

## Géodynamique

# Mode de mise en place des corps salifères dans l'Atlas septentrional de Tunisie. Exemple de l'appareil de Bir Afou

Mohamed Ben Chelbi, Fetheddine Melki, Fouad Zargouni \*

*Laboratoire de géologie structurale, faculté des sciences de Tunis, université Tunis El Manar, 1060 Tunis, Tunisie*

Reçu le 12 avril 2005 ; accepté après révision le 7 février 2006

Disponible sur Internet le 2 mai 2006

Présenté par Michel Durand-Delga

### Résumé

Trente kilomètres au sud-ouest de Tunis, les deux lames de «Trias», noyées dans les argiles clansayésiennes qui longent les deux flancs de l'anticlinal atlasique de Bir Afou, sont encadrées par des contacts sédimentaires, matérialisés par des conglomérats glauconieux à insolubles triasiques. Ces deux lames résultent, pour nous, d'un épanchement rapide en contexte distensif, pendant l'Aptien supérieur, à partir d'une source nourricière qui serait l'actuelle masse «triasique» de Bir Afou. Ce dispositif correspond à un «glacier de sel» de type Ben Gasseur décrit par Vila et al. [J.M. Vila, M. Ben Youssef, M. Chikhaoui, M. Ghanmi, Bull. Soc. géol. France 167 (1996) 235–246], mis en place en extension et plissé au cours de l'Éocène inférieur. Les dépôts de l'Éocène moyen et supérieur, à caractère transgressif, reposent en discordance sur les argiles aptiennes de la voûte de l'anticlinal. La compression au Miocène supérieur, importante phase tectonique régionale, aboutit à l'installation des structures actuelles qui témoignent de tectoniques superposées bien prononcées, depuis l'installation du «glacier de sel» jusqu'à son évolution dans les structures atlasiques. Cet appareil salifère permet d'étendre, loin vers l'est, la notion de domaine des «glaciers de sel» en Tunisie septentrionale. **Pour citer cet article : M. Ben Chelbi et al., C. R. Geoscience 338 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

### Abstract

**Mode of salt bodies emplacement in Septentrional Atlas of Tunisia. Example of a Bir Afou salt body.** 30 km southwest of Tunis, two thin flaky 'Triassic' intrusions underline the two flanks of the Atlasic anticline of Bir Afou. These evaporites are interbedded within the Clansayesian shales, and are under and overlain by glauconitic conglomeratic contacts. The 'Triassic' flakes, topic of our study, are sourced from the Bir Afou Triassic mass after a rapid pouring out during Late Aptian extensional tectonics. This structure corresponds, for us, to a 'salt glacier', similar to that one described at Ben Gasseur by Vila and al. [J.M. Vila, M. Ben Youssef, M. Chikhaoui, M. Ghanmi, Bull. Soc. géol. France 167 (1996) 235–246], which was subsequently folded during Lower Eocene times. Middle and Upper Eocene transgressive formations unconformably deposited on top of the Aptian anticlinal hinge. The major Late Miocene compressive phase is responsible for the present structures and that are superimposed onto the pre-existing 'salt glacier'. This salifereous system extends the 'salt glacier' domain towards the eastern part of the Tunisian Atlas. **To cite this article: M. Ben Chelbi et al., C. R. Geoscience 338 (2006).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [fouadzargouni@yahoo.fr](mailto:fouadzargouni@yahoo.fr) (F. Zargouni).

*Mots-clés* : « Glacier de sel » ; Bir Afou ; Source nourricière ; Épanchement ; Aptien supérieur ; Tectoniques superposées ; Atlas tunisien

*Keywords*: Bir Afou; ‘Salt glacier’; Source pouring out; Upper Aptian; Superimposed tectonics; Tunisian Atlas

## Abridged English version

### Introduction

The ‘Triassic’ outcrops of Tunisian northern Atlas (Fig. 1) have been the subject of several studies; however their formation and evolution models are still very controversial [2,3,19]. Some of them are always considered as ‘diapirs’ [2,6–8,12,13,15,21,22], others as ‘salt glaciers’ [18–20].

The extreme southeastern part of the northern Atlas is characterized by small but rare salifereous intrusions. Our research focuses on the Atlasic sigmoidal fold of J. Ez Zebbas–J. Aouinet, which shows along its two flanks two thin salifereous intrusions cartographically connected with the ‘Triassic’ mass of Bir Afou. This area was previously studied by Jauzein [11]. The aim of our work is to precise the relationships between the ‘Triassic’, Cretaceous and Tertiary sediments, as well as to establish and correlate these deposits with northeastern Tunisia formations.

### Structural and stratigraphic analysis

Our studied zone is subdivided into two anticlines separated by the large salifereous mass of Bir Afou (Fig. 2):

- the southern anticline, is a simple one, although that its western limb is thrust. The core of the structure is occupied by Albian sequences (Fig. 3A). Jauzein [11] has advanced that the Tunis–Ellès fault had some implications on the core of this anticline;
- the northern sigmoidal anticline limited on its both sides by two N120 dextral strike-slip faults (Fig. 2). The almost vertical southeastern flank, represented by J. Ez Zebbas (Fig. 3C), is parallel to a thin ‘Triassic’ level, which marks out the Clansayesian shales. The core of the structure is formed by Upper Aptian green shales.

The highly flaked northwestern flank (J. Aouinet) is also parallel to a second ‘Triassic’ flake, and interbedded with the Clansayesian series.

Eocene and Lower Oligocene brown shales, rich in oysters, unconformably overlain the top of the Aptian core and consequently form a perched-up syncline.

### ‘Triassic’ stratigraphic position

The ‘Triassic’ mass separating the two anticlines is situated on a tectonic crossing formed by two major faults N40 and N120 (Fig. 2). Two thin and long flaky intrusions of salifereous material are attached to this mass and are parallel to the Upper Aptian core. They show a dip similar to that of their limiting layers. The upper and lower ‘Triassic’ contacts are always marked by a thin (1 m) conglomeratic and glauconitic shale (Fig. 4).

### Interpretation

The sedimentologic, stratigraphic and structural analysis of the northern anticline demonstrates the interstratification of the Triassic evaporites within the Clansayesian shales.

These facts are in accord with characteristics of the Ben Gasseur Albian diapir and the Kef anticline, which have led to propose the well-known ‘salt glacier’ scheme [20].

The interstratification resulted from a rapid pouring out of the ‘Triassic’ during the Upper Aptian through normal faults (extensive movement) (Fig. 5). Then later, the overlying Upper Cretaceous and Paleocene sediments were first folded during the Lower Eocene compression and folded again during the Upper Miocene.

### Conclusion

Our sedimentologic, stratigraphic and structural study yields us to conclude that the northern anticline shows a unique salifereous and flat body, interstratified during the Aptian and folded during the Tertiary. In addition, if we exclude the thin interbedded ‘Triassic’ bodies and the Bir Afou ‘Triassic’ mass as well as the last strike-slip faulting, an ordinary and unique anticlinal structure subsides which was partly telescoped by the transgressive Priabonian shales. Consequently, the Triassic of northern anticline should be regarded as a prototype of a submarine ‘salt glacier’ similar to that ones that took place during the Upper Aptian in eastern Algeria or in northwestern Tunisia [18,20]. The Bir Afou mass may correspond to its supplying zone of evaporites. The unconformable Priabonian shales evidence their transgression on the top of an anticline pre-

viously formed during the Lower Eocene. To conclude, this structure, of Bir Afou, corresponds to the farthest eastern ‘salt glacier’ of the northern Atlas of Tunisia.

## 1. Introduction

L’Atlas tunisien septentrional est caractérisé par l’affleurement de plusieurs corps de matériel salifère supposé triasique, alignés en bandes de direction NE–SW (Fig. 1). Ces derniers se répartissent inégalement et, d’un point de vue structural, peuvent être interprétés différemment [2,3,13,19]. En effet, les pointements « triasiques » du côté nord-ouest d’une ligne Kalaat Senan–Tunis sont nombreux et volumineux et ils ont été interprétés initialement comme de simples « dômes/diapirs » [2,6–8,12,13,15,16,21,22], puis réétudiés en détail et qualifiés alors de « glaciers de sel » [18–20]. Ces affleurements salifères se raréfient au sud de la ligne précitée et sont *a contrario* tenus pour de vrais diapirs [4,11,13].

Trente kilomètres au sud-ouest de Tunis, les Jebels Ez Zebbas et Aouinet, initialement étudiés par Jauzein [10,11], correspondent à une structure anticlinale complexe dont les deux flancs sont jalonnés par deux bandes de matériel salifère, connectées au sud-ouest avec le vaste affleurement « triasique » de Bir Afou. Le présent travail tente de décrypter les relations de ce matériel « triasique » avec les séries encaissantes, pour en déduire les processus de sa mise en place au cours de la structuration de la région, puis proposer des comparaisons de ce dispositif avec d’autres appareils salifères de Tunisie septentrionale.

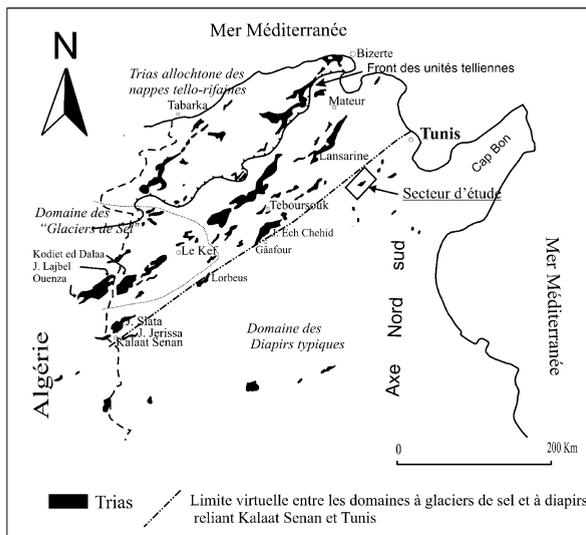


Fig. 1. Carte de répartition des pointements « triasiques » affleurant en Tunisie septentrionale et localisation du secteur d’étude.

Fig. 1. Map of salt extrusions in northern Tunisia and location of the studied area.

## 2. Présentation de la série stratigraphique et analyse structurale

Sur le plan structural, le domaine d’étude est divisé en deux secteurs anticlinaux différents, le segment sud et le segment nord, séparés par la masse salifère de Bir Afou (Fig. 2).

- Le segment sud est le plus simple, bien que son flanc ouest soit écaillé (Fig. 2). Les calcaires de l’Éocène inférieur sont discordants sur les alternances marno-calcaires attribuées au Santonien–Campanien inférieur (Fig. 3A). Une faille de direction N45, branche nord-orientale de la faille Tunis–Ellès [11], fait chevaucher les alternances marno-calcaires précitées sur les argiles albiennes. Ces dernières, renfermant *Favusella washitensis*, forment le cœur de cette structure. Les couches compétentes d’âge Coniacien–Santonien dessinent une fermeture périclinale du côté sud-ouest et elles se redressent, jusqu’à se renverser au contact avec la masse salifère de Bir Afou (Fig. 2).
- Le segment nord est limité, au nord comme au sud, par deux failles majeures décrochantes dextres de direction N120, qui favorisent l’entraînement en « S » de cette structure anticlinale (Fig. 2). Au cœur de cet anticlinal affleure la série aptienne (Fig. 3B). Le Jebel Ez Zebbas constitue le flanc sud-est de la structure anticlinale. Les couches compétentes, formant l’ossature de ce relief, présentent des pentages très forts et tendent parfois à se renverser. Une lame  $L_1$  d’épaisseur métrique de gypse « triasique », se détachant de la grande masse de Bir Afou, jalonne la structure et est plissée comme ses épontes, c’est-à-dire au sein de la partie supérieure des argiles très fossilifères de l’Aptien (Fig. 2). Le flanc nord-ouest, constitué par le Jebel Aouinet, est plus complexe. L’Éocène inférieur calcaire est fortement discordant sur les argiles beiges du Turonien–Coniacien [11] (Fig. 3C). Deux accidents parallèles de direction N30, plongeant vers le nord-ouest, affectent les séries maastrichtiennes et éocènes qui s’organisent en écaillés imbriqués (Fig. 3C).

Une autre lame de matériel « triasique »  $L_2$ , également connectée à la grande masse de Bir Afou, mais masquée par endroits par les dépôts quaternaires, jalonne le flanc occidental de l’anticlinal et se situe au sein d’argiles très fossilifères de l’Aptien supérieur (Fig. 2).

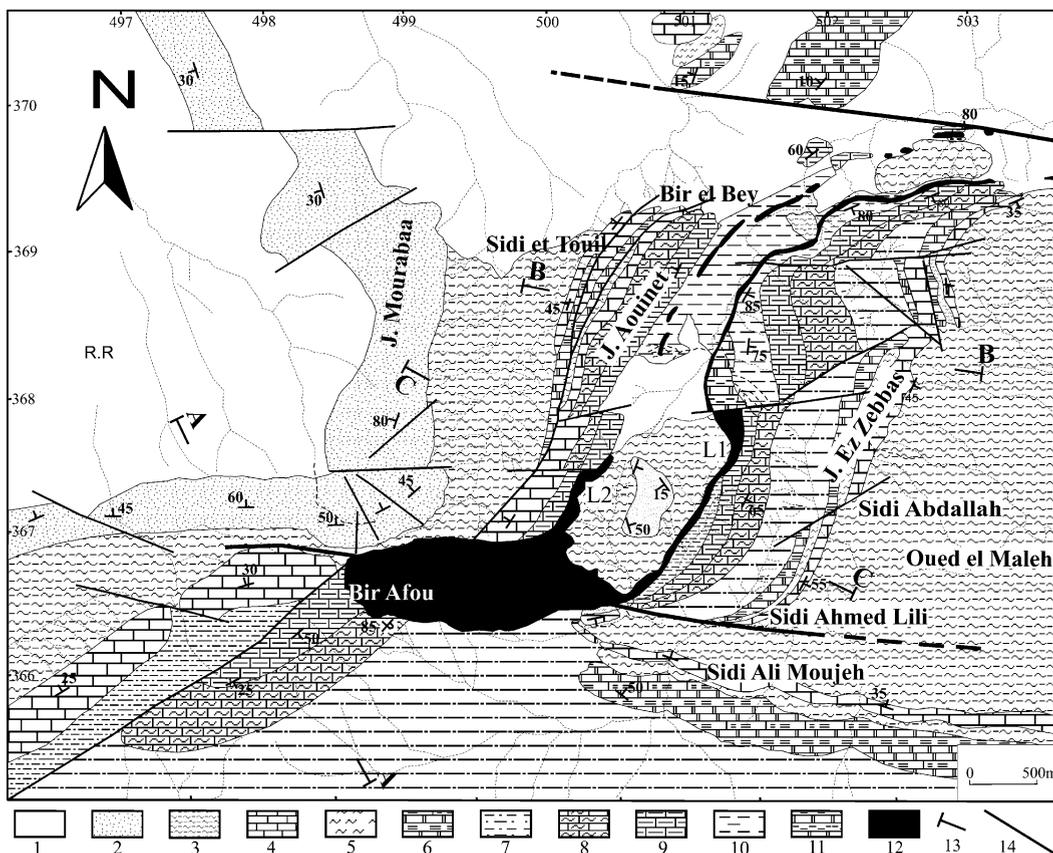


Fig. 2. Carte géologique détaillée du secteur d'étude (la même légende sera utilisée dans toutes les figures). 1 – Quaternaire ; 2 – Oligocène (Olig.) ; 3 – Éocène supérieur (Eoc. sup.) ; 4 – Éocène inférieur (Eoc. inf.) ; 5 – Paléocène (Paléo.) ; 6 – Campanien supérieur-Maastrichtien (Camp. Sup.-Maast.) ; 7 – Santonien-Campanien inférieur (Camp.inf.-Sant.) ; 8 – Turonien-Coniacien (Tur.-Con.) ; 9 – Albien-Cénomannien (Alb.-Cén.) ; 10 – Aptien supérieur (Apt. sup.) ; 11 – Barrémien-Aptien inférieur ; 12 – « Trias » ; 13 – Tracé de coupes ; 14 – Failles.

Fig. 2. Detailed geological map of the studied area (the same legend will be adopted for all the figures). 1 – Quaternary ; 2 – Oligocene (Olig.) ; 3 – Upper Eocene (Eoc. sup.) ; 4 – Lower Eocene (Eoc. inf.) ; 5 – Paleocene (Paléo.) ; 6 – Upper Campanian-Maastrichtian (Camp. sup.-Maast.) ; 7 – Santonian-Lower Campanian (Camp. inf.-Sant.) ; 8 – Turonian-Coniacian (Tur.-Con.) ; 9 – Albian-Cenomanian (Alb.-Cén.) ; 10 – Upper Aptian (Apt. sup.) ; 11 – Barremian-Lower Aptian ; 12 – 'Triassic' ; 13 – Trace of cross-sections ; 14 – Faults.

Entre les deux lames salifères, d'une part, et la grande masse « triasique » de Bir Afou, d'autre part, affleurent des argiles jaunes à beiges de l'Éocène moyen à supérieur (Fig. 2). Ces argiles renferment plusieurs couches de gypse, ainsi que quelques intercalations de sables riches en huîtres. Cet ensemble est surmonté par de gros bancs de grès qui alternent avec des argiles jaunâtres, dessinant un synclinal (Fig. 3C) fermé du côté sud-ouest. Les niveaux argileux de base ( $X = 500,4$  ;  $Y = 367,3$ ) ont livré : *Hantkenina dumblei*, *Turborotalia cerroazulensis pomeroli*, *Acarinina spinuloinflata*, *Acarinina broedermanni*, *Globigerinoides higginsi* et *Morozovella lehneri* ; cette association signe l'Éocène moyen à supérieur. Le long d'un ravin entaillé dans les argiles, on note que ces dernières recouvrent des marnes et des marno-calcaires verdâtres, à bélemnites et à mi-

crofaune planctonique de l'Aptien supérieur dont *Globigerinoides algeriensis*, *Gl. ferreolensis* et *Gl. Barri*, puis de l'Aptien terminal dont *Planomalina cheniourensis*. La limite entre ces deux formations argileuses, aptienne et éocène, est marquée par 1 m de conglomérat à matrice argileuse, riche en glauconie et en cristaux de quartz bipyramidés issus de Keuper (Fig. 3C). Un système de failles de direction N120 dextres affecte et décale la lame L<sub>1</sub> de « Trias » du flanc sud-est.

Ces observations montrent que :

- les argiles éocènes à foraminifères planctoniques sont discordantes sur les différents termes des formations argileuses aptiennes occupant le cœur de la structure anticlinale des Jebels Ez Zebbas et Aoui-

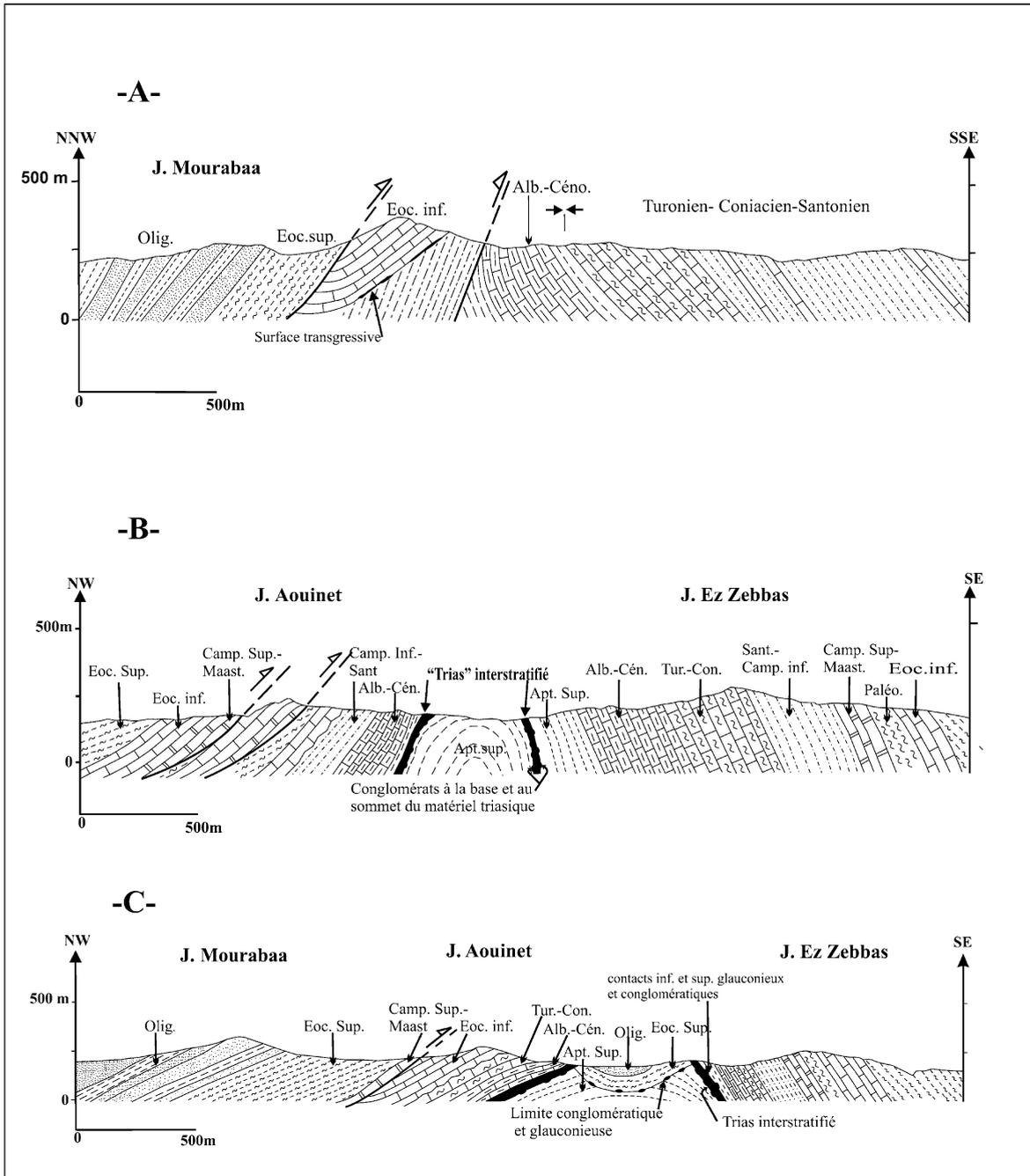


Fig. 3. Coupes séries de l’anticlinal de Bir Afou (localisation et légende sur la Fig. 2).

Fig. 3. Cross-sections in the Bir Afou anticline (localization and legend, see Fig. 2).

net, antérieurement plissée au cours de la compression éocène ;

- les deux lames de matériel « triasique » affectées par le plissement éocène se sont mises en place au sein du Crétacé inférieur au cours des phases extensives antérieures, probablement à l’Aptien.

### 3. Position structurale et stratigraphique du matériel salifère

La grande masse évaporitique « triasique » de Bir Afou, qui sépare les deux segments nord et sud, précédemment décrits, se situe au nœud tectonique formé

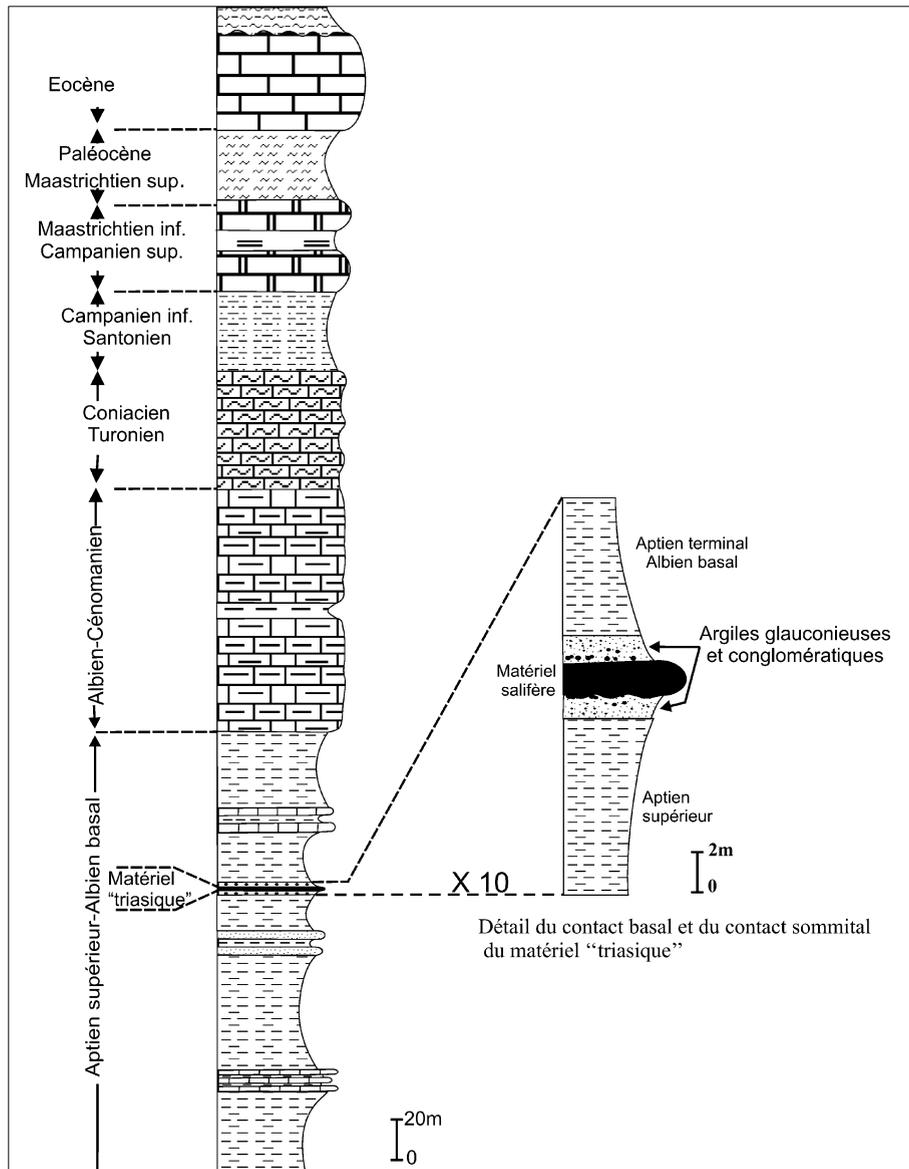


Fig. 4. Colonne lithostratigraphique des séries affleurantes dans le Jebel Ez Zebbas et détails du contact du matériel salifère avec les argiles aptiennes.

Fig. 4. Lithostratigraphic column of the outcropping series from Jebel Ez Zebbas and detailed contacts between the Aptian shales and the 'Triassic' evaporites.

par la faille de direction N120 dextre, qui affecte la terminaison méridionale du segment nord, et la faille chevauchante de direction N40, qui écaïlle le Jebel Aouinet (Fig. 2). Au nord de cette masse salifère se détachent deux fines lames argilo-gypseuses  $L_1$  et  $L_2$ , qui jalonnent les deux flancs du segment nord de la structure anticlinale de Bir Afou.

Pour étudier la relation de ces lames avec les séries voisines, le Jebel Ez Zebbas offre la coupe la plus com-

plète du secteur (Fig. 4). De bas en haut, s'observe la succession suivante :

- 120 m d'argiles et de marnes vert olive, avec quelques intercalations calcaires. Cet ensemble, très riche en faunes pyriteuses, surmonte des calcaires marneux (2 m) qui dessinent le cœur de la structure anticlinale. Il est couronné par de petits bancs de grès-quartzite. Ces argiles ( $X = 501,3$  ;

Y = 368, 5) ont fourni l'association suivante : *Planomalina cheniourensis* Sigal, *Spiroplectinata annectens* Parker et Jones, *Ticinella roberti* Gandolfi, *T. bejaouensis* Sigal, *Gaudryina dividens* Crabert, *Conorotalites aptiensis* Bettenstaedt, *Ammodiscus cretaceous* d'Orbigny, *Anomalina rudis* Reuss, *Lenticulina pulchella* Reuss, *Spiroplectinata complanata* Reuss, *Haplophragmoides sp.* et *Vaginellina sp.* Cette association indique le Clansayésien ;

- 1 m de marnes noires, fortement glauconieuses, renfermant des conglomérats à éléments de différentes tailles dont des quartz bipyramidés. Cet ensemble s'enfonce régulièrement sous la lame de Trias ;
- 1,5 m de gypse mêlé d'argile, attribué traditionnellement au « Trias », par endroits bien stratifié ; plusieurs blocs de calcaires beiges sont emballés dans cette lame de gypse ;
- 2 m d'argiles, glauconieuses et conglomératiques, reposant cette fois sur la lame « triasique » ;
- 80 m d'argiles et de marnes grises à rognons de barytine fibroradiée avec quelques bancs de calcaire beige. Ces marnes ont livré les microfaunes suivantes : *Hedbergella planispira* Tappan, *Vaginella recta* Reuss, *Frondicularia filocuicta* Reuss, *Lenticulina turgidula* Reuss, *L. pulchella* Reuss, *Tristix concavata* Reuss, *Gublinella graysonensis*, *Gavelina intermedia* Berthelin, *Pleurostomella rubuodosis* Reuss, *Discorbis wanoensis* Djaffarov, *Haplophragmoides sp.*, *Dorothia sp.* et *Ramulina sp.* Cette association marque la limite Aptien terminal-Albien basal ;
- 60 m de calcaires noduleux gris alternant avec des marnes noires. La série se poursuit par des marnes grises à verdâtres, contenant quelques rares bancs de calcaires noirs à restes d'ammonites. La microfaune, constituée de *Ticinella gr. roberti*, *Biticinella breggiensis* Gandolfi et *Rotalipora ticinensis*, permet d'attribuer ce terme à l'Albien. Cet ensemble est surmonté par 60 m d'alternances de calcaires feuilletés et de marnes grises : bien que non fossilifère, c'est le faciès habituel du Cénomaniens dans cette région de l'Atlas tunisien ;
- les formations turono-sénoniennes puis tertiaires reposent en concordance sur les alternances précédentes ; il s'agit successivement des formations des « argiles d'Aleg » (Turonien-Coniacien-Santonien), des « calcaires d'Abiod » (Campanien-Maastrichtien), des « argiles d'El Haria » (Paléocène), des « calcaires de Bou Dabbous » (Éocène inférieur) et des « argiles de Souar » (Éocène supérieur) [5].

La présence d'argiles glauconieuses et conglomératiques en dessous et en dessus du matériel salifère et l'intercalation de ce dernier dans les couches encaissantes démontrent le caractère sédimentaire des contacts inférieur et supérieur du matériel « triasique » avec les séries précitées. Ce dispositif est vérifié tout le long des deux flancs de la structure anticlinale au nord de Bir Afou.

#### 4. Événements tectoniques au cours de l'Aptien et de l'Éocène

À l'Aptien, les bancs décimétriques de calcaire beige verdâtre de la formation argileuse clansayésienne sont recoupés par plusieurs microfailles scellées par les argiles albiennes sus-jacentes. Ces failles, de directions moyennes N30–40 et N120–140, sont normales. Elles témoignent du régime tectonique extensif qui a régné au cours de cette période et qui est responsable du basculement du plancher sédimentaire. D'ailleurs, de nombreux auteurs [1–4,8,11,17,19,21] s'accordent pour situer, à cette époque, le premier épisode de l'halocinèse en Tunisie.

D'autre part, l'Éocène inférieur est constitué par une série homogène de calcaires gris et durs qui surmontent 4 m de calcaires bioclastiques glauconieux et phosphatés. Tous ces calcaires présentent des structures compressives, comme des failles inverses de direction N30–40 et quelques plis métriques. Ces structures sont scellées par les argiles de l'Éocène supérieur, attribuées à la formation Souar ; elles témoignent donc d'une tectonique compressive anté-Éocène supérieur. Cette phase de raccourcissement a généré certaines structures atlasiques, dont l'anticlinal de Bir Afou. Ces résultats confirment ceux qu'ont signalés plusieurs auteurs à l'échelle de la Tunisie, à partir des données de surface et de subsurface dans d'autres régions [3,9,14,15,17]. Cette période a été considérée comme la phase majeure de l'installation des structures halocinétiques.

#### 5. Discussion et interprétation des résultats

L'analyse structurale des segments de la structure anticlinale de Bir Afou et la nature des contacts du « Trias » avec les séries sous et sus-jacentes plaident en faveur d'une interstratification de ce matériel salifère dans la série argileuse clansayésienne, avant le dépôt de la série argilo-carbonatée albiennne. De ce fait, l'hypothèse d'une mise en place en force du matériel salifère proposée par Jauzein [11] est à rejeter, pour deux raisons :

- les deux lames de « Trias » sont toujours parallèles aux couches encaissantes, de l’Aptien sous-jacent et de l’Albien sus-jacent ; de plus, le contact entre « Trias » et argiles aptiennes est régulièrement souligné par des conglomérats glauconieux : il ne peut pas être tectonique ;
- les séries crétacées surmontant ces deux lames ne renferment aucune trace de remaniement de matériel salifère ; donc l’anticlinal nord de Bir Afou n’a pas subi l’évolution saccadée d’un pli diapir proposée par Jauzein [11].

Ces observations et constatations fournissent un argumentaire comparable à celui qui a permis de proposer le scénario de mise en place de « glaciers de sel » sous-marins albiens autour du diapir de Ben Gasseur et dans l’anticlinal du Kef [19], de même qu’à l’Ouenza en Algérie proche [18].

Dans le cas de Bir Afou, la succession des événements induisant la genèse d’une telle structure est la suivante (Fig. 5) :

- le régime tectonique distensif régnant pendant l’Aptien supérieur réactive les failles N45 et N120 en jeu normal, entraînant le basculement du plancher sédimentaire. À ce moment-là, le matériel triasique argilo-gypseux trouve, au niveau du nœud tectonique de failles de Bir Afou, des conditions favorables, d’abord pour monter, puis pour s’épancher vers le centre du graben formé par les deux failles qui délimitent actuellement le segment nord de la structure anticlinale. Pendant son épanchement, le matériel salifère entraîne avec lui des blocs calcaires de différentes tailles, qui se retrouvent actuellement noyés dans une matrice argilo-gypseuse. Ce modèle est similaire à celui décrit en Algérie nord-orientale et en Tunisie nord-occidentale [18–20] ;
- à l’Aptien terminal–Albien basal, l’interruption de l’écoulement du matériel salifère coïncide avec la reprise de la sédimentation des calcaires en plaquettes et des argiles vertes riches en bélemnites. Cette série débute par des argiles conglomératiques et glauconieuses ;
- les dépôts compris entre le Campanien supérieur et l’Éocène inférieur sont contemporains des premières pulsations compressives de direction NW–SE qui plissent la région et utilisent en jeu inverse les failles N45 et en décrochements dextres les failles N120. De ce fait, la zone d’alimentation du « glacier de sel » est complètement refermée et l’anticlinal commence à s’ébaucher. À partir de ce

moment, la voûte anticlinale soumise à l’érosion laisse apparaître la série aptienne et les deux lames de matériels « triasiques » repliées ;

- la phase suivante est marquée par le dépôt des argiles de l’Éocène supérieur (formation Souar), discordantes sur les couches crétacées et « triasiques » incluses dans l’anticlinal déjà édifié. Le contact de base de ces argiles est marqué par un horizon marneux glauconieux et conglomératique ;
- lors de la phase de serrage atlasique intramiocène, les failles N120 sont réactivées en jeu dextre, provoquant l’entraînement du segment nord de l’anticlinal qui acquiert sa forme sigmoïde actuelle ; les failles N45 continuent à jouer en jeu inverse, accentuant ainsi l’écaillage du flanc nord-ouest des segments nord et sud de l’anticlinal. En même temps, les couches oligocènes subissent l’effet de la compression atlasique, en dessinant un synclinal NE–SW localisé à l’aplomb de la charnière anticlinale éocène.

## 6. Conclusion

Les observations de terrain, la datation des séries sédimentaires et l’analyse des structures s’accordent pour faire des lames de matériel « triasique » des deux flancs de la structure anticlinale de Bir Afou, un corps salifère unique, primitivement plat et interstratifié dans les argiles de l’Aptien supérieur.

Au cours de la distension aptienne, les failles majeures de direction moyenne N120 ont permis la remontée du matériel salifère et son épanchement latéral, vers le nord-est, sur près de 5 km. Puis, à l’Éocène inférieur, lors de la première phase compressive, la langue de matériel salifère interstratifiée se plisse. Après érosion, elle se présente sous forme de deux lames « triasiques », qui montrent un pendage identique à celui des couches dans lesquelles elles sont intercalées, sur les deux flancs de l’anticlinal de Bir Afou.

Ce mode de mise en place de matériel triasique rappelle celui qui a été déjà décrit par Vila et al. [18,20] et proposé pour certains appareils salifères de la Tunisie nord-occidentale et de l’Algérie nord-orientale. Toutefois, dans notre cas, la masse « triasique » de Bir Afou atteint le cœur du diapir qui a alimenté le « glacier de sel », ce qui complète et argumente le scénario précité.

La structure anticlinale de Bir Afou, montrant un « glacier de sel » de matériel « triasique », repris en compression lors des phases atlasiques, pourrait correspondre à l’appareil, de ce type, le plus oriental de l’Atlas tunisien.

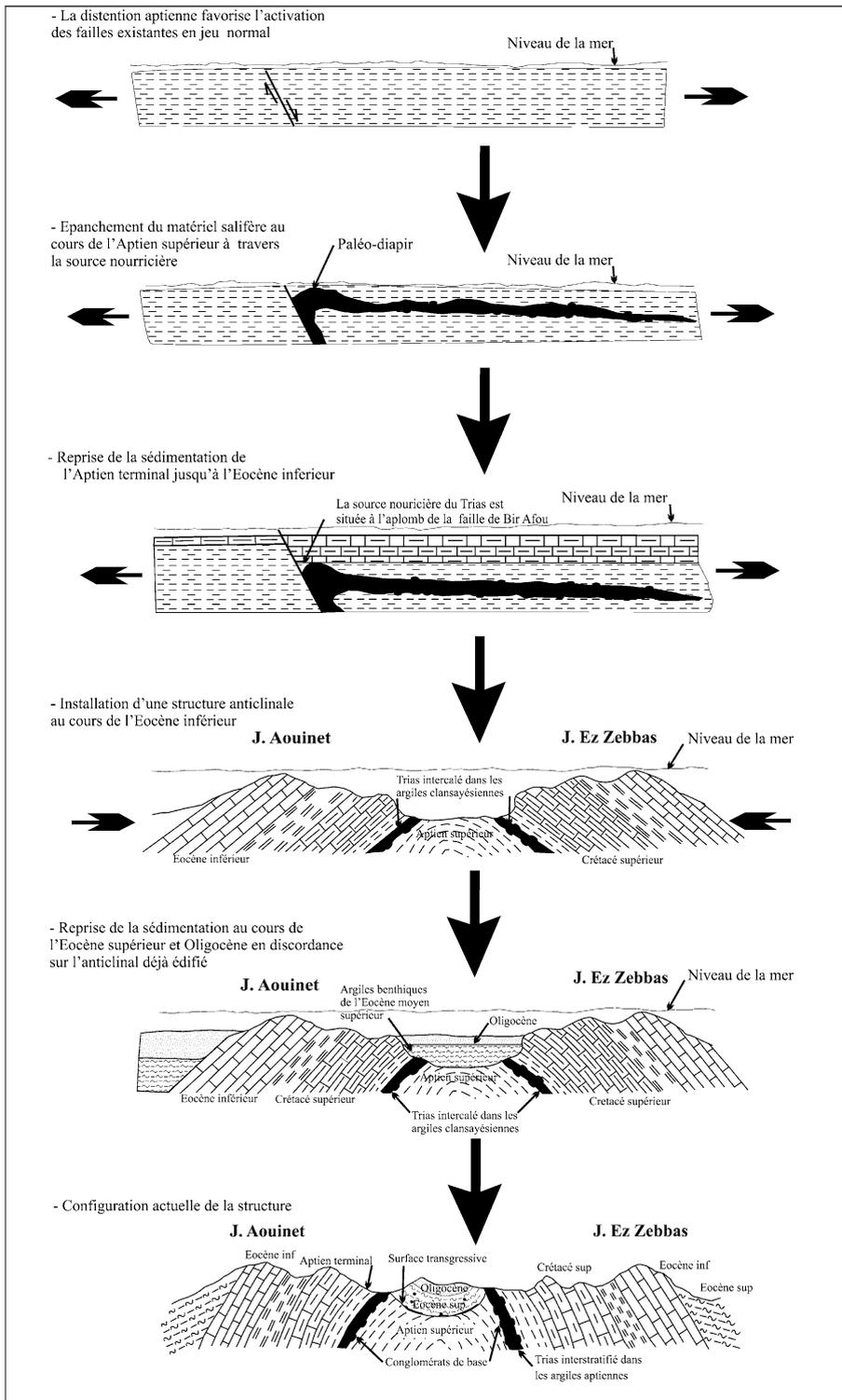


Fig. 5. Scénario possible de mise en place du « glacier de sel » de l'anticlinal de Bir Afou et son évolution lors des phases de serrage atlasiques.

Fig. 5. The 'salt glacier' setting-up possible scenario of Bir Afou anticline and Atlasic tectonic phase evolution.

## Références

- [1] S. Adil, Dynamique du Trias dans le Nord de la Tunisie : bassin en relais multiples de décrochement. Magmatisme et implication minière, thèse, faculté des sciences de Tunis, université Tunis-2, 1994 (240 p.).
- [2] J. Bolze, Ascension et percée de diapirs au Crétacé moyen dans les monts de Téboursouk, C. R. somm. Soc. géol. France (1954) 139–141.
- [3] N. Boukadi, M. Bedir, L'halocinèse en Tunisie : contexte tectonique et chronologique des événements, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA 322 (1996) 587–594.
- [4] L. Boutib, Tectonique de la région du grand Tunis : évolution géométrique et cinématique des blocs structuraux du Mésozoïque à l'Actuel (Atlas nord-oriental de la Tunisie), thèse, faculté des sciences de Tunis, université Tunis-2, 1998 (151 p.).
- [5] P.-F. Burolet, Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale, Ann. Mines et Géol. Tunis 18 (1956) 350.
- [6] M. Chikhaoui, Succession distension–compression dans le sillon tunisien, secteur de Nebeur, El Kef, Tunisie centre-nord. Rôle des extrusions triasiques précoces lors des serrages alpins, thèse, université de Nice–Sophia-Antipolis, 1988 (143 p.).
- [7] N. Crampon, Étude géologique de la bordure des Mogods, du pays de Bizerte et du Nord des Hedil (Tunisie septentrionale), thèse d'État, 1971 (552 p.).
- [8] H. El Ouardi, M.M. Turki, Tectonique salifère polyphasée dans la région de Mjez El Bab-Testour «Zone des dômes» (Tunisie septentrionale) : contrôle de la sédimentation méso-cénozoïque, Géol. Méditerran. XXVII (1995) 73–84.
- [9] P. Haller, Structure profonde du Sahel tunisien. Interprétation géodynamique, thèse 3<sup>e</sup> cycle, université de Franche-Comté, Besançon, 1983 (162 p.).
- [10] A. Jauzein, Carte géologique au 1:50 000 et notice explicative de Bir M'Cherga, feuille n°28, Serv. Géol. Tunisie, 1957 (40 p.).
- [11] A. Jauzein, Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne, Ann. Mines Géol. Tunis 22 (1967) 475.
- [12] C. Martinez, M. Chikhaoui, P. El Sass, Le diapir de Nebeur (Tunisie septentrionale). Géométrie des accidents distensifs syn-sédimentaires crétacés et leur rôle lors des serrages alpins, Rev. Sci. Terre, Mém. INRS 6 (1987) 25–36.
- [13] V. Perthuisot, Dynamique et pétrogenèse des extrusions triasiques en Tunisie septentrionale, thèse d'État, École normale supérieure, Paris, 1978 (312 p.).
- [14] V. Perthuisot, H. Rouvier, Les diapirs du Maghreb central et oriental : des appareils variés, résultats d'une évolution structurale et pétrogénique complexe, Bull. Soc. géol. France 6 (163) (1992) 751–760.
- [15] V. Perthuisot, M. Aoudjehane, A. Bouzenoune, N. Hatira, E. Laatar, A. Mansouri, et al., Les corps triasiques des monts du Mellègue (confins algéro-tunisiens) sont-ils des diapirs ou des «glaciers de sel»? , Bull. Soc. géol. France 169 (1998) 53–61.
- [16] H. Rouvier, B. Henry, M. Le Goff, N. Hatira, E. Laatar, A. Mansouri, et al., Preuves paléomagnétiques de la non-interstratification des évaporites du Trias dans l'Albien du Maghreb oriental, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA 326 (1998) 363–368.
- [17] M.M. Turki, Polycinématique et contrôle sédimentaire associé sur la cicatrice Zaghouan–Nebhana, Rev. Sc. Terre, INRS Tunis, thèse d'État, faculté des sciences de Tunis, 1988 (262 p.).
- [18] J.-M. Vila, Halocinèse distensive albienne à «glaciers de sel» sous-marins et plissement tertiaire du secteur Ouenza–Ladjebel–Meridef : précisions à la suite de l'article d'A. Bouzenoune, H. Rouvier et J. Thibiéroz, «Trias de l'Ouenza : contexte diapirique, zonation minéralogique et conséquences métallogéniques», Bull. Serv. Géol. Algérie 6 (2) (1995) 1–35.
- [19] J.M. Vila, M. Ben Youssef, A. Charrière, M. Chikhaoui, M. Ghanmi, F. Kammoun, et al., Découverte en Tunisie au SW du Kef de matériel triasique interstratifié dans l'Albien : extension du domaine à «glacier de sel» sous-marin des confins algéro-tunisiens, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II 318 (1994) 109–116.
- [20] J.M. Vila, M. Ben Youssef, M. Chikhaoui, M. Ghanmi, Deuxième étude de surface d'un «glacier de sel» sous-marin albien (250 km<sup>2</sup> ?) ; les masses triasiques du «diapir» de Ben Gasseur et de l'anticlinal du Kef (Nord-Ouest tunisien), Bull. Soc. géol. France 167 (1996) 235–246.
- [21] F. Zargouni, Étude géologique de la chaîne Lansarine (région de Tébourba), thèse 3<sup>e</sup> cycle, université Paris-6, 1975 (85 p.).
- [22] F. Zargouni, Étude des mouvements ascensionnels du complexe triasique dans la chaîne de Lansarine (Atlas tunisien-Zone des Dômes), Notes Serv. Géol. Tunisie 43 (1977) 13–21.