. Cadre géologique général de l'Oranie nord occidentale

L'Oranie nord occidentale se trouve à l'articulation de deux grands domaines structuraux fondamentalement différents par la nature des dépôts et par le style tectonique (Fenet, 1975 ; Guardia 1975) : le domaine atlasique et le domaine tellien (**Fig.3**).



**Fig.3** : contexte géologique de l'Oranie nord-occidentale (*in* Megartsi, 1985, redessinée)

#### a) Le domaine atlasique

Ce domaine correspond à des terrains autochtones qui constituent la continuité latérale du Moyen Atlas marocain. Ils sont caractérisés par un socle paléozoïque recouvert par une couverture mésozoïque bien étendue. Ces terrains sont également affectés par une intense tectonique souple et cassante. La fracturation joue un rôle très important en Oranie nord

occidentale (Thomas, 1977 ; Letouzay et Trémolière, 1979 ; Hernandez, 1983). Les fractures sont globalement orientées selon la direction atlasique NE-SW. Elles auraient joué en décrochements sénestres jusqu'au Miocène supérieur et même bien plus tard et seraient en grande partie responsables de la mise en place des épanchements volcaniques de l'Oranie.

### b) Le domaine tellien

Ce domaine regroupe, selon Guardia (1975), cinq ensembles :

- **un autochtone** formé de terrains paléozoïques tectonisés et métamorphisés visibles dans plusieurs secteurs : au Nord d'Aïn Témouchent, dans le massif de Madakh, au Cap Lindlès et au Cap Falcon ;
- **un para-autochtone** constitué par des unités atlasiques peu déplacées et se présentant en lambeaux notamment dans les M'sirda et les Souhalia ;
- **un allochtone à affinité rifaine** représenté par :
  - l'unité de Djebel Houariya (Primaire - Jurassique) ;
  - l'unité de Djebel Skouna (Jurassique - Crétacé inférieur) ;
  - l'unité des Souhalia (Jurassique supérieur - Crétacé inférieur) ;
  - l'unité d'El Mokrane (Crétacé inférieur - Eocène) ;
- **un allochtone à affinité tellienne** qui comprend selon Guardia (1975) :
  - l'unité de Chouala d'âge Crétacé inférieur à moyen et Oligocène et affleurant au Nord des Sebâa Chioukh ;
  - l'unité Sénonienne ;
  - l'unité Oligo-Miocène .
- **un allochtone numidien** affleurant de part et d'autre de la vallée de la Tafna et dans la région d'El Mokrane sous forme de lambeaux caractéristiques de ce type de faciès. Ces lambeaux de Numidien sont essentiellement formés de grés quartzeux massifs.

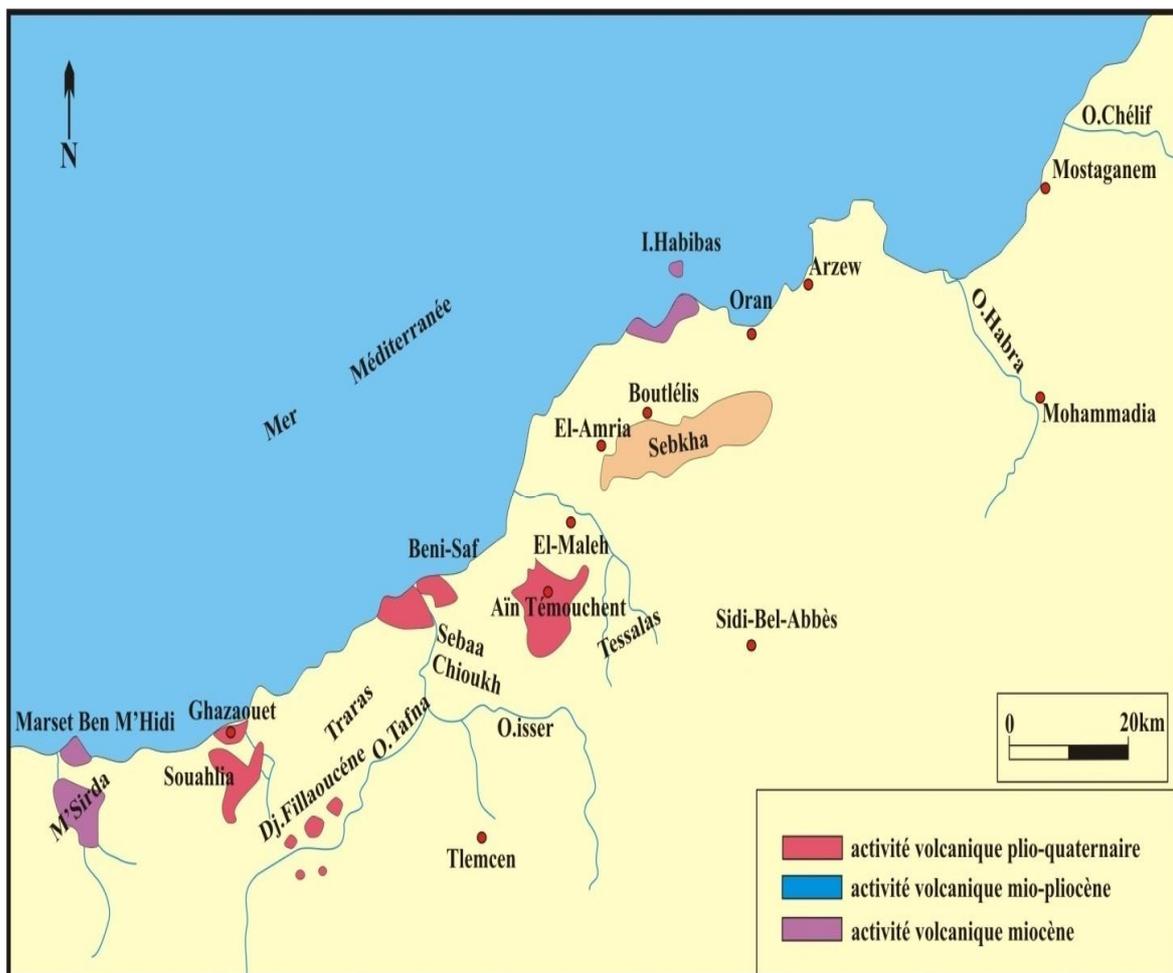
#### I.4. Aperçu sur le volcanisme de l'Oranie nord occidentale

La Méditerranée occidentale révèle une histoire géologique complexe depuis plus de 200 Ma. Sa configuration actuelle est guidée essentiellement par l'existence de la chaîne alpine qui s'est développée à la suite des mouvements relatifs entre la plaque Eurasie, au Nord, et la plaque Afrique au Sud. L'évolution structurale et géodynamique de cette région fait encore, actuellement, l'objet de débats. La limite méridionale de la Méditerranée occidentale est représentée par la marge nord-africaine appelée aussi marge maghrébine (Maury et al., 2000). Celle-ci a été le siège d'une importante activité magmatique, essentiellement effusive, depuis le Miocène jusqu'au Quaternaire. Ce volcanisme montre un changement de composition au cours du temps : de calco-alcalin, au Miocène, il devient alcalin au Plio-Quaternaire. Cette évolution, qui apparaît généralisée à l'ensemble du pourtour de la Méditerranée occidentale (**Fig.1**), est attribuée soit à un contexte particulier de subduction de la plaque Alboran sous la plaque Afrique, et dont l'activité aurait été stoppée au Pliocène inférieur (Guardia, 1975 ; Bellon, 1976 ; Louni Hacini et al., 1995 ; El-Azzouzi et al., 1999 ; Maury et al., 2000), soit à un contexte d'amincissement lithosphérique lié à la réactivation d'un vaste cisaillement parallèle à la marge nord-africaine (Hernandez et al., 1987 ; Piqué et al., 1998) ou encore à une combinaison complexe, dans l'espace et dans le temps, des deux processus (Zerka et al., 2002 ; Zerka, 2004).

En Oranie nord occidentale, le volcanisme se caractérise par la coexistence de laves miocènes calco-alcalines et de basaltes alcalins plio-quaternaires (Megartsi, 1985 ; Bendoukha, 1987 ; Tabeiouna, 1997 ; Louni-Hacini, 2002). Ce volcanisme néogène est post orogénique et semble étroitement lié aux accidents décrochants qui affectent la bande Ibérie-Afrique (Thomas, 1985 ; Watts et al., 1993 ; Meghraoui et al., 1996 ; Belhai, 1996 ; Piqué et al., 1998).

Cette activité magmatique, exclusivement effusive, s'est manifestée par la mise en place d'importants complexes volcaniques plus ou moins éloignés les uns des autres et qui sont d'Est en Ouest (**Fig.4**) :

- le secteur de Mohammadia ;
- le Sahel d'Oran ;
- la région d'Ain Témouchent ;
- le massif de la Basse Tafna ;
- les pointements éruptifs de la Moyenne Tafna ;
- le complexe des Souhalia ;
- le massif des M'sirda.



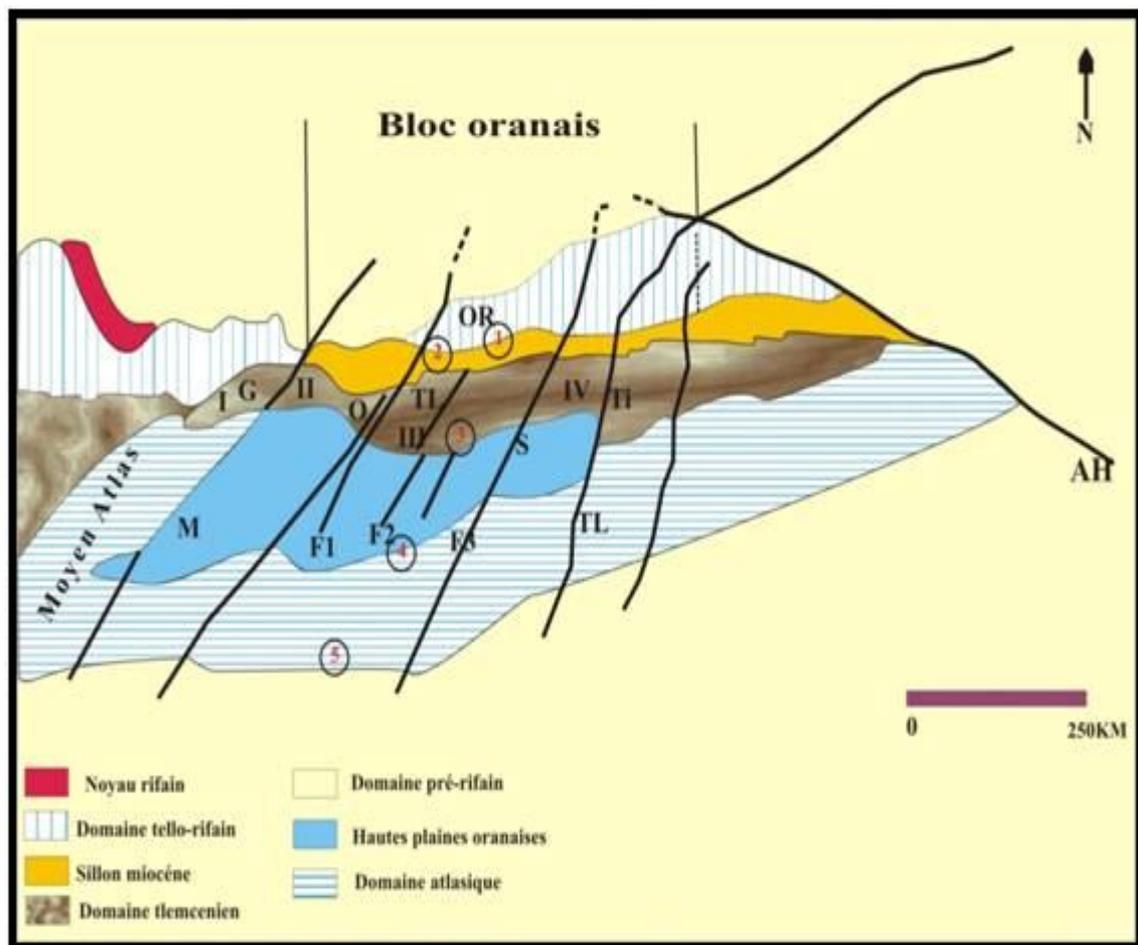
**Fig.4** : Répartition du volcanisme néogène d'Oranie nord occidentale  
(in Coulon et al., 2002, redessinée)

### I.5. Aperçu tectonique régional

L'Oranie nord occidentale a subi la superposition de plusieurs styles tectoniques (**Fig.5**) hérités des orogènes hercynienne et alpine et responsables de sa structure actuelle (Elmi, 1970 ; Fenet, 1975 ; Guardia, 1975 ; Cizak, 1993). Plusieurs épisodes sont ainsi distingués :

- a) **la tectonique hercynienne** : caractérisée par des plis à grand rayon de courbure et une fracturation guidée par des failles de direction E-W et NE-SW ;
- b) **la tectonique syn-sédimentaire**, d'âge Jurassique, et qui s'est manifestée par des plis chevauchants et déversés vers le NW et une fracturation guidée par le re-jeu des failles hercyniennes. Elle a également engendré des mouvements différentiels du substratum primaire se traduisant par des variations de faciès et des lacunes ;
- c) **la tectonique anté-nappes** (Lutétien inférieur – Miocène moyen) au cours de laquelle les matériaux des unités tello-rifaines acquièrent l'essentiel de leur structures. Elle s'achève par la mise en place des nappes au Miocène ;
- d) **la tectonique post-nappes** qui s'est traduite par deux épisodes. Le premier épisode s'est caractérisé par une tectonique compressive engendrant des plissements et une tectonique provoquant des mouvements verticaux. Le second épisode correspond à une période d'érosion s'étalant du Miocène moyen au Miocène supérieur ;
- e) **la tectonique plio-quadernaire** qui n'est perturbée que par les manifestations d'un volcanisme d'affinité alcaline. C'est la période néotectonique pendant laquelle la Méditerranée et la marge alpine africaine achèvent de prendre leur aspect actuel. Les rivages pliocènes puis quadernaires sont plus proches des rivages actuels.

La mise en place d'un volcanisme plio-quadernaire alcalin, dans la partie occidentale de l'Afrique du Nord, localisé autour de l'aire moyen atlasique, est le témoin de l'existence d'un régime de distension profonde dans cette zone. Pendant le Plio-Quaternaire, coexistent donc compressions et distensions, soit à des niveaux différents, soit simplement dans des directions différentes (Guardia, 1975).



**Fig.5** : Les grands traits structuraux de l'Afrique nord occidentale

(in Aneur, 1988, redessinée)

1 : front des nappes telliennes ; 2 : flexure nord tellienne ; 3 : flexure sud tellienne ; 4 : accident nord atlasique ; 5 : accident sud atlasique ; I : panneau de Guercif ; II : panneau des Beni Snassen-Traras-monts d'Oujda-Rhar Roubane ; III : panneau des monts de Tlemcen ; IV : panneau des monts de Saida ; M : transversale de ma Moulouya ; TA : transversale de la Tafna ; S : transversale de Saida ; TL : transversale de Tialet ; AH : transversale de Theniet El Had ; G : Guercif ; O : Oujda ; OR : Oran ; TL : Tlemcen ; Ti : Tialet ; F1, F2, F3 : décrochements des monts de Tlemcen.

## II.1. Notions de base sur la télédétection

La télédétection est utilisée de manière croissante dans différents domaines. Des dizaines de satellites d'observation de la Terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications militaires mais aussi de plus en plus pour des applications civiles telles que la gestion des ressources naturelles, la climatologie, l'océanographie, la géographie ou la cartographie ...etc. Alors de quoi s'agit-il ?

### II.1.1. Définition de la télédétection

La télédétection correspond à 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.

La télédétection spatiale optique moderne est née de la photographie aérienne. Elle intègre également les développements récents de la recherche spatiale, de la physique et de l'informatique pour constituer aujourd'hui un outil des plus puissants et des plus flexibles pour la compréhension, le suivi et la gestion de nombreux processus naturels.

Le développement des techniques de la télédétection résulte de la conjonction entre l'invention des vecteurs, ballons, avions ou satellites, permettant de s'éloigner de la surface du sol ou de la Terre dans son ensemble, et le constant perfectionnement des capteurs, c'est à dire des appareils permettant d'enregistrer le rayonnement électromagnétique pour reconstituer les caractéristiques de la surface (terre ou océan), ou de l'atmosphère.

Jusqu'à il y a environ 30 ans, le principal capteur utilisé était l'appareil photographique, un capteur analogique utilisant des émulsions chimiques photosensibles

(sensibles à la lumière visible essentiellement) pour produire des photographies aériennes. L'utilisation de la télédétection se confondait alors avec la « photo-interprétation », interprétation visuelle des documents photographiques. Les types de capteurs se sont depuis multipliés et perfectionnés : les radiomètres sont des capteurs passifs, qui enregistrent le rayonnement naturel, lumière visible mais aussi infrarouge ou microonde, sous forme numérique ; les capteurs actifs (radars) émettent artificiellement un rayonnement pour en étudier les interactions avec l'objet à étudier. Les capteurs actuels produisent des données numériques, qui peuvent faire l'objet d'une restitution pour fournir des documents à interpréter selon les méthodes de la photo-interprétation, mais sont de plus en plus l'objet d'un traitement informatique aboutissant à la cartographie automatique des surfaces, soit enfin de calibrations et de corrections qui permettent d'obtenir des mesures géophysiques telles que des températures ou des réflectances.

Ces nouveaux capteurs sont en constant développement depuis leur apparition. La caractéristique de ces capteurs qui a connu l'amélioration la plus spectaculaire est la résolution spatiale, c'est à dire leur capacité à discerner des portions de la surface terrestre de plus en plus petites. Parallèlement, les applications de la télédétection se sont multipliées, dans de nombreux domaines de la météorologie et de la climatologie, de l'océanographie, de la cartographie ou de la géographie. Quel que soit le domaine d'applications considérées, une bonne interprétation des documents de télédétection ou une bonne utilisation des données numériques nécessite la compréhension des principes physiques sur lesquels est fondée la technique de télédétection employée.

### **II.1.2. Principes de base de la télédétection**

La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur. Ainsi, l'œil est un excellent dispositif de télédétection. Il joue le rôle d'un vecteur qui estime la quantité et la nature d'énergie de la

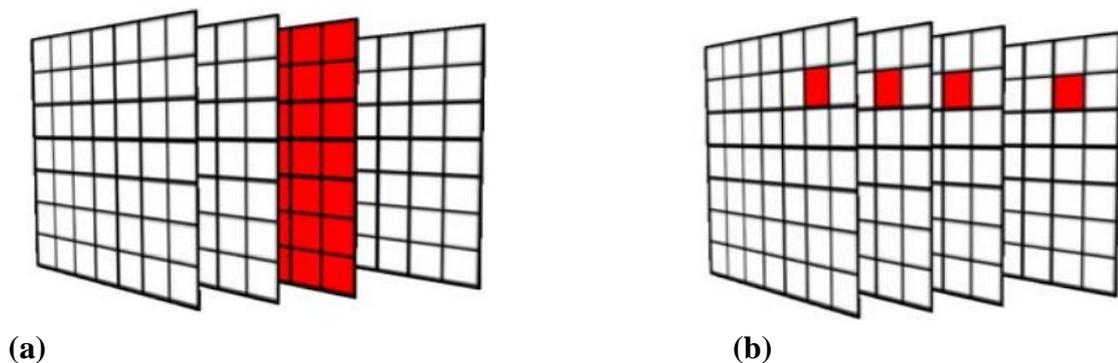
lumière visible réfléchi, produite par une source externe (soleil, projecteur, ..), et en déduit des informations à propos de notre environnement (cible). Le principe de base de la télédétection est analogue à celui de la vision de l'homme :

- **la cible** : étant la portion de la surface terrestre observée par le satellite, et dont la taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés ;
- **la source d'énergie** : l'élément qui "éclaire" la cible d'une onde électromagnétique (flux de photons). Il s'agit généralement du soleil, ou de l'énergie solaire stockée et réémise par la cible (considérée, dans ce cas, comme source d'énergie) sous forme de chaleur (infrarouge thermique). Dans les deux cas, le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive. Toutefois, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite ; ce dernier émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, il devient lui-même source d'énergie, on parle alors de Télédétection active ;
- **le vecteur** ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible, puis un émetteur renvoie l'image sur Terre vers des systèmes de collecte et analyse de données. Le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres.

## II.2. Caractéristiques des images en télédétection

Les images de télédétection spatiale optique sont des données agencées en tenseurs avec deux directions spatiales, définissant la position d'un pixel sur l'image, et une direction spectrale correspondant à la décomposition de la lumière à des longueurs d'ondes précises. L'ensemble des pixels sur une longueur d'onde forme une bande spectrale (**Fig.6a**). L'ensemble des pixels ayant la même position sur l'image forme un

spectre (**Fig.6b**). L'analyse des spectres permet d'identifier, de quantifier et de cartographier la distribution spatiale des constituants de surface.



**Fig. 6** : Représentation d'une image de télédétection spatiale.

(a) bande spectrale ; (b) spectre.

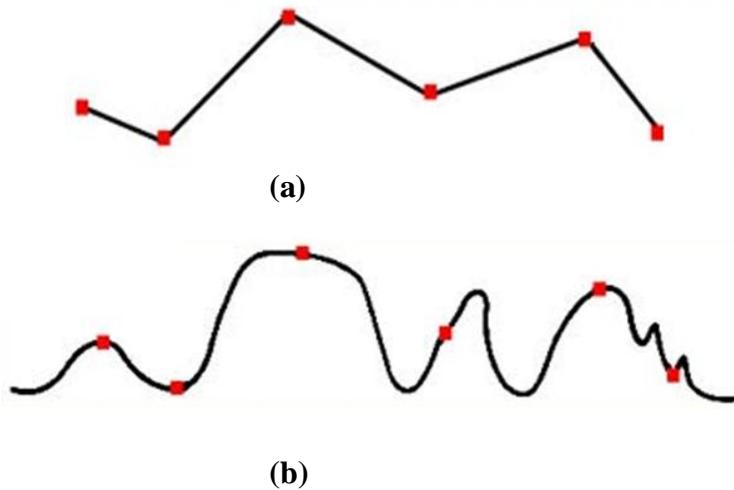
De telles données sont actuellement produites de manière courante en télédétection spatiale pour différentes applications. Ces données sont issues de systèmes spatiaux d'observation de plus en plus performants. Les capteurs embarqués à bord de ces systèmes d'observation, et par conséquent les images produites par ces capteurs, sont caractérisés par des résolutions. La résolution est la capacité de mesurer une information par télédétection qui exige la considération de quatre types de résolution : la résolution spatiale, la résolution spectrale, la résolution radiométrique et la résolution temporelle.

### II.2.1. La résolution spectrale

La résolution spectrale correspond au nombre et à la largeur des bandes spectrales utilisées par le capteur.

La résolution spectrale d'un capteur décrit la capacité de ce capteur à distinguer les différentes longueurs d'ondes des rayons qui lui parviennent. On parle d'imagerie multi spectrale lorsque le nombre des longueurs d'ondes utilisées est généralement inférieur à dix. Lorsque ce nombre devient important (souvent supérieur à cent), on parle d'imagerie hyper spectrale. En imagerie multi spectrale, on associe à chaque pixel plusieurs valeurs

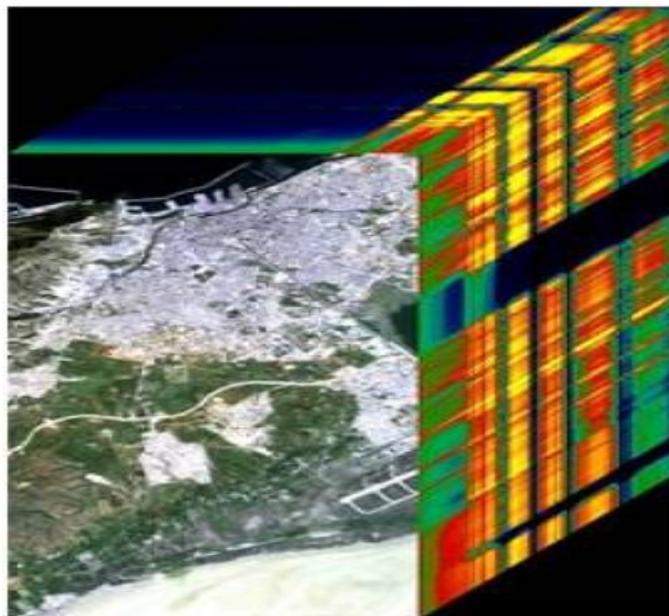
scalaires qui correspondent à la mesure du rayonnement électromagnétique incident sur le capteur dans quelques bandes spectrales larges et le plus souvent non contiguës (**Fig.7a**). Au contraire, en imagerie hyper spectrale, on utilise un grand nombre de bandes spectrales étroites et contiguës (**Fig.7b**). Dans ce dernier cas, l'image de télédétection spatiale est souvent appelée "pavé hyper spectral" ou "hyper cube" (**Fig.8**).



**Fig.7** : Spectres multi et hyper spectral.

(a) : spectre multi spectral discontinu à larges bandes.

(b) : spectre hyper spectral continu à bandes étroites.



**Fig.8** : Représentation d'un pavé hyper spectral.

**II.2.2. La résolution temporelle**

Elle correspond au temps que prend un satellite pour effectuer un cycle orbital complet. Cette période est généralement de l'ordre de quelques jours.

La résolution temporelle est très intéressante pour le suivi des phénomènes évoluant dans le temps.

**II.2.3. La résolution spatiale**

Elle dépend de la dimension du plus petit élément qu'il est possible de détecter (le pixel).

La résolution spatiale est très importante, elle doit être assez élevée pour permettre la détection et l'identification des objets observés sur l'image.

**II.2.4. La résolution radiométrique**

Elle est définie comme le seuil de sensibilité du radiomètre, c'est-à-dire la plus faible intensité réfléchie ou émise par la cible que le capteur est capable de détecter dans chaque bande spectrale.

**II.2.5. L'échelle**

L'imagerie satellitaire numérique ne possède pas d'échelle propre, toutefois, l'échelle dépend de la qualité des données images. Généralement, une résolution spatiale élevée permet d'obtenir une plus grande échelle.

### II.3. Méthodologie

L'approche méthodologique adoptée, réside d'une part sur tous les travaux géologiques antérieurs effectués en Oranie nord occidentale et, d'autre part, sur la contribution des données Thematic Mapper de Landsat 5. Ceci se fera grâce aux différents traitements appropriés quant à la problématique définie préalablement.

La mise en évidence de l'information géologique, tant des faciès lithologiques et leurs limites, que linéamentaire nécessite plusieurs traitements adéquats aux données images de Landsat. Ceux-ci nous permettront de délimiter au mieux les informations géologiques. L'exploitation conjointe des données images nous a permis d'établir un document photo - géologique des régions d'étude.

### II.4. Documents utilisés

Les données images de Landsat TM et les données exogènes de la région d'étude se définissent comme suit (**Fig.9**) :

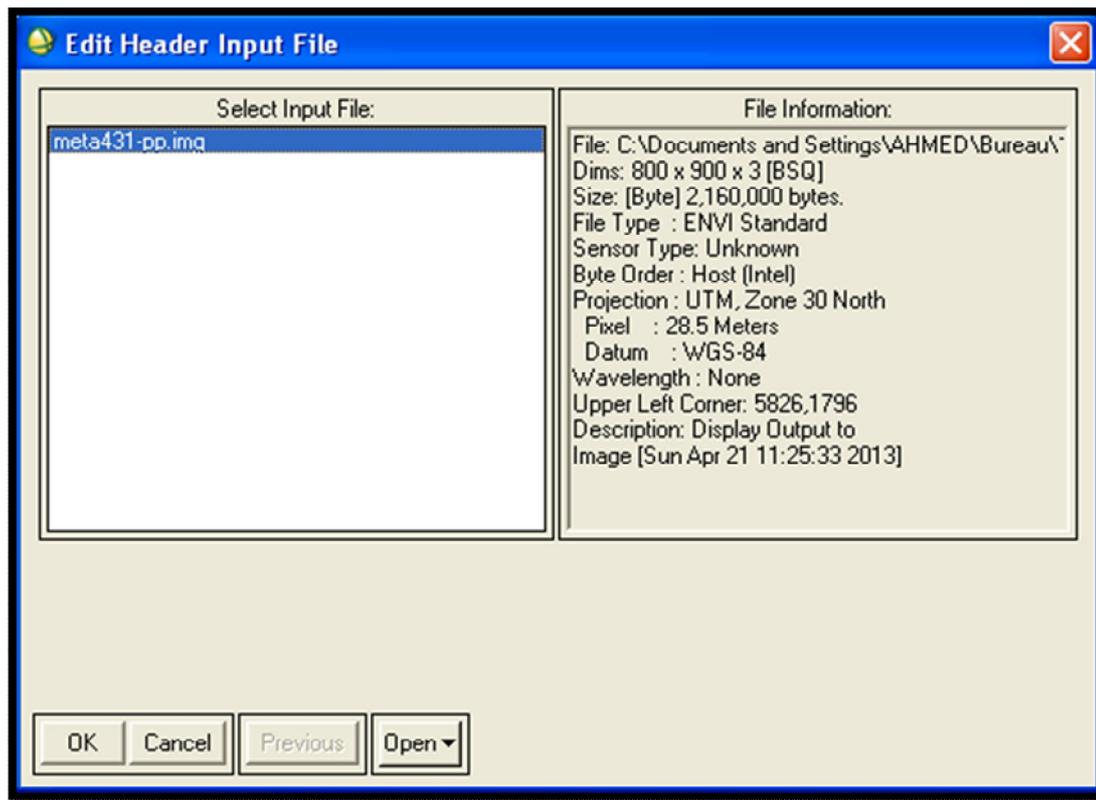
- une scène satellitaire brute de Landsat 5 TM, de laquelle l'on a extrait une « imagerie » de la taille 800 lignes\* 900 colonnes ;
- une carte géologique ;
- le logiciel ENVI 4.5.

L'échelle de notre étude géologique dépend de la résolution du pixel de l'image de Landsat 5 Thematic Mapper. Cette échelle est définie par l'équation suivante :

$$1/E = 0,2 / R/2 * 10^{-3}$$

Dans cette équation, E correspond à l'échelle de l'image satellitaire et R représente la résolution du pixel et qui est dans notre cas de 30 mètres. Ceci nous ramène à l'équation suivante :

$$1/E = 0,2/30/2 * 10^{-3} \rightarrow \text{d'où } E = 1/75.000$$



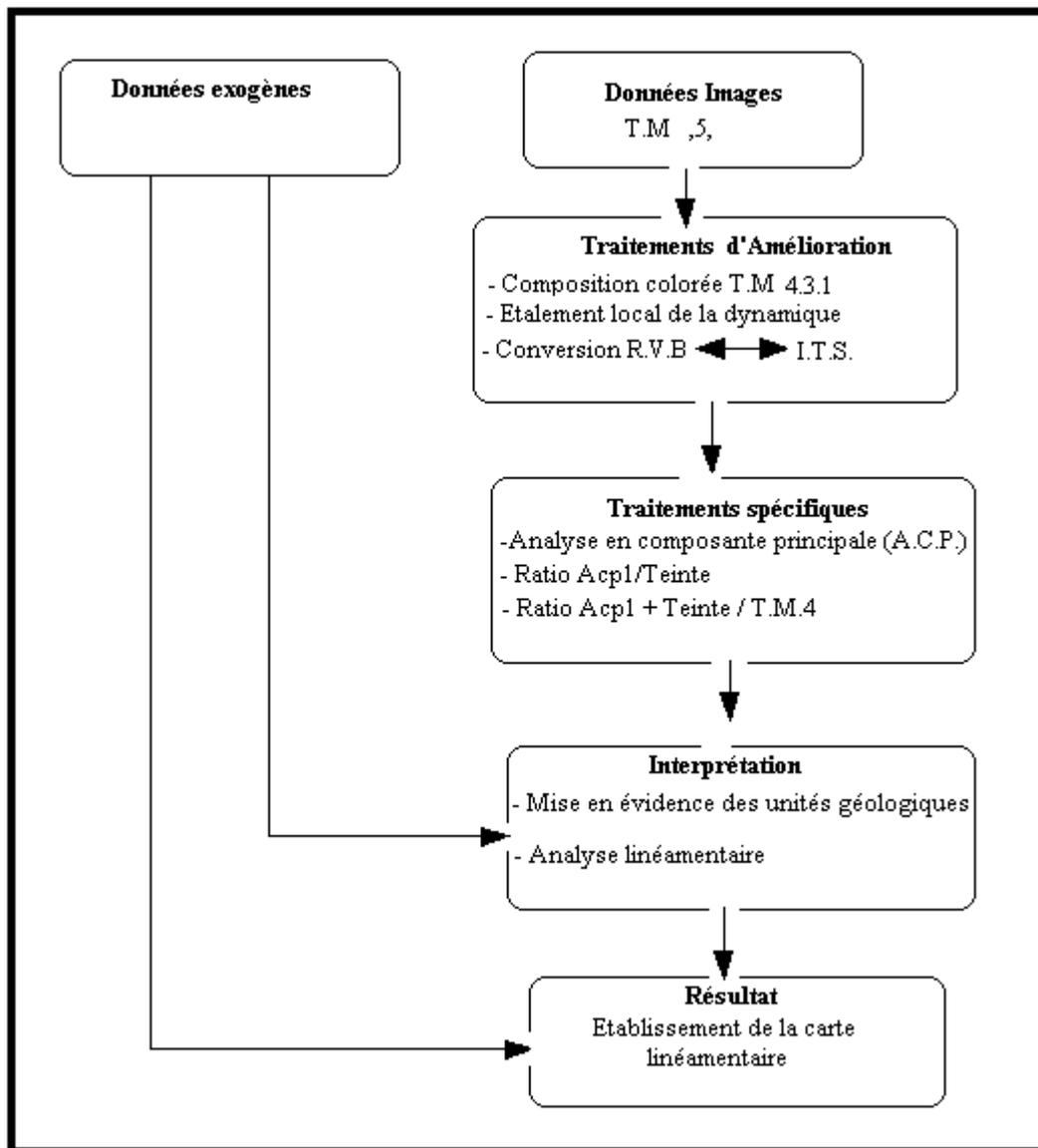
**Fig.9** : fichier information de nos données images satellitaires

Pour mener à bien notre étude qui a consisté à la caractérisation du réseau linéaire de l'Oranie nord occidentale, nous avons procédé aux étapes de traitements d'images décrites dans la **Fig.10**.

## II.5. Le principe de la photo-interprétation

La photo interprétation correspond à l'étude thématique d'une image aérienne ou spatiale. Elle a pour but de faire ressortir des objets thématiques obtenus par photo-identification. Elle consiste à faire apparaître des plages de niveaux de gris dans une image en vue de délimiter des zones caractéristiques.

Quant à notre étude, la photo interprétation consiste à mettre en évidence les différentes unités géologiques et le réseau de la fracturation qui les accompagne.



**Fig.10** : les différentes étapes de traitements d'images de notre étude

L'analyse est un domaine très important du traitement de l'image. Les principales informations dans l'interprétation du message visuel pour un observateur humain sont la signature spectrale, la morphologie (contours des objets) et les textures.

### II.5.1. La signature spectrale

Elle est fonction de la qualité de la lumière réfléchiée par un objet ainsi que de son caractère radiométrique.

### **II.5.2. La morphologie**

C'est la particularité géométrique concernant la forme des objets, leur mode d'affleurement et leurs tailles. L'analyse des formes des objets est une aide précieuse au géologue - téledéteur.

### **II.5.3. La texture et la structure**

La texture est définie comme un phénomène à deux dimensions. La première dimension porte sur la description d'éléments de base ou 'primitives' (le motif) à partir desquels est formée la texture. La deuxième dimension est relative à la description de l'organisation spatiale de ces primitives. Une texture définie pour une petite échelle, devient une structure à une plus grande échelle.

## **II.6. Imagerie géologique et téledétection**

### **II.6.1. L'approche spectrale**

Elle est fonction de la qualité de la lumière réfléchi par un objet géologique ainsi que de son caractère radiométrique. Elle est un élément fondamental de l'interprétation. La réflexion de l'objet est fonction de sa composition géochimique.

### **II.6.2. L'approche linéamentaire**

La vision synoptique d'un document satellitaire nous offre une grande possibilité à cartographier un linéament. Ce linéament peut être une discontinuité linéaire ou curviligne dans le paysage. Ces discontinuités sont de deux types.

Un type morphologique (caractères géométriques) matérialisé par des discontinuités rectilignes, ou légèrement incurvées, souligné par une observation directe (linéament matérialisé).

Un autre type de linéament qui est lié aux caractères radiométriques et qui s'individualise par un changement brutal de teintes ou de tonalité (une rupture radiométrique).

### II.6.3. L'analyse linéamentaire

Plusieurs définitions ont été proposées pour la notion de linéament.

Selon Chorowicz et Paul (1974), les linéaments correspondent à des accidents ou à de légères déformations alignées souvent sur de grandes distances.

Quant à Scanvic (1983), un linéament peut être reparti en deux classes selon sa nature : une classe d'objets quelconques et une classe d'objets géologiques. La classe d'objets quelconques correspond à des phénomènes anthropiques, aléatoires ou à des artefacts. Quant à celle des objets géologiques (qui est assimilée à des accidents géologiques quand cela est évident), elle a une origine structurale déterminée qui correspond à des phénomènes cassants ou ductiles (failles, diaclases, etc.) ou de nature structurale complexe (formée d'éléments composites de types linéaments géochimiques, discontinuités géophysiques, etc.,...).

Dans l'étude que nous proposons, l'approche a été essentiellement basée sur de la reconnaissance de forme qui est l'un des éléments fondamentaux de la photo interprétation. Elle est préalablement parrainée par les méthodes de traitements d'images standards et spécifiques.

Ces traitements sont effectués pour pouvoir reconnaître et faciliter la cartographie. Il s'agira donc d'interpréter les formes géologiques et en l'occurrence les linéaments géologiques.

Une étude linéamentaire passe généralement par une étude compréhensive des linéaments aboutissant à leur caractérisation et à leur interprétation.

## **II.7. Etude compréhensive des linéaments**

La fréquence des linéaments et leur imprécision conduisent souvent à les aborder de manière statistique. Une des méthodes les plus couramment utilisées consiste en l'établissement de rosaces de distribution directionnelle.

Quatre étapes peuvent être ainsi envisagées.

### **II.7.1. Pondération géologique des linéaments**

Cette étape ne permet de retenir que les linéaments dont la signification géologique est évidente (faille, escarpement, etc..) ou probable (réseau hydrographique, morphologie..) ou faible. Les linéaments représentant les routes, pistes, etc..., sont rejetés.

### **II.7.2. Hiérarchisation des linéaments**

Une correspondance entre les linéaments et les accidents tectoniques doit être établie. Elle est recherchée directement sur images à partir des critères connus tels que les rebroussements de couches au niveau du linéament.

### **II.7.3. Individualisation de provinces géologiques homogènes**

Elle consiste en une délimitation des systèmes cohérents de la fracturation. A l'intérieur de chaque province, on délimite alors :

- la direction de raccourcissement et des fractures associées ;
- la direction des structures et les fractures associées.

### **II.7.4. Interprétation compréhensive régionale**

Une fois les différentes provinces établies avec leur système cohérent, il peut subsister des directions de linéaments indépendantes qu'il faut interpréter. Cette interprétation doit établir les relations entre les failles et l'âge des unités affectées.

### III.1. Introduction :

A partir des images satellitales, nous pouvons aborder l'analyse structurale des régions d'études. Au préalable, les images analysées ont subi une correction géométrique dans le cadre de pré-traitement.

Lorsqu'il s'agit d'une faille évidente les linéaments sont caractérisés soit d'une manière directe, soit indirectement lorsqu'il s'agit d'une rupture radiométrique dans une direction.

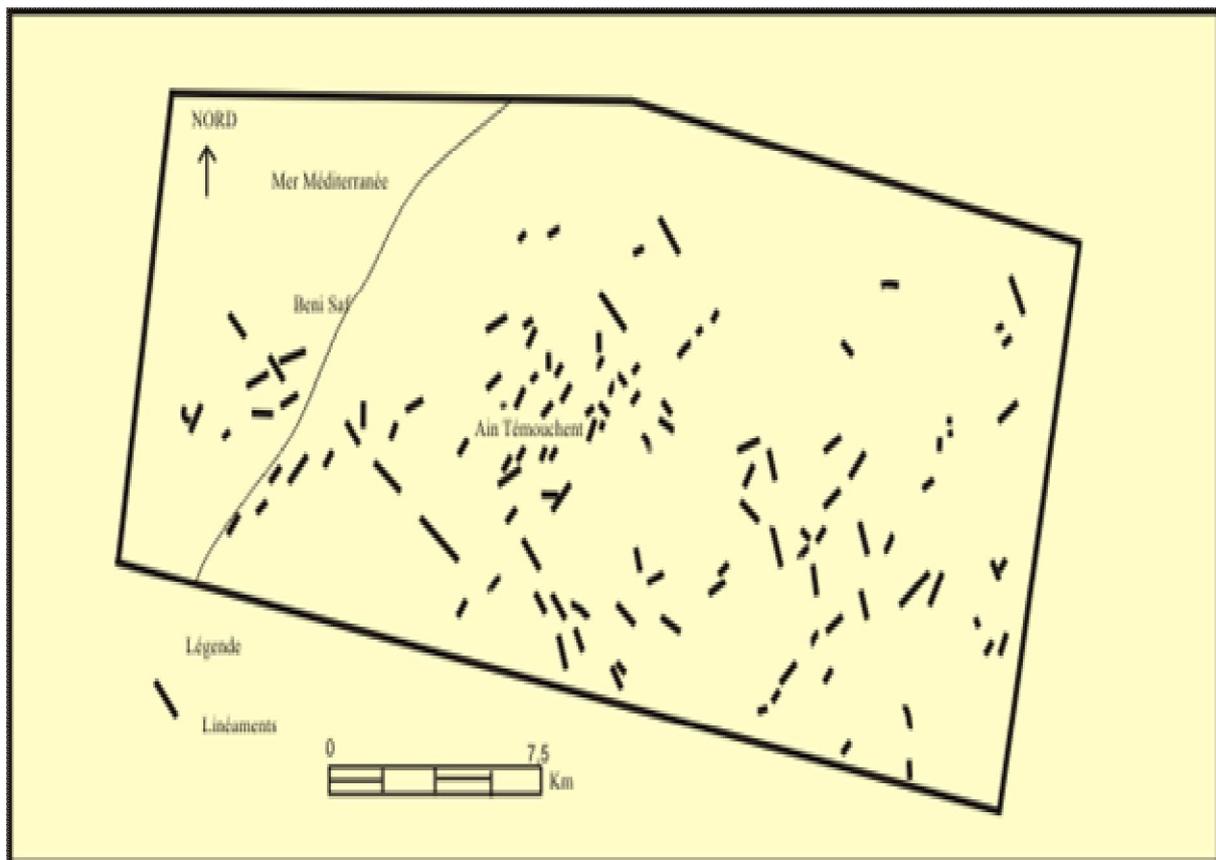
### III.2. Analyse structurale de la fracturation des secteurs d'étude

#### III.2.1. La région d'Ain Témouchent et Basse Tafna

A partir de l'imagerie satellitale, l'étude entreprise par Hebib (2001) met en évidence l'existence de cent quinze (115) failles (**Tab.1**) et (**Fig.11 et Fig.12**).

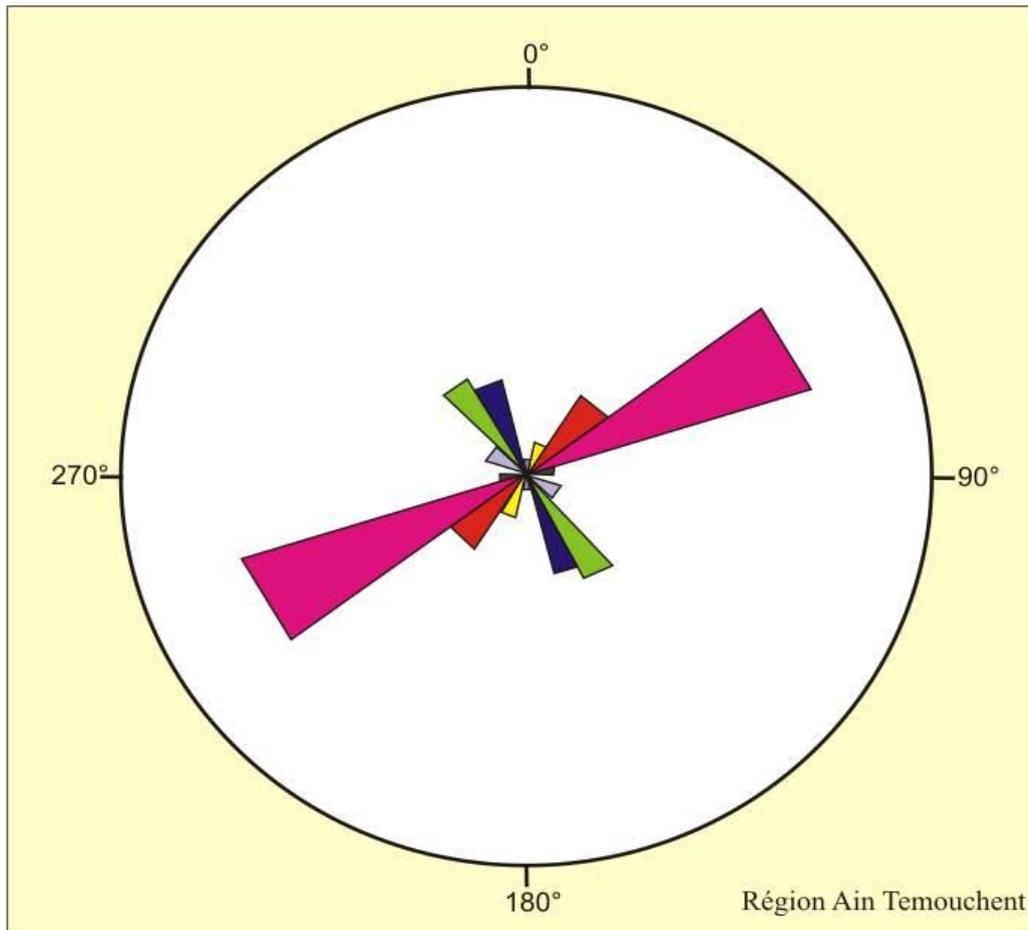
Classes de direction	Nombre de mesures par classe	Direction moyenne	proportion
350°-10° (A)	00	N00	0,00 %
10°-30° (B)	03	N20	02,60 %
30°-50° (C)	19	N40	16,52 %
50°-70° (D)	54	N60	46,95 %
70°-90° (E)	03	N80	02,60 %
90°-110° (F)	00	N100	0,00 %
110° - 130° (G)	05	N120	04,34 %
130°-150° (H)	17	N140	14,78 %
150°-170° (I)	14	N160	12,17 %
Total	115		100%

**Tab.1** : Récapitulatif des mesures statistiques de directions des linéaments encaissés dans la région d'Ain Témouchent et de la Basse Tafna (rive droite) à partir des données Landsat 5 Thematic Mapper (in Hebib, 2001).



**Fig.11** : Carte linéaire de la région d'Ain Témouchent-Basse Tafna (in Hebib, 2001)

Globalement, les mesures obtenues peuvent être regroupées statistiquement en deux grandes classes représentatives de deux directions principales (**Fig.7**).



**Fig.12** : Rosace de distributions directionnelles des linéaments encaissés dans la région de Aïn Témouchent et de la Basse Tafna (in Hebib, 2001)

La première classe comprend 73 mesures représentant plus de 63 % des fractures encaissés dans la région. Cette classe regroupe toutes les directions comprises entre N30 et N70 et correspond globalement à l'orientation moyenne NE-SW ou direction atlasique.

La deuxième classe comprend 31 fractures représentant près de 27 % des linéaments de la région. Cette classe regroupe toutes les directions comprises entre N130 et N170 et correspond à la direction moyenne SE-NW qui semble relativement perpendiculaire à la direction atlasique.

### III.2.2. Le secteur des Souhalia

Dans ce secteur, l'imagerie satellitale révèle l'existence de deux cent cinquante sept (257) failles (Chebab et Karoui, 2013).

L'analyse statistique des mesures de fracturations dans cette région met en évidence l'existence de quatre directions privilégiées (**Tab.2 ; Fig.13 et Fig.14**) :

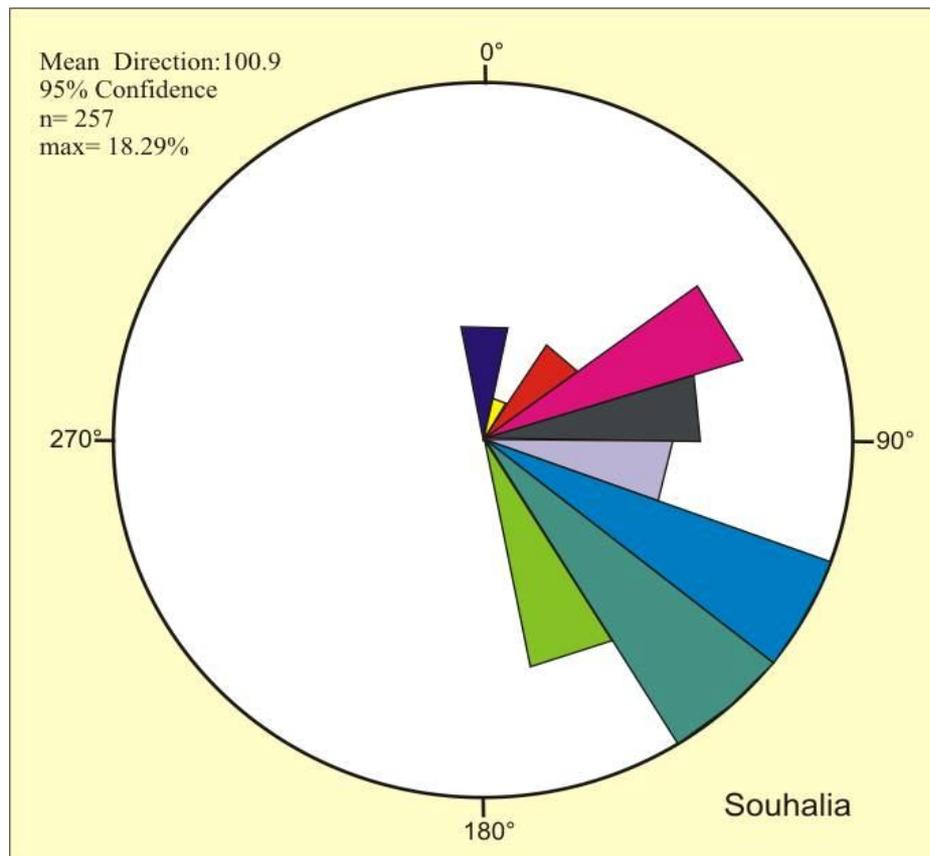
- une direction d'orientation regroupant 54 mesures de fractures comprises entre N30 et N70 et représentant plus de 27 % des failles relevées. Cette classe de mesures correspond à l'orientation principale NE-SW ou direction atlasique.
- une direction d'orientation regroupant 94 mesures de failles orientées entre N110 et N150 et représentant plus de 36 % des fractures mesurées dans la région. Cette classe de failles correspond à l'orientation SE-NW ;
- une classe de mesures comprenant 52 fractures orientées entre N70 et N110 et représentant plus de 20 % des failles mesurées. Ces fractures correspondent à l'orientation moyenne E-W ;
- une direction d'orientation regroupant 18 fractures globalement dirigées entre N170 et N10. Celles-ci représentent environ 7 % des mesures relevées sur l'image satellitale et correspondent à une direction moyenne N00 ou direction subméridienne.

Classes de direction	Nombre de mesures par classe	Direction moyenne	proportion
350°-10°	18	N00	7,00 %
10°-30°	06	N20	2,33 %
30°-50°	18	N40	7,00 %
50°-70°	36	N60	14,00 %
70°-90°	28	N80	10,89 %
90°-110°	24	N100	9,33 %
110° - 130°	47	N120	18,29 %
130°-150	47	N140	18,29 %
150°-170° (I)	33	N160	12,84 %
Total	257		100 %

**Tab.2** : récapitulatif des mesures statistiques de directions de linéaments encaissés dans la région des Souhalia à partir des données de Landsat5 Thematic Mapper.



**Fig.13** : Carte linéamentaire de la région des Souhalia (in Chebab et Karoui, 2013)



**Fig.14** : Rosace de distribution directionnelle des linéaments dans la région des Souhalia avec un pas de 20° (in Chebab et Karoui, 2013)

### III.2.3. Le secteur du Sahel d'Oran ou secteur de Tifaraouine-Bouzedjar :

Dans ce secteur l'imagerie satellitale révèle l'existence de soixante et onze (71) failles.

L'analyse statistique des réseaux de failles, déduits de l'image satellitale, met en évidence l'existence de deux directions principales (**Tab.3**) (**Fig.15** et **Fig.16**) :

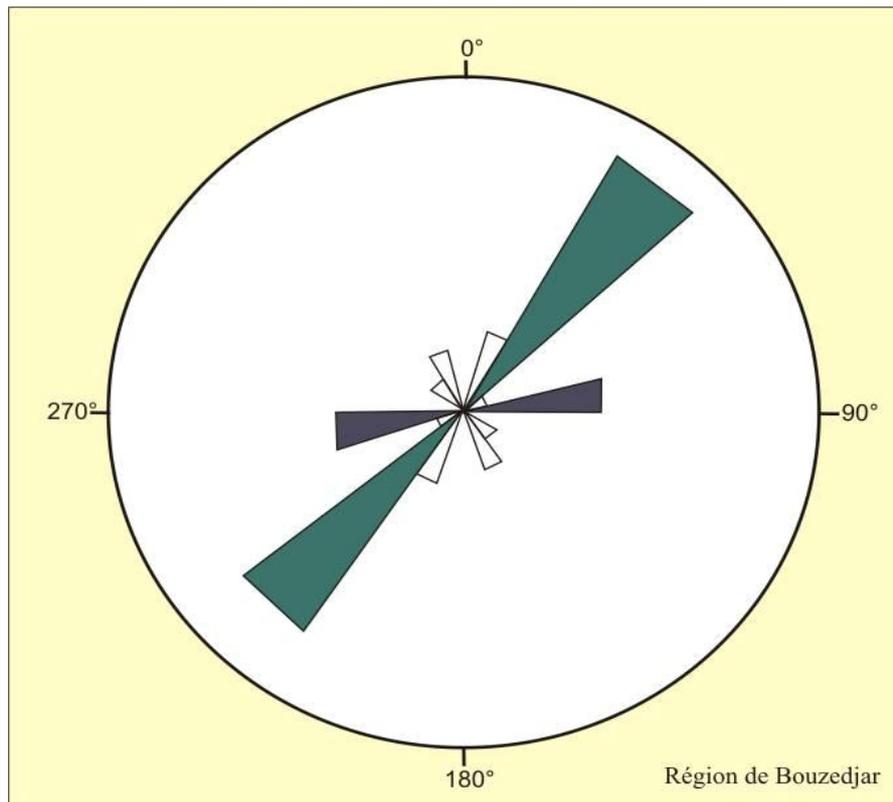
- une direction d'orientation comprenant 37 mesures de directions comprises entre N30 et N70 et représentant plus de 52 % des mesures relevées sur l'image satellitale. Cette classe de fractures correspond à la direction moyenne NE-SW ;
- une classe de mesures de failles orientées entre N70 et N110, comprenant 16 fractures représentant plus de 22 % des fractures reconnues sur l'image satellitale. Cette classe correspond à la direction moyenne E-W.

Classes de direction	Nombre de mesures par classe	Direction moyenne	proportion
350°-10°	00	N00	0,00 %
10°-30°	08	N20	11,27 %
30°-50°	28	N40	39,44 %
50°-70°	09	N60	12,68 %
70°-90°	15	N80	21,13 %
90°-110°	01	N100	1,41 %
110° - 130°	00	N120	0,00 %
130°-150	04	N140	5,63 %
150°-170° (I)	06	N160	8,45 %
Total	71		100 %

**Tab.3** : récapitulatif des mesures statistiques de directions des linéaments encaissés dans la région de Bouzedjar à partir des données de Landsat 5 Thematic Mapper.



**Fig.15** : Carte linéaire de la région de Bouzedjar (in Hebib, 2001)



**Fig.16** : Rosace de distribution directionnelle des linéaments dans le Sahel d'Oran (in Hebib, 2001)

#### III.2.4. Le secteur des M'sirda:

L'imagerie satellitale révèle, dans la région des M'sirda l'existence de 216 failles (Tab.4 ; Fig.17 et Fig.18).

L'analyse statistique des fractures relevées sur l'image satellitale, met en évidence l'existence de trois classes de directions moyennes principales :

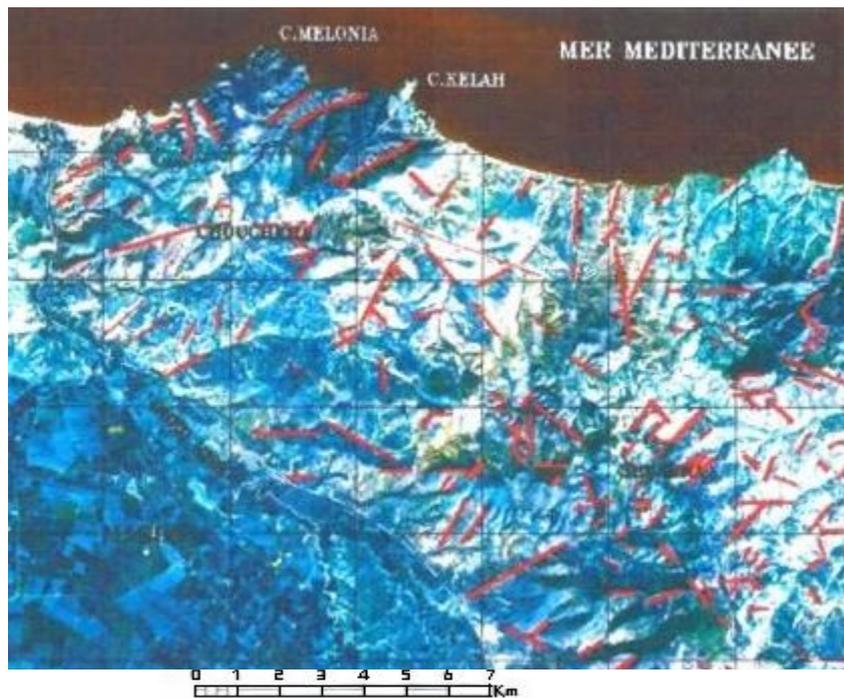
- une classe de mesures d'orientations comprises entre N30 et N70, regroupant 96 fractures et représentant plus de 44 % des linéaments reconnus sur l'image. Cette classe correspond à une direction d'orientation moyenne NE-SW ;

- une classe de failles regroupant 48 failles orientées entre N110 et N150 et représentant plus de 22 % de l'ensemble des mesures relevées sur l'image. Cette direction moyenne correspond à l'orientation SE-NW ;

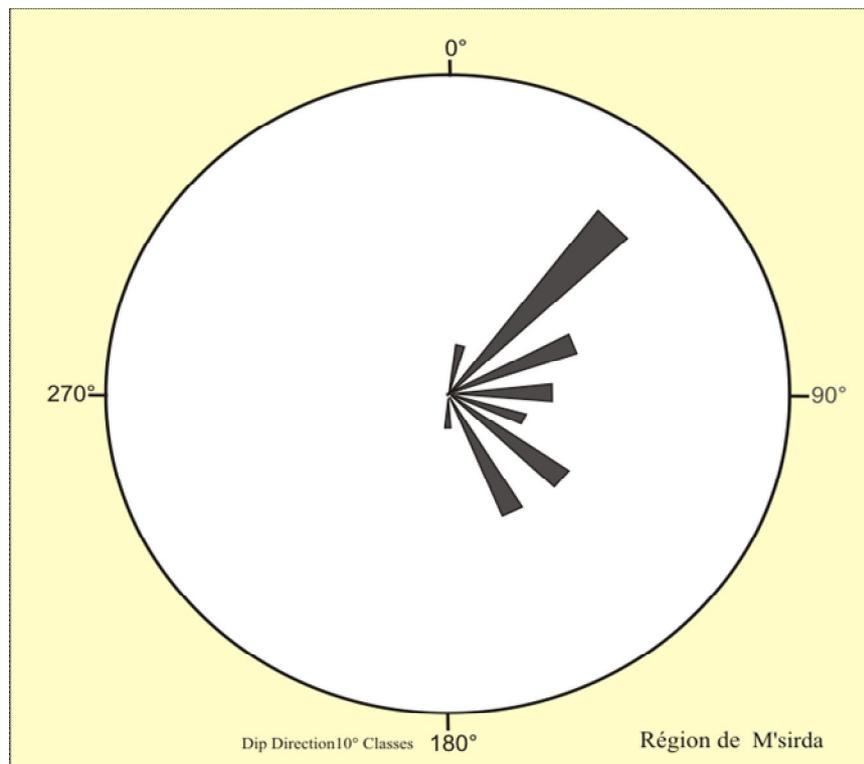
- une classe de mesures orientées entre N70 et N110, regroupant 47 fractures et représentant près de 22 % des linéaments reconnus dans la région. Cette classe de mesures correspond à la direction moyenne E-W.

Classes de direction	Nombre de mesures par classe	Direction moyenne	proportion
350°-10°	5	N00	2,31 %
10°-30°	12	N20	5,55 %
30°-50°	62	N40	28,70 %
50°-70°	34	N60	15,74 %
70°-90°	29	N80	13,43 %
90°-110°	18	N100	8,33 %
110° - 130°	25	N120	11,57 %
130°-150	23	N140	10,65 %
150°-170° (I)	08	N160	3,70 %
Total	216		100%

**Tab.4** : récapitulatif des mesures statistiques des directions de linéaments encaissés dans la région des M'sirda à partir des données de Landsat 5 Thematic Mapper.



**Fig.17** : Carte linéamentaire de la région des M'sirda  
(in Taibi, 2012).



**Fig.18** : Rosace de distribution directionnelle des linéaments dans la région de M'sirda avec un pas de 10° (in Taibi, 2012)

### III.3. Discussion et conclusion

D'une manière générale, l'analyse des images satellitales des complexes éruptifs d'Oranie nord occidentale met en évidence l'existence de quatre (04) directions principales de fractures associées aux émissions volcaniques des différents secteurs. Ce sont :

- la direction moyenne NE-SW est commune à tous les secteurs étudiés. Elle correspond à la direction atlasique selon laquelle s'alignent de nombreux centres éruptifs de la région. Cette direction correspond également à l'orientation de l'orogène alpin d'Afrique du Nord. Elle est donc considérée comme une direction privilégiée de la chaîne alpine ;
- la direction moyenne SE-NW correspond également à une orientation privilégiée de la fracturation à l'échelle régionale. Elle est considérée comme une direction moyenne de fracturation prépondérante dans les bassins du Miocène post à synchro- nappes (Guardia, 1975) ;
- la direction moyenne E-W est aussi considérée comme une direction privilégiée dans la chaîne alpine (Guardia, 1975 ; Cizak, 1993) ;
- la direction N00 ou direction subméridienne est qualifiée comme une direction subméridienne trouve aussi dans la région de Ghar Rouban (Koudjil, 2002).

Globalement, toutes ces fractures ont joué ou rejoué à différents moments au cours du Mio-Plio-Quaternaire et favorisé l'activité volcanique de la région.

### Conclusion générale

L'étude structurale de l'Oranie nord-occidentale nécessite une intervention de différents moyens d'investigation géologique tels que la cartographie, la volcanologie et l'analyse des données numériques.

L'utilisation des images satellitales a permis de faciliter les étapes de cette étude en facilitant l'accès, à une plus grande échelle, aux différentes formations auxquelles on ne peut pas y accéder sur le terrain.

Dans tous les secteurs étudiés, l'analyse statistique des données a permis de déduire les directions privilégiées dans chaque région.

Ces directions moyennes ont une importance régionale dans la structuration de l'Oranie nord-occidentale. Les directions d'orientation NE-SW, E-W, SE-NW et N-S sont les plus répandues en Oranie nord-occidentale.

La direction d'orientation NE-SW et la direction E-W ont qualifiées comme des directions de distension ayant affecté le socle et la couverture. Elles semblent héritées d'une phase tectonique hercynienne. Le jeu de ces failles a une importance dans la structuration de l'orogène alpin.

## **Conclusion Générale**

---

La direction d'orientation NW-SE est une direction compressive représentée essentiellement par des failles normales et des décrochements sénestres (Thomas, 1985). Elle est responsable des principaux plis qui déforment la couverture post-nappes.

La direction d'orientation N-S est une direction de failles récentes. Elle n'affecte que la couverture et recoupe les failles les plus anciennes.

Ces résultats montrent que la région de l'Oranie nord-occidentale était et reste encore une région très active tectoniquement, et peut-être encore active à cause du rejeu des anciennes failles.

## *Références bibliographiques*

**Abbad Z. (1993).** Etude volcanologique et pétrologique des laves quaternaires de la région de Ghazaouet (Oranie). Thèse de Magister, USTHB, Alger, 100 p.

**Achour M. et Kaddour M (2010)** – Apport de la télédétection à l'analyse de la fracturation du massif de M'sirda (Oranie Nord Occidentale).Mém.ing d'état, Univ. Oran,65 P

**Bellon H. (1976).** Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparés dans leurs cadres géochronométriques. Implications géodynamiques. Thèse Doct .d'Etat, Université Paris Orsay, 367 pp.

**Bellon H. et Brousse R. (1977).** Le magmatisme périméditerranéen occidental. Essai de synthèse, Bull. Soc. Géol. France XIX (7)469-480.

**Bellon H. et Guardia P. (1980).** Le volcanisme alcalin Plio-quaternaire d'Algérie occidentale. Etude radiométrique et paléomagnétique, Rev. De Geol.dynam. et de géograph. Phys., 22, Fasc. 3, PP. 213-222.

**Bellon, H., Guardia, P. et Magné, J. (1984).** Les associations volcaniques du Miocène supérieur de la région oranaise (Algérie occidentale). Conséquences géodynamiques. Géol. Méditerranéenne, XI, 255-264.

**Bekaddour. M et Ouasti. M. (2000).** Apport de la télédétection a l'analyse de la fracturation des monts des Traras (Oranie Nord Occidentale). Mém. Ing. Etat, Univ. Oran, 50 p.

**Bendoukha. R. (1987).** Etude dynamique, pétrographique et géochimique d'un complexe volcanique plio-quaternaire de la Basse Tafna (Oranie occidentale). Thèse Magister, USTHB, Alger, 159 p.

**Bendoukha. R. (2008).** Etude dynamique pétrographique et géochimique du volcanisme alcalin plio-quaternaire de l'Oranie (Algérie nord occidentale). Thèse Doct. Etat, USTHB, Alger, 175 p.

**Benzahra Dj et Ould Slimane L. (2012).** L'étude de la fracturation de l'axe Ain Tolba Ain El Elam (Ain Témouchent) par les méthodes géomatiques. Mém. Ing. Etat, Univ, Oran, 88p.

**Benzina. M . (2012).** Evolution Tectono-Sédimentaire Du Bassin De La Tafna (Tlemcen, Algérie Nord Occidentale).Mém. Doct. Etat, Univ,Tlemcen, 73p.

**Chebab A. et Karoui F.Z (2013)** – Apport de la télédétection à l'analyse de la fracturation lié à l'activité volcanique de la région de Souhalia (Oranie Nord Occidentale) .Mém Ing. D'état, Univ.Oran. 54p

**Ciszak R. (1993).** Evolution géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie (Algérie occidentale) pendant le Paléozoïque et le Mésozoïque. Docum. Labo. Géol. Sédim. et Paléon. Univ. Paul Sabatier, Toulouse, série 2, vol. 20, 513 p.

**Coulon G., Megartsi M., Fourcade S., Maury R.C., Bellon H., Louni-Hacini A., Cotton J., Goutelle A., et Hermitte D. (2002).** Post-collisional transition from Calc-alkaline to alkaline volcanism during the Négène in Oranie (Algeria): magmatic expression of a slab breakoff. *Lithos* 62, pp 87-110.

**Djemil W. (2009).** Utilisation de l'imagerie satellitale pour l'étude de la fracturation dans la région de Forthassa Rharbia (Monts des Ksour, Atlas saharien occidental, SW Algérien) Mém. Ing. Etat, Univ. Oran. 44p.

**El Azzouni M., Bernard-Griffiths. J., Bellon H., Maury R.C., Piqué A., Fourcade S., Cotten J et Hernandez J. (1999).** Evolution des sources du volcanisme marocain au cours du néogène C.R., Acad. Sci Paris, 329, 95-102.

**Gentil L. (1903).** Etude géologique du bassin de la Tafna. Bull. Serv. Carte géol., Algérie, Alger, 2ème Série, N° 4, 428 P.

**Guardia P. (1975).** Géodynamique de la marge alpine du continent Africain d'après l'étude de l'Oranie nord occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre le Rif externe, le Tell et l'Avant pays atlasique. Thèse Doct. Etat, Univ. Nice, 289 p.

**Hadjadj W. (2006).** La relation de la fracturation avec l'activité volcanique Moï-Plio-Quaternaire en Oranie nord-occidentale. Mém. Ing. Etat, Univ. Oran, 67p.

**Hebib Kh. (2001).** L'apport de la télédétection dans l'étude de la fracturation de l'Oranie nord-occidentale (Ain Témouchent- Basse Tana- Bouzedjar). Mém. Ing. Etat, Univ. Oran, 70p.

**Karoui N. (2012).** Les changements d'usage des terres agricoles et des espaces naturelles au périphérie d'Oran (Application de la télédétection spatiale). Mém. Ing. Etat, Univ. Oran, 104p.

**Kebir L.W. (1999).** Apport de la télédétection et des systèmes d'informations géographique à l'étude hydrogéologique : cas de la grande Sebka d'Oran. Mém pour l'obtention du diplôme de post – Graduation Spécialisée en Techniques Spatiales, CNTS Arzew, 53p.

**Koudjil W. (2002).** Contribution de la télédétection dans l'étude de la fracturation des Monts de Ghar Rouban (L'Oranie Nord Occidentale). Mém. Ing. Etat, Univ. Oran, 52p.

**Lagraa K et Nekkab S. (1990).** Etude pétrographique, dynamique et géochimique de la région des SOUHALIA (Oranie nord-occidentale). Mém. Ing. Etat, Univ. Oran, 83p.

- Lahmer M et Mokrfi F. (2013).** Synthèse De La Fracturation En Relation Avec L'activité Volcanique Plio-Quaternaire D'Oranie Nord Occidentale.Exemple Des Massifs d'Ain Témouchent, De La Base Tafna Et Des Souhalia. Mém. Master, Univ, Oran, 42p.
- Laridi-Ouzâa, N. (1994).** Le magmatisme Mésozoïque et Cénozoïque de la Tunisie septentrionale. Thèse Doct. Etat, Univ, Tunis, 350 p.
- Louni-Hacini A. (2002).** La transition du magmatisme calco-alcalin au magmatisme alcalin dans l'Oranie (Algérie nord occidentale). Thèse Doc. Etat, USTHB, Alger, 201p.
- Megartsi, M., (1985).** Le volcanisme mio-plio-quaternaire de l'Oranie nord-occidentale (Algérie). Thèse Doct. Etat. Université d'Alger, 296 p.
- Meghraoui, M., Morel, J.L., Andrieux, J., Dahmani, M., (1996).** Tectonique plioquaternaire de la chaîne tello-rifaine et de la Mer d'Alboran. Une zone complexe de convergence continent-continent. Bull. Soc. Géol. Fr., 167 :147-157.
- Neggadi A et Hamadouche H. (2010).** Apport de la télédétection à la mise en évidence de cycléaments en relation avec l'activité volcanique du complexe des M'sirda (Oranie nord Occidental). Mém. Ing. Etat, Univ, Oran, 47p.
- Ouedraogo W-P.O et Sogotera M . (2014).** La fracturation dans les terrains hercyniens de l'Oranie nord-occidentale : Synthèse de données, analyse et comparaison entre le môle de Tifrit et les mont des Traras. Mém. Master, Univ, Oran, 44p.
- Saad AZ. (1998).** Télédétection et géologie du Hoggar. Apport des images T.M de Landsat à la cartographie géologique au 1/500000ème d'In-Azaoua et à la caractérisation des uranifère. Thèse de Magister, C.N.T.S. Arzew, 93p.
- Sadran, G. (1958).** Les formations volcaniques tertiaires et quaternaires du Tell oranais. Publi. Serv. Cartes. Géol. De l'Algérie, Nouvelle série. Bull .N°18, 533P.
- Scanvic J.Y et Pion J.C. (1993) :** Application en géologie de la télédétection B.R.G.M. , 36p, France.
- Scanvic J.Y. (1983) :** Utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre. B.R.G.M. Edit., 158p.
- Taïbi N. 2012.** Apport De La Télédétection Optique Pour La Cartographie Structurale Dans Le Massif Des M'sirda Algérie Nord Occidental. Univ, Tlemcen.60p
- Thomas, G., (1985).** Géodynamique d'un bassin intramontagneux, le bassin du bas Chelif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse. Doct. Es Sci., Univ. De Pau et des pays de l'Adour, Institut universitaire des recherches scientifiques laboratoire de géochimie des bassins sédimentaires, 594 p.
- Velain C. (1874).** Constitution géologiques des îles voisines du littoral de l'Afrique, du Maroc à la Tunisie. C.R ACAD. Sci Paris, t. 128, p.73.

**Zeggai A. (1999).** Transformation entre systèmes de références géodésiques ; Option télédétection, pp. 23, C.N.T.S, Algérie.

**Zerka M. (1991).** Etude des enclaves ultramafiques du volcanisme plio-quadernaire de l'Oranie occidentale. Exemple des massifs d'Aïn Témoquent et de la basse Tafna. Thèse Magister, USTHB, Alger, 175 p.

**Zerka M. (2004).** Le manteau sous la marge Magrébine : relation 'infiltrations-réactions-cristallisations' et cisaillements lithosphériques dans les enclaves ultramafiques du volcanisme alcalins plio-quadernaire d'Oranie, exemples des complexes d'Aïn Témoquent et de la Basse Tafna (Algérie nord occidentale). Thèse Doct. Etat, Univ. Oran, 234p+ annexes.