

Analyse morpho structurale à partir de l'image satellite :

Cas de la feuille « Les Tamarins »

(Atlas saharien d'Algérie orientale)

Ramdane MARMI*, Abdelkader ABDELLAOUI**

Abstract. Study area is located with in the convergence part between Aurès Massif and Hodna Mountains. From the landscape point of view, two distinct zones are observed: (i) the first, in the south, concerning a large massif, (ii) the second, in north-west, present globally a zone with low altitudes.

The main objective of this article consists to apply the photo-interpretation, to "Les Tamarins" area, to map the active tectonic structures which will be in relation with seismic activity. We have based our work on the lineament and the hydrographical network mapping from satellite image. The analysis of lineament and hydrographical network map established from satellite image put in evidence a major transverse lineament NW-SE which characterizes an active fault. The cinematic lineament corresponds to dextral strike-slip fault. This lineament trended NW-SE affects also the recent and actual deposits. The tectonic deformation is expressed by a strong fracturation, and contributes to the making of the actual landscape observed in the area. It corresponds to an important active fault, probably in relation with an Early Quaternary compressional event which is recognized through the Saharan Atlas.

This region has registered, in latest years, some telluric pulses however with low magnitudes reflecting its tectonic instability. The territorial response must take in to account this natural risk for next management projects.

Key words: Morphostructural analysis, Hydrographical network, satellite image, Algeria, ETM+

1. Introduction

La région d'étude, la feuille « Les Tamarins », se localise aux confins des Monts Hodna-Aurès. Le relief comporte deux zones distinctes : (i) une zone sud relativement montagneuse où se distinguent l'anticlinal du Djebel Metlili et le synclinal d'El Kantara, orientés suivant une direction atlasique et (ii) une zone nord représentée par des terrains moins accidentés composés essentiellement de dépôts plio-quaternaires occupant le cœur du large synclinal Seggana, de même orientation que les précédents plis.

Les formations géologiques comprennent des dépôts du Secondaire et du Tertiaire avec des faciès carbonatés, marneux et conglomératiques sur lesquels reposent, en couverture discordante, les sédiments du Mio-Plio-Quaternaire.

La déformation se manifeste le plus souvent par une fracturation intense, pluridirectionnelle, caractérisant une tectonique polyphasée à l'origine de différentes structures observées actuellement.

Afin de rechercher des indices de cette tectonique actuelle, nous avons fondé notre étude sur le traitement et la photo-interprétation d'une image satellitale Landsat ETM+. Le canal 8, panchromatique de résolution 15m nous a paru le plus adapté pour l'objectif assigné.

2. Cadre géographique

a. Localisation

Le terrain d'étude se situe dans la partie orientale de l'Atlas Saharien d'Algérie (fig. 1). Elle est limitée par les points de coordonnées {35°28'43.26 N; 5°22'10.97E} et {35°12'2.31N; 5°53'14.11E}. Ceci nous donne un espace plus large que la feuille « Les Tamarins » pour avoir une vision à une échelle plus grande et faciliter l'interprétation du réseau hydrographique et l'ensemble linéamentaire.

b. Analyse du relief

La zone d'étude se caractérise par deux types de relief : (i) une zone montagneuse dominée par Dj. Metlili dont le sommet culmine à plus de 1490m (fig. 2) et (ii) une plaine, occupant la partie nord occidentale de la feuille « Les Tamarins », dont les altitudes ne dépassant guère les 800m.

Dans le coin NE de la feuille, quelques chaînons s'alignent suivant une direction globale E-W, vers l'Est le sommet de Dj. Ras Setah Dakhla s'élève à 1300m. L'amortissement des altitudes se fait sentir progressivement en allant d'Est en Ouest, pour atteindre l'altitude 988m au Kef Aïssa.

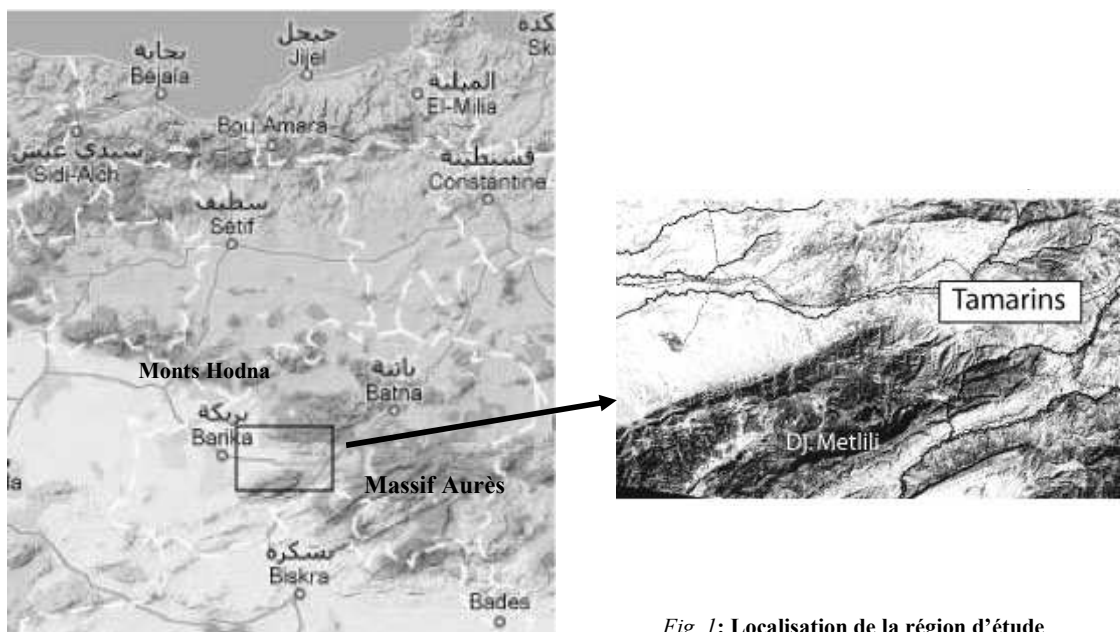


Fig. 1: Localisation de la région d'étude

Par contre la zone sud se distingue par une vaste zone montagneuse, à relief fortement accidenté, regroupant plusieurs djebels représentant des plis à axes orientés suivant la direction atlasique SW-NE. Ces derniers sont recoupés par des accidents tectoniques directionnels et transversaux perturbant ainsi le réseau hydrographique.

- Les vallées

Deux vallées, assez étroites et profondes, sont entaillées dans des formations à dominante carbonatée. La première située au NE, correspond à Oued Berriche (Fig. 3), où la profondeur du lit peut dépasser les 180m avec un resserrement de la gorge vers l'aval et constitue un exécutoire se situant à 860m. La

seconde se localise en amont de la ville d'El Kantara et portant le même nom (Gorges d'El Kantara) correspond à Oued el Hai. Il est longé par la route nationale N°3 reliant Batna à Biskra ; sa côte en amont se trouve à 700m (lit de l'oued) pour atteindre l'altitude 520m au niveau des gorges d'El Kantara (fig. 2). L'accentuation de l'entaille de ces gorges serait liée au soulèvement généré par la déformation du Quaternaire. D'ailleurs dans les Aurès le Miocène se trouve parfois perché à des altitudes dépassant les 2000m (Ghandriche, 1991). Les falaises encaissantes sont très abruptes et dépassent les 200m d'élévation, particulièrement sur la rive gauche correspondant au flanc ouest du synclinal d'el Kantara.

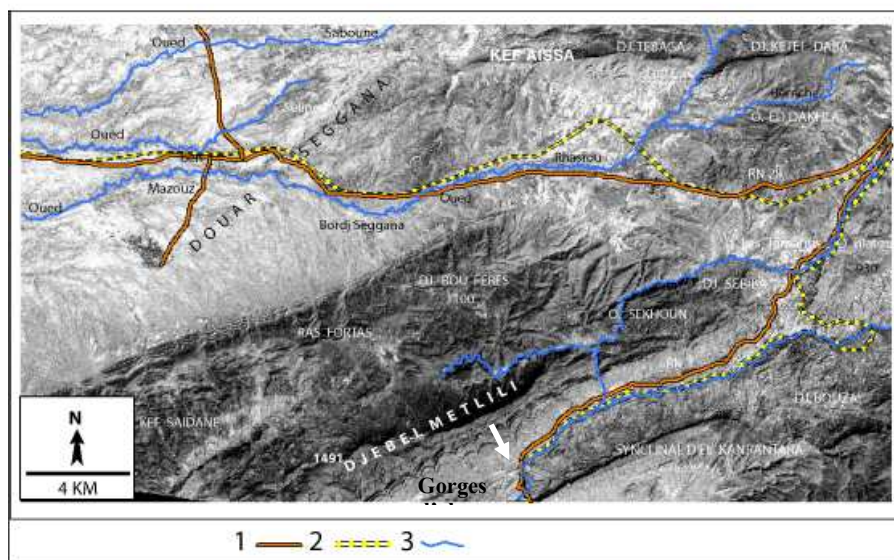


Fig. 2: Cadre géographique de la région d'étude. 1- Route; 2- Chemin de fer; 3- Oueds

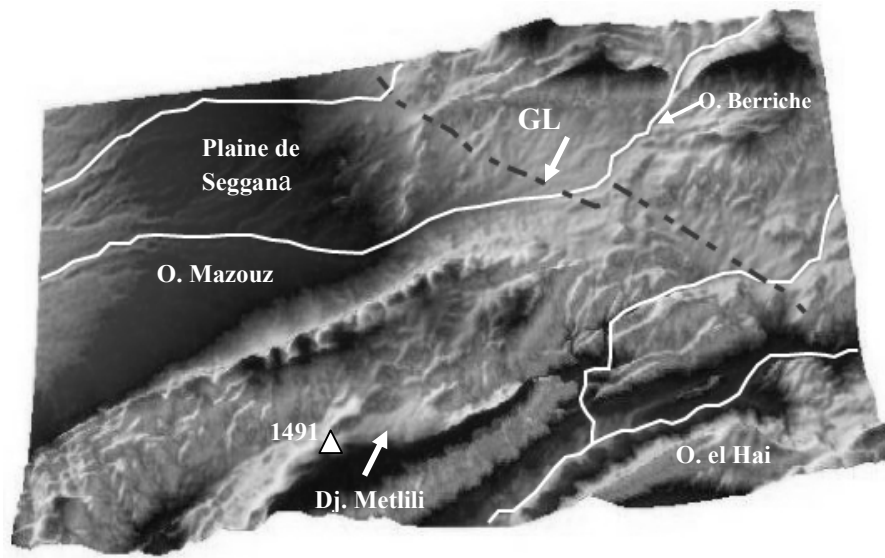


Fig. 3: Représentation en 3D à partir du DEM SRTM (Digital Elevation Model)

Pour la représentation 3D du relief, nous avons téléchargé et traité un modèle numérique d'élévation DEM SRTM (Digital Elevation Model) de la mission spatiale de 2000. Ce modèle fait apparaître nettement un imposant massif qui occupe pratiquement la moitié sud de la feuille (fig. 3).

La bordure NW de ce massif, regroupe quelques chaînons qui sont représentés par : Kef Saïdane, Ras Fortas (1200m), Dj. Bou Ferès (1100m) en allant du SW vers le NE. Leur ennoyage est observé à l'extrémité NE de la zone, au niveau de Dehra Tilatou (930m) (fig. 3). Le passage de la montagne à la plaine de Douar Seggana se fait suivant une

penne forte, où les altitudes moyennes du bassin versant passent de 1490 à 600m au piémont.

L'analyse de la carte topographique au 1/50 000^e nous a permis de relever les irrégularités correspondant aux escarpements ou falaises (lignes barbelées) et aux ruptures de pentes (variations rapides dans les altitudes à partir des courbes de niveau). Ensuite nous avons rajouté les contours géologiques (limites des différentes formations) et l'ensemble des éléments est représenté sur un document cartographique unique (fig. 4). Tous ces éléments cartographiés sont comparés entre eux tout en se référant aux cartes de départ (topographique et géologique).



Fig. 4: Schéma des structures morphostructurales

Il apparaît, sur la zone montagneuse sud, une certaine régularité de ruptures de pente qui s'orientent globalement suivant les directions des plis (anticlinaux ou synclinaux) et suivent leurs flancs, ce qui correspond aux directions des couches des roches. Elles expriment des crêtes nettement dégagées en relief et caractérisent le plus souvent les roches résistantes constituées essentiellement de calcaires (et calcaires à silex), de grès et de conglomérats.

Dans la partie nord, les ruptures suivent globalement la limite sud de l'ensemble des chaînons orientés E-W. Des perturbations de crêtes (arrêts ou réorientations) et ces dernières comparées à la carte linéamentaire, elles semblent être dérangées parfois par des accidents tectoniques.

Quant aux escarpements, comparés au fond géologique d'une part et aux lignes de rupture de pentes d'autre part, ils ne manifestent absolument aucune relation. Ils s'observent parfois aux sommets des djebels et expriment aussi les surcreusements des oueds, même au niveau de la plaine dans le coin NW de la feuille. Ce phénomène se développe plus particulièrement en aval des oueds (exemple des oueds traversant la plaine de Seggana).

Les corniches raides sont formées de calcaires à silex à couches fortement redressées du Coniacien et assez résistantes à l'érosion (fig. 4).

- Plaine et terrasses alluviales

La plaine alluviale, la plus importante sur le plan extension, se développe à l'extrémité NW de la feuille et joue un rôle non négligeable dans le développement de l'agriculture.

Les formations du Quaternaire sont beaucoup plus fréquentes dans le synclinal de Seggana et couvrent d'importantes étendues en discordances sur les sédiments antérieurs.

Les lits des deux grands oueds (O. Mazouz-Rhasrou et O. el Haï) sont occupés par des dépôts composés de galets et de lentilles de sables limoneux, occupant le lit majeur.

La terrasse la plus récente est constituée généralement de dépôts fins, limoneux (q6), couverts par des niveaux de sols sombres. Les deux autres terrasses, plus anciennes, sont représentées respectivement par des galets grossiers à matrice carbonatée du Tensifien (q4) et de sables ou limons du Soltanien (q5). Les dépôts sont hétérogènes, le plus souvent constitués d'éléments polygéniques et hétérométriques, dont les épaisseurs varient de quelques décimètres à quelques mètres.

3. Cadre géologique

Les grands traits structuraux des Aurès sont ébauchés par Laffitte (1939), ceux du Hodna sont réalisés par R. Guiraud (1973). Les formations du domaine atlasique autochtone se caractérisent par un Jurassique inférieur-moyen carbonaté. A partir du Malm la sédimentation devient détritique à dominante gréseuse et se termine par un « hard-ground » à caractères régional. Au-dessus, intervient un changement radical dans la sédimentation qui devient plutôt marno-carbonatée jusqu'au Lutétien. Cette épaisse série marno-carbonatée est entrecoupée par des discontinuités (surfaces durcies, lacunes et discordances) qui témoignent d'une instabilité tectonique de la région à différentes époques géologiques. Le Mio-Plio-Quaternaire marin et/ou continental, le plus souvent détritique, renferme aussi des discontinuités et présente des indices d'une tectonique récente et recouvre en discordance les séries précédentes.

Sur le plan structural, le domaine autochtone atlasique, se distinguant par des structures variées, est affecté par une déformation tectonique dont l'empreinte, des phases du Crétacé supérieur et de l'Eocène, est nettement exprimée (Guiraud et al, 1998). Cependant après les dépôts du Néogène de nouvelles déformations importantes se sont manifestées et qui seraient probablement en relation avec la phase du Quaternaire basal. Dans notre région s'individualisent trois principaux plis orientés suivant la direction atlasique, du NW au SE ou se disposent le synclinal de Seggana, l'anticlinal de Metlili et le synclinal d'El Kantara.

4. Analyse linéamentaire

a. Principe et méthode

Pour le présent travail nous avons pu disposer de plusieurs images satellitales Landsat téléchargées sur le site de l'USGS. Nous avons opté pour l'image ETM+ du 4 avril 2001 de laquelle nous avons extrait une fenêtre correspondant à la feuille « les Tamarins ». Nous avons commencé par des traitements classiques simples sur les canaux visibles et proches IR : composition colorée, analyse en composantes principales, filtres directionnels. Nous avons ensuite traité le canal 8 (panchromatique) de résolution 15m en lui appliquant une amélioration d'image par stretch photographique. Ce traitement a permis de rendre les linéaments plus discernables par photo interprétation. Sur l'analyse en composantes principales, les néo canaux 1 (qui contient 95% de

l'information) et 4 ont permis de mettre en évidence certains linéaments que nous n'avions pas pu distinguer au cours de la photo interprétation du canal 8. Le traitement par filtre directionnel (notamment NW-SE) ne nous a pas permis d'obtenir plus d'informations. Pour interpréter au mieux l'ensemble linéamentaire, nous avons élaboré une base de données géographiques sous MapInfo, constituée de trois tables principales liées à la dynamique naturelle (une table linéaments, une table réseau hydrographique et une table cours principaux d'oueds) et trois tables secondaires (routes, voies ferrées et relief).

Nous disposons par ailleurs des cartes topographique et géologique que nous avons scannées. L'image satellitale et les cartes ont été ensuite calées dans le système de projection UTM/WGS84, zone 31N. Tous les documents sont alors produits sur cette projection cartographique.

La méthodologie consiste en une cartographie des linéaments (tout objet paraissant linéaire ou plus ou moins courbe) à partir de l'image satellitale (canal 8 rehaussé, néo canaux 1 et 4 de l'analyse en composantes principales). Nous avons porté une attention particulière aux secteurs couverts par des formations récentes car elles enregistrent le mieux les indices de la tectonique active et nous permet aussi d'estimer leur chronologie relative.

Chaque linéament relevé est affecté d'un code et de son orientation (direction par rapport au nord). Les éléments identifiés sont ensuite confrontés à la carte topographique afin d'éliminer les éléments qui sont d'origine anthropique (canaux d'irrigation, voies de communication, chemins, limites de champs, etc..) et à la carte géologique pour voir éventuellement leurs relations avec les différentes formations géologiques.

b. Résultats. Discussions

Plus de six cent linéaments sont cartographiés à partir de l'image satellite. Selon leurs directions les linéaments sont regroupés en huit familles qui sont les suivantes : NW-SE, NE-SW, NNE-SSW, NNW-SSE, E-W, N-S, ENE-WSW et WNW-ESE.

La famille la plus importante du point de vue fréquence est celle de direction NW-SE. D'après la carte linéamentaire, la répartition spatiale des éléments, d'une manière générale, est plus ou moins homogène sur l'ensemble de la zone. Cependant nous notons une concentration relativement plus renforcée dans la moitié occidentale de la feuille. En comparant ces linéaments avec la carte géologique il s'avère que dans la majorité des cas ils se rapportent à des accidents tectoniques (fractures, failles). Ils sont bien exprimés dans les roches compétentes

comme les carbonates qui ont tendance à se rompre sous l'effet des contraintes. Par contre dans les terrains détritiques (plus particulièrement les argiles et les marnes), la roche se déforme intensément mais les ruptures sont rarement bien visibles.

Ensuite nous avons repris une cartographie synthétique en mettant en évidence les linéaments les plus significatifs, c'est-à-dire plus étendus. Le schéma synthétique (fig. 5), des linéaments importants du point de vue extension, fait apparaître quatre grands linéaments dont trois sont orientés NW-SE. Le quatrième suit plutôt une direction NE-SW. Le plus important (grand linéament, GL), à caractère régional de direction NW-SE, semble le plus récent relativement par comparaison aux précédents ; il se compose de segments en relais. Il correspondrait à un accident tectonique affectant les formations géologiques, anciennes et récentes, parfois en les décrochant. Il se caractérise par une cinématique de mouvement dextre. Donc du point de vue dynamique, il serait actif et par conséquent il caractériserait une tectonique active dans la région. Un second linéament, assez étendu, orienté NW-SE, recoupe le Dj. Metlili dans sa partie médiane. Cependant sa trace n'est pas décelable dans les formations récentes de la plaine de Douar Seggana. Soit il s'est manifesté avant la mise en place des dépôts récents, soit sa dynamique est de faible intensité et par conséquent il n'a pu laisser d'emprunte nette sur le relief. D'autres linéaments, relativement moins allongés, s'observent de part et d'autre de ces deux accidents, caractérisés par deux directions dominantes : WNW-ESE et E-W.

Il est connu dans l'atlas saharien une déformation à régime compressif, se rapportant au Quaternaire basal, avec un raccourcissement orienté globalement N-S. Celle-ci a engendré diverses structures telles des plis, des chevauchements et des failles conjuguées NW-SE et NE-SW (Guiraud, 1990 ; Aïssaoui, 1984 ; Marmi et Guiraud, 2006) (fig. 6).

Les arguments corroborant la cinématique et sa chronologie du GL sont les suivants :

- La corrélation de la carte linéamentaire et de la carte géologique fait apparaître le recoupement des formations géologiques aussi bien anciennes qu'actuelles, du Quaternaire (Moulouyen) par le linéament majeur. Cet argument de taille étaye la conception d'un accident actif.
- Les formations du Quaternaire (q2 et q4) du compartiment NE se trouvent respectivement à + 900 et +860m, alors que celles du compartiment SW sont à moins de 890 et 830m. Cela correspond à un rejet vertical allant de 10 à 30m donc le bloc NE est soulevé par rapport à celui SW.

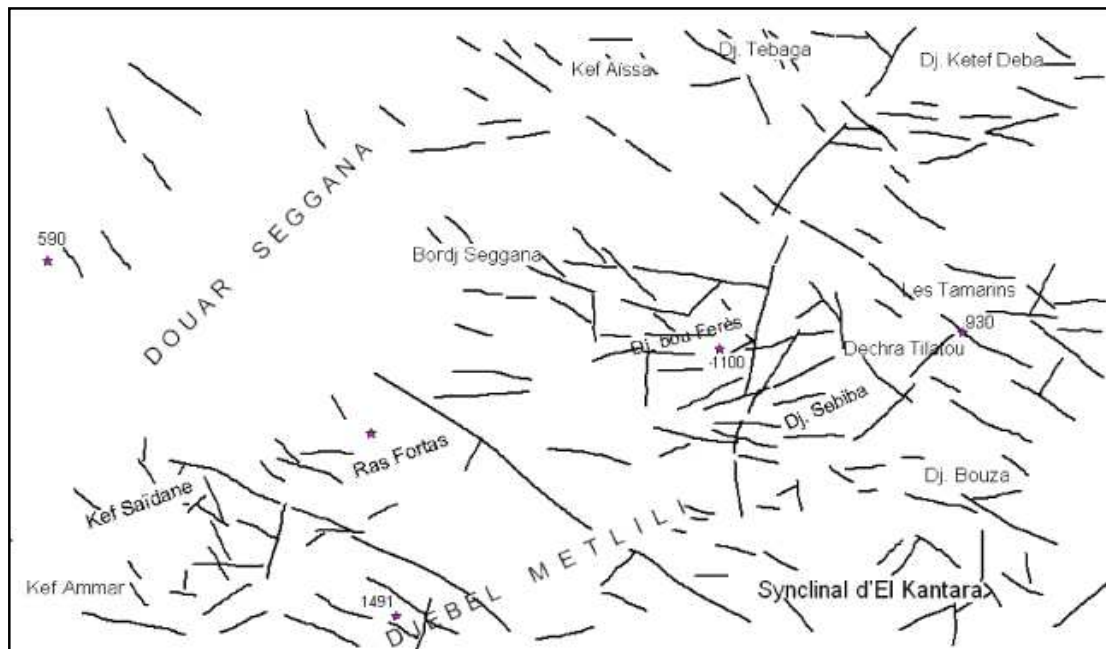


Fig. 5: Carte linéamentaire

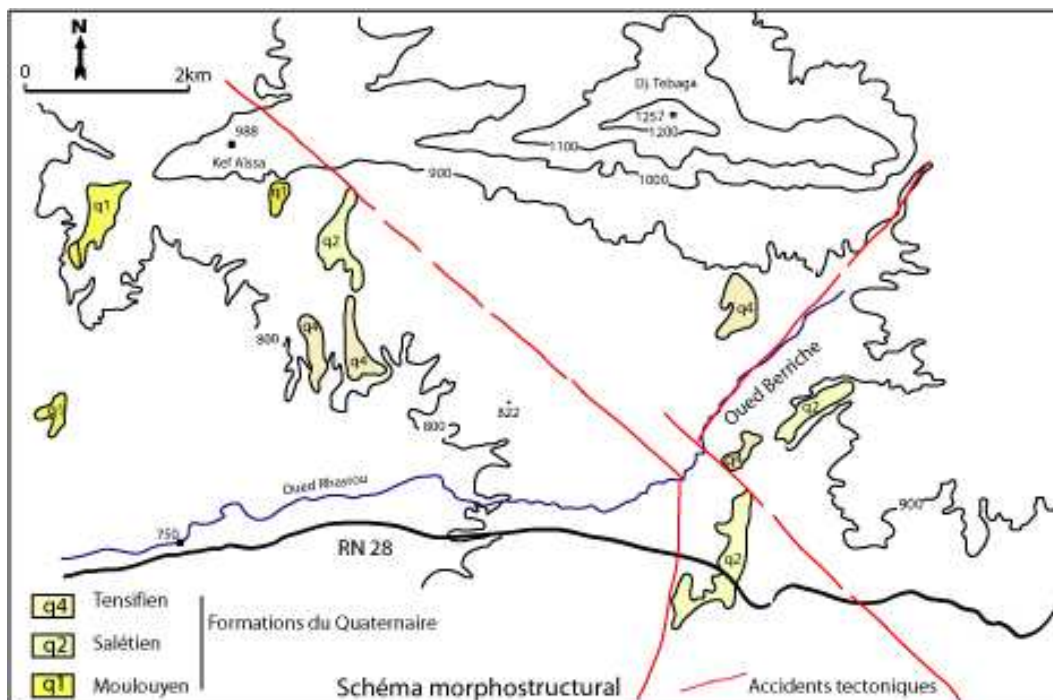


Fig. 6: Schéma morphostructural

- Le linéament de direction NE-SW est décalé par le GL en décrochement dextre ce qui confirme la postériorité de ce dernier (fig. 5 et 6).

Donc le GL est un accident à composantes verticale et horizontale, il est actif car il affecte le Quaternaire et reflète donc le caractère actif de la tectonique dans la région.

5. Analyse du réseau hydrographique

a. Sous bassins versants

La région d'étude se caractérise par un climat semi-aride où les écoulements pérennes sont très rares. Elle chevauche deux bassins hydrologiques sahariens. La majeure partie des Tamarins est drainée par le bassin n°6 (bassin de Biskra), mais la frange ouest de la feuille est drainée par le bassin n°5 (bassin du chott El-Hodna). Elle comprend deux sous-bassins versants : un au NE correspondant aux oueds Berriche-Rhasrou-Mazouz, et l'autre au SE, représenté par celui des oueds el Haï-Sekhoun. La ligne de partage des eaux, entre ces deux sous bassins, suit approximativement la ligne de crête du Dj. Metlili (fig. 3). Dans le premier sous bassin se développent des rivières anastomosées caractéristiques d'un relief plat et comportant des formations détritiques homogènes. Dans le second sous bassin, les cours d'eau représentent un chevelu hydrographique dense à ramifications assez complexes reflétant un relief très accidenté avec des formations géologiques hétérogènes du point de vue faciès.

b. Organisation du réseau hydrographique

La région se caractérise par un réseau assez dense (fig. 7) qui s'organise autour de deux principaux oueds : O. Mazouz et O. el Haï, dont les écoulements s'effectuent globalement du NE vers le SW. En aval et à l'extrême Ouest, O. Mazouz traverse la plaine

de Douar Seggana dont son lit atteint l'altitude 580m. Il est relayé, dans sa section médiane, par O. Rhasrou qui reçoit à son tour en amont deux affluents : O. Berriche au NE, transitant par les gorges entaillées entre les djebels Tebaga à l'Ouest et Ketef Deba à l'Est, et le second affluent, O. ed Dakhla, avec un écoulement suivant une direction globale E-W. La côte de confluence de ces deux derniers oueds s'élève à 855m pour atteindre une altitude de 589m à l'extrémité occidentale de la feuille.

Dans la partie SE de la feuille, le second important oued, O. el Haï, coule suivant une direction NNE-SSW, mais après sa confluence avec O. Sekhoun, il emprunte une direction ENE-WSW. Après Dj. Bouza, il prend une orientation E-W, en passant au sud de la localité « Les Tamarins ». Par contre O. Sekhoun suit une direction subméridienne, dans sa partie sud, ensuite il se réoriente vers le NE en quittant les djebels Bou Ferès et Sebiba. Dans sa partie amont, il se prolonge par O. Tilatou, qui traverse la localité « Les Tamarins ». Ce dernier prendrait sa source dans les Monts de Belezma qui se trouvent plus au NE. Dans la partie nord orientale de la feuille, les écoulements des principaux oueds empruntent globalement l'orientation NE-SW. A l'extrémité NE du massif, les directions des oueds changent brusquement pour devenir presque E-W, ensuite les cours reprennent l'orientation vers l'ENE-WSW (fig. 7).

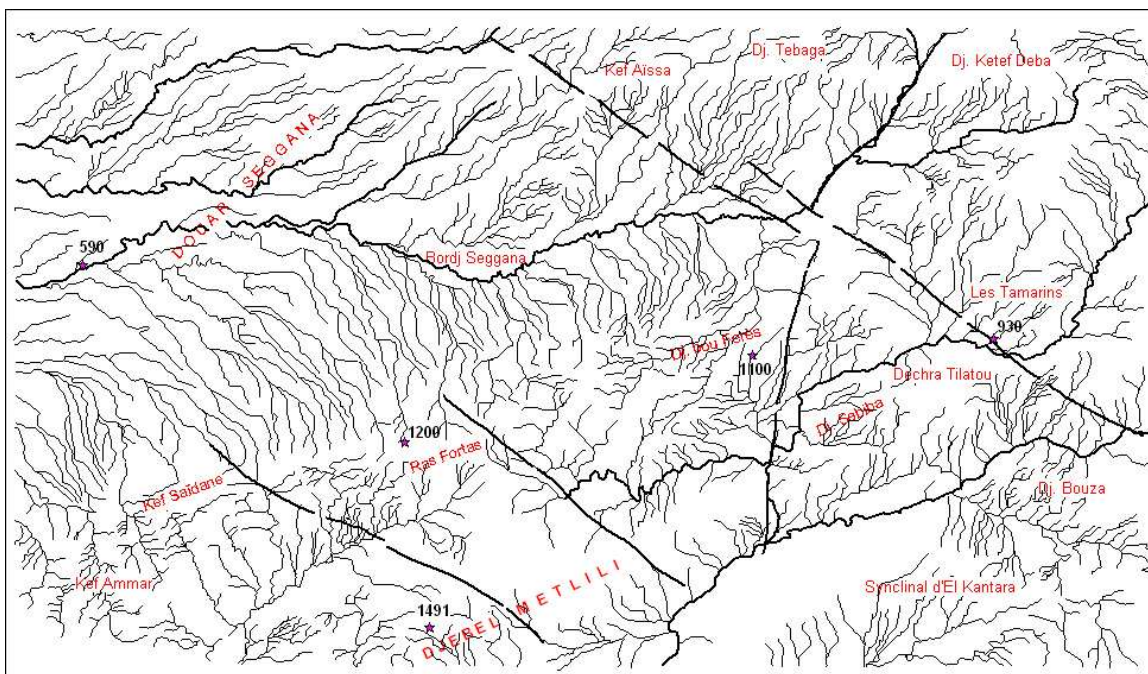


Fig. 7: Carte du réseau hydrographique

c. Analyse du réseau hydrographique

Une première observation, de la carte représentant le réseau hydrographique, met en évidence un certain parallélisme entre les principaux oueds. Les déviations des itinéraires de ces derniers sont spectaculaires, elles forment de grandes courbures méandriformes. Leurs points d'inflexion s'alignent suivant une direction générale NW-SE. Cette remarque concerne les oueds : Saboune (coin NW de la feuille), Mazouz-Rhasrou, Sekhoun-Tilatou, et el Haï (dans sa partie NE). Donc cette anomalie, récurrente se place sur un alignement particulier ; elle est probablement en relation avec un accident tectonique qui se caractérise par un mouvement décrochant. Ce dernier serait à l'origine du changement des directions des cours d'eau à l'endroit de son passage. En se référant à la carte linéamentaire, et par comparaison, nous constatons que ces variations de directions se disposent effectivement sur la trajectoire du GL mis en évidence par la photogéologie.

Les observations de détail, sur les oueds de moindre envergure, révèlent aussi des perturbations assez significatives : écoulements linéaires sur des centaines de mètres dans certains cas, changements brusques dans leurs cours, abandon de lits, perpendicularité des rivières, etc... Ces irrégularités se trouvent le plus souvent associées aux linéaments qui représentent souvent des failles à cinématiques variées (failles décrochantes, normales, inverses, chevauchantes). Parfois les manifestations linéaires des cours d'eau suivent des orientations préférentielles qui se superposent aux directions de certains linéaments.

En comparant la carte linéamentaire et le réseau hydrographique, nous remarquons, parfois, que sur les trajectoires de nombreux linéaments relativement étendus, les cours d'eau dévient ou se réorientent suivant ces derniers. Toujours en corrélant ces deux documents cartographiques nous constatons que les perturbations les plus exprimées sont en relation avec la direction globale E-W des linéaments (WNW-ESE, ENE-WSW et E-W). L'hypothèse la plus plausible, concernant cette observation, s'expliquerait par une direction rattachable aux failles générées par la déformation tectonique récente (Quaternaire ?). Et par conséquent les oueds ont tendance à emprunter les zones de faiblesse créées par ces accidents récents.

6. Interpretation et Discussion

L'analyse linéamentaire et du réseau hydrographique de la feuille « Les Tamarins » a mis

en évidence une nouvelle conception concernant l'existence et la dynamique des accidents tectoniques et cela grâce à l'interprétation photo géologique de l'image satellitale.

Les différents résultats, tirés de la cartographie réalisée et confrontés aux données géologiques, confirment la manifestation d'une tectonique active dans la région d'étude. Pour étayer l'hypothèse de la présence d'un accident à caractère régional actif, nous nous sommes fondés sur les arguments tels la disposition des principaux linéaments, la perturbation frappante des principaux oueds et l'affectation des dépôts actuels. La cinématique de ce linéament s'exprime par le décrochement des formations géologiques, indiquant un mouvement spatio-temporel. Aussi les changements d'itinéraires de ces cours d'eau, d'une manière conforme et à des endroits bien précis confortent la relation entre d'une part, la cinématique de l'accident et d'autre part les déviations des cours des oueds. Il s'agit donc d'un décrochement dextre accompagné d'un cortège d'accidents satellites, disposés de part et d'autre de ce dernier, cependant ils sont de moindre ampleur. Probablement le pointement triasique qui se trouve dans le coin SE de la feuille serait mis en place à la faveur de cet accident.

Si nous corrélons le réseau hydrographique réalisé par nos soins et celui représenté sur la carte topographique éditée en 1959, nous déduisons que certains oueds ont abandonné carrément leur premier itinéraire et/ou emprunté de nouveaux parcours sur certains segments.

L'étude nous a permis de réaliser deux cartes : la première linéamentaire et la seconde se rapporte au réseau hydrographique toujours à partir de l'image satellite. L'analyse de ces deux documents cartographiques, et en confrontation avec la carte géologique, nous a permis de dégager de nouvelles données inédites.

Conclusion

Les résultats obtenus concernent de nouvelles données et ont abouti à la mise en évidence d'un grand accident tectonique d'extension régionale, actif, reflétant la sismicité de la région. Cette structure recoupe la feuille « Les Tamarins » diagonalement et s'oriente globalement NW-SE. La déformation se manifeste le plus souvent par une fracturation intense exprimant une tectonique polyphasée à l'origine de différentes structures dans la région. Ce linéament affecte aussi les formations géologiques plio-quaternaires ce qui étaye l'hypothèse d'une faille active. Les cours des oueds sont souvent perturbés à l'endroit du passage du GL.

Cette direction privilégiée pourrait être en relation étroite avec la tectonique actuelle générée par la déformation du Quaternaire basal et qui aurait contribué largement au modelé du relief actuel. L'atlas saharien algérien est classé comme zone stable sur le plan sismique, cependant ces dernières

années des secousses telluriques de faibles amplitudes ont été enregistrées dans les Monts des Aurès et du Hodna. Par conséquent le risque sismique est à prendre en considération dans la réalisation de tout projet futur d'aménagement dans la zone en question.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aïssaoui D. (1984) – *Les structures liées à l'accident sud-atlasique entre Biskra et le Djebel Manndra, Algérie. Evolution géométrique et cinématique*. Doctorat de 3ème cycle, Strasbourg. 105p.
- Frizon de Lamotte D., Ghandriche H., Moretti F. (1990) – *La flexure saharienne: trace d'un chevauchement aveugle de flèche plurikilométrique au nord du Sahara. (Aurès)* C.R.A.S., t. 310, série 2, pp. 1527-1532.
- Ghandriche H. (1991) – *Modalités de la superposition des structures de plissement-chevauchement d'âge alpin dans les Aurès (Algérie)*. Doctorat, Université Paris Sud Orsay, France, 189p.
- Guiraud R. (1973) – *Evolution post-Triasique de l'Avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines*. Thèse ès Sciences, Université de Nice, 270 p, 114 fig., 12 pl. h.t.
- Guiraud R. (1990) – *Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines*. Bulletin du Service Géologique d'Algérie, Alger; 271p.
- Guiraud R., Bellion Y., Ballais J.L. (1998) – *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000*, feuille « Les Tamarins » SGA, 1 carte et 1 notice, 17p.
- Herkat M. et Delfaud J. (2000) – *Genèse des séquences sédimentaires du Crétacé supérieur des Aurès (Algérie). Rôle de l'eustatisme, de la tectonique, de la subsidence: une mise au point*. C. R. Acad. Sci. Planetary Science Vol. 330, Issue 11, 785-792.
- Laffitte R. (1939) – *Etude géologique de l'Aurès*. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2ème série, N°15, 451p.
- Marmi R., Guiraud R. (2006) – *End Cretaceous to Recent polyphased compressive tectonics along the « Môle Constantinois » and foreland (NE Algeria)*. Journal of African Earth Sciences, 45, 123-136.

* **Laboratoire de Géologie et Environnement, Université de Constantine, 25 000, Algérie.**

** **Département de Géographie, Université Paris Est Créteil (Upec) Val-de-Marne, GEONAT EA 41.**