

Le Bassin de Skoura-Tazouta (Moyen Atlas, Maroc): Un Exemple de Paléo-Barrage D'âge Néogène- Quaternaire d'origine Tectonique et à Remplissage Fluvio-Lacustre et Travertineux

*Mohamed El Fartati,
Said Hinaje,
Samir Amrani,
Youssef Gharmane,
Driss Yaagoub,*

Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Sciences et Techniques,
Fès, Maroc, Laboratoire de Géo-Ressource et Environnement

Doi:10.19044/esj.2019.v15n27p339 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n27p339](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n27p339)

Résumé

Le bassin subsidient de Tazouta-Sakoura, situé dans le Moyen Atlas plissé, correspond à une zone effondrée à tectonique polyphasée au Néogène et au Quaternaire, il est limité à l'ouest par une branche de l'ANMA (Accident Nord Moyen Atlasique) et au sud par la rampe de Tichoukt. Ce bassin est interprété par nos prédécesseurs comme un bassin lacustre au sens large et à remplissage sédimentaire fluvio-lacustre et travertineux. Les études paléogéographique et géodynamique (cartographie géologique, lithostratigraphie,...) que nous avons effectuées dans la zone de Tazouta-Skoura nous ont permis de déterminer les facteurs responsables de la genèse et de l'évolution de ce bassin lacustre en paléo-barrage de Oued Mdaz d'âge néogène-quaternaire. Les analyses tectoniques et microtectoniques des structures cassantes affectant les dépôts néogènes, quaternaires et leur substratum jurassique, nous ont permis de déterminer les paléo-champs de contraintes d'âge vallésien, miocène supérieur, pliocène et quaternaire. Ces états de contraintes tectoniques ont joué un rôle primordial dans l'évolution géodynamique, structurale et paléogéographique de ce bassin. Le mur du barrage correspond à une faille normale N130 à pendage SW d'âge vallésien, qui a basculé les couches bajociennes et bathoniennes vers le SW. Les niveaux marneux de ces couches constituent un obstacle imperméable qui a bloqué les écoulements des eaux de surface et d'infiltration. Le lac du paléo-barrage a connu une sédimentation lacustre de nature argileuse et carbonatée au Vallésien. Ces dépôts sont surmontés par les marnes d'origine marine du

Miocène supérieur, les poudingues de Skoura d'origine fluviale et les calcaires lacustres du Pliocène, et par les dépôts fluvio-lacustres et travertineux du Quaternaire. L'ensemble est structuré par plusieurs familles de failles : NW-SE, ENE-WSW, NE-SW et N-S. Les failles les plus récentes correspondent aux failles normales de direction moyenne N170 d'âge quaternaire moyen-récent. Le jeu normal de ces failles subméridiennes a provoqué d'une part la surélévation du plateau du Douar Ait Chaib, et d'autre part la dislocation du mur naturel du paléo-barrage sur le paléo-Mdaz et la vidange très rapide du lac. Ce dernier phénomène a provoqué une érosion rapide qui a laissé des buttes témoins à surface horizontale (Garas).

Mots clés: Bassin de Tazouta-Skoura, Tectonique, Paléo-barrage, Paléogéographie, Moyen Atlas

The Skoura-Tazouta Basin (Middle Atlas, Morocco): An Example of a Neogene-Quaternary Tectonic Paleodam with Fluvio-Lacustrine and Travertine Deposits

*Mohamed El Fartati,
Said Hinaje,
Samir Amrani,
Youssef Gharmane,
Driss Yaagoub,*

Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Sciences et Techniques,
Fès, Maroc, Laboratoire de Géo-Ressource et Environnement

Abstract

The Tazouta-Skoura subsidiary basin, located in the folded Middle Atlas, corresponds to a collapsed zone with multiphase tectonics in the Neogene and Quaternary; it is limited to the west by a branch of the NMAA (North Middle Atlas Accident) and to the south by the Tichoukt ramp. This basin, interpreted by our predecessors as a simple lake basin, is characterized by fluvio-lacustrine and travertine sedimentary deposits. The palaeogeographic and geodynamic studies (geological mapping, lithostratigraphy, ... etc) that we have carried out in the Tazouta-Skoura area allowed us to determine the factors responsible for the genesis and evolution of the neogene-quaternary lake basin of Oued Mdaz palaeo-dam. The tectonic

and microtectonic analyses of the brittle formations, that affected the neogene and quaternary deposits and their jurassic basis, allowed us to determine the paleo-field of stresses from the valesian, the miocene, the pliocene until the quaternary age, and to highlight the paleo-geography of the zone in question. These states of tectonic stresses played a key role in the geodynamic, structural and paleogeographic evolution of this basin. The dam wall corresponds to a vallesian N130 normal fault with SW dipping, which inverted the bajocian and bathonian strata to SW. The marly levels of these layers, that have a thickness exceeding tens of meters, constitute an impermeable obstacle which blocked the flow of the surface and infiltration water. The lake of the paleo-dam contains a vallesian clay and carbonnate lacustrine deposits. These deposits are surmounted by marine marls from the upper miocene, fluvial Skoura puddings and lake lime-stones of the pliocene age, as well as quaternary fluvio-lacustrine and travertine deposits. This basin is structured by several families of faults, notably NW-SE, ENE-WSW, NE-SW and N-S. The most recent faults correspond to mid-upper quaternary N 170 normal faults. The normal movements of these sub-meridian faults is responsible for elevation of the Douar Ait Chaib plateau, the dislocation of the natural wall of the paleo-dam of paleo-Mdaz, and eventually the very fast emptying of the lake. This last phenomenon resulted in fast erosion which left hummocks with horizontal surface (Garas).

Keywords: Tazouta-Skoura basin, Tectonics, Paléo-dam, Paléogeography, Middle Atlas

Introduction

Le Moyen Atlas est une chaîne intracontinentale, faisant partie du domaine atlasique défini par Choubert et Marcais (1952). Il est constitué par des édifices montagneux dont les principaux sont orientés NE-SW. Cette chaîne est divisée en deux parties qui sont le causse moyen atlasique au NW et le Moyen Atlas plissé au SE (**Figure 1**), séparés par l'Accident Nord moyen Atlasique (Termier, 1936 ; Colo, 1961). Sa structure correspond à de larges cuvettes synclinales d'axes parallèles à la chaîne et des rides anticlinales étroites orientés NE-SW, intrudées parfois de roches gabbroïques (Termier, 1936 ; Colo, 1961 ; Fedan, 1988). L'existence de bassins d'effondrement fluvio-lacustres d'âge plio-quatenaire dans le Moyen Atlas tabulaire et plissé, nous ont fourni l'opportunité d'analyser les épisodes tectoniques responsables de leur genèse et de leur évolution. Notre travail a pour but de contribuer à la compréhension de cette genèse et de cette évolution et d'établir une chronologie des phases tectoniques à partir de l'étude des structures synsédimentaires et de l'analyse cinématique de sites microtectoniques (Angelier et Goguel, 1979 ; Carey, 1979).

En plus de l'âge des terrains fracturés, la chronologie des évènements tectoniques est basée sur le recoupement des structures, la superposition des stries sur les miroirs des failles, la présence de fractures parallèles à jeux incompatibles et surtout la présence de failles synsédimentaires. Ce dernier facteur est primordial pour caractériser la déformation pendant une période précise.

Le bassin de Tazouta-Skoura qui fait l'objet de notre étude, s'étend depuis la ride de Tichoukt au S et au SE, jusqu'à la boutonnière de Bssabis au NW et les reliefs de Aichoun au Nord. Il correspond à un bassin néogène et quaternaire qui s'est développé au sein du Moyen Atlas plissé (Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998) (**Figure 1**). L'évolution sédimentaire et structurale de ce bassin, depuis le Miocène jusqu'au Quaternaire est étroitement liée aux changements d'environnements tectono-sédimentaires. Les analyses lithostratigraphiques et structurales, ainsi que la cartographie géologique des différentes unités localisées à l'intérieur et à la bordure du bassin, nous ont permis d'établir les cartes paléogéographiques et paléo-tectoniques de la zone étudiée.

L'ensemble de ces études tectonique et sédimentaire nous ont permis de montrer que la genèse du paléo-barrage Mdaz est engendrée par la faille normale synsédimentaire de direction moyenne N130 et à regard SW. Le paléoclimat a aussi joué un rôle très important dans la mise en place de ce paléo-barrage, ainsi que la sédimentation des formations fluvio-lacustres et travertineuses au Vallésien et au Pliocène moyen-supérieur.

2. Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude est située à 30 km au SE de la ville de Sefrou et à 40 km au NE de la ville de Boulemane. Elle s'étend entre les coordonnées Lambert X1=565, X2 = 585, Y1 =320, Y2 =348 (**Figure 1**). Elle est limitée au N par la boutonnière de Bssabiss, à l'W et SW par l'Accident Nord Moyen Atlasique et au S et SE par la rampe de Tichoukt. Elle correspond à une zone de transition entre le causse moyen atlasique et le Moyen Atlas plissé caractérisée par une tectonique polyphasée (Hinaje, 2004).

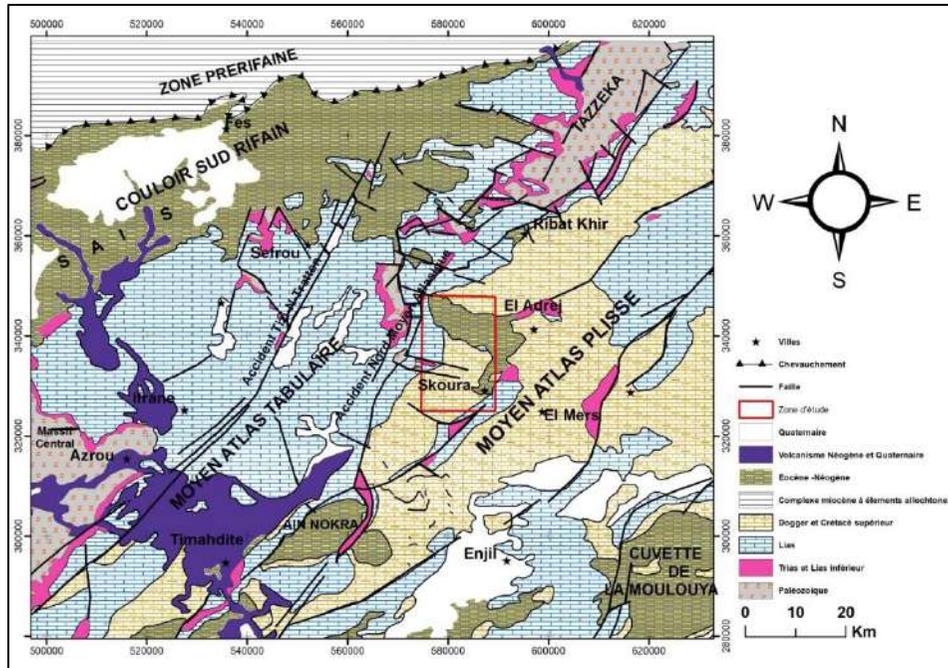


Figure 1 : Carte géologique schématique montrant la situation de la zone d'étude (Charrière, 1989 ; redessinée)

3. Géologie de la zone d'étude

La région étudiée appartient à une zone de transition entre le causse moyen atlasique et le Moyen Atlas plissé. Elle correspond à un bassin subsident limité par deux grandes lignes structurales ; une branche de l'Accident Nord moyen Atlasique et la rampe de Tichoukt dont l'ossature est constituée par des formations carbonatées liasiques. La série lithostratigraphique méso-cénozoïque de la zone en question s'échelonne du Trias supérieur au Quaternaire (Termier, 1936 ; Colo, 1961 ; Fedan, 1988 ; Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998) (Figure 2). Les différentes formations lithostratigraphiques se distinguent de la façon suivante :

- les formations géologiques argilo-salifères inférieur et supérieur, intercalées par un complexe basaltique très fracturé, dont l'extension est entièrement localisée à la bordure de l'A.N.M.A, principalement dans les limites de la boutonnière de Bssabis. Ces formations argileuses et basaltiques sont attribuées au Trias supérieur (Michard, 1976) ;

- les formations carbonatées liasiques qui reposent en concordance sur les formations triasiques sont représentées en terme lithologique de bas vers le haut par des dolomies puis des formations calcaireuses du Lias inférieur-moyen (Termier, 1936 ; Colo, 1961 ; Du Dresnay, 1979 ; Martin, 1981 ; Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998 ; Hinaje, 2004). Celles-ci sont surmontées par des alternances de calcaires et d'argiles ou de marnes d'âge domérien. Au

sommet, la série liasique est constituée de marnes grises à intercalations calcaires et gréseuses d'âge toarcien ;

- le Dogger est représenté par les formations suivantes :
 - les marnes de Boulemane affleurant au NE et au S de la zone d'étude, surmontées par les calcaires corniches d'âge bajocien supérieur ;
 - vers le pont Mdaz, on trouve les formations bathoniennes, composées par des couches marneuses intercalées par des barres gréseuses ;
 - vers le village de Skoura, on trouve les marnes à gypses de Skoura qui sont attribuées au Callovien (Choubert et Faure-Muret, 1960-62 ; Fedan, 1988 ; Charrière, 1990) ;
- après ces dépôts, on note une lacune des couches du Malm, du Crétacé et du Paléogène. Au cours de cette période la zone en question est considérée comme étant un haut fond vis-à-vis des transgressions crétacé et paléogène de dépendance atlantique (Fedan, 1988 ; Charroud, 1990) ;

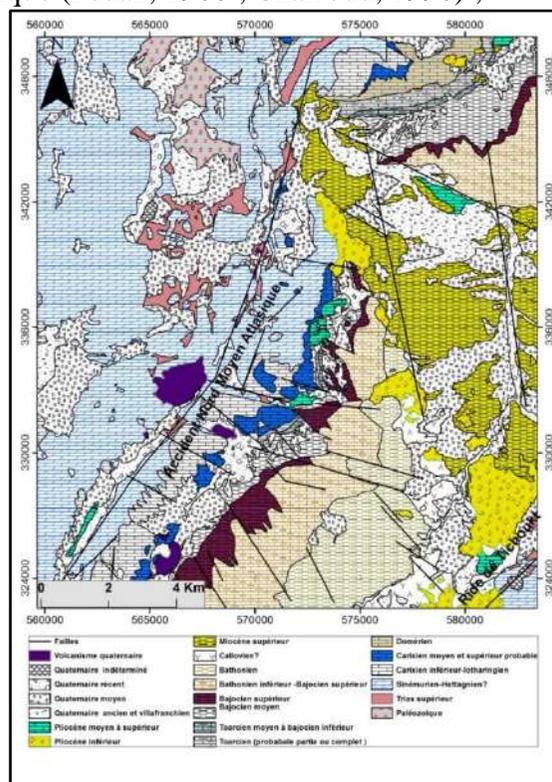


Figure 2 : Carte géologique de la zone d'étude (d'après la carte géologique de Sefrou 1/100 000; modifiée)

- les formations d'âge miocène sont cantonnées dans les golfs avancés à partir du détroit sud rifain jusqu'au bassin de Skoura (Daguin, 1927). Dans la zone d'Ajdir Ahbari, la série miocène commence par des calcilutites et des calcaires blancs lacustres d'âge vallésien, très semblables aux faciès de Oued

Zraa (Jaeger et al. 1973 ; Hinaje, 2004). Ce cortège lacustre est recouvert par les formations du miocène supérieur, représentées en terme lithologique par des conglomérats à la base, surmontées par les marnes sableuses à paléochenaux gréseux (Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998 ; Hinaje, 2004) (**Figure 3**) ;

- le Plio-Quaternaire est caractérisé par des formations continentales fluvio-lacustres, travertineuses et volcaniques (Martin, 1981 ; Moukadiri, 1983 ; Harmand et Cantagrel ; 1984 ; Fedan, 1988 ; Hinaje et al, 2001 ; El Azzab et El Wartiti, 1998 ; Sabaoui, 1998 ; Hinaje, 2004 ; EL Azzouzi et al, 2010 ; Hinaje et al, 2019).

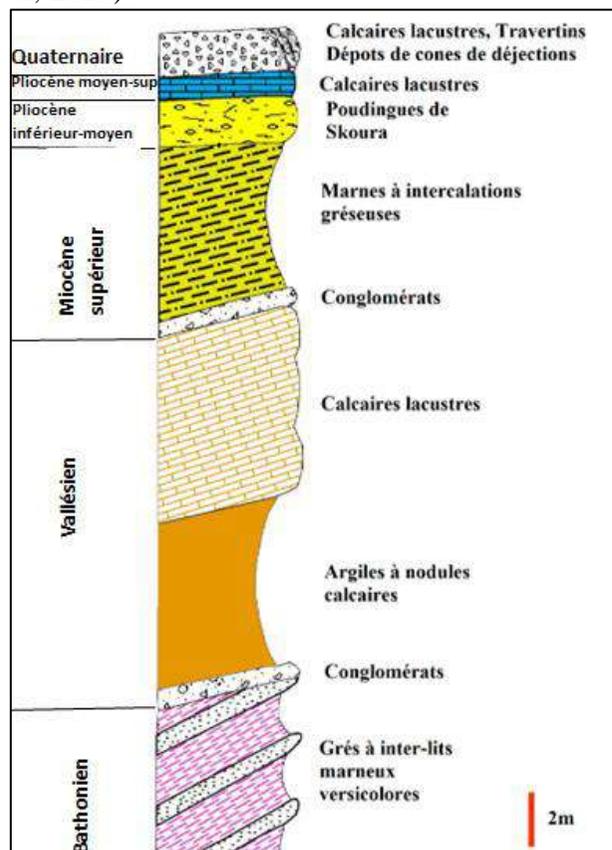


Figure 3 : Log lithostratigraphique synthétique de la zone d'étude

4. Matériels et méthodes

Pour réaliser cette étude nous avons effectué une cartographie détaillée de la zone située entre Skoura et le pont Mdaz. En même temps, nous avons effectué des coupes lithostratigraphiques des dépôts néogènes et quaternaires, et des mesures microtectoniques des failles striées. L'objectif est de déterminer les différents cortèges sédimentaires et leurs répartitions

géographiques, ainsi que les différentes familles de failles responsables de la genèse et de l'évolution du bassin lacustre en paléo-barrage d'Oued Mdaz.

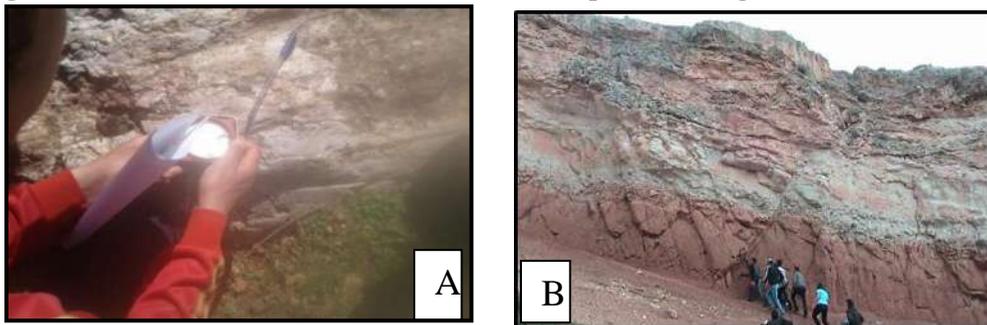


Figure 4 : A- Mesures microtectoniques ; B-Failles normales synsédimentaires vallésiennes

L'analyse de la déformation cassante basée sur les mesures microtectoniques (**figure 4**) de terrain et les critères géométriques de chronologie relative, nous a permis d'identifier les paléochamps de contraintes depuis le Miocène jusqu'au Quaternaire. Ces états de contraintes ont un rôle prépondérant dans la genèse et l'évolution du paléo-barrage sur le paléo-Mdaz au Vallésien.

Les mesures microtectoniques ont été effectuées sur plusieurs types de formations constituant la zone étudiée. L'âge de ces formations nous a permis de caractériser et trier les épisodes tectoniques et d'établir une chronologie relative des phases de déformations affectant le bassin de Tazouta-Skoura. D'autres principes sont abordés afin de préciser la chronologie des déformations tel que l'identification des décalages entre les fractures, la superposition des stries sur les miroirs des failles et la présence des failles synsédimentaires.

Pour le traitement des données, nous avons utilisé plusieurs logiciels tels que les logiciels d'ANGELIER pour le calcul des tenseurs de contraintes (Angelier, 1990). Parmi lesquelles on a :

1. le programme « **Mesure** » qui assure la saisie des données de terrains triées manuellement ;
2. le programme « **Tensor** » qui fait le calcul des tenseurs de contraintes pour chaque station choisie ;
3. le programme « **Diagra** » qui assure les projections stéréographiques des plans, des lignes et de leurs traces polaires ;
4. le programme « **Vision** » qui assure la visualisation des stéréogrammes avec les principaux axes de contraintes sur écran ;
5. le programme « **Rotilt** » qui assure les modifications des orientations des plans et des lignes ;

6. le programme « **Dessin** » qui est utilisé pour représenter graphiquement les plots sur une table traçante ou sur une imprimante ;
7. Le programme « **Rosace** » qui assure l'obtention des rosaces de fréquences pour l'ensemble des fractures mesurées.

Les programmes de calcul des tenseurs de contrainte d'Angelier (version 1990-91) possèdent cinq méthodes de calcul. La méthode qui reste la plus efficace et la plus rapide c'est la méthode « Inversion Directe » (INVD). Cette méthode est basée sur deux principes importants :

- ✓ l'angle d'écarts entre strie réelle et strie calculée, inférieur à 22,5 (**ANG \leq 22,5**),
- ✓ la magnitude relative de la contrainte cisailante (RUP) qui doit être inférieur à 50%. (**RUP \leq 50%**), pour vaincre la friction et la cohésion sur les plans de failles.

Les résultats obtenus vont nous aider à établir les différentes phases tectoniques affectant la zone d'étude, et reconstituer l'histoire géologique de la zone.

5. Résultats et discussions

Le bassin subsident de Tazouta-Skoura fait partie du Moyen Atlas plissé qui est le siège d'une activité tectonique et sismique importante (Ramdani et Tadili, 1980 ; Fedan, 1988 ; Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998 ; Hinaje, 2004). Sa formation est liée aux jeux normaux des failles caractérisant quatre épisodes extensifs appartenant aux phases tectoniques qui se succèdent depuis le Miocène jusqu'au Quaternaire (Hinaje, 2004). Les failles responsables de la genèse du bassin de Tazouta-Skoura sont groupées en 4 familles majeures : les NW-SE, les E-W, les NE-SW et les N-S. Ces failles ont permis la superposition d'un bassin lacustre orienté N120 à N140 au Vallésien, un bassin marin NW-SE au Tortonien supérieur-Messénien, un bassin fluviatile au Pliocène inférieur-moyen, un bassin fluvio-lacustre et travertineux ENE-WSW au Pliocène moyen-supérieur et deux bassins fluvio-lacustres et travertineux N30 à N45 puis subméridien au Quaternaire.

5.1. Phase tectonique d'âge vallésien-miocène supérieur-pliocène inférieur

5.1.1 Episode tectonique d'âge vallésien

Cet épisode tectonique correspond à une extension orientée N30 à N45 associée à une compression N120 à N135. Le jeu normal de la faille N130 est la cause du basculement des couches bathoniennes vers le SW et le blocage des eaux de surface. Cette faille à caractère paléogéographique, passant au sud de Taghout-Ouzemour et près du pont Mdaz, a joué un rôle très important dans l'installation du paléo-barrage Mdaz (**Figure 5**). Près du plan de cette faille,

les couches marneuses versicolores du Bathonien, intercalées dans les grès, ont joué le rôle du mur naturel et imperméable du paléo-barrage. Ce schéma paléotectonique et lithostratigraphique a provoqué le blocage du paléo-fleuve de Oued Mdaz, et par la suite la formation du lac où se déroule la sédimentation des formations lacustres. Celles-ci sont représentées à la base par un niveau conglomératique discontinu, surmonté par des argiles rouges et des barres calcaires au sommet dont l'épaisseur dépasse les 5m.

Le traitement des failles normales synsédimentaires et des décrochements scellés donne un paléochamp de contraintes où l'axe σ_1 est horizontal et orienté NW-SE, et l'axe σ_3 est subhorizontal et orienté NE-SW. Le rapport $\phi = 0,25$, indique que la valeur de σ_2 se rapproche de celle de σ_3 ; c'est-à-dire que les failles inverses et les décrochements peuvent être synchrones.

Cet axe extensif NE-SW d'âge vallésien, se poursuit au Miocène supérieur en amplifiant la subsidence dans la zone. Cette subsidence synchrone avec la transgression miocène, a favorisé le dépôt d'un cortège sédimentaire marin, marneux et gréseux sur un substratum constitué par les calcaires lacustres d'âge vallésien et les grès à inter-lits marneux du Bathonien.

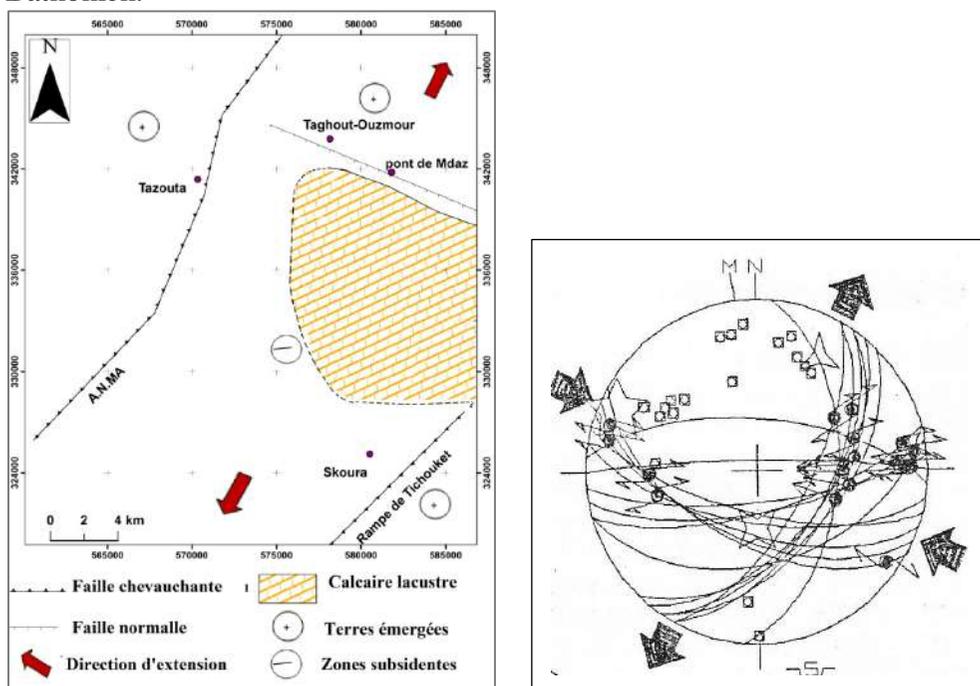


Figure 5 : Carte paléotectonique et paléogéographique de la zone d'étude au Vallésien et stéréogramme de l'épisode tectonique équivalent. (Flèche centrifuge : extension ; flèche centripète : compression ; étoiles à 3, 4 et 5 branches représentent respectivement les contraintes σ_3 , σ_2 et σ_1 ; M N : Nord magnétique et Nord géographique (diagramme de schmidt, hémisphère inférieur)). 1-Vallésien.

5.1.2 Episode extensif d'âge miocène supérieur

Au Miocène supérieur (Tortonien supérieur-Messinien), le bassin de Tazouta-Skoura correspond à un milieu marin profond où se dépose une série sédimentaire formée principalement par une immense couche marneuse à intercalations carbonatées et gréseuses. Dans cette zone qui correspond à cette époque à un golfe marin orienté NW-SE, cette formation marneuse surmonte les dépôts lacustres d'âge vallésien (Hinaje, 2004). Cet âge est attribué par analogie avec la même formation bien datée située dans le bassin de Oued Zraa (Jaeger et Martin, 1971; Jaeger, 1978). Cette série est surmontée en discordance par la formation des poudingues de Skoura attribuée au Pliocène inférieur-moyen (Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998).

Quant à la tectonique, les dépôts du miocène supérieur sont affectés par les mêmes directions de failles synsédimentaires scellées. Ces failles sont généralement orientées N120 à N140 à jeu normal, compatibles avec un paléochamp de contraintes extensif orienté NE-SW (σ_1 verticale et σ_3 horizontale et orientée NE-SW).

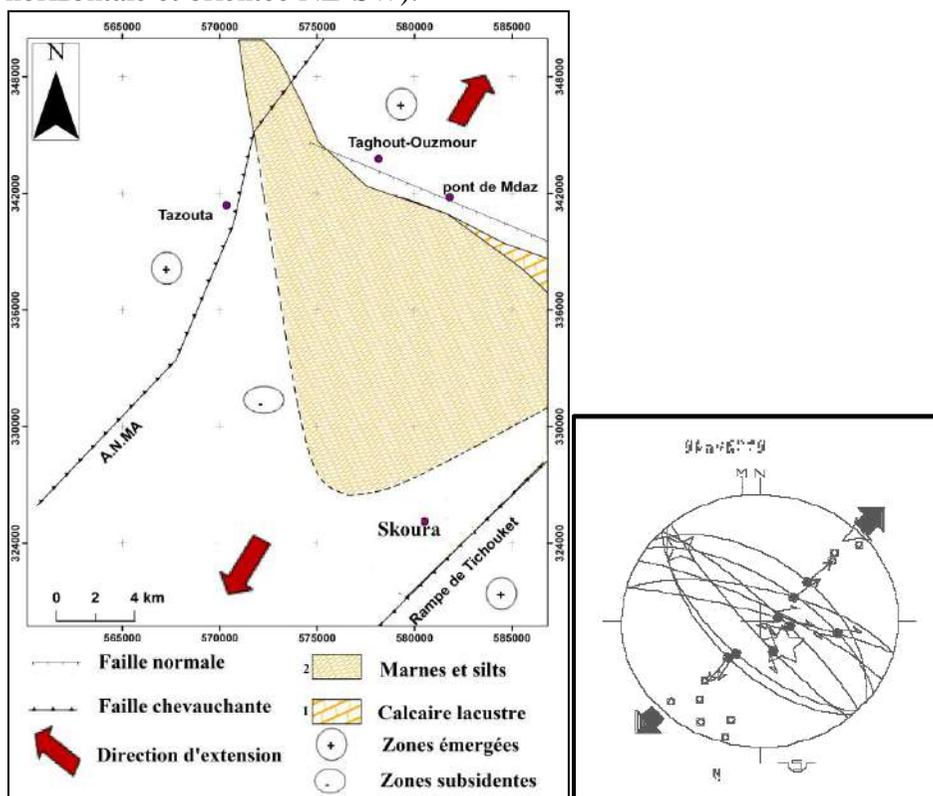


Figure 6 : Carte paléotectonique et paléogéographique de la zone d'étude au Miocène supérieur et stéréogramme de l'épisode tectonique équivalent. 1-Vallésien ; 2- Miocène supérieur.

Le traitement automatique de ces failles synsédimentaires donne un paléo-champ de contraintes extensifs NE-SW (σ_1 sub-verticiale et σ_3 horizontale) (figure 6). Le rapport $\phi = 0.3$, indique que la valeur de σ_1 est proche de celle du rapport $(\sigma_2 + \sigma_3)/2$. Cette extension N45 est responsable du jeu et rejeu synsédimentaires de la faille paléogéographique de direction moyenne N130 d'âge vallésien-miocène supérieur.

5.1.3 Episode compressif d'âge pliocène inférieur-moyen

Au cours du Pliocène inférieur-moyen, la zone d'étude a connu un changement environnemental qui se traduit par le dépôt des poudingues de Skoura (Termier, 1936 ; Martin, 1981 ; Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998 ; Hinaje et al., 2001) qui correspondent à des dépôts conglomératiques grossiers d'origine fluviatiles ; hétérométriques et polygéniques. Ils sont représentés généralement par des éléments consolidés d'origine liasique, dogger et miocène de forme arrondie, emballés dans une matrice grés-marneuse. Ces dépôts proviennent de l'érosion des anticlinaux de rampes atlasiques orientés NE-SW. Ces rampes sont dues à la compression paroxysmale NW-SE de même âge (Pliocène inférieur-moyen).

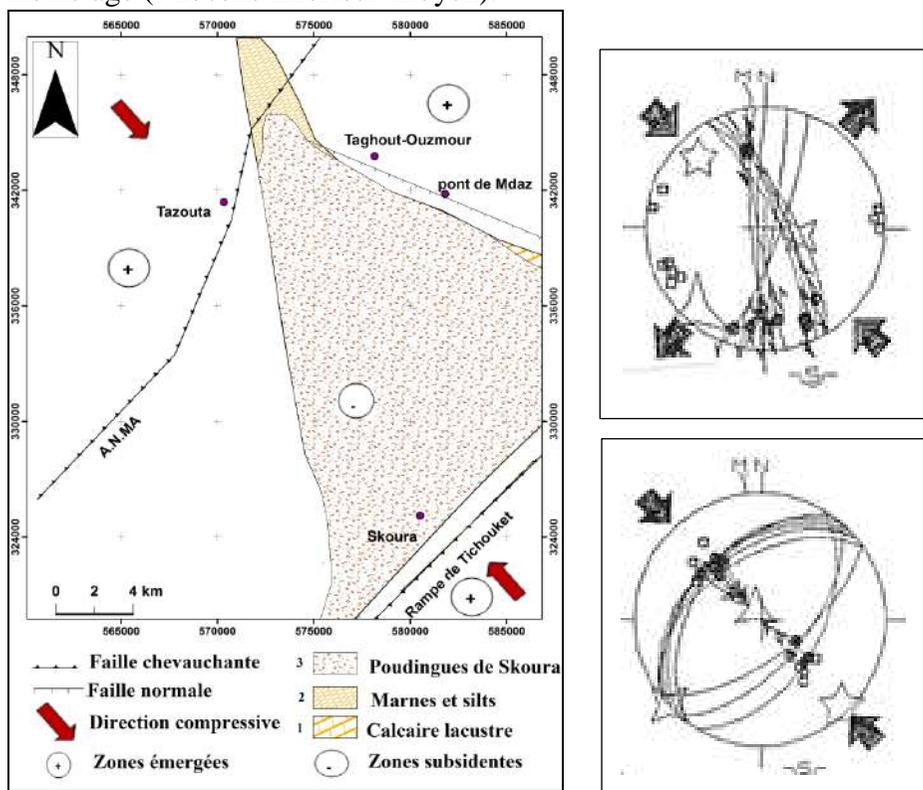


Figure 7 : Carte paléotectonique et paléogéographique de la zone d'étude au Pliocène inférieur-moyen et stéréogrammes des épisodes tectoniques équivalents. 1-Vallésien ; 2-Miocène supérieur ; 3- Pliocène inférieur-moyen.

L'analyse microtectonique que nous avons effectué au niveau de la station du pont Mdaz, nous a permis de définir un état de contrainte qui correspond à un épisode compressif orienté NW-SE de la phase tectonique d'âge vallésien-miocène supérieur-pliocène inférieur. Cet épisode tectonique est responsable du jeu inverse des failles NE-SW, des décrochements dextres ENE-WSW à E-W, des décrochements senestres N-S et la surrection des rampes frontales sur failles chevauchantes orientées NE-SW (**Figure 7**).

Après le comblement du bassin au Miocène et la régression du Messinien, la phase de continentalisation commence à s'installer notamment au voisinage des grands reliefs tels que la ride de Tichoukt et de l'Accident Nord Moyen Atlasique. Ce schéma paléogéographique est dû à la phase tectonique compressive NW-SE qui a provoqué le jeu inverse à chevauchant des failles orientées NE-SW. Cette phase poste Miocène est synchrone avec une sédimentation des dépôts fluviatiles dans les bassins intra-montagneux, comme le bassin de Skoura-pont Mdaz. La présence des éléments grossiers d'origines fluviatiles tout au long de la vallée d'oued Mdaz confirme en premier lieu la surrection paroxysmale de la rampe de Tichoukt, et en second lieu l'activité érosive intense du paléo-Mdaz (**Figure 8**).

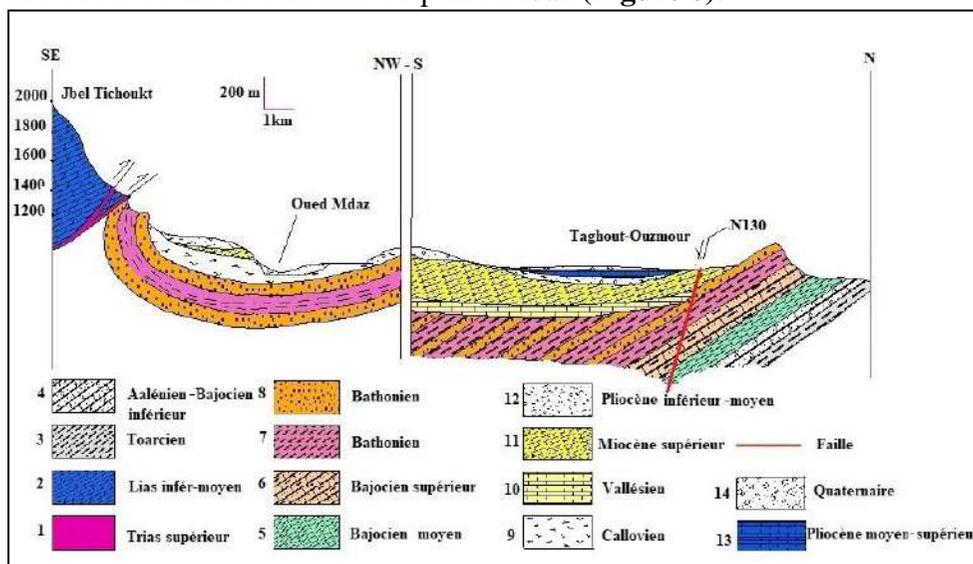


Figure 8: Coupes géologiques de la zone d'étude illustrant les différentes structures
 1-Argiles rouges et basaltes ; 2-Dolomies et calcaires ; 3-Marnes à intercalations calcaireuses ; 4-Calcaires à cancylophycus ; 5-Marnes de Boulemane ; 6-Calcaires corniches ; 7-Marnes versicolores ; 8-grés ; 9-Marnes à gypses ; 10-Calcaires lacustres ; 11-Marnes à intercalations gréseuses ; 12-Poudingues de Skoura ; 13-Calcaires lacustres ; 14- dépôts de cônes de déjection, calcaires lacustres et travertins.

Les poudingues de Skoura reposent en discordance angulaire d'environ 20° sur les dépôts marins du Miocène supérieur (**Figure 9**), dont

l'épaisseur est très variable et peut atteindre des dizaines de mètres près de l'aéroport abandonné de Maizel. Ces poudingues sont recouvertes par les calcaires lacustres d'âge pliocène moyen-supérieur (Taltasse, 1953 ; Wernli, 1987 ; Charrière, 1990 ; Sabaoui, 1998).



Figure 9: A : discordance angulaire des poudingues de Skoura (Pliocène inférieur-moyen) sur les marnes du Miocène supérieur ; B : calcaires lacustres (Pliocène moyen-supérieur) reposant en concordance sur les poudingues de Skoura (Pliocène inférieur-moyen).

Du point de vue géodynamique et tectonique, les études qui ont été réalisées par Fedan (1988), Charrière (1990), Sabaoui (1998) et Hinaje (2004) près et autour de Jbel Tichoukt qui correspond à la limite sud de la zone en question, ont montré que les failles de direction moyenne N45 présentent un jeu inverse lié à la compression N135. Celle-ci est responsable du redressement des couches miocènes et des parties basales des assises des poudingues de Skoura sans toucher la partie sommitale de ces dernières (Charrière, 1990 ; Hinaje, 2004). Cet épisode compressif est attribué au Pliocène inférieur-moyen (Hinaje, 2004).

5.2 Phase extensive d'âge pliocène moyen-supérieur

Au Pliocène moyen-supérieur, la zone d'étude a subi une extension de direction NNW-SSE responsable de l'apparition de failles normales orientées N70 à N90. Ces failles normales ont amplifié la subsidence du bassin ce qui a favorisé la remise en place d'un nouveau environnement lacustre en paléo-barrage. Le mur de celui-ci est toujours formé par le plan de la faille normale héritée du Vallésien-Miocène supérieur, de direction N120 à N130 et à caractère paléogéographique. Le blocage des eaux douces se fait toujours par le pendage et l'imperméabilité des couches bajociennes et bathoniennes.

L'étude paléogéographique que nous avons réalisé dans la zone, nous a permis de déduire un environnement fluvio-lacustre et travertineux au Pliocène moyen-supérieur, dont la profondeur augmente vers le mur du barrage. La sédimentation carbonatée est très épaisse montrant que le climat était chaud et humide. Le milieu de dépôt correspond à cette époque à un milieu lacustre de type endoréique alimenté par le paléofleuve Mdaz au Sud, dont l'exutoire est situé dans la zone actuelle du pont Mdaz (**Figure 10**).

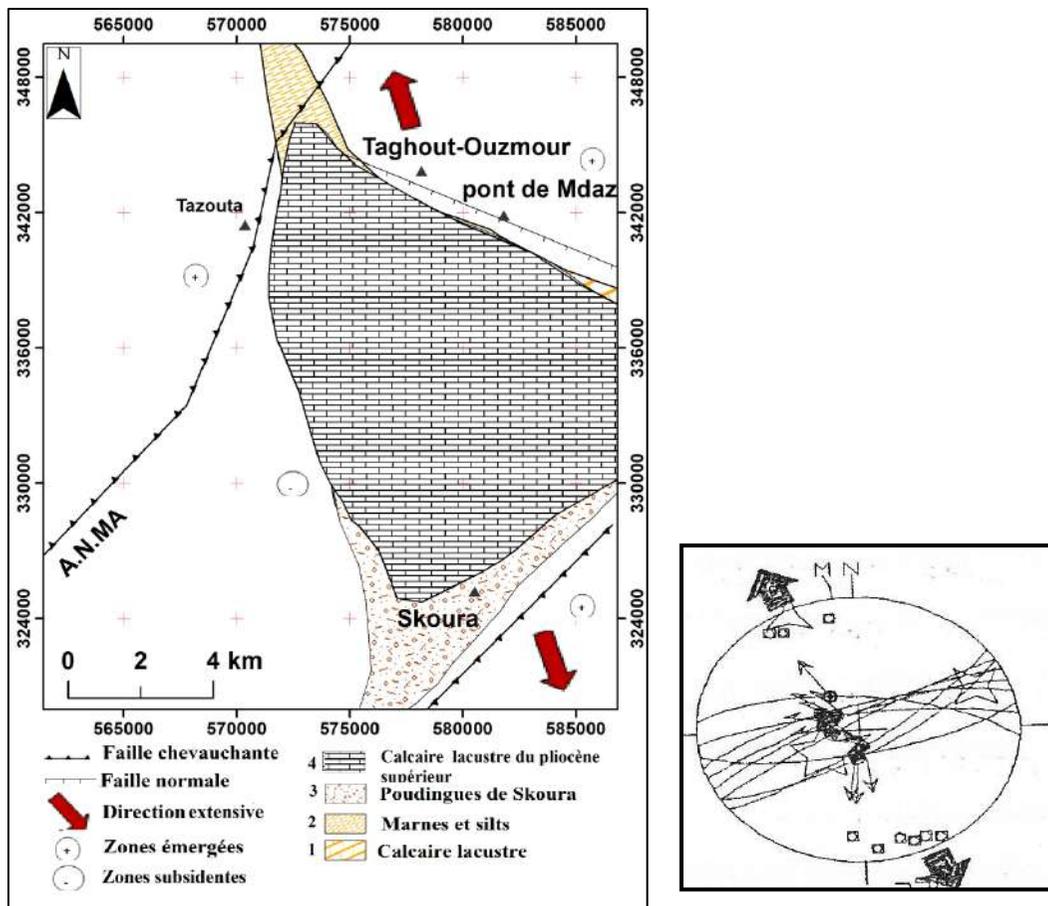


Figure 10 : Carte paléotectonique et paléogéographique de la zone d'étude au Pliocène moyen- supérieur et stéréogramme de l'épisode tectonique équivalent. 1-Vallésien ; 2- Miocène supérieur ; 3- Pliocène inférieur-moyen ; 4- Pliocène moyen-supérieur.

La zone en question est caractérisée par la présence de deux types de calcaires lacustres d'âges différents. Le premier correspond au calcaire lacustre du Vallésien, qui est très fracturé et repose sur des argiles lacustres rosâtres, par contre le calcaire lacustre du Pliocène moyen-supérieur est beaucoup moins fracturé et repose sur les poudingues de Skoura. Actuellement, près de la limite nord du paléo-barrage, on trouve plusieurs carrières d'exploitations des calcaires lacustres (faux marbres) dont l'épaisseur est très remarquable dépassant les dizaines de mètres (Figure 11). L'étude cartographique que nous avons effectuée, nous a permis de mettre en évidence l'importance de la retenue de ce paléo-barrage naturel, et l'effet du rejet vertical de la faille normale N130 à caractère paléogéographique qui constitue le mur naturel de cette retenue. Ces deux conditions tectonique et lithostratigraphique ont contribué à l'accumulation d'un important cortège sédimentaire lacustre et fluvial.

Au Sud-Est du bassin, en suivant la route qui mène à Aderj, ces formations lacustres d'âge pliocène moyen-supérieur sont discordantes directement sur les formations lacustres d'âge vallésien (**Figure 11**).

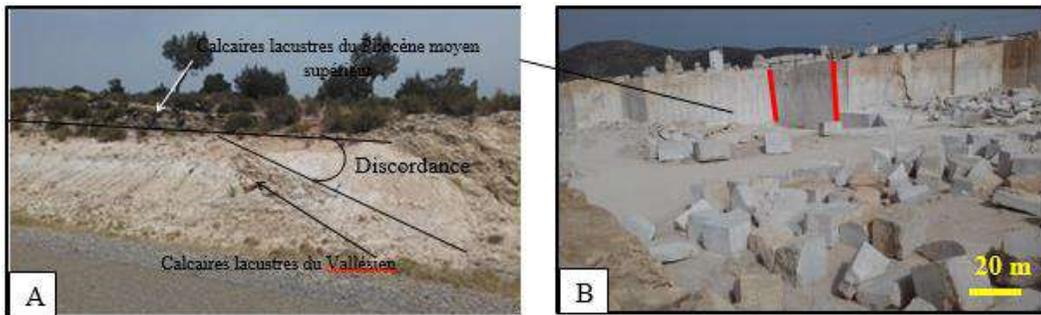


Figure 11 : A- Discordance angulaire entre le calcaire lacustre du Vallésien et le calcaire lacustre du Pliocène moyen- supérieur. B- l'épaisseur du calcaire lacustre (faux marbre) d'âge pliocène moyen-supérieur au NE de la zone d'étude.

5.3 Phase tectonique d'âge quaternaire ancien-moyen

Au cours du Quaternaire ancien-moyen, la zone de Tazouta-Skoura a connu une sédimentation fluvio-lacustre, travertineuse et de cône de déjection. Les dépôts sont constitués par des roches détritiques qui proviennent de l'érosion des formations sous-jacentes situées dans les zones avoisinantes et dans les grands reliefs correspondant aux rides de Tichoukt et de l'Accident Nord Moyen Atlasique. Les dépôts comportent également des travertins de barrage en cascade et en retenue, des travertins de résurgences et des dépôts lacustres (Campy et Macaire, 1989 ; Sabaoui, 1998).

Au SE du pont Mdaz, près de la route menant au village d'Adrej, on trouve les formations lacustres d'âge vallésien d'Ajdîr Ahbari, sur lesquelles repose un cortège sédimentaire d'âge plio-quaternaire légèrement discordant. Latéralement, sur les marnes marines du Miocène supérieur, reposent des argiles brunes et des dépôts conglomératiques d'origine fluviale bien cimentés sous forme de dalles (**Figure 12**).

L'ensemble de ces formations continentales ont enregistré une phase tectonique compressive matérialisée par des décrochements senestres à composante inverse orientés E-W (**Figure 12**). Ces décrochements ont des jeux apparents tantôt normaux tantôt inverses alors que les stries portées par ces failles sont subhorizontales. Le traitement stéréographique de ces failles donne un paléochamp de contraintes compressif tels que l'axe σ_1 est horizontal et orienté NE-SW et l'axe σ_3 est aussi horizontal est orienté NW-SE. Le rapport $\phi = 0.54$; indique que la valeur de $\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$.

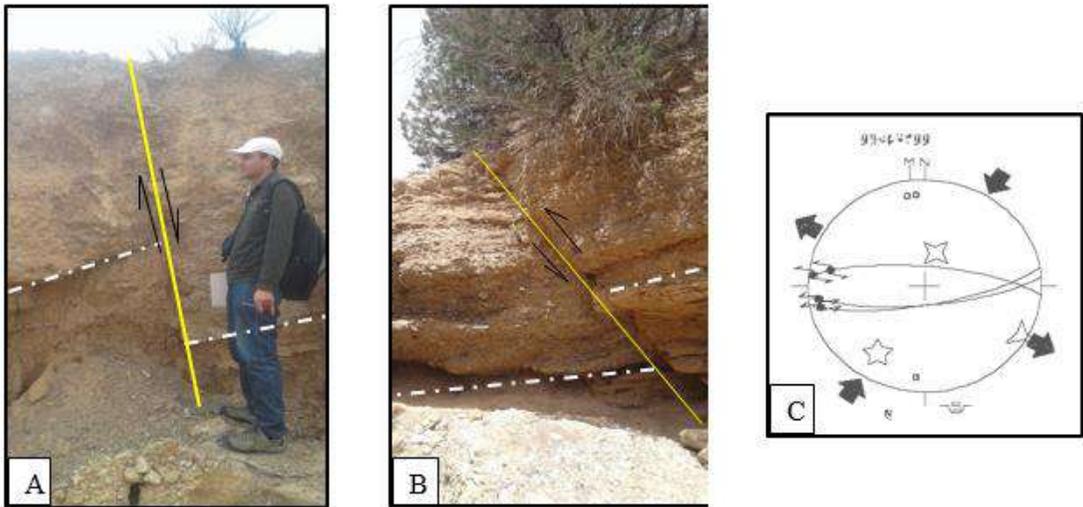


Figure 12: Jeux apparents des failles E-W (photos A et B) affectant les dépôts fluviaux au bord du versant est de l'Oued Mdaz. C- stéréogramme des jeux réels mesurés sur les plans des failles et axes des contraintes équivalents.

5.4 Phase tectonique d'âge quaternaire moyen-récent

Les études géologiques que nous avons effectuées au niveau de la zone de Tazouta Skoura, montrent que les dépôts du Quaternaire moyen-récent sont constitués par des séquences détritiques fluviales, de cônes de déjection, de calcaires lacustres et de travertins. Au Quaternaire moyen-récent, la zone en question a subi un changement radical dans la morphologie et la structure. Ce changement est lié à un épisode extensif ENE-WSW à E-W qui est matérialisé par des failles normales subméridiennes (**Figure 13**).

Les mesures microtectoniques que nous avons effectuées tout le long du bassin de Skoura-Tazouta, montrent un paléochamp de contraintes d'âge quaternaire moyen-récent tels que l'axe σ_1 est horizontal et orienté NNW-SSE et l'axe σ_3 est aussi horizontal et orienté ENE-WSW. Ce paléochamp de contraintes est responsable de l'apparition de failles normales subméridiennes et de décrochements senestres orientés NE-SW. Le rapport $\phi = 0.3$, indique que la valeur de σ_2 est comprise entre la valeur de σ_3 et celle du rapport $(\sigma_2 + \sigma_3)/2$.

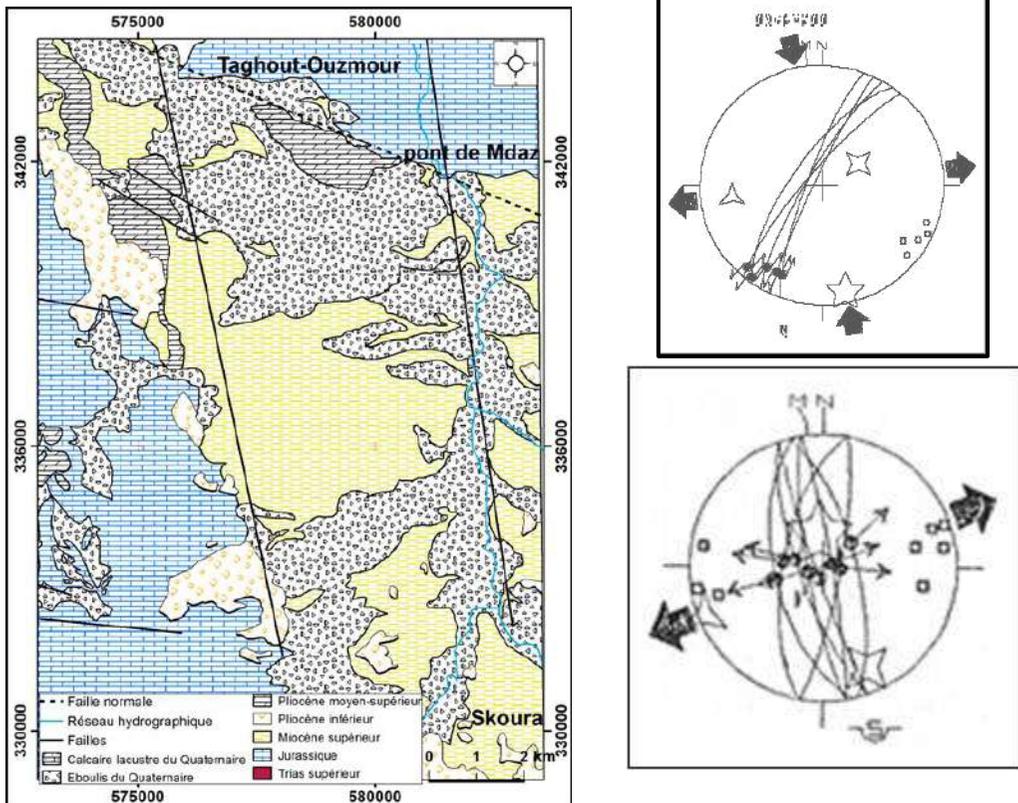


Figure 13 : Carte géologique de la zone d'étude et stéréogrammes des épisodes tectoniques du Quaternaire moyen – récent. . (Flèche centrifuge : extension ; flèche centripète : compression ; étoiles à 3, 4 et 5 branches représentent respectivement les contraintes σ_3 , σ_2 et σ_1 ; MN : Nord magnétique et Nord géographique (diagramme de schmidt, hémisphère inférieure)).

Le jeu normal des failles subméridiennes au Quaternaire moyen-récent, provoque la dislocation du mur du paléo-barrage et la vidange de la retenue suivant le lit fluvial de Oued Mdaz avec érosion intense des séries néogènes et quaternaires (**Figure 14**). Cette érosion rapide a provoqué un approfondissement du lit de l'Oued d'environ 100m, avec une absence totale des terrasses fluviales quaternaires. En témoigne aussi l'aspect rectiligne du lit fluvial de l'Oued Mdaz qui a une direction moyenne N-S, sur une distance supérieur à 10 km. En outre, l'apparition des buttes isolées et plates telles que la gara de Tazouta, témoignent d'une érosion brutale. Ce changement paléogéographique lié à l'activité néotectonique a contribué aussi à la surélévation du plateau de Douar Ait Chaib situé vers l'Ouest. Il est la cause aussi des résurgences de plusieurs sources d'eau comme la source de Sidi Yahia où on note la présence d'une grande masse travertineuses (**Figure 14**).

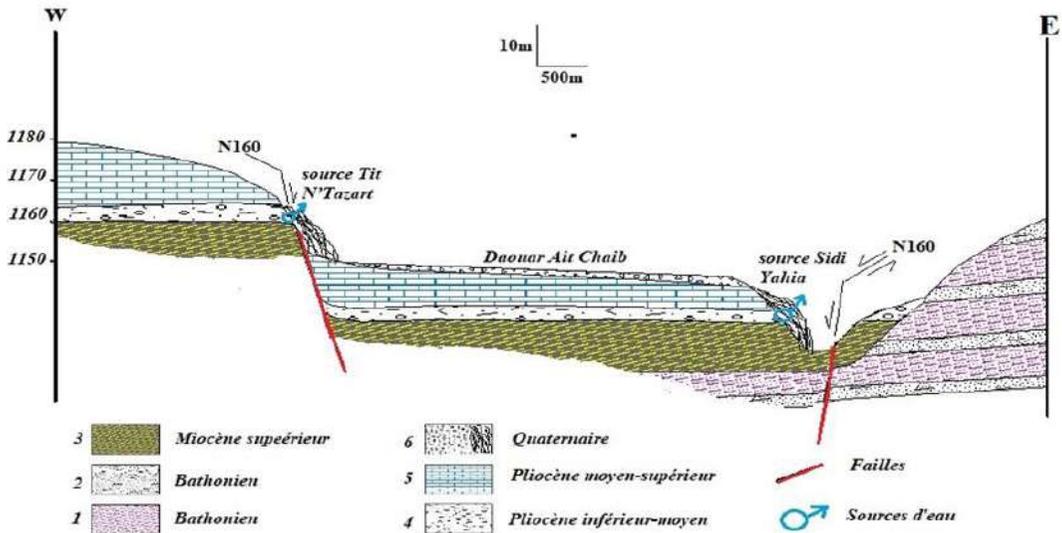


Figure 14: Coupe géologique illustrant le jeu normal des failles subméridiennes et l'apparition des sources de Sidi Yahia et de Tit N'Tazart.

1-Marnes versicolores ; 2-Grés ; 3-Marnes à intercalations gréseuses et carbonatées ; 4-Poudingues de Skoura ; 5-Calcaires lacustres ; 6- Cône de déjection, travertins, dépôts lacustres et palustres.

Conclusion générale

L'évolution tectono-sédimentaire du bassin de Tazouta-Skoura est caractérisé par la succession des événements géologiques néogènes et quaternaires décrits ci-dessous.

Au Vallésien : le bassin de Tazouta Skoura correspond à un milieu fluvio-lacustre alimenté par le paléo-fleuve de Mdaz depuis le Sud. Au cours de cette période, ce bassin a subi un régime compressif N120 associé à un régime extensif N30. Ce qui a provoqué la subsidence de ce bassin par le bais de failles synsédimentaires de direction moyenne N130, et la création d'un paléo-barrage naturel. Le mur de ce dernier est constitué par les formations imperméables des marnes versicolores à intercalations gréseuses d'âge bathonien. Cette paléogéographie a permis la mise en place des formations lacustres d'âge vallésien.

Au Miocène supérieur : le bassin de Tazouta –Skoura est ouvert sur le sillon sud rifain et fait partie du golfe marin de Sefrou-Tahala-Skoura-Ribat El Khir (Hinaje, 2004). Il est guidé par les failles normales NW-SE qui ont amplifié la subsidence. Le régime extensif d'âge miocène supérieur a permis la mise en place des dépôts marins constitués essentiellement par des marnes à intercalations gréseuses et calcareuses. Cette formation surmonte en concordance les dépôts lacustres d'âge vallésien.

Au Pliocène inférieur –moyen : la zone a subi un phénomène de continentalisation traduit par l'installation d'un milieu fluvial alimenté par le paléo-Mdaz depuis le Sud. Au cours de cette période la zone en question a connu un régime compressif orienté NW-SE, provoquant la surrection de la rampe sur chevauchement N60 de Tichoukt qui culmine à environ 2000m, et l'amplification très intense de l'érosion. Ces phénomènes tectono-sédimentaires ont abouti au dépôt d'un cortège conglomératique à éléments arrondis polygéniques et hétérométriques en discordance sur les formations marneuses du Miocène supérieur. Il s'agit des poudingues de Skoura qui sont attribués au Pliocène inférieur-moyen, et donc synchrones avec la compression majeure NW-SE.

Au Pliocène moyen-supérieur : le régime extensif NNW-SSE et la régression de la fin du Messinien, ont permis la réinstallation du milieu lacustre dans la retenue du paléo-barrage hérité et alimenté par le paléo-fleuve de l'Oued Mdaz depuis le Sud. Le mur de ce paléo-barrage est toujours constitué par les couches imperméables d'âge bajocien-bathonien à rebroussement vers le SSW. Au cours de cette période, le climat chaud et humide a favorisé la sédimentation des carbonates représentés par les calcaires lacustres à épaisseurs variables, exploités actuellement comme matériaux de construction (faux marbres).

Au Quaternaire ancien-moyen : le bassin de Tazouta Skoura a connu un régime extensif NW-SE associé épisodiquement à une compression N30. L'épisode extensif est matérialisé par des failles normales de direction moyenne N30. Ces failles sont responsables de la genèse d'un milieu fluvio-lacustre et travertineux. Celui-ci se superpose au bassin continental orienté N80 d'âge pliocène moyen-supérieur, au bassin marin du Miocène supérieur orienté N130 et au bassin lacustre du Vallésien orienté également N130. Ce bassin d'âge quaternaire ancien-moyen est représenté en terme lithologique par des argiles brunes de plaines alluviales, des dépôts lacustres et palustres, des conglomérats fluviaux et des travertins.

Au Quaternaire moyen-récent : l'épisode tectonique compressif orienté NNW-SSE est associé à une extension de direction ENE-WSW, responsable du jeu normal des failles subméridiennes. Ceci a provoqué la dislocation du mur naturel et la vidange de la retenue de ce paléo-barrage. En outre, ces failles ont joué un rôle important dans la genèse du réseau hydrographique correspondant actuellement à l'oued Mdaz qui s'écoule du S vers le N perpendiculairement au mur disloqué de nature grés-marneuse.

References:

1. Angelier, J. et Goguel, J. (1979). Sur une méthode simple de détermination des axes principaux des contraintes pour une population de faille. C.R. Acad. Sci. Paris, 288, (D), p.307-310.

2. Angelier, J. (1990). Inversion of field data in tectonics to obtain the regional stress – III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophys. J. Int.*, 103, p. 363-376.
3. Angelier, J. (1991). Inversion directe et recherche 4-D : comparaison physique et mathématique de deux modes de détermination des tenseurs des paléocontraintes en tectonique de failles. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 312., série II, p. 1213-1218.
4. Campy, M. et Macaire, J.J. (1989). Géologie des formations superficielles. Géodynamique, faciès, utilisation, Masson, éd., Paris, 424 p.
5. Carey, E. (1979). Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. *Revue de géol. dynam. et géogr. Physi.*, vol. 21, 1, pp. 57-66
6. Charrière, A. (1989). Carte géologique au 1/100.000, feuille de Sefrou. *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc.*, n° 354.
7. Charrière, A. (1990). Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaîne intracontinentale : le Moyen Atlas au SE de Fès (Maroc). Thèse Doct. Etat, Toulouse, 589 p.
8. Charroud, M. (1990). Evolution géodynamique de la partie Sud-Ouest du Moyen-Atlas durant le passage Jurassique – Crétacé, le Crétacé et le Paléogène : un exemple d'évolution intraplaque. Thèse 3^{ème} cycle, Rabat, 234 p.
9. Choubert, G. et Marcais, J. (1952). Aperçu structural. In 19^o Cong. Géol. Int., Alger, « Géologie du Maroc » (Monog. Régio., 3^o sér. : Maroc), n° 6, p. 9-73.
10. Choubert, G. et Faure-Muret, A. (1960-62). Evolution du domaine atlasique marocain depuis les temps paléozoïques. In livre Mém. P. Fallot Mém. h. sér. soc. géol. Fr. t1, p. 447-527.
11. Colo, G. (1961). Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional. *Notes et Mém. serv. Géol. Maroc*, n° 139, 226 p., 2 vol.
12. Daguin, F. (1927). Contribution à l'étude géologique de la région pré-rifaine (Maroc occidental). *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 1, 334 p.
13. Dresnay, R. Du (1979). Sédiments Jurassiques du domaine des chaînes atlasiques du Maroc. *Symposium sédim. Jurassique W européen*. A. S. F. Publ. sp. N° 1, p. 345-365.
14. El Azzab & El Wartiti (1998). Paléomagnétisme des laves plio-quadernaires du moyen atlas: rotations récentes 1998 CRASP 327-509-512.
15. El Azzouzi, M. H., Maury, R. C., Bellon, H., Youbi, N., Cotten, J., & Kharbouch, F. (2010). Petrology and K-Ar chronology of the

- Neogene-Quaternary Middle Atlas basaltic province, Morocco.
Bulletin de la société géologique de France, 181(3), 243-257.
16. Fedan, B. (1988). Evolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochements : (Moyen-Atlas, Maroc) durant le Méso-Cénozoïque. Thèse Doct. d'Etat. Univ. Mohammed V, Rabat, 338 p.
 17. Harmand, C. et Cantagrel, J. M. (1984). Le volcanisme alcalin tertiaire et quaternaire du Moyen-Atlas (Maroc) : chronologie K/Ar et cadre géodynamique. J. Afric. Earth. Sc., vol. 2, n° 1, pp. 51-55.
 18. Hinaje, S., Aït Brahim, L., Gourari, L. et Charroud, M. (2001). Événements tectoniques et paléocontraintes enregistrées par les dépôts néogènes et quaternaires du Moyen Atlas (Maroc). Comm. Inst. Geol. E Mineiro, 2001, t. 88, pp. 255-264.
 19. Hinaje, S. (2004). Tectonique Cassante et Paleo-champs de Contraintes dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas Central (Midelt – Errachidia) depuis Le Trias Jusqu'a L'actuel. Thèse Doct. d'Etat. Univ. Mohammed V, Rabat, 393p
 20. Hinaje, S., El Fartati, M., Yaagoub, D., Amrani, S., Gharmane, Y., El Fellah Idrissi, B. (2019). Paléocontraintes et Contexte Tectonique de Mise en Place du Volcanisme Alcalin Neogene et Quaternaire du Moyen Atlas (Maroc). European Scientific Journal May 2019 edition Vol.15, No.15, p.448-466.
 21. Jaeger, J. J. et Martin, J. (1971). Découvertes au Maroc des premiers micromammifères du Pontien d'Afrique. C. R. AC. Sc. Paris, t. 292, sér. D, p. 2115-2158.
 22. Jaeger, J. J., Michaux, J. et DAVID B. (1973). Biochronologie du Miocène moyen et supérieur continental du Maghreb. C. R. Ac. Sci. Paris, t. 277, p. 2477-2480.
 23. Jaeger, J. J. (1978). Les rongeurs du Miocène moyen et supérieur du Maghreb. Paleovertebrata, Vol. 8, fasc. 1, p. 43-67.
 24. Martin, J. (1981). Le Moyen Atlas central, étude géomorphologique. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, n° 258, 445 p.
 25. Michard, A. (1976). Elément de géologie marocaine. Notes et mém. serv. Géol. Maroc, 252, 408 p.
 26. Moukadiri, A. (1983). Les enclaves ultrabasiques associées aux basaltes alcalins dans le district volcanique d'Azrou-Timahdit (Moyen-Atlas, Maroc). Thèse 3° cycle, Clermont-Ferrand, 150 p.
 27. Ramdani, M. et Tadili, B. (1980). Sismicité détaillée du Moyen Atlas et sondages sismiques profonds dans le Maroc central. Thèse 3ème cycle. Univ. Grenoble I, 150 p.

28. Sabaoui, A. (1998). Rôles des inversions dans l'évolution méso-cénozoïque du Moyen-Atlas Septentrional (Maroc). L'exemple de la transversale El Menzel – Ribat Al Khayr – Bou Iblane. Thèse Doct. Etat, Rabat, 410 p.
29. Taltasse, P. (1953). Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, n° 115, 300 p.
30. Termier, H. (1936). Etude géologique sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Notes et mém. Serv. Géol. Maroc, N° 33, 1566 p.