

## Utilisation des images satellitaires pour l'étude de la fracturation du môle de Tifrit (région de Saïda, Algérie occidentale)

(<sup>1</sup>)M. Zerka, (<sup>2</sup>)C. Mesbah & (<sup>1</sup>)M. Tabeliouna

(1) Laboratoire de Magmatisme et de Synthèse Géodynamique des Bassins Algériens, Faculté des Sciences de la Terre, Université d'Oran, B.P. 1524 Oran

(2) C.T.S. Arzew, B.P.13 31 220 Arzew

**ملخص :** يمثل صدع نفريتليا مارز نافذة باليوزوية مغطاة بغطاء رسوبي ميزوزوي (الحقب الوسيط) منعقد التوافق. تكون أغلب التشكيلات الباليوزوية من العصر السيلوري حتى الكربوني من الشست الرملي و قد اخترقت بمتدخلات مغماتية. تحتوي الأراضي الميزوزوية من الترياسي حتى الجوراسي على سحن عضارية كربونية و رملية. تعود بنية صدع نفريت البارز إلى الدورتين التأسيسيتين للجبال الهرسينية و الالبية. تهدف دراستنا إلى تفصيل ظاهرة التكسر في منطقة سعيدة باستخدام معالجات و تفسير معطيات صور القمر الصناعي Landsat 7 ETM+. وصلت النتائج المحصل عليها بقراءة و تفسير الصور الجوية إلى كشف خمسة إنكسارات تمثل خمسة إتجاهات من ظاهرة التكسر أثرت على الدراسة خلال الدورتين الهرسينية و الالبية. قد تناقش و تقارن هذه النتائج مع الأعمال الجيولوجية التي تمت في المنطقة.

**الكلمات الأساسية :** الكشف عن بعد، المعالجات، قراءة و تفسير الصور الجوية، ظاهرة التكسر، نفريت.

**Résumé :** Le môle de Tifrit représente une boutonnière de socle paléozoïque recouvert en discordance par une couverture sédimentaire d'âge Mésozoïque. Les formations primaires, d'âge Silurien à Carbonifère, sont essentiellement schisto-gréseuses et sont recoupées par des intrusions magmatiques. Les terrains secondaires, Trias à Jurassique supérieur, correspondent principalement à des faciès argileux, carbonatés ou gréseux. La structure du môle de Tifrit est due à la superposition de deux cycles orogéniques : l'hercynien et l'alpin. L'objectif de notre étude consiste à la mise en évidence détaillée de la fracturation dans le môle de Tifrit (région de Saïda) par l'utilisation, les traitements et l'interprétation des données images du satellite Landsat 7 ETM+. Les résultats obtenus par photo-interprétation ont abouti à la reconnaissance de cinq familles de fractures représentant cinq directions privilégiées moyennes de la fracturation ayant affecté le secteur d'étude au cours des cycles hercynien et alpin. Ces résultats sont discutés et comparés aux travaux géologiques déjà effectués dans la région.

**Mots-clés :** télédétection, traitements, photo-interprétation, fracturation, Tifrit.

**Abstract :** The uplift block of Tifrit represents an occurrence of a Paleozoic basement covered in

discordance by a Mesozoic sedimentary cover. The Paleozoic formations, Silurian to Carboniferous, are mainly schisto-sandy and are intruded by magmatic stocks. The Mesozoic terranes, Trias to Upper Jurassic, correspond to argillaceous, carbonated or sandy facies. The structure of the uplift block of Tifrit is due to the superposition of two orogenic cycles : Hercynian and Alpine.

The objective of our study consists to a detailed description of the fracturing in the uplift block of Tifrit (area of Saïda) by the use, the process and the interpretation of image data from Landsat 7 ETM+ satellite.

The results obtained by photo-interpretation allowed the recognition of five families of fractures representing five average privileged directions of the fracturing having affected the studied sector during hercynian and alpine cycles. These results are discussed and compared to geological work already carried out in this area.

**Key words :** data imageries, treatments, photo-interpretation, fracturing, Tifrit.

### 1. Introduction

L'étude de la fracturation du môle de Tifrit (région de Saïda) s'est basée sur l'analyse et l'interprétation de données images du satellite Landsat 7 ETM+. L'interprétation de ces images satellitaires, en complément de la photo-interprétation traditionnelle, permet d'aboutir à une meilleure caractérisation de la fracturation du môle de Tifrit. Notre objectif a porté principalement sur la mise en évidence des morpho-structures ainsi que sur la cartographie des discontinuités linéamentaires.

### 2. Contexte géographique

Au cours du Mésozoïque, la structure de l'Algérie occidentale montre une évolution spatio-temporelle liée à des contrôles paléo-structuraux responsables de l'individualisation des domaines paléogéographiques suivants (Fig.1) : le domaine tello-rifain, le domaine tlemcénien, le domaine des hautes plaines oranaises, le domaine atlasique et le domaine saharien.

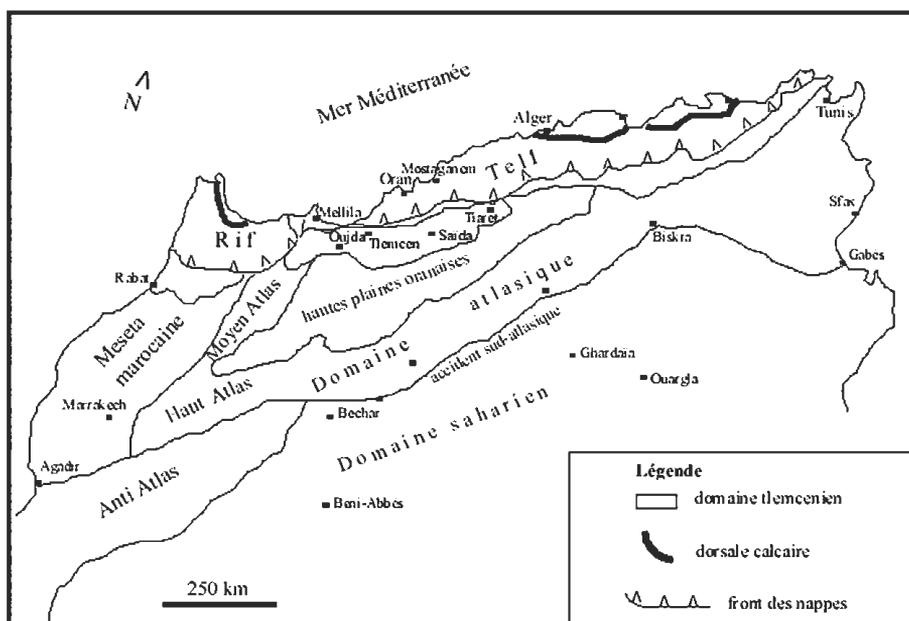


Fig. 1 Situation du domaine tlemcenien dans la chaîne alpine algéro-marocaine (in Benest, 1985).

Le domaine tlemcenien, ou avant-pays tello-rifain, correspond à une large bande de terrains s'étendant de la frontière algéro-marocaine jusqu'au Sud de la ville de Tiaret (Guardia, 1975 ; Ameer, 1978 ; Elmi et al., 1982 ; Benest, 1985). Il est limité au Nord par le Tell et au Sud par les hautes plaines oranaises. Le domaine tlemcenien est constitué par un alignement montagneux représenté d'Ouest en Est par : les monts de Ghar Rouban, les monts de Tlemcen, les monts de Daïa et les monts de Saïda.

Situé à environ 25 km au Nord-Est de la ville de Saïda, le môle de Tifrit constitue une entité géographique des monts de Saïda (Fig.2). Ceux-ci sont limités au Nord par les monts des Béni Chougrane, à l'Est par le Djebel Bechtout et à l'Ouest par les monts de Daïa et les monts de Tlemcen. Au Sud, le môle de Tifrit est bordé par le Chott Chergui.

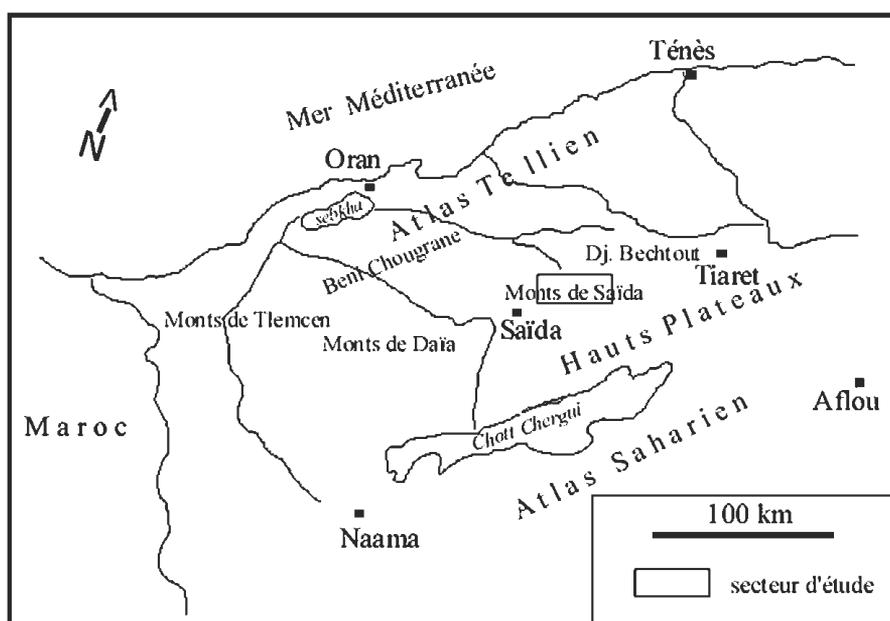


Fig. 2 Situation géographique du secteur d'étude.

### 3. Contexte géologique du môle de Tifrit

Les formations paléozoïques, qui constituent la chaîne hercynienne de l'Algérie nord occidentale, n'apparaissent que sous forme de boutonnières localisées à Ghar Rouban, dans les monts des Traras, dans le môle de Tifrit ainsi qu'à Djebel Bechtout.

Le môle, ou horst, de Tifrit représente ainsi un tronçon d'orogène dont la tectogenèse est assez difficile à reconstituer à cause de la superposition de deux cycles orogéniques : un cycle ancien hercynien et un cycle récent alpin. Il n'est alors possible, actuellement, de reconnaître que les effets du dernier cycle. Les structures héritées de l'hercynien ont été en grande partie oblitérées par la surimposition de celles de l'alpin. Le môle de Tifrit est globalement constitué d'un socle paléozoïque plissé recouvert en discordance par une couverture

mésozoïque sub-tabulaire (Fig.3). Les caractéristiques lithostratigraphiques des formations paléozoïques et mésozoïques du môle de Tifrit sont résumées dans le tableau 1. Par ailleurs, les formations paléozoïques sont recoupées d'intrusions de granitoïdes associées à des filons de roches hypovolcaniques (microdiorites, aplites, rhyodacites et rhyolites) ou même à des coulées rhyolitiques ou andésitiques de faible extension (Lucas, 1952 ; Bougara, 1995 ; Remaci-Benaouda, 2005 ; Mahmoudi, 2009). La mise en place de ces faciès magmatiques, au sein de ce socle paléozoïque, se serait effectuée à 297 +/- 1 Ma selon les datations isotopiques obtenues par Remaci-Benaouda (2005). L'exhaussement du môle de Tifrit, au cours de l'Alpin, est en grande partie dû au jeu de fractures d'importance régionale et dont certaines d'entre elles ont été héritées de l'Hercynien.

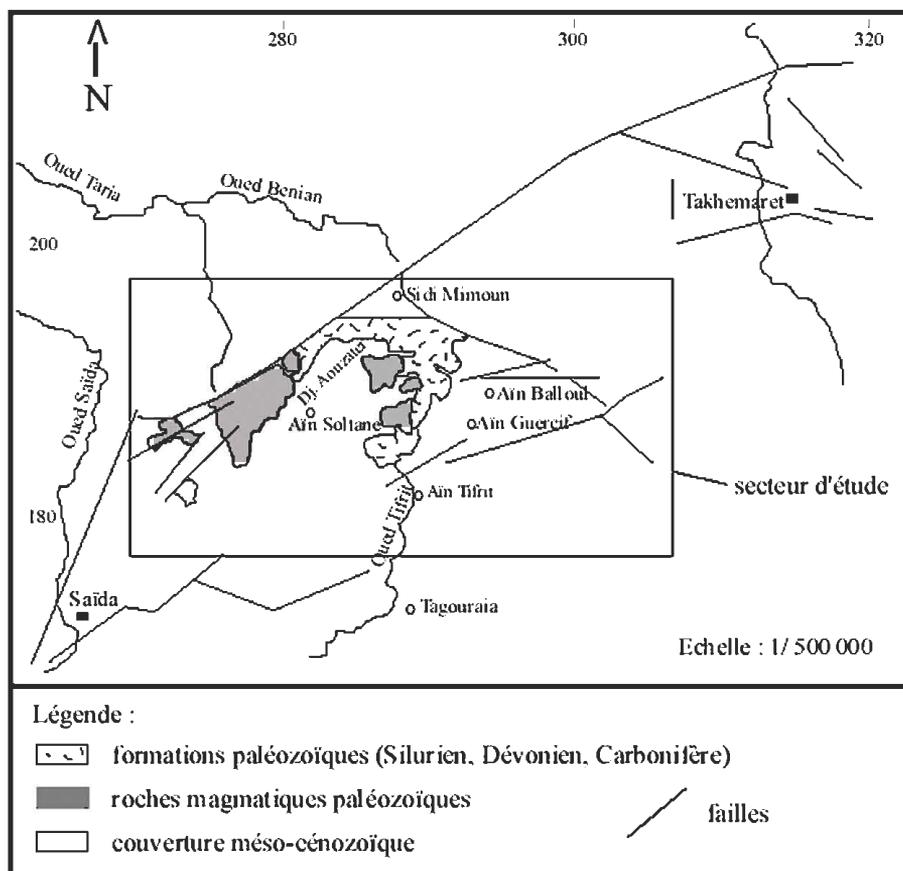


Fig. 3 Schéma structural simplifié du môle de Tifrit (in Mahmoudi, 2009).

**Tableau 1.** Récapitulatif des principaux ensembles lithostratigraphiques constituant le socle et la couverture du môle de Tifrit (in Lucas, 1952 ; Lapiere et al., 1984 et Bougara, 1995).

	<b>Age des formations</b>	<b>Lithologie</b>
C O U V E R T U R E	Jurassique supérieur	“les grès de Sidi Amar ” : formation gréseuse
	Callovo-Oxfordien	“les argiles de Saïda ” : marnes à ammonites et à intercalations de bancs gréseux
	Lias	calcaires dolomitiques bréchiques surmontés par des dolomies à nodules de silex, gastéropodes et lamellibranches
	Trias	complexe volcano-sédimentaire associé à des calcaires dolomitiques, des argiles et des coulées basaltiques
S O C L E	Carbonifère (Viséen)	formation conglomératique à interstratifications de brèches volcaniques
	Dévonien	schistes à intercalations de grès argileux et de grauwackes à fragments de roches éruptives
	Silurien	schistes gréseux, quartzites et phtanites noires à graptolites et radiolaires

#### 4. Méthodologie

La cartographie des unités géologiques ainsi que leurs réseaux linéaires constituent l'objectif principal de notre étude sur le môle de Tifrit. L'approche méthodologique ainsi adoptée s'est basée sur l'utilisation d'images spatiales du satellite Landsat 7 ETM+ pour l'analyse des caractéristiques radiométriques, morphostructurales et texturales des formations géologiques. Nous avons fait aussi appel aux études de terrain effectuées dans la région d'étude car elles sont nécessaires et restent fondamentales quant à leur complémentarité par rapport aux données numériques satellitaires.

Pour notre étude, nous avons disposé d'abord d'un fond topographique de la région de Saïda à 1/200.000 ainsi que d'une carte géologique du môle de Tifrit à 1/500.000.

Les données que nous avons utilisées dans cette étude sont des données issues du satellite Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau 2.

Les traitements d'amélioration des images de la région d'étude ont porté principalement sur l'étalement de la dynamique, la composition colorée et la conversion RVB (les canaux rouge, vert et bleu) en ITS (Intensité, Teinte et Saturation). Les traitements spécifiques ont été effectués avec le logiciel ENVI version 3.5 (Fig.4).

Dans le cadre de notre étude, la photo interprétation consistait à faire ressortir les différentes unités géologiques ainsi que le réseau de la fracturation qui les accompagne.

**Tableau 2.** Caractéristiques orbitales du satellite Landsat 7 ETM+

Satellite	Date de lancement	Altitude moyenne	Cycle orbital	Fauchée	Capteurs, canaux et résolution spatiale
<b>Landsat 7</b>	Avril 1999	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre ETM+, 7 canaux, 30 m

## 5. Interprétation des résultats

L'analyse de l'image satellitale du môle de Tifrit a permis de mettre en évidence l'existence de plus de 630 linéaments encaissés dans le socle et la couverture du môle de Tifrit (Fig.5 et Fig.6). Les linéaments structuraux ont été ainsi interprétés soit directement, lorsqu'il s'agit de failles évidentes, soit indirectement lorsqu'il s'agit de ruptures radiométriques. Les mesures de direction des fractures ont été effectuées manuellement au rapporteur sur un schéma structural simplifié représentant la fracturation dans le môle de Tifrit et déduit de l'analyse de l'image satellitale.

### 5.1 Analyse de la fracturation

La photo interprétation synthétique du secteur d'étude, associant l'analyse de l'image satellitale et les données auxiliaires de terrain, permet de reconnaître cinq réseaux principaux de structures linéamentaires correspondant chacun à une direction privilégiée moyenne de fractures affectant le socle et la couverture du môle de Tifrit. Ce sont les directions : N00, N20, N60, N90 et N120 (Fig.6).

Ces résultats interprétatifs seront comparés aux travaux de terrain notamment de Lucas (1952) et Bougara (1995).

#### **Les fractures de direction moyenne N00**

Plus de 125 mesures de fractures de directions comprises entre N350 et N10 ont été déduites de l'analyse de l'image satellitale. Ces mesures correspondent à la direction moyenne N00 et représentent près de 20 % du nombre total des fractures reconnues sur l'image satellitale. Ce réseau de fractures, peu dense, apparaît le plus souvent dans le socle, aux abords de ses limites septentrionales avec la couverture, notamment le long de la faille bordière de Sidi Mimoun.

#### **Les fractures de direction moyenne N20**

Toutes les mesures de directions comprises entre N10 et N30 font partie de cette direction moyenne. Elles sont au nombre de 110 et représentent environ 18 % du nombre total des mesures relevées. Ce réseau est plus fréquent dans la couverture et pénètre rarement le socle.

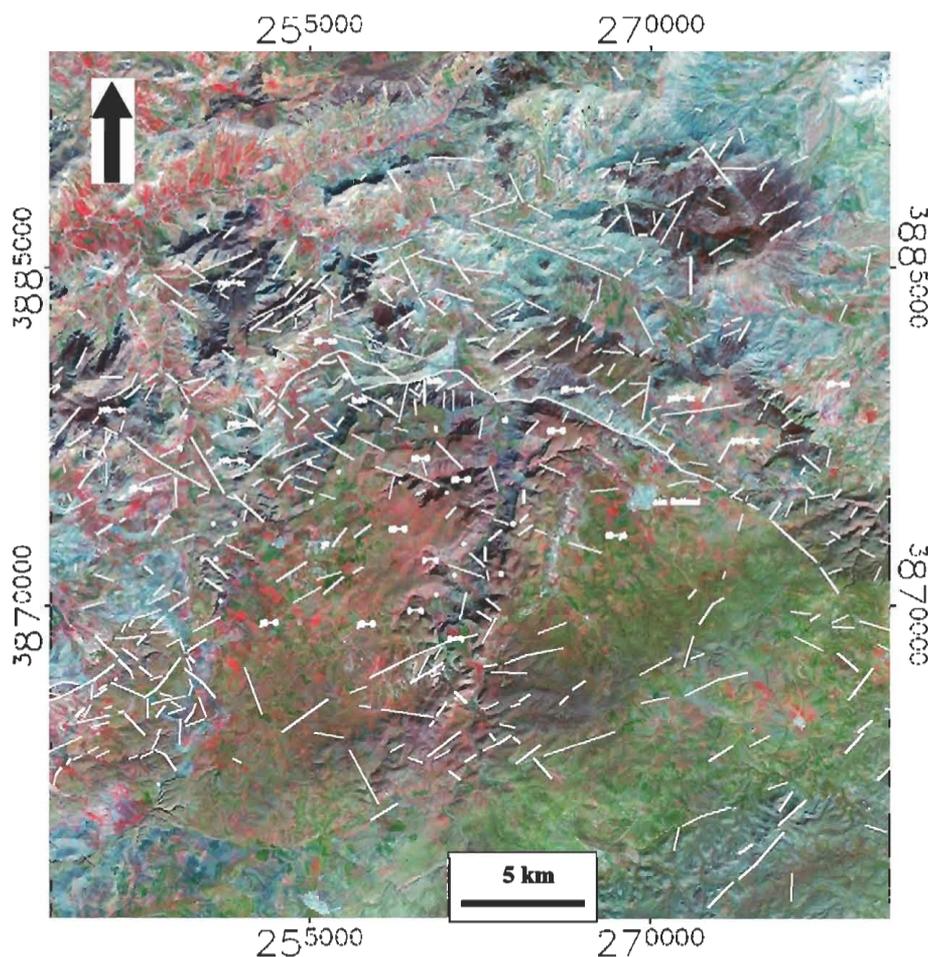


Fig. 5 Réseau linéamentaire du môle de Tifrit caractérisé par les différents traitements d'images.

### Les fractures de direction moyenne N60

Ce réseau est le plus important quantitativement dans le môle de Tifrit. Il regroupe près de 200 mesures dont les directions sont globalement comprises entre N50 et N70. Ces failles sont observables en plusieurs endroits notamment le long du tronçon occidental de la faille de Sidi Mimoun. Elles affectent aussi bien le socle que la couverture. Statistiquement, plus de 60 % de ces failles sont orientées entre N50 et N60 selon une direction moyenne NE-SW correspondant à la direction atlasique définie par de nombreux auteurs comme l'une des directions caractéristiques de la chaîne tellienne (Lucas, 1952 ; Guardia, 1975 ; Bougara, 1995).

de fractures, identifiées sur l'image satellitale, et orientées entre N80 et N110. Elles représentent près de 18 % du nombre total des fractures. Lucas (1952) et Bougara (1995) ont souligné l'importance de ce réseau dans la structuration finale du môle de Tifrit.

### Les fractures de direction moyenne N 120

Plus de 110 mesures ont été relevées pour cette direction privilégiée. Elles oscillent toutes entre N100 et N130 et représentent environ 21 % des fractures du secteur d'étude. Ce réseau de failles semble affecter préférentiellement la couverture mais il recoupe, quelquefois, les structures du socle. Selon Guardia (1975), la famille d'accidents à N120 est caractéristique de la meseta oranaise.

### Les fractures de direction moyenne N90

Cette direction moyenne correspond globalement à la direction E-W. Elle comprend plus d'une centaine

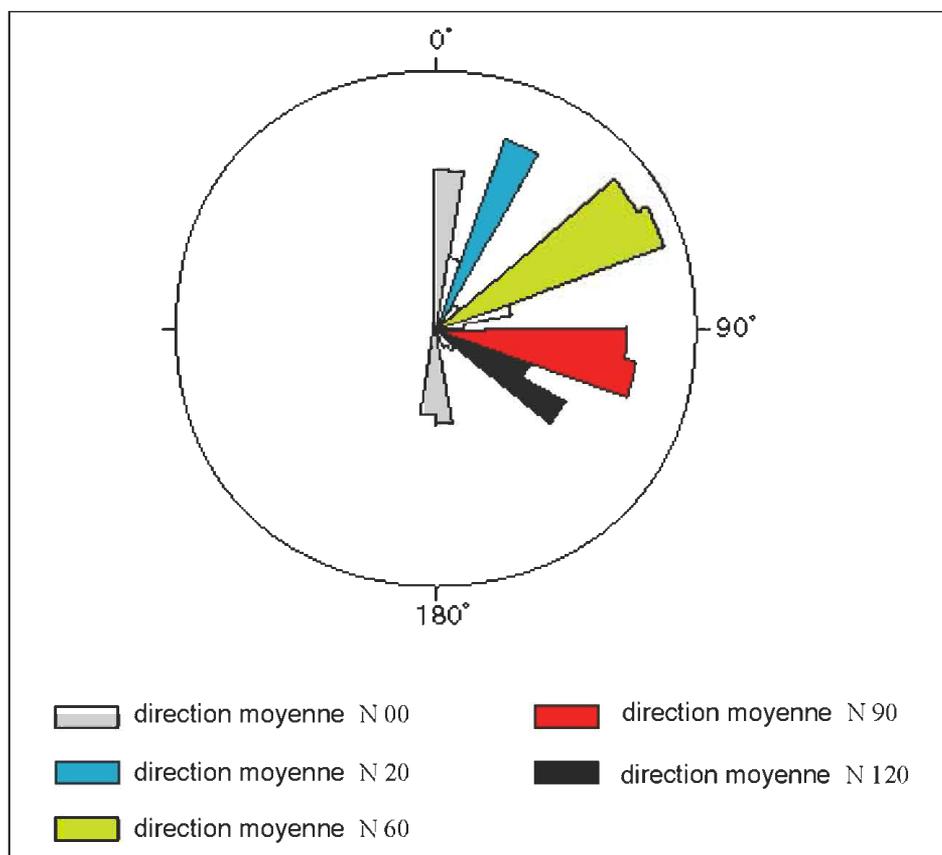


Fig. 6 Rosace de distribution directionnelle des linéaments encaissés dans le socle et la couverture du môle de Tifrit.

## 5.2 Chronologie des fractures

La photo interprétation de la fracturation dans la région de Saïda a permis de reconnaître plusieurs réseaux de fractures correspondant aux directions privilégiées moyennes des failles affectant l'ensemble du môle de Tifrit. L'observation sur l'image satellitale des relations géométriques existantes entre ces fractures permet également d'établir une chronologie entre ces différentes familles de failles et de rattacher chacun de ces réseaux à l'un ou l'autre des deux cycles orogéniques, hercynien ou alpin, qui ont contribué à la configuration finale du môle de Tifrit.

D'après les relations observées entre les principales directions privilégiées moyennes, il apparaît que les failles de direction moyenne N00, ou failles sub-méridiennes, sont les plus anciennes fractures affectant le môle de Tifrit. Elles se situent pratiquement toutes dans le socle et représenteraient donc un héritage hercynien. Lors du cycle alpin, elles ont été reprises très localement pour rejouer dans la couverture.

Les réseaux de failles d'orientation NE-SW et E.W, respectivement de direction moyenne N60 et N90, sont très marqués le long de la bordure septentrionale du môle de Tifrit. Ces deux directions sont également anciennes et résultent vraisemblablement de phases tardi-hercyniennes. L'existence de ces deux directions, conjuguées et obliques l'une par rapport à l'autre, a été déjà signalée dans le môle de Tifrit (Bougara, 1995). Par ailleurs, Guardia (1975) estime que les failles d'orientation moyenne NE-SW (N60 en moyenne) correspondent à la direction atlasique et représentent l'une des caractéristiques structurales de la chaîne tellienne en Oranie. Cette direction privilégiée a été également décrite dans les monts des Traras (Saad et al., 2001). Ce réseau, hérité du cycle hercynien, aurait guidé l'installation des sillons telliens et a souvent rejoué à plusieurs reprises pendant la période méso-cénozoïque.

Les familles d'accidents à N20 et N120 se situent dans leur globalité dans la couverture mésozoïque et sont peu fréquentes dans le socle. Ces failles seraient donc typiquement alpines. Sur l'image satellitale, il apparaît clairement que la direction N120 est la plus récente reconnue dans le secteur. La faille bordière de Sidi Mimoun, responsable de l'exhaussement du môle de Tifrit à l'alpin, correspond à une combinaison du jeu de ce réseau d'orientation moyenne N120 avec les accidents NE – SW pré-existants.

## 6. Conclusion

La photo interprétation de l'imagerie satellitale de la région de Tifrit révèle cinq familles de fractures de direction moyenne N00, N20, N60, N90 et N120.

Cette analyse a également permis de confirmer et de compléter les données de terrain, sur la fracturation de cette région, obtenues notamment par Bougara (1995).

Les cycles hercynien et surtout alpin correspondent aux deux principales orogénèses qui ont conduit à la structuration actuelle de l'Oranie et les structures nées, plis et failles, sont principalement orientées NE-SW ou de direction moyenne N60 qui est aussi considérée comme une direction atlasique. Dans le môle de Tifrit, la surrection du socle avec une partie de la couverture semble surtout liée à des phases alpines.

Cependant, au cours du Paléozoïque, Bougara (1995) reconnaît dans le môle de Tifrit un héritage hercynien correspondant à au moins quatre phases de déformations :

- la première est anté-Dévonien et située probablement à la limite du Silurien - Dévonien. Elle est représentée par les structures d'orientation N00 ayant généré des plis irréguliers ou isoclinaux dans les formations du Silurien. Cette phase serait contemporaine d'un léger métamorphisme épizonal affectant les formations siluriennes ;
- la seconde phase intervient à la limite Dévonien - Carbonifère et correspond à deux épisodes tectoniques induisant des structures d'orientation N100 (pratiquement E-W), et des structures orientées globalement dans une direction NE-SW ;
- une phase distensive viséenne responsable du re-jeu des fractures d'orientation EW ;
- une dernière phase de relâchement tectonique se traduisant par une tectonique cassante tardi-hercynienne et réactivant surtout les jeux de failles d'effondrement NS et EW conduisant au morcellement de la région en bandes rectangulaires. L'évolution structurale hercynienne du môle de Tifrit s'achève avec la mise en place des roches magmatiques.

Par ailleurs, les cinq familles de fractures reconnues dans le môle de Tifrit sont très comparables à celles déduites par imagerie satellitale, par Saad et al. (2001), dans les monts des Traras qui présentent également un contexte géologique et structural très analogue.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur reconnaissance aux enseignants-chercheurs du Laboratoire de Cartographie-Téledétection du CTS-Arzew pour leur contribution à l'aboutissement de ce travail. Ils remercient vivement le reviewer anonyme pour ses remarques pertinentes qui ont permis de revoir et d'améliorer la qualité de l'article.

### Références bibliographiques

- Ameur M., 1978 : "Les faciès de plate-forme du Jurassique inférieur et moyen de la partie orientale du Fillaoucène". Thèse Doct.3ème Cycle, Univ. Oran, 192 p.
- Benest M., 1985 : "Evolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et du début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire". Docum. Lab.Géol. Lyon, 95, 1-2, 581 p., 145 fig., 23 pl.
- Bougara M., 1995 : "Contribution à l'étude géologique des formations paléozoïques sédimentaires du Môle de Tifrit, Saïda, Algérie occidentale". Magister, Univ. Oran, 175 p.
- Elmi S., Alméras Y., Benhamou M. et Moulan G., 1982 : "La dislocation des plates formes carbonatées liasiqes en Méditerranée occidentale et ses implications sur les échanges faunistiques". Bull. Soc. Géol. Fr. (7), t. XXIV, n°5-6, pp.107-106.
- 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. Doc. Etat, Univ. Nice, n° A011417, 289p.
- Mahmoudi M., 2009 : "Etude pétrologique et structurale des roches magmatiques paléozoïques du môle de Tifrit (région de Saïda, Oranie)". Magister, USTHB Alger, 70 p.
- Remaci-Benaouda N., 2005 : "Pétrologie et géochimie des associations « felsiques-mafiques » tardi-hercyniennes de l'Oranie (Algérie nord occidentale) : implications pétrogénétiques et géodynamiques". Thèse Doct. Etat, Univ. d'Oran, 249 p.
- Saad A.Z., Zerka M., Ouasti M. et Bekaddour M., 2001 : "Apport de la télédétection à l'étude de la fracturation des Monts des Traras (Oranie nord occidentale)". Bull. Sci. Géographiques, INCT, octobre 2001, pp.15-21.