

# LES AVANTAGES D'UNE APPROCHE MULTI-SOURCES (BIOSTRATIGRAPHIE, SÉDIMENTOLOGIE, FORAGES, PROFILS SISMIQUES ET GRAVIMÉTRIE) POUR L'ÉTUDE DE L'HALOCINÈSE CRÉTACÉE ("GLACIERS DE SEL", TECTONIQUE EN RADEAUX ET DÔMES DE SEL) ET DE L'HALOTECTONIQUE TERTIAIRE (PLISSEMENT DES "GLACIERS DE SEL", GENÈSE DES DÔMES DE SEL-PLIS), DES CONFINS ALGÉRO-TUNISIENS

Précisions à la suite de l'article de Waclaw Marian KOWALSKI et Messaoud HAMIMED, "Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien ? Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens", Bulletin du Service Géologique de l'Algérie, 2000, vol. 11, n° 1, p. 29-60

Jean-Marie VILA\*

## RÉSUMÉ

Cet article présente une revue critique des conceptions exposées par le très récent article de Kowalski et Hamimed, en apportant des précisions nouvelles sur de nombreux secteurs des régions de l'Ouenza et de Tébessa (Fedj el Zgag, près de Bou Khadra, Dj. Bou Jaber, Dj. Def près de l'Ouenza, Dj. Belkif à l'ouest de Tébessa, Hameïmat ed Dahra et Hameïmat Gueblia, ensemble Ouenza-Ladjebel-Méridef, Sidi Mbarka près du Dj. Harraba, Dj. Djébissa de Tébessa) et en les comparant avec des exemples pris surtout en Gulf Coast. Dans le domaine des "glaciers de sel", de nombreuses données bibliographiques et surtout stratigraphiques montrent la faiblesse des dossiers présentés par Kowalski et Hamimed : elles concernent en majorité les trois horizons carbonatés bien datés du Crétacé inférieur (Aptien supérieur, Albien inférieur et Albien moyen), souvent grâce à la citation d'ammonites, de brachiopodes et de microfaunes diverses. Le rappel d'exemples récents de tectonique en radeaux et de dépo-centre, montre que le modèle à "glacier de sel" est mieux adapté au nord de Tébessa par comparaison notamment avec le secteur minier tunisien voisin de Gueurn Halfaya. L'accent est mis sur l'importance des petits édifices récifaux à polypiers et à algues de l'Albien moyen qui jalonnent le toit des masses triasiques interstratifiées. Dans le domaine des dômes de sel-plis, le rappel des notions fondamentales de dôme de sel, de diapir et de dôme de sel-pli permet de proposer une évolution unitaire pour les structures antiformales à cœur salifère de Djébissa et de leur symétrique tunisien de l'Hencher el Adjerat (entre les Dj. El Ajered et Hamra), du Dj. Ed Dalaa, ainsi que des Hamimats Meskouta et Guibeur. Pour les exemples algériens ont été (Djébissa) ou sont fournies des cartes détaillées et des coupes interprétatives.

L'ensemble des interprétations proposées intègre aussi de nombreuses données de subsurface : minéralisations, forages pétroliers et miniers, profils sismiques, gravimétrie (au nord de Tébessa) et données aéromagnétiques, négligées par Kowalski et Hamimed. Ces données permettant à chaque fois de distinguer

\* Université Paul-Sabatier (Toulouse-III), Laboratoire de Dynamique des Bassins sédimentaires, EA n° 3029, 39 Allées Jules-Guesde, 31 000, Toulouse, France ; courriel : "jmvila@cict.fr".

- Manuscrit déposé le 02 Janvier 2001, accepté après révision le 08 Janvier 2001

d'abord un stade d'halocinèse précoce avant le Crétacé supérieur, suivi d'une halotectonique accompagnant l'inversion tectonique positive due aux plissements tertiaires dont l'importance ne saurait être minimisée. La conclusion fait le point sur le dernier des trois vifs débats qui ont été suscités depuis un siècle, avec des méthodes diverses, pour l'interprétation des masses triasiques du nord-est du Maghreb.

**Mots clés** - Albien - Algérie - Aptien - Dôme de sel - Dôme de sel-pli - Glacier de sel - Géophysique - Halocinèse - Halotectonique - Tectonique en radeaux - Tectonique salifère - Tunisie.

**ADVANTAGES OF A MULTI-DATA APPROACH (BIOSTRATIGRAPHY, SEDIMENTOLOGY, DRILLINGS, SEISMIC PROFILES AND GRAVIMETRY) FOR THE STUDY OF THE CRETACEOUS HALOKINESIS ("SALT GLACIERS", RAFT TECTONICS AND SALT DOMES), AND THE ANALYSIS OF THE TERTIARY HALOTECTONICS (FOLDING OF THE "SALT GLACIERS" AND FAULT-SALT DOMES GENESIS), ON THE ALGERIAN-TUNISIAN CONFINES**

Precisions following the paper of Waclan Marian KOWALSKI and Massaoud HAMIMED, "multi-phases diapirism or albian salt glacier? dilemma of Trias material on the Algerian-Tunisian confines, Bulletin du Service Geologique de l'Algérie, 2000, vol. 11 n°1, p. 29-60.

**ABSTRACT**

This paper presents a critical review of the descriptions and conceptions proposed in a very recent paper of Kowalski and Hamimed, gives new precisions about several areas of the Ouenza and Tebessa countries (Fedj el Zgag, close to Bou Khadra, Dj. Bou Jaber, Dj. Def near to Ouenza, Dj. Belkfif on the west of Tebessa city, Hameimat ed Dahra and Gueblia, Ouenza-Ladjabel-Méridéf surroundings, Sidi Mbarka close to the Dj. Harraba, Dj. Djébissa of Tebessa) compared to some Gulf Coast examples. Several stratigraphic data evidence the poorness of the analysis carried out by Kowalski and Hamimed, specially related to the definition of the three well known calcareous formations Lower Cretaceous in age (Upper Aptian, Lower Albian and Middle Albian), frequently bearing ammonites, brachiopods and various microfossils. Within the "salt glacier" domain, after a recalling of the basic concepts of the raft tectonics and the genesis of the depocenter, the "salt glacier" model appears as the best in order to explain the described settings, and allows a good comparison with the neighbouring Tunisian area of Gueurn Halfaya mines. A special attention is given to the several small Middle Albian coral-algal reefs, overlying the interbedded masses of saliferous Triassic rocks. Within the fold-salt dome domain, the recalling of the fundmantal notions of salt dome, fold-salt dome and diapir allow to argue an unitary evolution for the salt-cored structures of Djebissa and their Tunisian symmetric ones of Henchir el Adjerat (between Djebels el Ajered and Hamra), Dj. Ed Dalaa, Hamimat Meskouta and Hamimat Guibeur. Each Algerian example is supported by detailed geologic map and an interpretative cross-section. All proposed interpretations take into account several subsurface data: metal resources, mining and petroleum exploration drillings, seismic profiles, gravimetry and aeromagnetic data, which have completely forgotten by Kowalski and Hamimed. In all the studied structures are well chronologically separated, an early halokinesis before the Upper Cretaceous and afterwards a positive tectonic inversion during the major two Tertiary foldings episodes. As conclusion, my paper presents the state of the evolution of the ideas after three animated debates since one hundred years, about the difficult interpretation of the Triassic masses in the north-eastern.

**Key words** - Albien - Algeria - Aptian - Fold-Salt dome - Geophysics - Halokinesis - Halotectonics - Raft Tectonics - Salt dome - Salt glacier - Salt tectonics - Tunisia.

## I - INTRODUCTION

La note de W. M. Kowalski et M. Hamimed (ci-après désignés par l'abrégié K&H) se termine p. 57 par les remerciements d'usage, dans lesquels j'ai eu la surprise de me voir inclus. Pourtant je n'ai à aucun moment et de quelque façon que ce soit été associé à sa rédaction.

Si tel avait été le cas :

1 - j'aurais demandé de nombreuses modifications de fond, à partir des remarques et surtout des données factuelles (rappelées ou en majorité nouvelles) que j'expose ci-après et que je leur aurai volontiers communiquées; pour la commodité du lecteur, elles sont regroupées par secteurs géographiques puis par thèmes précis; appuyées par une abondante illustration polychrome ; tous les appareils salifères évoqués dans le texte sont localisés figure 1.

2 - J'aurais également suggéré à ces auteurs, d'élargir leur bibliographie :

a - sur le plan régional, concernant :

$\alpha$  - la stratigraphie et l'interprétation des appareils tunisiens les plus proches des Dj. Ajered et Hamra (Jrad et Perthuisot, 1995), du Dj. Slata (Vila *et al.*, 1995, 1999), de Koudiat Sidi (Ghanmi *et al.*, 1999 b), de Touireuf (Ghanmi *et al.*, 1999 a), du J. Bou Khil (Vila *et al.*, 1998), de Gueurn Halfaya (Vila *et al.*, 1998) et de Takrona (Ghanmi *et al.*, 2000), un secteur où d'autres appareils sont activement étudiés par l'équipe franco-tunisienne pluridisciplinaire que j'anime;

$\beta$  - l'étude sismique en Algérie (Fettous et Aberkane, 1995) et l'étude gravimétrique de l'Algérie orientale (Zerdazi, 1990, disponible notamment à l'antenne ORGM de Tébessa où je l'ai consultée pour la première fois en 1991) et les études gravimétriques du Nord-Ouest tunisien (Valdor Sagax, 1998; SIAL Geosciences Inc., 1999);

$\gamma$  - les données de subsurface en Algérie, illustrées dans les figures annexes des cartes géologiques au 1/50 000 récemment publiées : Aïn Télijdène (Vila, 1993) et Bir Sbeïkia-Feriana (Sami et Vila, 2000; Vila et Sami, 2000);

$\delta$  - à l'étude structurale remarquablement documentée (analyse des contraintes, sismique, forages, analyse des fractures, coupes équilibrées, rétrotectonique) de B. Addoum (1995, 1996) qui inclut complètement la région de Tébessa.

b - aux ouvrages fondamentaux récents abordant les concepts et les phénomènes, si différents, d'halocinèse et d'halotectonique, ces termes étant pris au sens de Trusheim (1957, 1960) et précisés *in* Vila (2000); en effet, depuis les enrichissants apports de la modélisation analogique, surtout réalisée par "l'école d'Austin", Texas (Jackson et Vendeville, 1992 a et b; Jackson, 1996; Guglielmo *et al.*, 1998, 2000), ignorer les bases conceptuelles complètement renouvées fournies par les 3 ouvrages synthétiques récemment publiés (Alsop *et al.*, 1996; Jackson *et al.*, 1996; Warren, 1999), n'est plus concevable.

Le but du présent article, qui s'adresse surtout aux lecteurs intéressés par la tectonique salifère, qu'ils soient ou non spécialistes de la région, est aussi de fournir, en plus des études détaillées, quelques éléments de la documentation illustrant les progrès accomplis, régionalement et thématiquement, dans le domaine de la tectonique salifère. Les documents cartographiques fournis qu'ils soient généraux ou détaillés, sont tous de ma main et correspondent à des levés de terrain originaux effectués avec le contrôle des photographies aériennes panchromatiques en noir et blanc à 1/25 000. Les plus détaillés, pour pouvoir être utiles sur le terrain, sont en plus d'une échelle métrique :

a - soit accompagnés des coordonnées Lambert-Nord, sur le bord intérieur de leur cadre (fig. 5, 6 et 8);

b - soit présentés avec des points cotés et des repères hydrographiques (fig. 10 et 12).

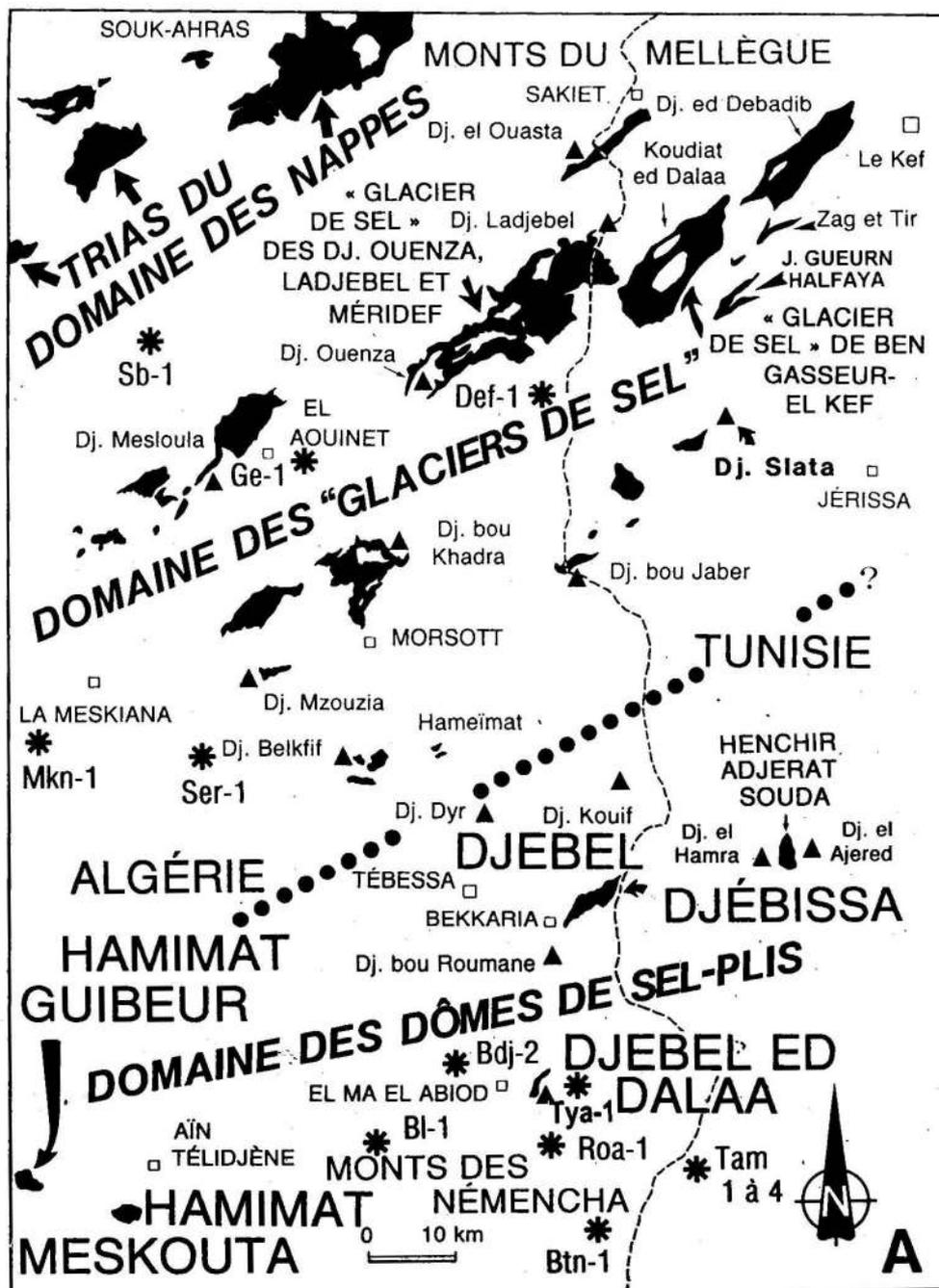


Fig. 1 - Plan de position des appareils salifères, des domaines à tectonique salifère et des sondages évoqués dans le texte

*Location map of the saliferous structures, of the domains with salt tectonics, and the drills quoted in the text*

## II - LE FEDJ EZ ZGAG, PRÈS DU DJ. BOU KHADRA

1 - Le dispositif illustré dans la figure 2 de KetH correspond au sud-ouest du Dj. Bou Khadra, à deux dépo-centres typiques de terrains attribués à l'Albien-Cénomaniens au NW (seule la moitié sud est représentée) et du Cénomaniens-Turonien inférieur au SE, paraissant s'être enfoncés sur place dans le matériel triasique. Ce type de dispositif peut se développer sur toute masse salifère, quelle que soit la nature de sa mise en place préalable. Je suis tenté de croire cette coupe soit géométriquement exacte, malgré l'absence de toute indication méthodologique (cartographie nouvelle ? forages ? sismique ? ou simple interprétation de la carte à 1/50 000 de Dozet *et al.*, 1985 ?). Je pense qu'il s'agit d'une tectonique en radeaux, telle que P.-F. Burollet (1975) l'a définie en Angola, avant qu'elle n'y soit analysée avec précision comme le représente la figure 2 (Duval *et al.*, 1992).

Cette organisation a été retrouvée depuis lors dans de nombreux secteurs, tout le long de la marge atlantique africaine ou américaine, sans "glaciers de sel" (Séranne *et al.*, 1992; Spathopoulos, 1996), en Gulf Coast (Diegel *et al.*, 1996; McBride, 1998) et au Kazakhstan (Volozh *et al.*, 1994), au toit de "glaciers de sel". Notons qu'en Afrique de l'Ouest, du Niger à l'Angola, c'est sur du sel de l'Aptien que s'installent les dépo-centres (fig. 3), dans un contexte resté purement distensif, sauf tout à fait au pied de la marge où la couverture vient se bloquer en se comprimant, faute de pouvoir glisser au-delà de la zone de dépôt du sel et des évaporites associées (Spathopoulos, 1996).

Avec mes collaborateurs tunisiens, nous avons eu l'occasion d'étudier des dispositifs semblables, non loin de là, au SSW du Kef dans le secteur minier de Gueurn Halfaya (Vila *et al.*, 1998), à intéressantes minéralisations plombo-zincifères associées. La figure 4 de cette dernière note, inspirée de ces travaux récents, propose l'évolution géodynamique de ce secteur, de l'Aptien à l'époque actuelle : les phénomènes halocinétiques en régime distensif, prouvés depuis l'Albien inférieur par la présence de

blocs d'Aptien resédimentés, induisent d'abord la mise en place d'un "glacier de sel" à l'Albien sur une pente préexistante à nombreux *slumps* (stades 3 et 4), rapidement enfoui sous les dépôts ultérieurs de l'Albien supérieur-Vraconien (Albien terminal); à son toit sa couverture se déchire et se développe alors une tectonique en radeaux pendant le Vraconien-Turonien (stade 5); à ces événements succèdent (probablement à partir du Sénonien supérieur) des phénomènes halotectoniques en régime compressif, accompagnant à deux reprises l'inversion tectonique et l'érosion des structures antérieures (stades 6 et 7).

Si l'on retient cette interprétation, aucun des contacts inférieurs limitant les dépo-centres du Fedj ez Zgag n'était primitivement anormal. Mais il peuvent évidemment avoir été ultérieurement perturbés par les deux plissements majeurs tertiaires (Éocène supérieur et Miocène supérieur) entre le matériel crétacé compétent et le matériel triasiques incompétent, ce qui représente par définition la halotectonique (Trusheim, 1957, 1960).

2 - Ayant étudié en détail ce secteur du Fedj ez Zgag, ainsi que les pentes voisines du vigoureux relief du Dj. Bou Khadra, je peux apporter les nouvelles précisions suivantes :

a - les calcaires attribués par K et H à de "l'Albien inférieur en profil réduit" de Seloul el Agab, correspondent aux "calcaires récifaux" notés n<sup>5er</sup> (Aptien) de la carte au 1/50 000 de Dozet *et al.* (1985); les raisons de ce changement d'attribution stratigraphique ne sont pas données;

b - d'après mes lames minces, il s'agit bien de calcaires récifaux; ils sont semblables, sinon identiques, à ceux qui se sont déposés sur le matériel triasique de l'Ouenza (voir Vila, 1996, photo de couverture en couleurs et § VI, ci-après) et de ce fait, il est erroné de les représenter comme une couche continue d'épaisseur constante comme le font K et H; en fait l'arête de Seloul el Agab correspond, comme sur le flanc nord-ouest de l'Ouenza, à un chapelet de *coral-algal reefs* au sens de Purser (1973), lenticulaires et décimétriques :

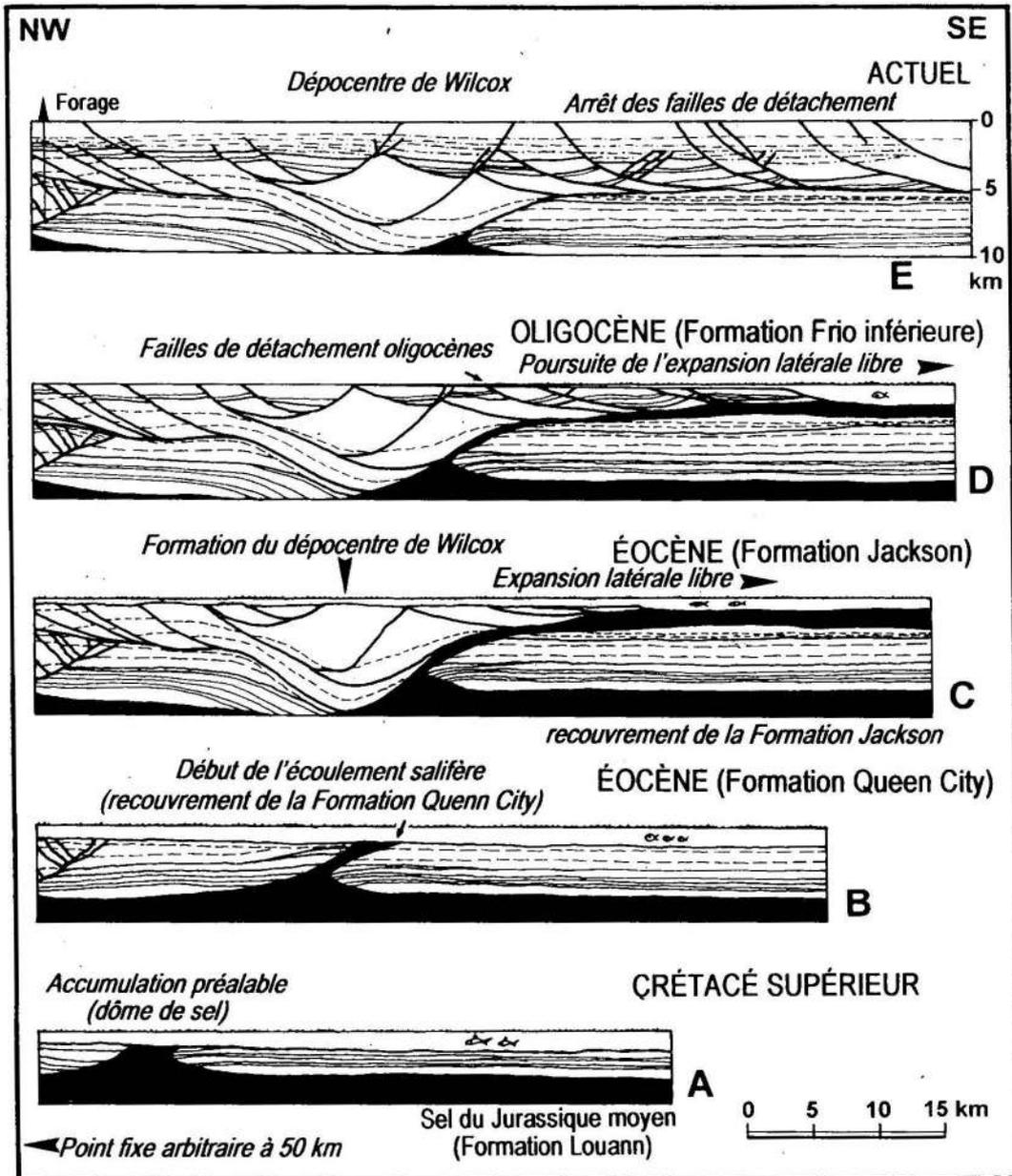


Fig. 2 - Un exemple de développement de dépocentre au toit du glacier de sel de Wilcox (plateau continental de Louisiane, offshore de la Gulf Coast), redessiné d'après Diegel *et al.*, (1996)

*An example of depocenter development at the top of the Wilcox salt glacier (Louisiana continental plateau, offshore of Gulf Coast), redrawn according to Diegel et al., (1996)*

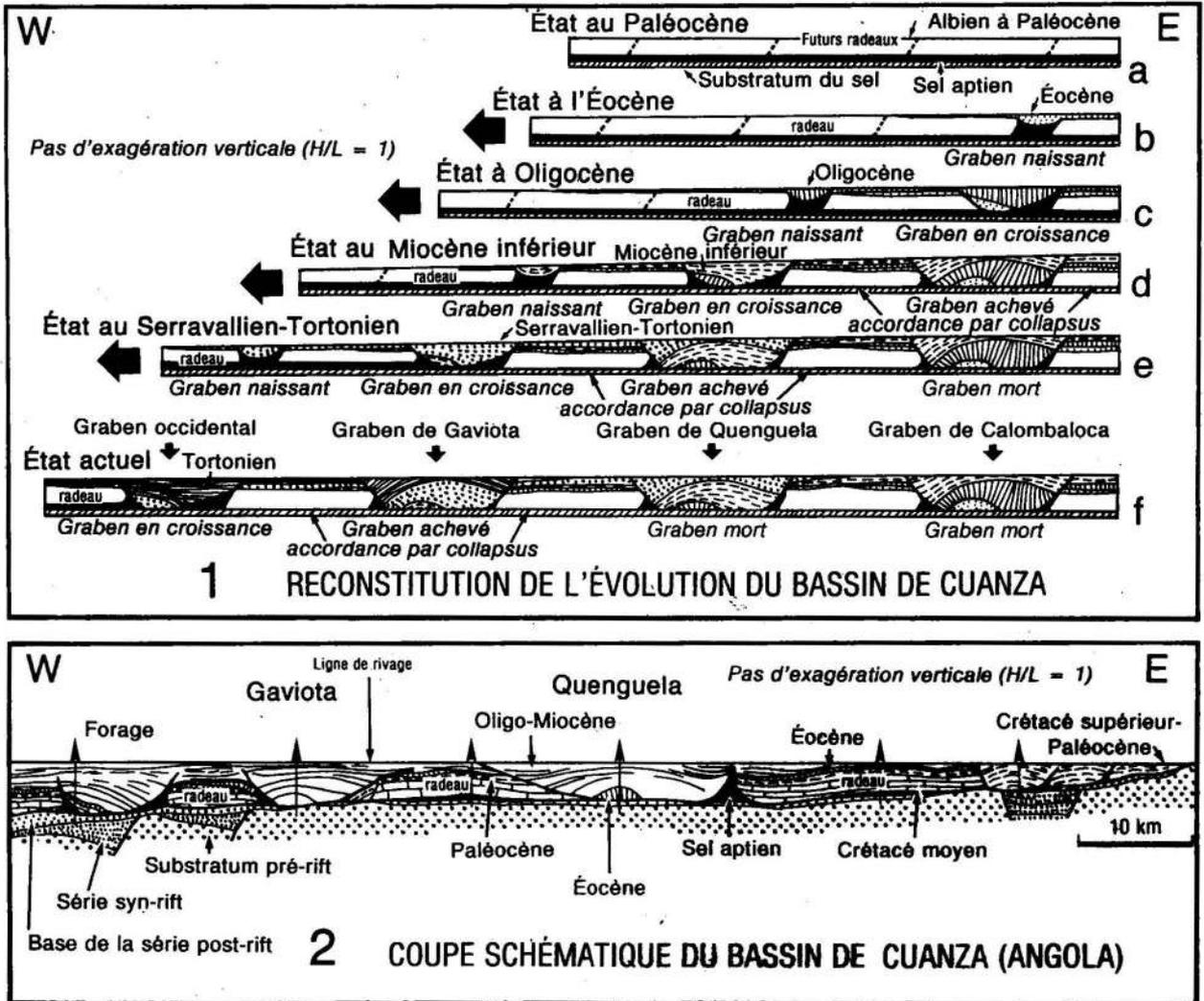


Fig. 3 - Développement de dépocentres successif à terre et en mer, sur la marge passive angolaise, redessiné d'après Duval *et al.* (1992). On notera en 2, de part et d'autre des lames verticales de sel (cicatrices), la ressemblance avec la fig. 1 de K et H

*Development of successive depocenters on the Angolan passive margin, on- and offshore, redrawn according to Duval et al. (1992). Note in 2, on the both sides of the saliferous vertical swords (scars), the good resemblance with the fig. 1 of K et H*

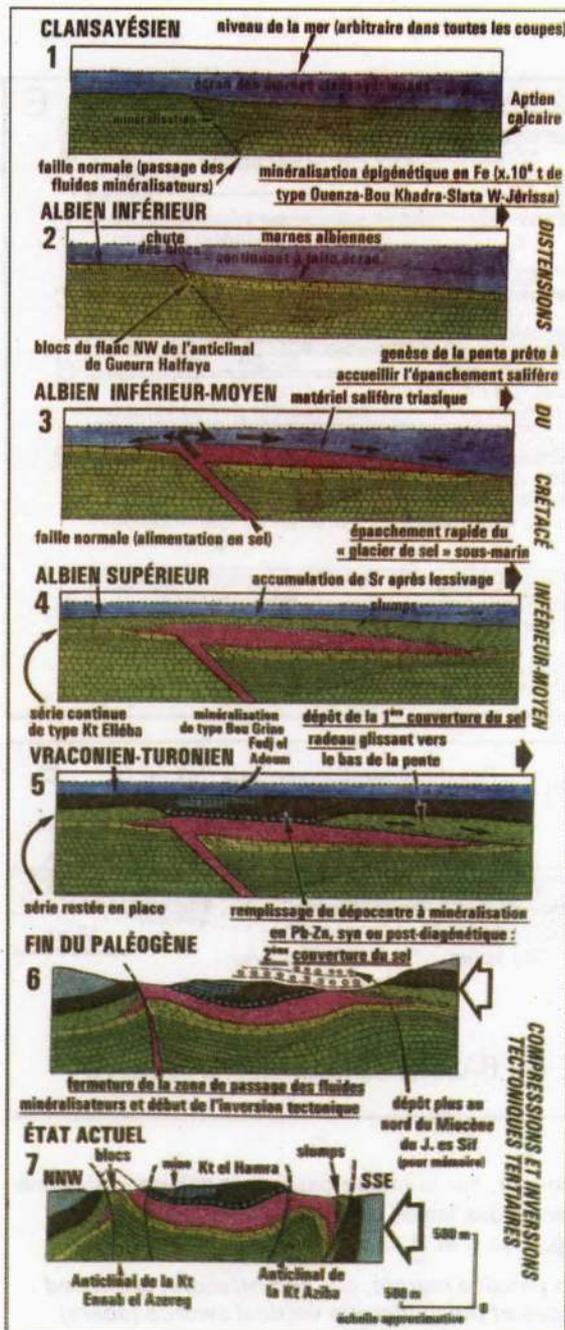


Fig. 4 - Essai de reconstitution en sept étapes de l'évolution tectono-sédimentaire, métallogénique et tectonique de l'anticlinal de Gueum Halfaya, le long d'un profil NW-SE de la Kt el Hamra (Nord-Ouest tunisien), extrait de Vila *et al.* (1998), modifié.

*Attempt of reconstruction in 7 stages of the tectono-sedimentary, metallogenic and tectonic evolution of the Gueum Halfaya anticline, along a NW-SE profile of the Kt el Hamra (North-Western Tunisia), from Vila and al., (1998), modified.*

$\alpha$  - ces petits édifices reposent stratigraphiquement sur le matériel triasique par l'intermédiaire d'un mince liseré conglomératique qui en remanie les insolubles et qui le ravine;

$\beta$  - chacun d'eux est recouvert en *onlap* par les marnes sombres de l'Albien moyen-supérieur;

c - l'Albien inférieur du secteur du Dj. Bou Khadra lui-même correspond en fait à la barre carbonatée supérieure de la masse centrale de ce massif; cet horizon recouvre le niveau à ammonites décrit par J.-P. Masse et J.-P. Thieuloy (1979), dont le premier de ces auteurs m'avait très aimablement communiqué la position exacte en 1992; j'ai récolté en 1992, seul ou en compagnie d'A. Charrière (Toulouse, Univ. Paul-Sabatier) d'autres ammonites albiennes sous cette barre : toutes indiquent l'Albien inférieur (Zone à *Tardefurcata*) et plus précisément ses sous-zones à *Hypocanthoplites milletioides* et à *Leymeriella regularis* (dét. par Busnardo en 1998, échantillons déposés et enregistrés à l'Université Claude-Bernard, Lyon);

d - cette barre supérieur de calcaires de plate-forme ouverte (non-récifale) de l'Albien inférieur, constitue notamment la longue arête du Dj. Oum es Sba, rapportée à tort à l'Aptien par K et H car :

$\alpha$  - ces calcaires, souvent à orbitolines (mais qui ne présentent pas les classiques faciès aptiens à miliolidés et *Archaealveolina*), livrent dans plusieurs dizaines de lames minces, effectuées à partir de prélèvement systématiques, à côté d'orbitolines roulées indéterminables, des associations typiques de foraminifères tels *Favusella washitensis*, *Hedbergella sp.* et fréquemment *Meandrospira cf. washitensis*, mais aussi de floridées comme *Agardhiellopsis cretacea*, *Archaeolithothamnium* variées et brisées;

$\beta$  - dans la seule tranchée de la route Bou Khadra-Morsott recoupant cette barre, un joint marneux séparant deux bancs calcaires de la base de cette arête m'a livré d'abondants foraminifères planctoniques (dét. Kéhid-Benkherouf, Alger U.S.T.H.B.) avec *Ticinella primula*, *T. roberti*, *Globigerinelloides bentonensis*, *Hedbergella planispira*,

*H. simplex* et *H. delrioensis*, *Rotalipora cf. subticinensis*, toujours de l'Albien inférieur (zone à Primula);

γ - sur le revers est de l'Oum es Sba, les calcaires biodétritiques albiens sont ravinés par des biomicrites claires à nombreuses *Hedbergella planispira*, *H. sp.* et *Ticinella roberti*, signant encore l'Albien inférieur.

Ces nouvelles données imposent une réinterprétation drastique (en cours) d'un vaste secteur encadrant et incluant le Dj. Bou Khadra, trop longtemps retardée par un long délai de détermination de 5 gisements d'ammonites, largement dispersés, dont l'apport est décisif ; ces nouvelles données fragilisent considérablement les prises de position imprudentes de K et H qui auraient, avant toute chose, dû procéder à la révision stratigraphique et cartographique précise d'un dossier cinquantenaire.

## II - LE DJEBEL DEF, PRÈS DE L'OUENZA

1 - Je n'ai jamais songé à prolonger le Trias interstratifié du Dj. Ouenza jusqu'au Dj. Def (Def-1, fig. 1). J'ai d'ailleurs pris soin dans les coupes interprétatives du Dj. Ouenza publiées dans ces colonnes, de figurer (sans point d'interrogation) un amincissement vers l'ESE de cette intéressante structure, précisément en direction du Dj. Def (1996, fig. 5, coupe n° 3). La discussion à ce sujet n'a donc pas lieu d'être.

2 - Il me paraît nécessaire de rappeler que dans ce même article, p. 7, je donne des précisions stratigraphiques à partir du forage Def-1 (3500 m), dont j'ai pu étudier les lames minces du tiers supérieur grâce aux responsables de CRD de SONATRACH à Boumerdès : "...entre 350 et 400 m de profondeur... j'ai retrouvé les calcaires albiens à *Favusella washitensis* (n. d. r. : de l'Albien inférieur); plus bas encore l'Aptien calcaire à orbitolines et miliolles apparaît à 650 m de profondeur". Comme ce forage est implanté exactement au cœur du brachyanticlinal du Dj. Def, on ne saurait trouver à sa surface de dépôts de l'Aptien supérieur (Gargasien). Les conclusions stratigraphiques de G. Dubourdiou (1949), d'ailleurs

basées sur des oursins de détermination prudemment incertaine (2 espèces sur 2 sont notées cf.), ne peuvent donc plus être retenues et a fortiori servir à argumenter une question qui ne se pose pas. Ce n'est pas le seul endroit où des rectifications stratigraphiques des travaux de G. Dubourdiou ont été nécessaires.

Cette dernière remarque n'enlève rien, plus d'un demi siècle plus tard, au respect que je porte au travail de pionnier, réalisé en autarcie quasi totale par cet auteur polyvalent et méthodique. J'ai rappelé en 1996 qu'il n'avait pas hésité à remettre radicalement en doute ses propres interprétations (Dubourdiou, 1959), faisant ainsi preuve d'une grande rigueur et d'une grande humilité, dans un article mémorable sur le Dj. Mesloulou (dont il sera de nouveau question plus loin); trop de ses nombreux prosélytes tardifs, plus "dubourdiens" que lui, semblent l'avoir oublié ou continuent de l'ignorer, en ne se référant seulement à une première interprétation à laquelle il ne croyait plus, trois ans seulement après une soutenance qui eut un grand retentissement.

Quant à la série dilatée du Dj. Def elle appartient aussi à un dépocentre caractéristique; je ne comprends pas sur quel argumentaire ce secteur qui livre d'abondantes microfaunes pélagiques, pourrait être considéré comme un paléo-relief albo-aptien.

Il me paraît plus logique d'en faire la partie épaissie de la couverture sédimentaire de la partie effondrée d'un bloc basculé en régime distensif.

## III - LE DJEBEL BELKFIF

Contrairement à ce qu'affirment K et H, p. 111, dans ma note de 1994, je ne fais aucune allusion à ce massif. L'avoir placé dans le domaine des "glaciers des sel", ne signifie pas automatiquement que dans ce vaste périmètre j'aurais partout "essayé d'appliquer la "théorie du "glacier de sel"" pour reprendre leur formulation. Cela revient à vouloir faire croire au lecteur, que tous les pointements triasiques seraient pour moi autant de témoins d'une immense lame interstratifiée et que la théorie primerait l'observation.

**1** - Dans le domaine des gigantesques "glaciers de sel" de la Gulf Coast (jusqu'à 500 km<sup>2</sup>), ceux-ci coexistent avec des dômes de sel typiques, qui s'installent au toit de nombreux dépocentres (McBride, 1998). La présence de dépocentres (fig. 2) y montre par ailleurs que d'importantes variations d'épaisseur ne sont nullement symptomatiques de l'existence d'appareils à allure perçante.

**2** - De plus, affirmer que l'Albien est absent au Djebel Belkif est erroné. Y ayant fait une reconnaissance avec échantillonnage en 1992, j'ai pu constater que les calcaires rapportés à l'Aptien par Morel (1957) au pied sud du Dj. Belkif (à la Mechtat Ouled Bouaila), correspondaient, après y avoir réalisé des lames minces :

**a** - à des niveaux glauconieux, phosphatés et dolomitiques, à débris probables d'*Agardhiellopsis*, une forme strictement albienne de la flore de Vimport. C'est un microfaciès typiquement albien en Algérie orientale et en proche Tunisie (Zghal, 1994), probablement de l'Albien moyen; ces niveaux reposent clairement sur l'affleurement triasique et n'y sont pas inclus; au sud, ce dernier bute par faille contre des biomicrocrites du Sénonien, effondrées en bordure du fossé de Tébessa; vers le nord les niveaux glauconieux butent eux aussi sur une fracture;

**b** - un peu plus à l'est (cote 805 de Dellia), à des calcaires massifs à débris de rudistes situés en bordure de la feuille à 1/50 000 de Morsott ne m'ont cependant pas livré d'indices significatifs; ils sont indifféremment attribuables à l'Aptien ou à l'Albien inférieur.

Au total, les arguments de terrain ne penchent, en fait, en faveur d'aucune interprétation.

En revanche, la remarquable étude gravimétrique non citée par K et H d'A. Zerdazi (1990, reproduite in Vila, 1994, fig. 23), n'indique pas le déficit de masse que l'on attendrait pour le diapir évoqué par K et H. Mais est-ce significatif pour de si minuscules affleurements avec une maille de mesures d'ordre kilométrique? J'en doute.

#### IV - LE DJEBEL BOU JABER

**1** - Contrairement à ce qu'affirment K et H p. 35, les travaux que j'ai réalisés avec A. Charrière en Algérie (1993), ou avec les géologues tunisiens chez eux (Vila *et al.*, 1995), ne mentionnent pas de Trias interstratifié dans l'Albien. La figure 5 fournit la première synthèse trans-frontalière depuis les travaux de G. Dubourdiou; elle situe (comme initialement indiqué) le matériel triasique :

**a** - soit pour sa masse principale au nord, sur l'Aptien supérieur carbonaté renversé par les compressions tertiaires, donc primitivement déposé en dessous;

**b** - soit sous la forme de petites lentilles argilo-gypseuses à petits débris dolomitiques, intercalées dans les marnes de l'Aptien terminal (Clansayésien), trois en Algérie, une en Tunisie.

**2** - Les longs développements consacrés au Dj. Bou Jaber par K et H, ne s'appuient manifestement pas sur des travaux de première main et sont grevés par une transcription médiocre par rapport aux originaux : les travaux de Dubourdiou (1956), d'Amouri (1986), seulement en Tunisie (que je n'avais pas encore vérifiés et que je n'ai donc pas pris en compte pour la partie algérienne), de Vila et Charrière (1993) et de Salmi-Lahouar (1998), seulement en Algérie; Amouri et Salmi-Lahouar n'ayant pas eux non plus apporté de données stratigraphiques nouvelles.

Les coupes reproduites à partir des travaux de Salmi-Lahouar p. 39 ressemblent vaguement à celles de Vila et Charrière (1993), mais sont sujettes à caution car :

**a** - la coupe A présente un surprenant épaissement "en trompette" du niveau noté n5a, fourni sans argumentaire et peu crédible, à moins de revenir aux passages latéraux de faciès proposés par Dubourdiou à la fin des années 1950 et infirmés régionalement par les forages profonds et par la sismique de SONATRACH (Fettous et Aberkane, 1995; Vila *et al.*, 1998, reproduits fig. 17, l'un d'eux étant réinterprété fig. 18);

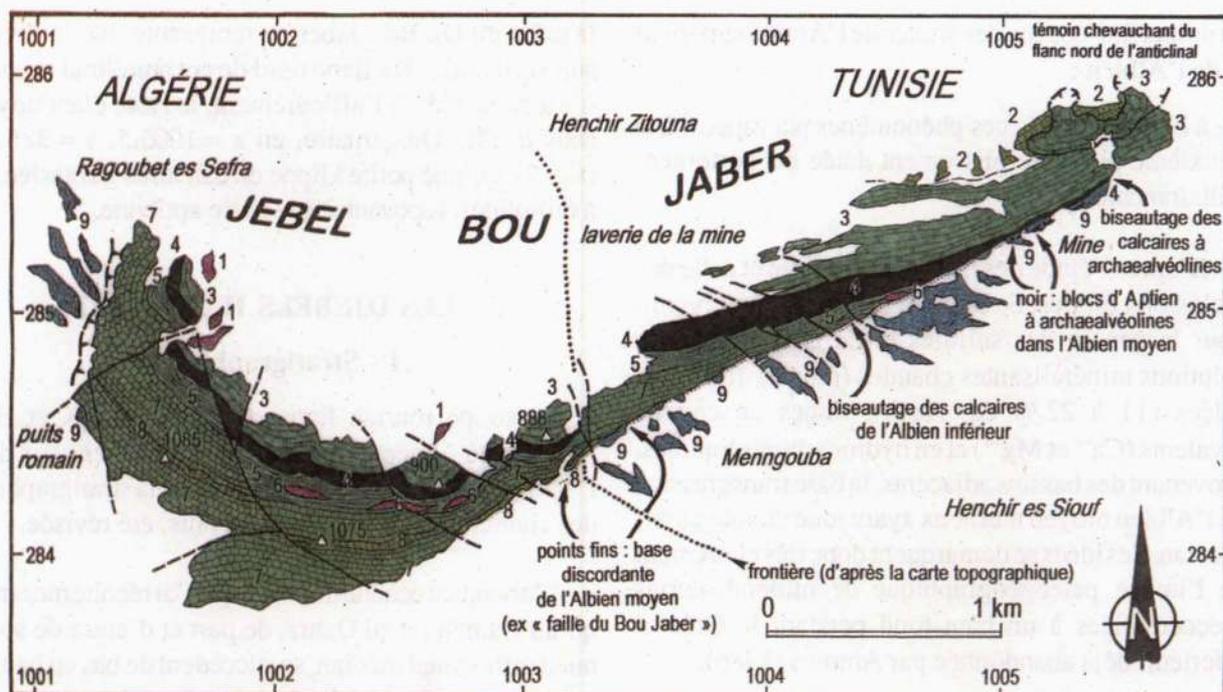


Fig. 5 - Carte géologique du Dj. Bou Jaber

*Geological map of Dj. Bou Jaber*

1 - matériel triasique du versant nord (*Triassic masse of the northern slope*); 2 - Aptien supérieur calcaro-gréseux à slumps (*slumped calcareous-sandy Upper Aptian*); 3 - Aptien supérieur bio-détritique (*bioclastic Upper Aptian*); 4 - Aptien supérieur biomicritique à milioles et *Archaealveolina cretacea* (*miliola and Archaealveolina-bearing Upper Aptian*); 5 - Aptien terminal (Clansayésien) marneux, à rares bancs quartzitiques (*marly Uppermost Aptian (Clansayesian), with rare quartzitic levels*); 6 - lentilles de matériel triasique rouge argilo-gypseux, intercalées dans 5 (*lenticular argillaceous-gypsiferous Triassic bodies, included within 5*); 7 - Albien inférieur calcaire à *Agardhiellopsis cretacea* à sa base et débris de rudistes (*rudistid debris- and Agardhiellopsis-bearing (at its basis) calcareous Lower Albian*); 8 - intercalation dans 7 de biomicrites albiennes à miliolidés (*miliola-bearing biomicritic Albian interbedded within 7*); 9 - Albien moyen et supérieur (anté-Vraconien) marneux et marno-calcaire, sa base transgressive étant indiquée en pointillés, et contenant des blocs de 4 en Tunisie (*Middle and Upper marly and marly-calcareous Albian (its transgressive basis being underlined by a dotted line), including blocks of 4 in Tunisia*).

b - la coupe C ne correspond que partiellement à la trace indiquée sur la carte fournie en vis-à-vis p. 38; l'injection de Trias, indiquée dans ce qui correspond à mes yeux à une zone très encroûtée, peut (si tant est qu'elle existe) être sans difficulté associée au petit chevauchement tardif représenté fig. 2, largement postérieur à la mise en place du matériel triasique aptien en régime distensif.

3 - S'agissant du caractère endo-karstique des minéralisations encaissées dans les carbonates aptiens

de Tunisie, aucun auteur n'a à ma connaissance évoqué une genèse karstique à l'air libre d'un haut fond, comme semblent le croire K et H. La synthèse récente remarquablement documentée mais non citée de S. Bouhrel (1993), avec qui j'ai pu aller observer en détail, en surface et dans la mine, les points clés de ses observations, conclut dans sa thèse (p. 235) :

a - à la postériorité du creusement *sous couverture* et de la minéralisation quasi simultanée des poches karstiques intra-aptiennes, par rapport au plissement

au moins fini-éocène des strates de l'Aptien supérieur et de l'Albien ;

**b** - à l'antériorité de ces phénomènes par rapport à la deuxième phase de plissement datée du Tortonien-Villafranchien.

D'après l'étude des isotopes du soufre et celle des inclusions fluides, S. Bouhlef (1993) fait intervenir, pour la genèse des sulfures et de la barytine, des solutions minéralisantes chaudes (plus de 100°C) et salées (11 à 22 % éq. NaCl), riches en cations bivalents ( $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ ) et en hydrocarbures liquides, provenant des bassins adjacents, la base transgressive de l'Albien moyen marnéux ayant joué un rôle passif d'écran. Ses idées se démarquent donc très clairement de l'image paléogéographique de minéralisations précoces liées à un haut-fond pendant le Crétacé inférieur, déjà abandonnée par Amouri (1986).

D'ailleurs la mine actuelle fait l'objet de contraignants travaux d'exhaure car la circulation d'eau toujours salée, quoique moins chaude (une trentaine de degrés), persiste dans les carbonates aptiens.

Les passionnantes discussions que j'ai pu avoir à Toulouse avec S. Bouhlef (Tunis) et S. Sheppard (Lyon, École Normale Supérieure) m'inclinent à croire que leur argumentaire est à ce jour le plus performant.

Enfin comment se pourrait-il que des minéralisations de haut-fond se développent sur une plate-forme carbonatée bio-détritique dépourvue d'assises récifales ? Dans cette dernière, la bathymétrie la plus fiable correspond aux premiers niveaux de la barre de l'Albien inférieur à algues floridées : ils ne sont pas du tout minéralisés.

**4** - Enfin il convient de rappeler qu'ici encore, les affleurements triasiques censés, selon K et H, représenter un cœur diapirique, ne présentent pas, selon A. Zerdazi (1990), le déficit de masse que l'on attendrait à l'aplomb d'un tel dispositif. Bien au contraire les courbes isanomales montrent un gradient positif vers le nord de l'anticlinal tertiaire enfoui, dont

la crête du Dj. Bou Jaber ne représente que le flanc sud verticalisé. Du flanc nord de cet anticlinal tardif, n'est conservé - à l'affleurement, le reste étant noyé sous le Plio-Quaternaire, en  $x = 1005,5$ ,  $y = 286,3$  (fig. 5), qu'une petite klippe de calcaires gargasiens, à miliolidés, reposant sur la barre aptienne.

## V - LES DJEBELS HAMEÏMAT

### 1 - Stratigraphie.

La coupe fournie figure 6, p. 40 par K et H, figurant du Vraconien reposant directement sur de l'Aptien, montre de façon évidente que la stratigraphie des Hameïmat n'a pas, elle non plus, été révisée.

L'abondant échantillonnage que j'ai récolté montre qu'au Hameïmat ed Dahra, de part et d'autre de son oued orthogonal médian, se succèdent de bas en haut, au-dessus du matériel triasique (le contact précis n'est pas visible ici; ailleurs il correspond à des conglomérats) :

**a** - des niveaux gréseux et carbonatés à nombreuses *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana* et rares *Colomiella recta* (seules), de l'Aptien supérieur ou terminal (Clansayésien, 10 m environ);

**b** - une alternance de marnes grises à débit esquilleux et de bancs quartzitiques (sur 8 à 10 m); dans les marnes sont intercalées, comme au Bou Jaber, de petites lentilles de matériel triasique argilo-gypseux ; les quartzites forment la crête sommitale de la cote 905 où un petit banc de calcaire roux qui les recouvre, m'a fourni un *Hypacanthoplites* du gr. *anglicus* du sommet de la dernière zone clansayésienne à Jacobi (Aptien terminal, dét. R. Busnardo); les minéralisations (et de nombreuses petites galeries) se situent au toit de ces horizons;

**c** - 5 m de calcaires bioclastiques jaunâtres mal lités, incluant un horizon de 2 m de marnes grises azoïques (remaniant des quartz bipyramidés triasiques) à boudins de matériel triasique argilo-gypseux rougeâtre dissocié (exactement comme au Bou Jaber); les calcaires livrent une riche microflore de floridées albiennes

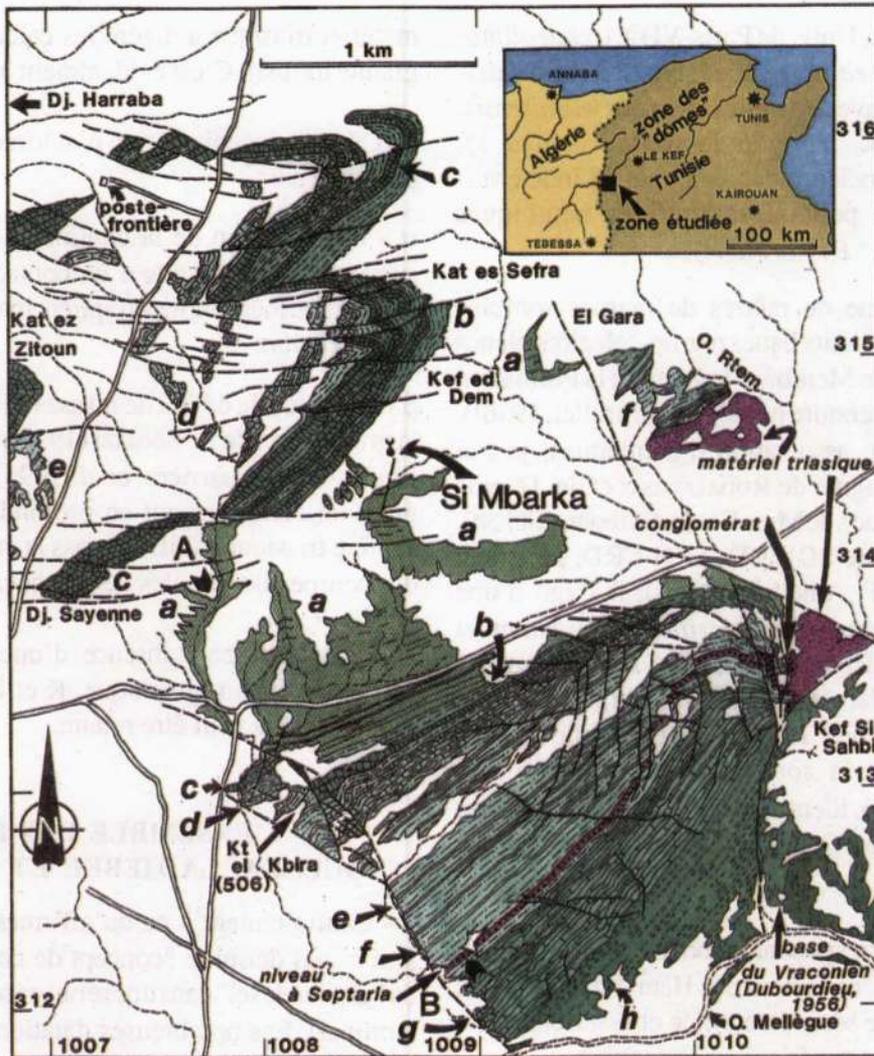


Fig. 6 - Carte géologique du sud-est du Dj. Harraba, d'après Vila *et al.* (1996), modifiée

**Geologic map of the southeast part of Dj. Harraba, from Vila *et al.* (1996), modified**

A-B : trace de la coupe stratigraphique décrite in Vila *et al.*, 1996 (**emplacement of the stratigraphic cross section described in Vila *et al.* (1996)**); a - Aptien supérieur, l'ex Barrémien de Dubourdieu (1956) (**Upper Aptian, replacing the ex Barrémian of Dubourdieu (1956)**); b - Albien inférieur marneux (**marly Lower Albian**); c - Albien inférieur calcaire, l'ex Aptien récifal réduit de Dubourdieu (1956), Thibiéroz et Madre (1976) et Aoudjehane *et al.*, 1992-1994 (**calcareous Lower Albian, replacing the ex reefal and reduced Aptian of Dubourdieu (1956), Thibiéroz and Madre (1976) and Aoudjehane *et al.* (1992-1994)**); d - Albien inférieur marno-calcaire (**marly-calcareous Lower Albian**); e - Albien moyen à niveaux quartzitiques avec un niveau à *Septaria*, à matériel triasique resédimenté décelable seulement par les lavages (**Middle Albian including quartzitic levels and a *Septaria*-bearing bed, and containing reworked Triassic rocks, which are only visible in the washing residues**); (grey marly Middle Albian); f - Albien moyen marneux gris; g - Albien moyen-supérieur marno-calcaire **marly-calcareous Middle Albian**; h - Albien supérieur (non terminal, Vraconien exclu) marneux sombre (**dark marly Upper Albian (not Uppermost Albian, Vraconian excludes)**).

Les niveaux d à g et l'horizon à *Septaria* correspondent au Clansayésien de Dubourdieu; le matériel triasique, passant latéralement aux *Septaria* correspond à la bordure du "glacier de sel" de Ben Gasseur (**The *Septaria*-bearing level corresponds to the lateral equivalent of the Triassic saliferous masse, at the lateral ending of the Ben Gasseur "salt glacier"**).

(dét. A. Poignant, Univ. de Paris-VI) à *Archaeolithothamnium cretacea*, *A. rude* et surtout à *Agardhiellopsis cretacea*, avec en outre *Favusella washitensis*, *Hedbergella* gr. *trocoidea*, *Meandrospira* cf. *washitensis*, associée à des colomielles indéterminables et à de petits foraminifères benthiques (*Lenticulina* sp., *Discorbidae*);

d - une vingtaine de mètres de marnes sombres alternant avec de petits bancs marno-calcaires blancs à cassure noire (le Membre Mouelha de la Formation Fahdene de la littérature tunisienne [Burolet, 1956]), livrant une riche association d'ammonites; je l'ai récolté en compagnie de Robaszynski et de Dupuis (Louvain, Belgique), de Mme Caron, (Fribourg, Suisse), et de géologues de SONATRACH-CRD, puis faite déterminer par F. Amédro (Calais); il s'agit d'une association à *Hysterocheras carinatum*, *H. binum* et *Mortoniceras* (*Mortoniceras*) gr. *inflatum* de la zone à Pricei-Inflatum, datant sans ambiguïté la partie moyenne élevée de l'Albien supérieur; elle se situe donc bien avant la zone à Dispar du Vraconien (Albien terminal), identifiée 50 m plus haut dans les marnes, comme à l'Ouenza et au sud-est de l'Harraba (fig 6).

Le terme c correspondant probablement à l'Albien inférieur-moyen, ce secteur des Hameïmats présente donc au total une série diversifiée et assez complète allant de l'Aptien supérieur au Vraconien.

J'ai identifié une succession semblable au Hameïmat el Gueblia, avec des microfaunes et des microflores aussi abondantes et aussi caractéristiques, sans toutefois y récolter d'ammonites utilisables.

## 2 - Relations Trias/Crétacé.

a - L'étrange limite supérieure multilobée du Trias que dessinent K et H dans leur figure 6, exactement comme les dessinait G. Dubourdieu il y a 50 ans (avant de mettre radicalement en doute ce type d'interprétation en 1959), donne vraiment l'impression que le

matériel triasique a digéré les calcaires, comme un granite intrusif. C'est évidemment impossible.

b - Géométriquement, rien n'autorise à figurer un tel dispositif car :

$\alpha$  - l'observation de la continuité des horizons en surface, ainsi que celle d'un contact correspondant toujours au même horizon aptien, interdisent une telle interprétation;

$\beta$  - l'absence de défaut de masse indiqué ici aussi par la gravimétrie de A. Zerdazi (1990), reproduite sur la figure 11 (*in* Charrière *et al.* 1996), interdit d'imaginer un élargissement en profondeur de la masse salifère triasique car il n'y a pas la moindre inflexion des courbes isanomales de Bouguer.

Ici encore, en l'absence d'une révision stratigraphique et cartographique, K et H fournissent un dossier qui ne peut être retenu.

## VI - L'ENSEMBLE DES DJEBELS OUENZA, LADJEBEL ET MÉRIDEF

1 - Contrairement à ce qu'affirment K et H p. 40, je n'ai pas défini le "concept de conglomérat basal du "glacier de sel" dans une série vraconienne" (Albien terminal). Les nombreuses datations micro-paléontologiques de F. Kéchid-Benkhérouf, montrent que ces conglomérats attribués à tort au Vraconien par Aoudjehane *et al.* (1992-94), recouvrent les marnes grises ou noires de l'Albien inférieur (Vila, 1995).

2 - Les participants à l'excursion finale du colloque "Trias'93" ont pu à loisir examiner l'un de ces affleurements sur le flanc nord-ouest du Dj. Ladjebel (Vila, 1993), qualifié sur le moment de "sompoteux" par V. Perthuisot; cela qui ne l'a pas empêché par la suite d'y situer un contact anormal (Perthuisot *et al.*, 1998).

10 planches de photographies en couleurs des affleurements les plus démonstratifs de l'Ouenza

(notamment le conglomérat évoqué ci-dessus) et les cartes correspondantes sont réunies dans l'article de synthèse de Vila *et al.* (1996), pour ceux qui veulent en savoir plus sur ce secteur.

3 - Quant au Vraconien lui-même, parfaitement situé par Dubourdiou grâce à la découverte d'ammonites de la zone à Dispar et à l'apparition de *Planomalina buxtorfi* (Dubourdiou et Sigal, 1951), j'ai pris soin pour éviter toute confusion possible, d'en reproduire la limite figure 6 au sud-est du Dj. Harraba, 40 à 50 m au-dessus des marno-calcaires de l'Albien moyen qui recouvrent le matériel triasique, ou des *coral-algal reefs* du contact supérieur de la masse triasique de l'Ouenza (Vila *et al.*, 1994), ou pour celle de l'ensemble Ben Gasseur - Le Kef (Vila *et al.*, 1996), à partir de prélèvements déterminés indépendamment par F. Kéchid-Benkherouf en Algérie et par M. Ben Youssef (INRS, Hammam-Lif) en Tunisie.

4 - Les soi-disant "limites hypothétiques" de la figure 7 de K et H qui me sont attribuées, ne correspondent pas à l'interprétation que j'ai proposée en 1995 et en 1996, que ces derniers ne semblent guère avoir assimilée :

a - celles qui sont jalonnées par de petits récifs albiens (comme celui de la couverture en couleurs de ce Bull. du Serv. Géol. de l'Algérie, vol. 7, n° 1, 1996), sont des limites *actuelles* d'érosion, parfaitement objectives; malheureusement, ces récifs ne sont pas figurés (comme dans les critiques antérieures notamment de Perthuisot *et al.*, 1998, 1999; voir aussi 5, ci-dessous);

b - les autres limites sont enfouies et donc interprétatives, ce qui renvoie à la remarque 1 au sujet du Dj. Def.

5 - Ces petits récifs albiens lenticulaires, illustrés abondamment in Vila *et al.* (1996, pl. 1 à 3 en Algérie; pl. 11 et 12 en proche Tunisie; in Vila, 1996, photo de couverture citée ci-dessus), corres-

pondent aux ex "séries aptiennes réduites" de G. Dubourdiou, censées passer latéralement à des marnes (Bouzenoune, 1993, reproduit fig. 20). Mais ce passage latéral ne correspond pas à ce que l'on sait de l'organisation des corps récifaux :

a - aucun récif ne passe latéralement directement à des marnes contemporaines (Perrin, 1990) ?

$\alpha$  - La présence de ces dernières implique la présence d'eaux turbides à argiles en suspension, incompatibles avec la vie des coraux.

$\beta$  - Au contraire, du côté du large un récif (frangeant, atoll ou barrière) présente toujours un tombant abrupt qui ne foumit sous l'action des houles et des tempêtes, que des brèches grossières à éléments récifaux (*bounstones*).

$\gamma$  - Du côté abrité à biophase abondante se déposent des calcaires purs finement détritiques (sables et petits débris coralliens) puis fins et biogènes de lagon, parsemés de pinacles;

b - cette datation d'horizons récifaux albiens, qui n'était pas nouvelle même à l'Ouenza, avait déjà été réalisée dans deux études stratigraphiques antérieures à mon interprétation de l'Ouenza comme un "glacier de sel" sous-marin albien (Nedjari-Belhocène et Nedjari, 1984; Masse et Thieuloy, 1979); en les vérifiant et en rééchantillonnant, j'ai pu séparer les divers horizons carbonatés du Crétacé inférieur; les ignorer délibérément correspond à nier ces progrès: les niveaux carbonatés de l'Ouenza, initialement tous rapportés à l'Aptien correspondent en fait à trois horizons successifs (Vila, 1996, cartouche de la fig. 1), avec de bas en haut :

$\alpha$  - l'Aptien supérieur (Clansayésien), d'abord biodétritique, à rudistes (*Requienia* et *Toucasia*), puis biomicritique à miliolidés, à orbitolines et à alvéolinidés (dont *Archaealveolina reicheli*);

$\beta$  - l'Albien inférieur biodétritique à colomielles et *Favusella washitensis*, souvent à algues mélobésiées (dont *Agardhiellopsis cretacea*);



$\gamma$  - l'Albien moyen, à polypiers, à rudistes à test cellulaire et à abondantes algues photophiles; il s'agit pour ce dernier des ex "séries réduites aptiennes".

Les deux premiers correspondent à des faciès de plate-forme non-récifaux, le dernier à des *coral-algal reefs* au sens où B. H. Purser les a définis dans le golfe Persique (1973).

## VII - LE DJEBEL HARRABA ET L'ANTICLINAL DE SIDI MBARKA

1 - En se contentant de recopier, sans la réviser, la carte de G. Dubourdieu de 1956, K et H montrent qu'ils ne connaissent pas la nouvelle cartographie de ce secteur, fruit d'une approche pluridisciplinaire, qui a pourtant été publiée à trois reprises : par Vila *et al.* (1996 a et b) et par Peybernès *et al.* (1996).

Cette nouvelle cartographie (fig. 6) est évidemment fondée sur des observations sédimentologiques détaillées et sur une révision stratigraphique de fond dans laquelle, en résumé :

a - la présence de Barrémien au cœur marneux de l'anticlinal de Sidi Mbarka est formellement infirmée par la présence simultanée d'ammonites (dét. par R. Busnardo, Lyon), de petits foraminifères (benthiques et planctoniques), d'ostracodes (dét. par Ben Youssef, Tunis) et de brachiopodes (dét. par Calzada, Barcelone); peu de problèmes stratigraphiques ont été résolus à partir d'un argumentaire aussi riche. Ce résultat recoupe parfaitement l'étude stratigraphique du cœur (sans Trias) du Dj. Ladjebel (Vila, 1995) ou du cœur du Dj. Slata en Tunisie (dépourvu lui aussi de Trias dans sa très nette charnière), où des marnes identiques existent et recouvrent des grès de l'Aptien inférieur à *Palorbitolina lenticularis* et grandes *Choffatella decipiens*. C'est une association caractéristique du Barrémien sup-

érieur-Aptien inférieur (Bédoulien) mésogéen (Maync, 1959; Sartorio et Venturini, 1988), qui se situe ici juste en dessous du passage Bédoulien-Gargasien identifié par la présence du repère à *Shackoina cabri* (Bulgar Geomin, 1979), retrouvé ailleurs depuis, notamment à l'Ouenza (Vila *et al.*, 1994).

b - le niveau à ammonites réputées clansayésiennes déterminées par Dubourdieu lui-même, correspond en fait à des remaniements dans l'Albien de formes provenant surtout de l'Aptien inférieur (Peybernès *et al.*, 1996), inconnues à l'affleurement (que j'ai fait déterminer indépendamment par Busnardo, Lyon et Amédro, Calais), tant ce résultat me parut alors surprenant; leurs déterminations sont parfaitement concordantes);

c - les carbonates du Jebel Harraba, tous rapportés à l'Aptien par G. Dubourdieu, correspondent aux deux premiers horizons de l'Ouenza :

$\alpha$  - au cœur du massif, lui-même à cheval sur la frontière algéro-tunisienne, ceux de l'épaisse barre de l'Aptien supérieur, couronnés par le niveau-repère à *Archaealveolina reicheli* (situés en-dehors du champ couvert par la fig. 6);

$\beta$  - ceux de l'Albien inférieur avec notamment des colomielles variées et *Favusella washitensis*; largement développés dans le périmètre de la figure 6 (niveau c).

2 - Au total, en faisant le bilan des dix dernières années de nouveaux travaux, le Barrémien n'affleure pas dans les monts du Mellègue du côté algérien, où il n'est recoupé que par les sondages profonds de SONATRACH dont les logs simplifiés ont tous été publiés (Vila *et al.*, 1994). Du côté frontalier tunisien, il ne pourrait exister que sous la barre gréseuse de la série renversée du Dj. Slata où il n'est pas bien caractérisé (Vila *et al.*, 1995; Vila *et al.*, 1999).

## VIII - L'ÉMERSION ALBIENNE DU DJEBEL L'OUENZA

En admettant encore l'existence d'une "île" albiennaise à l'Ouenza, K et H ressuscitent implicitement l'image surannée du golfe aptien de Madre et Thibiéroz (1976), qui incluaient à tort les calcaires évoqués ci-dessus dans l'Aptien; cette hypothèse dont plus personne n'envisage l'existence, se basait sur des arguments sédimentologiques erronés, à une époque où de plus l'on croyait les gisements de sidérite d'origine supergène.

**a** - À partir d'analyses diffractométriques, le raisonnement de K et H se base sur une comparaison insolite avec le Carbonifère de Silésie et plus étrangement encore, avec les terra rossa quaternaires du Bélezma. C'est à mes yeux une grave erreur méthodologique. Les problèmes de l'Albien doivent être abordés avec des arguments obtenus sur place et dans le même contexte chronostratigraphique et paléogéographique.

**b** - De plus, les cartes de Dubourdiou (Ouenza, Bou Khadra) montrent très clairement que les glacis polygéniques quaternaires, voire fini-villafranchiens (au sens de Coque, 1977; indicés  $q_n$  et qualifiés très objectivement de "cailloutis anciens") ont presque entièrement recouvert le massif de l'Ouenza et reposent en discordance spectaculaire de ravinement jusque sur ses termes carbonatés les plus anciens. Certains d'entre eux, à gros galets quartzeux vernissés de violet, témoignent d'une évolution en climat aride ou tropical à longue saison sèche, les rañas des géomorphologues, avec par conséquent une intense et profonde altération.

Chacun de ces épandages actuellement largement disséqué par l'érosion, a évidemment été précédé et/ou accompagné par une érosion et une altération profondes, engendrant parfois d'épaisses croûtes calcaires, ce qui implique une circulation verticale alternée des fluides météoriques : de haut en bas en période pluviale, de bas en haut en période sèche, décarbonatant le substratum.

Ces observations et cette longue évolution (au moins deux glacis emboîtés), imposent des précautions d'échantillonnage et une contre-épreuve basée sur des analyses comparables faites à partir de matériel sain de forage, plutôt que sur le plan de glissement primitivement gorgé d'eau de la Koudiat ez Zerga, ce qui n'a pas été fait.

## IX - LE DJEBEL DJÉBISSA

### 1 - Tectonique salifère : dômes de sel et plis diapirs

Bien qu'ils soient dépourvus d'illustration, les propos de K et H relatifs à la tectonique salifère du Dj. Djébissa, replacé ici dans son cadre géologique figure 7, révèlent une confusion regrettable entre les deux notions fondamentales de dôme de sel et de pli diapir.

C'est une erreur courante contre laquelle, dès 1952, Goguel luttait déjà vigoureusement et écrivait p. 134 "il ne faut pas confondre avec les dômes de sel les plis diapirs...", précisant p. 133 que les dômes de sel (*salt plugs* ou *salt domes* des auteurs anglo-saxons) s'édifiaient "à l'écart de tout autre dislocation tectonique, dans des zones où les couches sont à peu près horizontales", se référant aux 300 appareils *onshore* de la Gulf Coast, identifiés à terre, notamment au Texas et surtout en Louisiane. En 1983, Goguel insiste de nouveau et précise p. 142 : "Il ne faut pas confondre avec les dômes de sel, toujours de grande taille et qui percent au milieu de terrains non ou peu plissés, les "diapirs" (ou "plis diapirs", décrits en Roumanie, et qui sont des pointements ou écailles de sel intrusifs au milieu de terrains plus récents avec lesquels ils sont en contact anormal, le tout étant très intensément déformé... de taille quelconque.

### 2 - Les dômes de sel (fig. 14, A)

D'innombrables forages depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et les études géophysiques induites par l'exploration et l'exploitation pétrolière, montrent qu'un dôme de sel louisianais ou texan correspond dans une

contrée tabulaire, à une antiforme où l'allure anticlinale (avec amincissement sommital de la couverture du sel) n'est dû qu'au jeu de failles normales dans un contexte strictement distensif permanent (Mais, 1957).

### 3 - Les plis diapirs (fig. 14 C)

Dans un pli diapir, au sens de Mrazec (1907), rappelé par J. Goguel, le contexte est au contraire compressif et n'engendre que des failles inverses à la périphérie d'un anticlinal rendu disharmonique par l'incompétence de son cœur salifère.

### 4 - Les dômes de sel-plis (fig. 14 B)

Au Dj. Djébissa (Charrière *et al.*, 1996), il y a à la fois des failles normales responsables de l'amincissement synsédimentaire des assises du Crétacé et des failles inverses dues aux compressions tertiaires. La plupart de ces dernières proviennent logiquement de l'inversion tectonique d'anciennes failles normales.

Le Dj. Djébissa et les structures similaires du Dj. Ed Dalaa (feuille d'El Ma El Abiod), du Hamimat Meskouta (feuille d'Aïn Télijdjène) et du Hamimat Guibeur (feuille d'El Mézéraa), sont des dômes de sel crétacés, comprimés au Tertiaire et devenus alors diapiriques ; mais cette double évolution a abouti à un objet bien plus complexe qu'un pli diapir au sens de Mrazec (1907) : un "dôme de sel-pli" (Vila, 1997). Ce groupe de structures permet de définir un "domaine des dômes de sel-plis" là où j'ai longtemps cru ne voir des "diapirs typiques".

L'examen de la figure 7 permet de constater qu'en plan, le Djebel Djébissa correspond au prolongement du vaste pli atlasique des Djebels Doukhane et Bou Roumane, armé par une carapace de plus de 800 m de carbonates massifs de l'Aptien-Albien inférieur ; sur la même fig. 7, on voit de même que le Dj. Ed Dalaa appartient à l'anticlinal plus méridional du Djebel Bou Djellal, prolongé en Tunisie par celui de Bou Chebka. Les forages Bl-1, Roa-1 et Tya-1 y indiquent des

puissances comparables à celles du Djebel Bou Roumane (Vila et Sami, 2000).

La figure 8 précise la géologie de surface du Djebel Ed Dalaa et la coupe interprétative de la figure 9 intègre les données des forages Bdj-2 et Tya-1.

De même les cartes des figures 10 et 12, précisent respectivement l'organisation des dômes de sel-plis de Hamimat Meskouta et Hamimat Guibeur et les coupes des figures 11 et 13, intègrent les données de la sismique (Addoum, 1995-1996) et des forages Htg-1 et Htg-2.

Ces deux derniers appareils et ces forages sont localisés sur la figure 1 et replacés dans leur cadre géologique par la cartouche en couleurs au 1/200 000 annexé à la carte au 1/50 000 d'Aïn Télijdjène (Vila, 1993).

La fig. 14 correspond à une typologie simplifiée des trois types fondamentaux d'appareils salifères enracinés d'allure anticlinale, que j'ai présenté en poster à la réunion extraordinaire de la Société Géologique de France en décembre 1997.

La figure 15 présente pour la structure tunisienne d'Hencher Adjerat Souda ("diapir" d'Hencher Néchla, entre les Djebels Ajered au nord et Hamra au sud, localisés fig. 1); elle propose une évolution semblable à celle de sa soeur algérienne du Djebel Djébissa (Charrière *et al.*, 1996), en se fondant sur l'hypothèse de la présence en profondeur d'une série jurassique relativement épaisse. Cette interprétation diffère beaucoup de celle de L. Jrad et V. Perthuisot (1995), qui ignoraient l'existence de calcaires albiens à *Agardiellopsis cretacea*, la transgressivité de l'Albien et du Cénomaniens sur le matériel triasique et la considérable réduction de l'ensemble carbonaté de l'Aptien-Albien, par rapport aux deux extrémités de cet anticlinal des Djebels Ajered et Hamra. Encore un exemple montrant les inconvénients d'une absence de révision stratigraphique et cartographique détaillée.

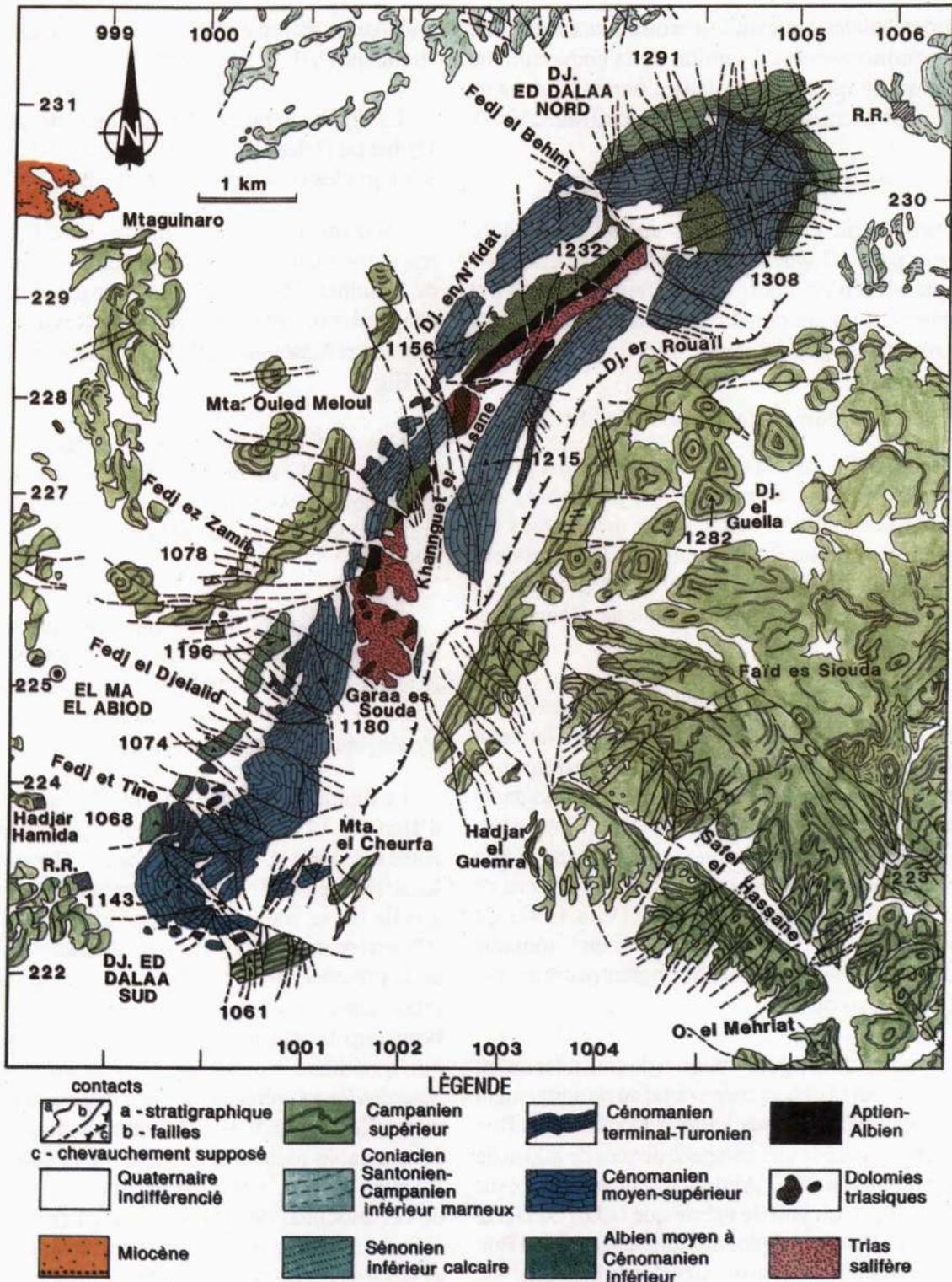
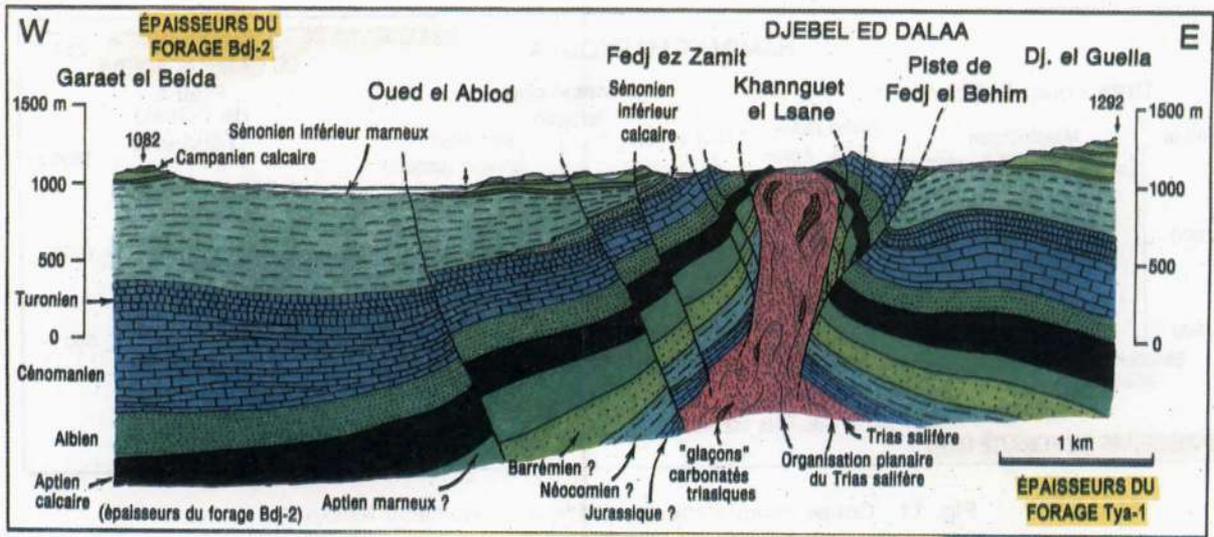
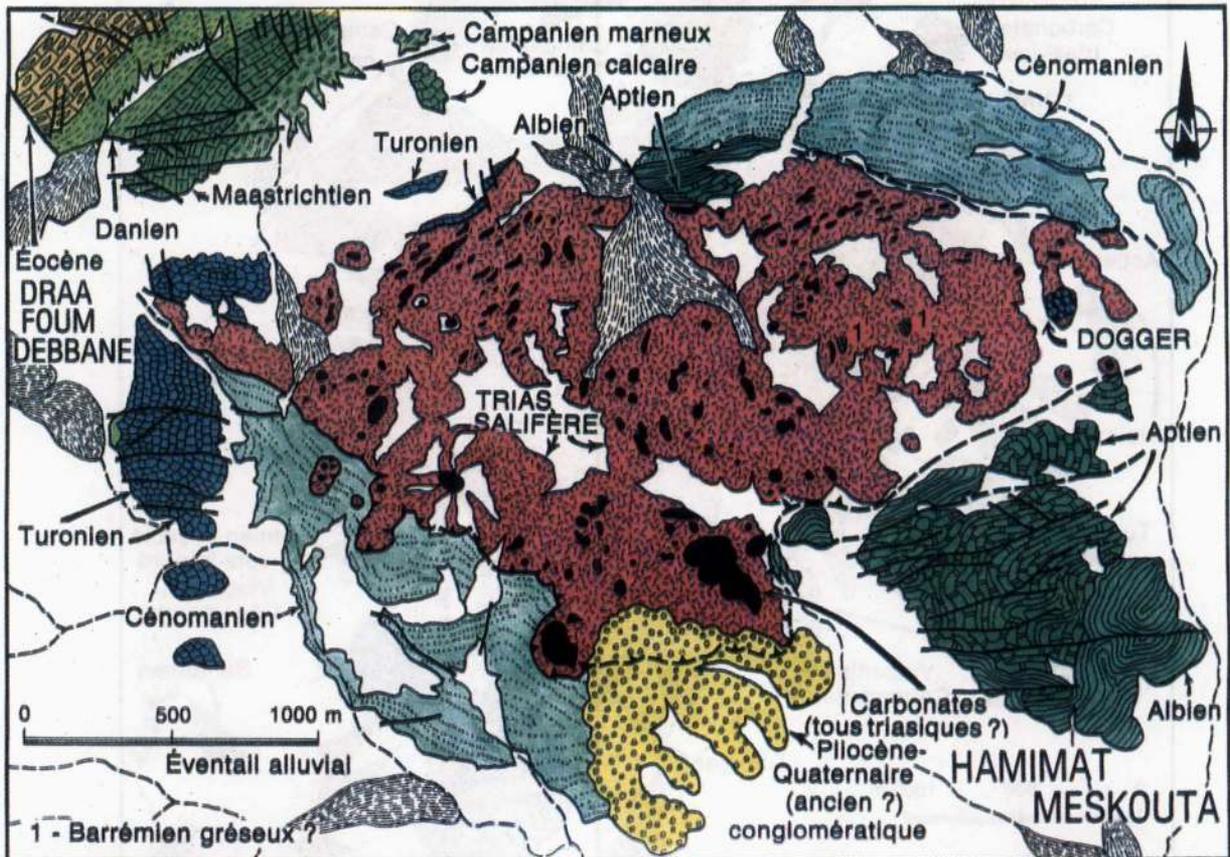


Fig. 8 - Carte géologique du Djebel Ed Dalaa  
*Geological map of the Djebel Ed Dalaa*



**Fig. 9 - Coupe interprétative synthétique du Djebel Ed Dalaa**  
*Synthetic interpretative cross-section of the Djebel Ed Dalaa*



**Fig. 10 - Carte géologique du Hamimat Meskouta**  
*Geological map of the Hamimat Meskouta*

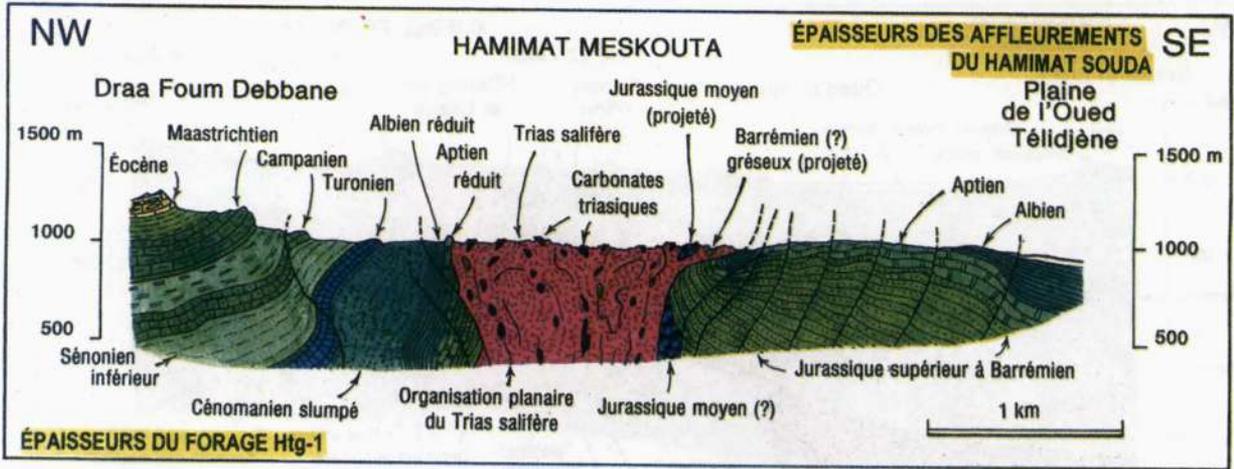


Fig. 11 - Coupe interprétative synthétique du Hamimat Meskouta  
*Synthetic interpretative cross-section of the Hamimat Meskouta*

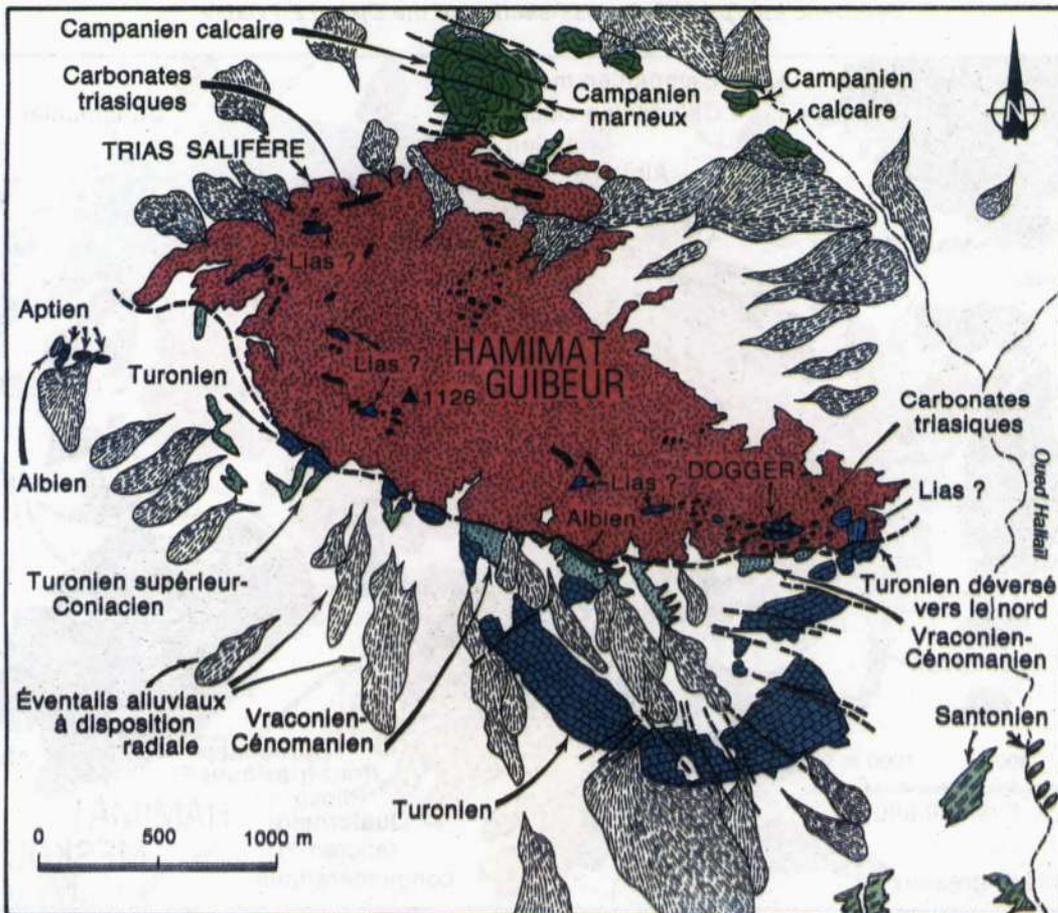


Fig. 12 - Carte géologique du Hamimat Guibeur  
*Geological map of the Hamimat Guibeur*

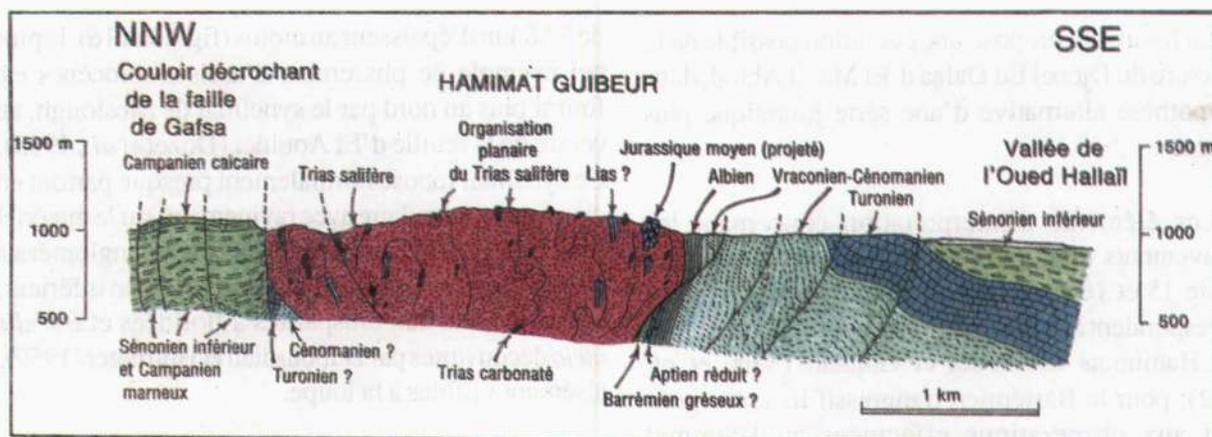


Fig. 13 - Coupe interprétative synthétique du Hamimat Guibeur  
*Synthetic interpretative cross-section of the Hamimat Guibeur*

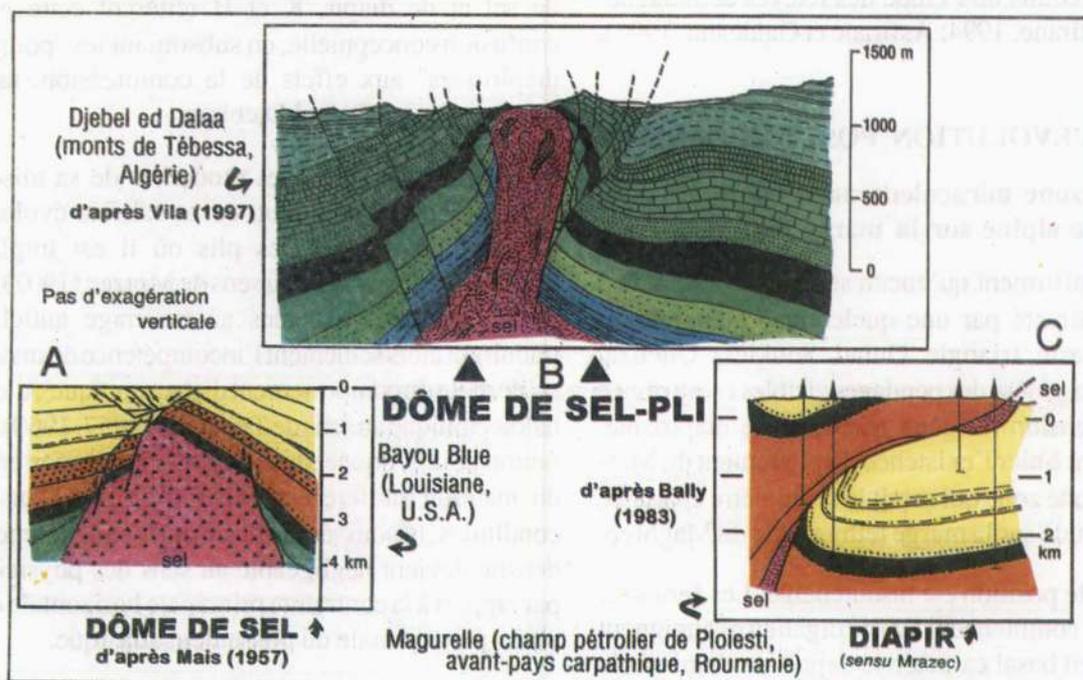


Fig. 14 - Typologie des appareils salifères enracinés, d'après Vila (1997), modifié  
*Typology of the saliferous deep-seated structures, from Vila (1997), modified*

A - régime distensif permanent (on notera l'amincissement synsédimentaire sommital) (*permanent extensional setting (note that the structure is topped by a synsedimentary thinning-up sequence)*); B - régime distensif précédant une inversion tectonique positive (*extensional setting followed by a positive tectonic inversion*); C - régime compressif (on notera les laminages tectoniques le long du cœur salifère) (*compressional setting (note the tectonic thinning-up along the salt core)*).

Dans un dôme de sel-pli, un dôme de sel à amincissements synsédimentaires est repris en compression et devient un anticlinal à noyau salifère, ressemblant à un pli diapir (*A fold-salt dome is a previous salt dome topped by a synsedimentary thinning-up sequences, later tectonically inverted, and very similar to an diapiric fold.*)

La figure 16, propose une évolution possible de la structure du Djebel Ed Dalaa d'El Ma El Abiod, dans l'hypothèse alternative d'une série jurassique plus mince.

Les éléments d'interprétation concernant les mouvements du Jurassique moyen pris en compte figure 15 et 16 (fracturation, écroulement de blocs) correspondent aux observations de complexes à blocs aux Hamimats Meskouta et Guibeur (Vila *et al.* 1992); pour le Barrémien transgressif ils correspondent aux observations effectuées au Hamimat Meskouta. Quant au socle parfaitement hypothétique (sauf pour son tégument détritique triasique), son implication est basée sur l'existence d'accidents profonds déduits de l'étude des relevés aéromagnétiques (Asfirane, 1994; Asfirane et Galdeano, 1995).

## X - L'ÉVOLUTION POST-MIOCÈNE

### 1 - Une zone miraculeusement épargnée par la phase alpine sur la marge téthysienne ?

K et H affirment qu'aucun sédiment du Miocène ne serait affecté par une quelconque compression dans le vaste triangle Oulad Soukiès, Ouenza, Tébossa ; la genèse des pendages visibles est attribuée à une distension néogène réactivant le diapirisme. Cela revient à nier l'existence du plissement du Miocène dans une zone qui serait la seule à être épargnée à cette latitude sur la marge téthysienne du Maghreb.

Une telle position est insoutenable. Les séries du Miocène y commencent au Burdigalien et atteignent le Tortonien basal caractérisé depuis un demi siècle par Dubourdiou et Hottinger (repère à *Borelis melo* et à *Archaias*), dans un article non cité de 1959, que les datations avancées par Kowalski *et al.* (1995) et présentées comme des découvertes, ne font que confirmer. Ce repère à *Borelis melo*, présent jusqu'au sud des monts du Hodna (Vila, 1980), est tout de même beaucoup plus aisément repérable que de minuscules formes planctoniques au demeurant très rares.

En dehors du cadre de la figure 7 où apparaît toute l'ampleur du plissement atlasique, affectant une série

de 5 à 8 km d'épaisseur au moins (fig. 15 et 16), le plus bel exemple de plissement d'assises miocènes est fourni plus au nord par le synclinal de Meslough, au centre de la feuille d'El Aouinet (Dozet *et al.*, 1985). Ce synclinal repose normalement presque partout en discordance angulaire avec ravinement, sur le matériel triasique, largement remanié dans ses conglomérats de base, ses horizons médians du Tortonien inférieur, correspondant aux biosparites à floridées et *Borelis melo* découvertes par Dubourdiou et Hottinger (1959), aisément visibles à la loupe.

### 2 - Halocinèse distensive avec poussées latérales ?

En confondant les notions antinomiques de dôme de sel et de diapir, K et H réitèrent cette grave confusion conceptuelle, en substituant les "poussées diapiriques" aux effets de la compression, tant à l'Ouenza qu'au Djebel Djebissa.

Quelles que soient les modalités de sa mise en place préalable, lorsqu'un corps salifère évolue en contexte compressif, les plis où il est impliqué deviennent diapiriques au sens de Mrazec (1907). Les failles inverses associées au bourrage anticlinal, traduisent alors seulement l'incompétence du matériel salifère et son comportement disharmonique : c'est la halotectonique au sens de Trusheim (1957, 1960), une notion déjà évoquée, dans laquelle le comportement du matériel salifère est passif (fig. 14). Dans ces conditions, la poussée verticale due à sa différence de densité devient négligeable au sens des physiciens, par rapport à la contrainte principale horizontale de la phase paroxysmale du plissement atlasique.

Par contre, en contexte distensif, la contrainte maximale étant verticale et égale à la pression lithostatique, le seul mouvement induit par le sel lui-même est un soulèvement de son toit. Il ne se manifeste qu'en dessous d'un certain seuil de surcharge et se traduit par la genèse de failles normales. Cette force verticale est aisément calculable et Goguel (1983, p. 145-148) donne tous les éléments de ce calcul simple.

Quant au rebroussement des couches vers le haut au contact du sel, il correspond à un mouvement relatif

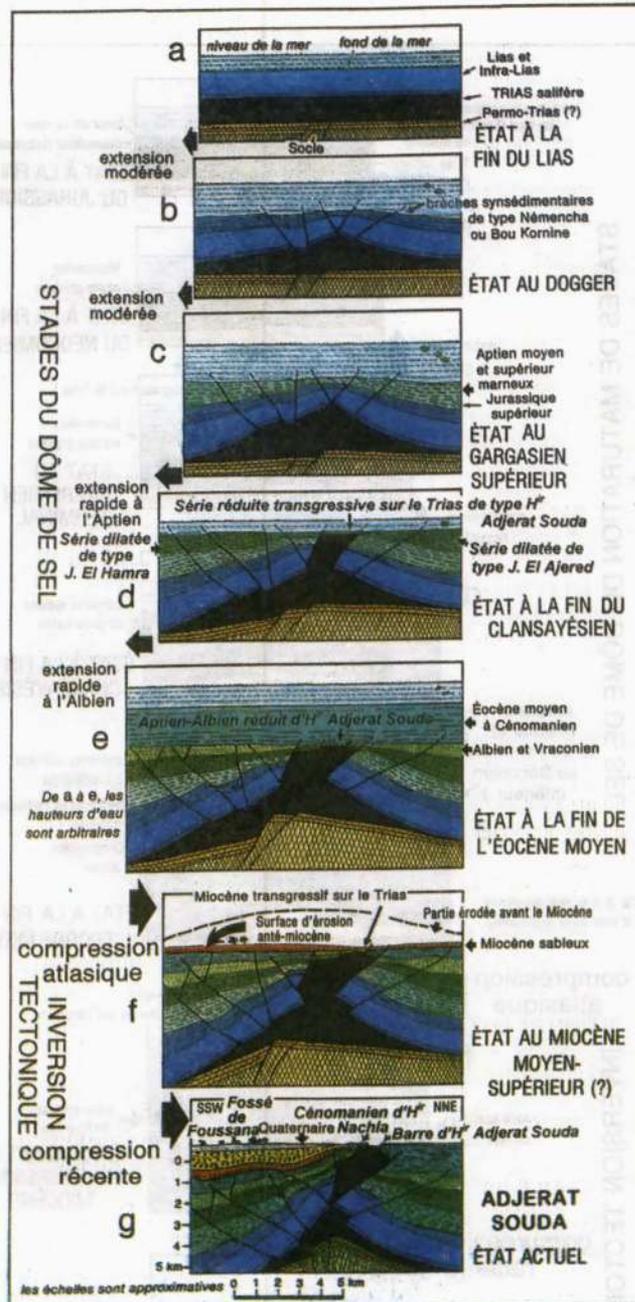


Fig. 15 - Essai de reconstitution en sept étapes de l'évolution halocinétique (a à e) puis halotectonique (f et g) de la structure salifère du Henchir Adjerat Souda (Tunisie, confins algéro-tunisiens)

*Attempt of reconstruction in seven stages of the halokinetic evolution (from a to e), then of the following halotectonic evolution (f and g) of the Henchir Adjerat Souda saliferous structure (Tunisia, Algerian-Tunisian confines).*

On notera la différence considérable par rapport à l'interprétation de Jrad et Perthuisot (1995), qui n'avaient pas reconnu l'existence des carbonates albiens à algues, ni la réduction de l'ensemble Aptien-Albien, ni la transgressivité du Cénomanién sur le matériel triasique (*Note the important difference with the Jrad and Perthuisot (1995) interpretation, who did not take into account the presence of Albian algal limestones, the thinning trend of the Aptian-Albian limestones, and the transgressivity of the Cenomanian beds over the Triassic rocks*).

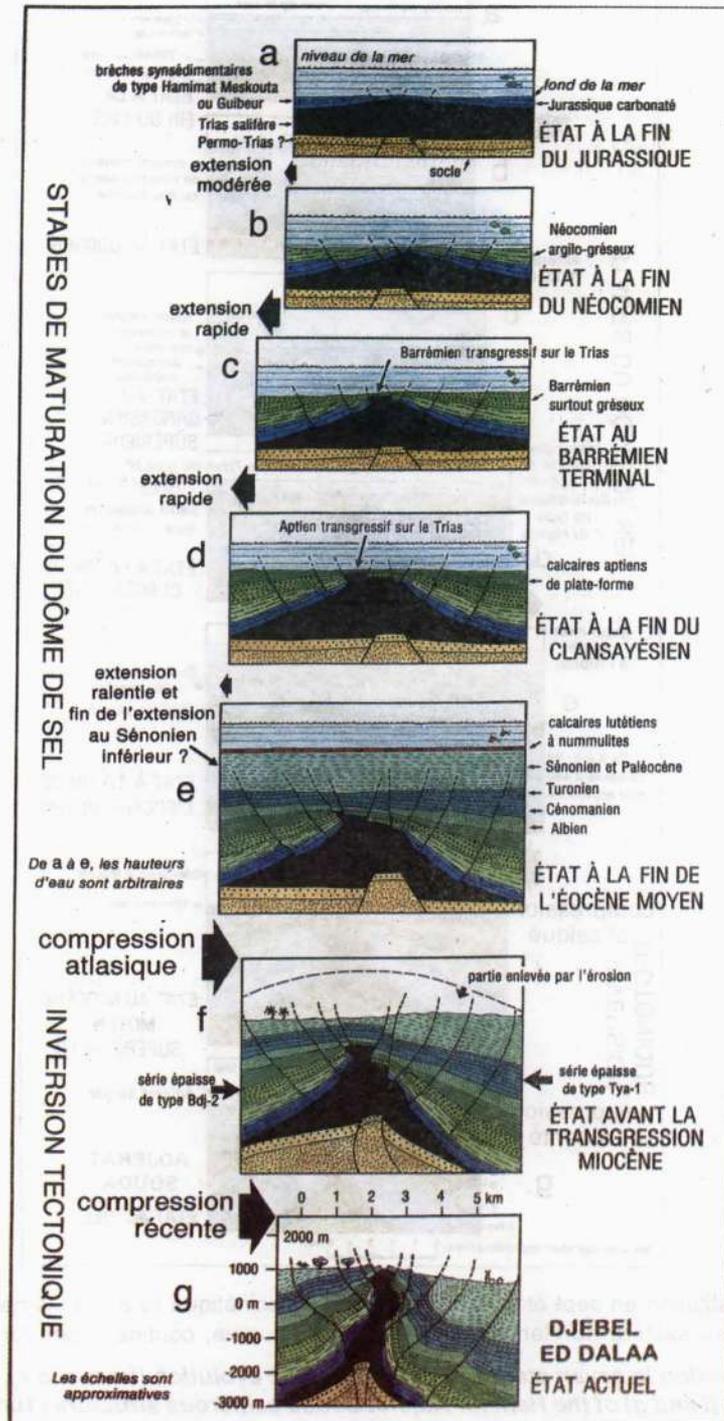


Fig. 16 - Essai de reconstitution en sept étapes de l'évolution halocinétique (a à e) puis halotectonique (f et g) de la structure salifère du Djebel Ed Dalaa (Algérie, confins algéro-tunisiens)

*Attempt of reconstruction in seven stages of the halokinetic evolution (from a to e), then of the following halotectonic evolution of the Djebel Ed Dalaa saliferous structure (Tunisia, Algerian-Tunisian confines)*

dont le moteur est l'enfoncement de la couverture plus dense dans le sel moins dense, une application particulièrement simple du principe d'Archimède. Dire en contexte distensif que le sel perce, bien qu'il s'agisse d'une expression habituelle, revient à appliquer ce principe fondamental à l'envers, ce qui est inacceptable.

Tous ces phénomènes sont parfaitement reproduits par les modélisations analogiques modernes en boîte à sable (Vendeville et Jackson, 1992 a et b).

## XI - L'INTERPRÉTATION DIAPIRIQUE DES MINÉRALISATIONS

Outre les réserves exprimées ci-dessus pour la genèse des sulfures du Djebel Bou Jaber, et déjà exprimées pour l'interprétation diapirique des sulfures du Bou Khil en proche Tunisie (Vila *et al.*, 1998), d'autres doivent être formulées pour la liaison entre les diapirs les gisements de fer.

K et M lient sans hésitation la présence de la sidérite à un diapirisme distensif du Crétacé inférieur.

C'est oublier un peu vite des éléments régionaux essentiels de ce dossier.

**1** - Que Bouzenoune (1993) a clairement démontré (mais seulement cela, voir discussion *in* Vila [1996]), que l'accumulation de sidérite dans les carbonates aptiens est épigénétique et due à la circulation de très grands volumes de fluides chauds; cette circulation et cette sidérite ne sont pas des exclusivités des systèmes diapiriques, sinon on ne trouverait de gisements métallifères épigénétiques qu'à leur voisinage immédiat, ce qui n'est évidemment pas le cas, encore moins pour ceux de sidérite (Routhier, 1963); ce dispositif est représenté figure 4 pour le petit gisement ferrifère de Gueum Halfaya.

Au contraire de fractures ouvertes, les nombreux biseaux sédimentaires (dôme de sel) ou tectoniques (diapir au sens de Mrazec), ou les deux (dôme de selpli) constituent de réels obstacles à la libre circulation

des millions de m<sup>3</sup> de fluides nécessaires pour épigéniser des volumes énormes de carbonates, d'où ma préférence pour un rift chaud (Vila, 1995; 1996); par contre ces pièges à fluides péri-diapiriques sont très précieux pour garder longtemps les hydrocarbures fluides, liquides ou gazeux; de ce fait, les géologues pétroliers les traquent avec succès au contact des masses salifères (Perrodon, 1980).

**2** - Que les trois plus gros gisements sidéritiques de nature identique exploités dans les confins algéro-tunisiens, de l'Ouenza et de Bou Khadra en Algérie et de Jérissa en Tunisie, fournissent une contre-épreuve locale; ce dernier est en effet un anticlinal banal, sans matériel triasique visible à l'affleurement et sans déficit de masse décelable à son aplomb (SIAL Geosciences Inc., 1998).

**3** - Que la sidérite ne figure même pas dans l'inventaire exhaustif et global des ressources minérales liées aux évaporites, dressé par Kyle (1991).

Utiliser des arguments métallogéniques pour caractériser le diapirisme relève d'un raisonnement circulaire, pernicieux dans le cas des sulfures et erroné dans celui de la sidérite.

## CONCLUSIONS

**1** - Trop d'erreurs et d'approximations affaiblissent singulièrement le dossier présenté par K et H et le rendent peu crédible.

Trop de données stratigraphiques, cartographiques, mais surtout géophysiques majeures sont négligées ou oubliées, au profit de travaux obsolètes, parfois cinquantennaires.

Bien des régions du nord-est du Maghreb, notamment celles de l'Ouenza et de Mesloul, offrent l'exceptionnelle opportunité de pouvoir confronter à une stratigraphie et à une cartographie renouvelées, de nombreux forages miniers (les trois qui ont touché le Crétacé sous le matériel triasique ne sont pas évoqués; celui qui a cherché le Trias sous le Crétacé, sans le trouver, pas plus [Vila, 1995]), des forages

pétroliers remarquablement étudiés par le CRD de SONATRACH (résumés *in* Charrière et Vila, 1993), mais plus rares en Tunisie (analysés *in* Vila *et al.*, 1996) et un dossier gravimétrique remarquablement précis tant en Algérie qu'en Tunisie (Zerdazi, 1990; Valdor Sagax, 1997; SIAL Geosciences Inc., 1998).

Rares sont, parmi les si nombreuses provinces salifères, celles qui offrent une telle richesse d'arguments et de données. Les figures 17 et 18 donnent à propos du Dj. Mesloula un aperçu de ce souci d'intégration multi-sources aboutissant à une corrélation harmonieuse avec les données de surface.

Au contraire de K et H, j'ai essayé, seul ou avec mes collaborateurs algériens, tunisiens ou français, tout en vérifiant systématiquement toutes mes informations (même les déterminations d'ammonites !), d'intégrer toutes les données fiables (vérifiées quand même) ou nouvelles de surface (nombreuses, puisqu'un important échantillonnage a été réalisé pour répondre à de nouvelles questions) et de subsurface disponibles. Obtenir ces dernières et les publier n'a pas toujours été facile.

2 - Aux réticences de chercheurs locaux, ou missionnaires multi-récidivistes (comme moi), ou résidents permanents, qui se sentent à tort ou à raison un peu "propriétaires" des objets en question, je préfère opposer l'accueil bienveillant réservé à ma vision "glacialiste" par quelques spécialistes qui possèdent à la fois le recul, la culture et la vision d'ensemble, fournis par une longue fréquentation des dossiers pétroliers en ambiance salifère : P.-F. Burollet (1995), G. Busson (*in* Busson et Cornée, 1997), et J. K. Warren (1999), ainsi que B. C. Vendeville (modélisation analogique, Austin, Univ. du Texas), avec lequel j'ai eu de longues discussions à Toulouse et A. W. Bally (interprétation sismique, Houston, Rice Univ., Texas), qui a favorablement expertisé le document sur le Dj. Mesloula de la figure 18.

3 - Les discussions au sujet de l'interprétation en "glaciers de sel" des grandes masses salifères algéro-tunisiennes, ne constituent pas une nouveauté pour le sel du nord-est du Maghreb, ni d'ailleurs pour le reste du Maghreb, Oranie et Maroc compris. En fait,

l'interprétation des masses salifères agite la communauté des géologues de terrain (une espèce menacée, sinon en voie de disparition), pour la troisième fois depuis un siècle.

a - Au début du XX<sup>e</sup> siècle, l'hypothèse "nappiste" purement tectonique de P. Termier fut féroce combattue et finalement vaincue par les "autochtonistes" qui tenaient le haut du pavé dans l'Algérie à l'époque; c'est pourtant à cette interprétation qu'est revenu G. Dubourdieu, à titre alternatif, dans sa note de 1959 sur le Mesloula; la figure 17 rend hommage à la remarquable analyse géométrique de cette figure emblématique de la géologie car ses coupes :

$\alpha$  - mentionnent clairement l'organisation planaire du matériel triasique (c'est l'aspect tectonique de la mise en place tectono-sédimentaire que j'envisage, la "texture fluidale" des évaporites);

$\beta$  - ont été longtemps après, parfaitement vérifiées par les 4 forages évoqués ci-dessus et dont K et H ne soufflent mot; si je n'ai pas évoqué ici celui qui a atteint du sel à 100 m, c'est parce qu'il ne prouve strictement rien; l'accumulation de sel est implicite dans toutes les interprétations.

b - En 1981-1982, réaménagée et basée sur de remarquables progrès stratigraphiques, tectoniques (avec l'introduction tout à fait féconde de la notion de bloc basculé) et cartographiques (Daly, 1981-85; Truillet et Delteil, 1982), l'interprétation "nappiste" rebondit; mais comme j'avais pu le voir sur le terrain en 1981, à l'invitation de R. Truillet et de J. Delteil, elle fut bien trop vite généralisée et succomba logiquement à son tour, âprement combattue par les adeptes du "ballooning" encadrés par V. Perthuisot et H. Rouvier (1983), en utilisant une méthode qui n'a pas varié depuis : mélanger des arguments correspondant à des régimes tectoniques successifs différents, à des moments différents et à des appareils dissemblables dispersés sur des surfaces considérables.

c - Depuis 1995, ces mêmes auteurs et leurs émules essayent d'éliminer l'interprétation tectono-sédimentaire de la mise en place des évaporites sous forme de "glaciers de sel" sous-marins.

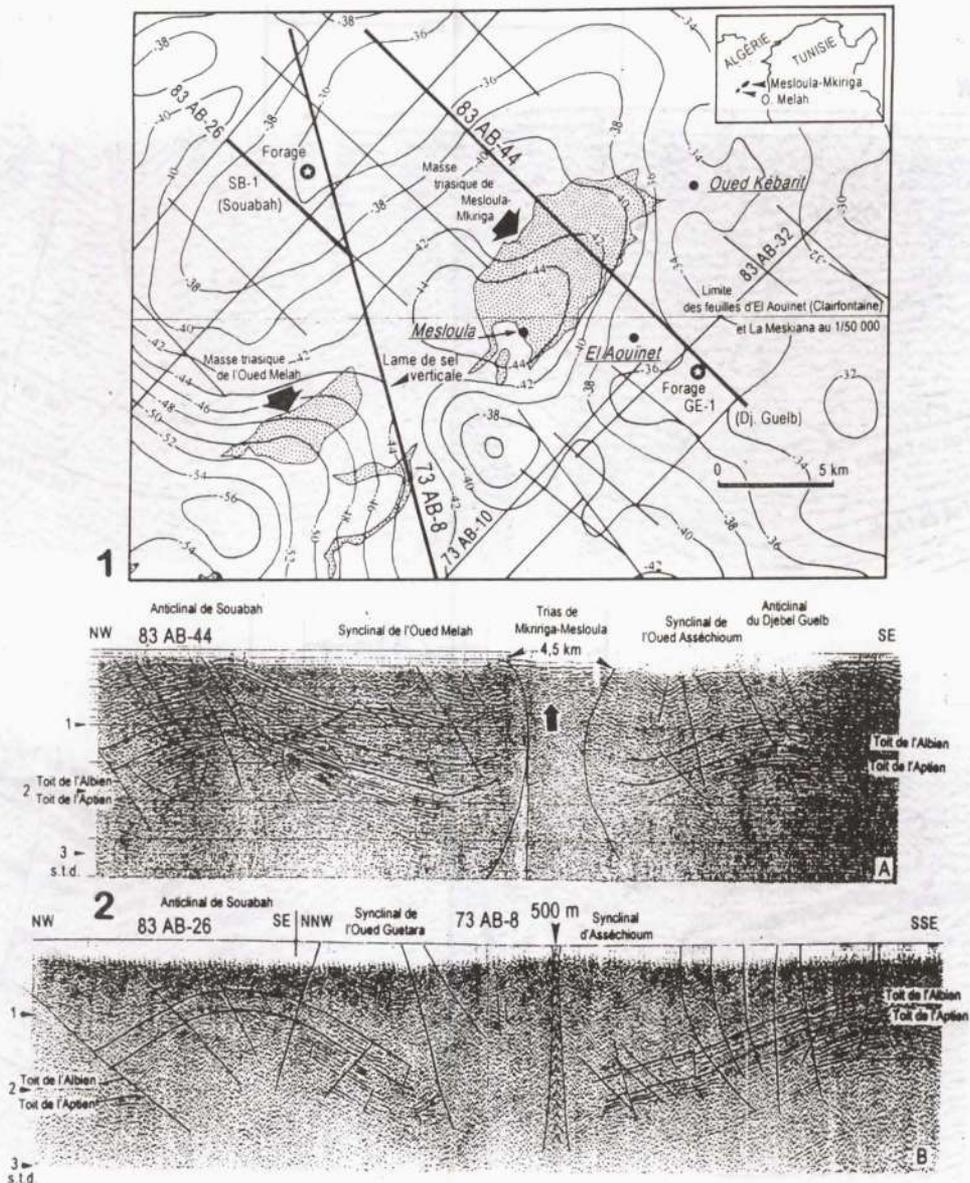


Fig. 17 - Données gravimétriques, d'après Zerdazi (1990) et profils sismiques SONATRACH, d'après Fettous et Aberkane (1995) dans le secteur du Djebel Mesloula

*Gravimetric data, from Zerdazi (1990) and SONATRACH seismic profiles, from Fettous and Aberkane (1995) in the Djebel Mesloula area*

1 - Superposition des profils sismiques, des courbes isanomales et des affleurement triasiques (en gris) (*Superposition of the seismic profiles, the gravimetric curves and the Triassic outcrops (grey)*); 2 - Deux profils sismiques traversant la structure salifère interprétés par Fettous et Aberkane (*Two seismic profiles crossing the saliferous structure according to the interpretation of Fettous and Aberkane (1995)*).

On remarquera (*Note*) : a - la remarquable continuité des horizons du Crétacé inférieur et l'absence de toute variation d'épaisseur (*the remarkable continuity of the Lower Cretaceous levels and the complete absence of thickness variations*); b - le réflecteur sismique courbe subhorizontale (flèche pleine), sous la surface du matériel salifère (*the curved subhorizontal seismic reflector (solid arrow), below the surface of the Triassic rocks*).

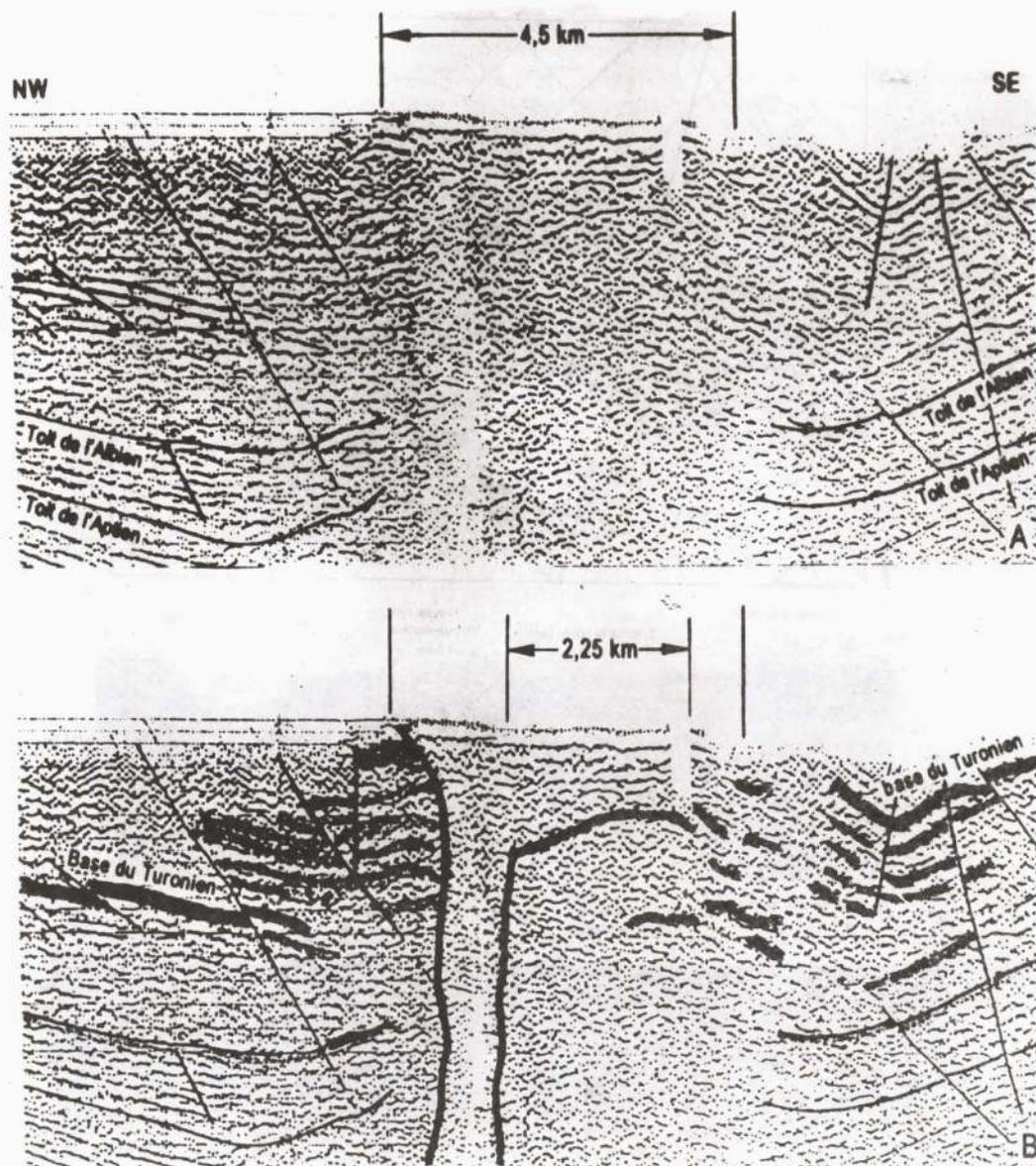


Fig. 18 - Une autre interprétation possible du profil sismique 83 AB-44, au niveau de la structure du Dj. Mesloula

*An other possible interpretation of the 83 AB-44 profile across the Dj. Mesloula.*

**A** - Données brutes, l'interprétation de Fettous et Aberkane servant de repère pour localiser par rapport au profil B, fig. 17 (*Uninterpreted data, the line-drawing of Fettous and Aberkane allowing the location within the profile B, fig. 17*). **B** - Pointé sismique prenant en compte la géologie de surface et le réflecteur subhorizontal courbe noté fig. 17 (flèche) (*Line drawing after integration of the newly studied surface geology and the curved subhorizontal reflector located by the solid arrow fig. 17*).

On notera l'épaississement des sédiments à droite du mur de sel, entre le toit de l'Albien et la base du Turonien, matérialisant un dispositif de bloc basculé actuellement inversé tectoniquement, incompatible avec un amincissement d'apex diapirique (*Note the thickening of the sediments on the right of the saliferous wall, between the Albian top and the Turonian basis, evidencing an old tilted block setting, now tectonically inverted, which is on the contrary of a thinning-up characterizing a diapiric apex*).

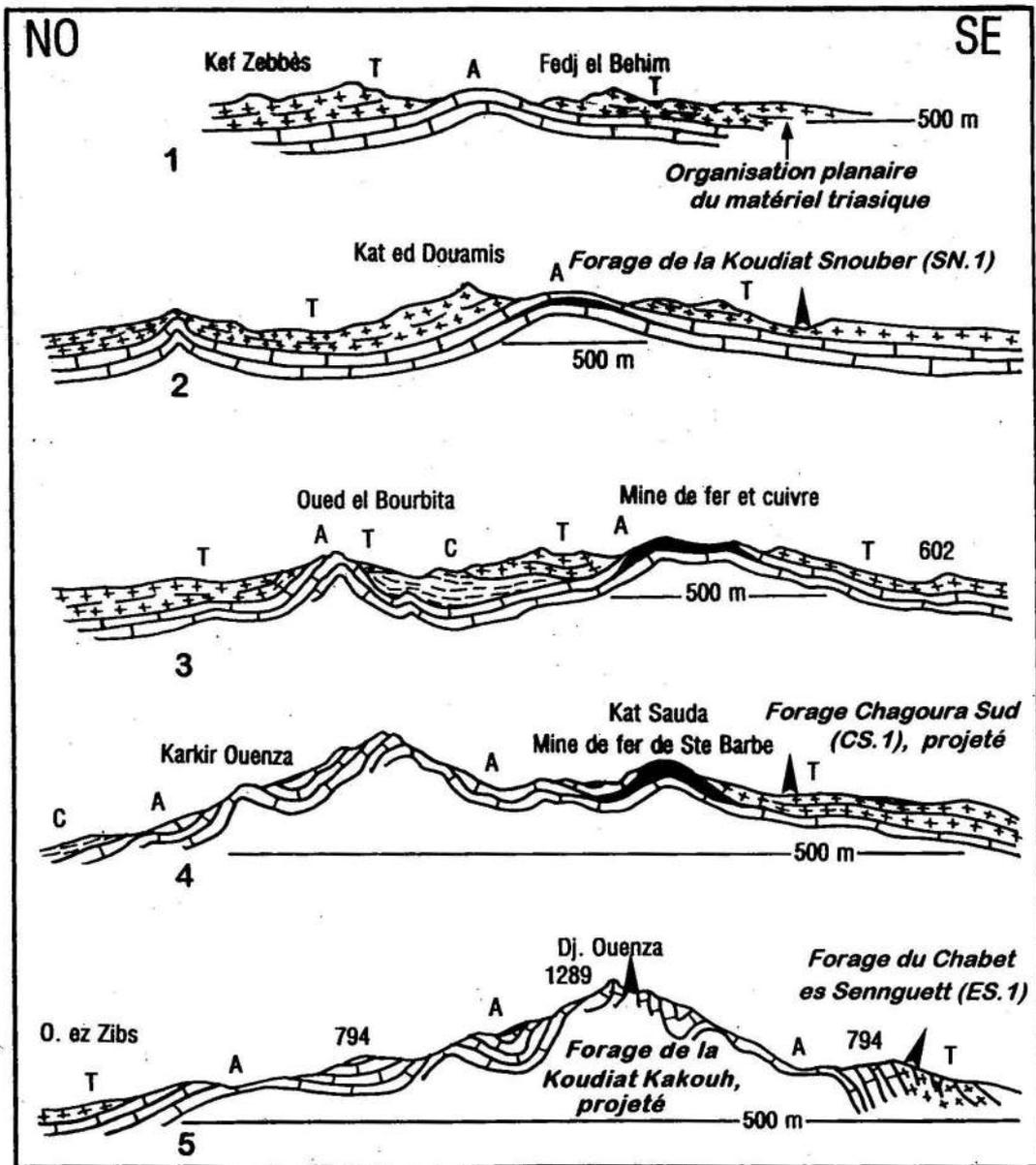


Fig. 19 - Toute l'actualité de l'interprétation géométrique de P. Termier (1908)

*The great current interest of the geometrical interpretation from P. Termier (1908).*

Les indications toponymiques de la figure originale et les indices originaux sont en romain droit (A - Aptien ; Trias); les compléments d'information sont en italique gras (*In right characters original toponymy and signs (A - Aptian; T - Triassic); the complementary informational data are in italic bold characters.*)

On remarquera : la matérialisation de l'organisation planaire du matériel triasique (coupe n° 1), l'explication immédiate des 3 forages miniers qui ont touché le plancher Aptien de ce dernier (détaillés in Bouzenoune, 1993) et de celui de la Koudiat Kakouh qui chercha vainement à l'atteindre (Vila, 1995) (*Note : the realistic drawing of the planar organization of the Triassic rocks (cross-section n° 1), the direct explanation of the mining perforations, 3 have reached the Aptian beds below the Triassic rocks (detailed in Bouzenoune, 1993) an one, located at Koudiat Kakouh dit not find an imaginary Triassic core, at 1 km far southward of the cross-section 5, quoted in Vila (1995)).*)

$\alpha$  - la biostratigraphie est éludée; comme l'on fait Perthuisot *et al.* (1998, 1999 a), c'est effectivement plus simple de ne pas évoquer les récifs albiens, dont j'ai rappelé l'importance ci-dessus; ils les ont donc supprimés dans le schéma "simplifié" de l'organisation du glacier de sel de l'Ouenza (Perthuisot *et al.*, 1998, 1999 a); ces récifs dont l'âge albien a d'abord été accepté et dont les éléments de datation ont été présentés lors d'un congrès de stratigraphie (Vila *et al.*, 1994) ont même été carrément remis dans l'Aptien supérieur, comme si rien n'avait été publié à leur sujet; pour ce faire Hatira *et al.* (2000), n'hésitent pas à affirmer p. 324 dans leur article que le genre *Ticinella* est "typique de l'Aptien", ce qui est évidemment faux; il ne fait qu'apparaître à l'Aptien supérieur, mais son acmé se situe à l'Albien (Sartorio et Venturini, 1988);

$\beta$  - la cartographie et son interprétation sont particulièrement maltraitées, jusqu'à publier une carte (*in* Perthuisot *et al.*, 1999 a, fig. 7), d'abord sans légende, elle-même en désaccord avec les coupes interprétatives annexées : par exemple, la cicatrice de

Téboursouk est fossilisée par le Miocène sur la carte et cisaille le même Miocène sur l'une des deux coupes jointes; cette absence de légende conduisit à un rectificatif insolite, car sans explication, conservant des coupes où subsiste notamment l'erreur signalée ci-dessus (Perthuisot *et al.*, 1999 b);

$\gamma$  - la géophysique - sismique en Algérie et gravimétrie (Zerdazi, 1990 en Algérie; deux campagnes complémentaires en Tunisie : Valdor Sagax, 1997 et SIAL Geoservice Inc., 1998) - n'est pas évoquée mais elle est bien implicitement prise en compte, conduisant les nouveaux "modèles" à évoluer lentement mais sûrement en se rapprochant du modèle combattu, ce qui est analysé ci-dessous.

**d** - L'évolution des modèles "tout-diapir" (fig. 20) :

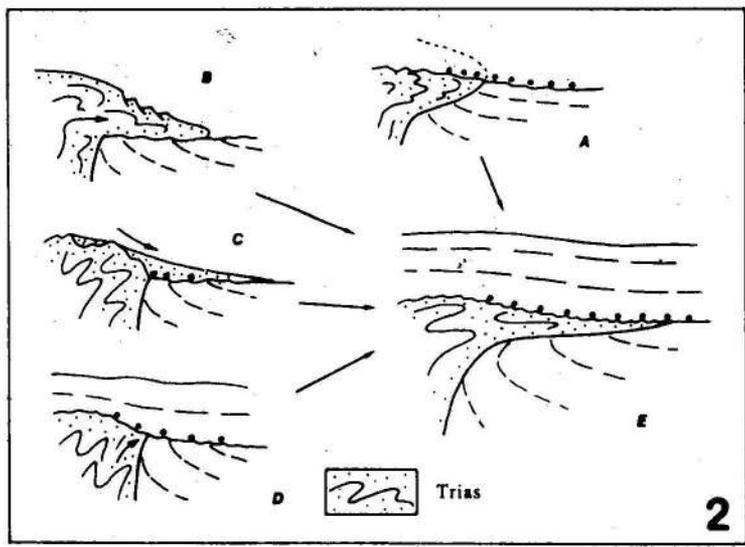
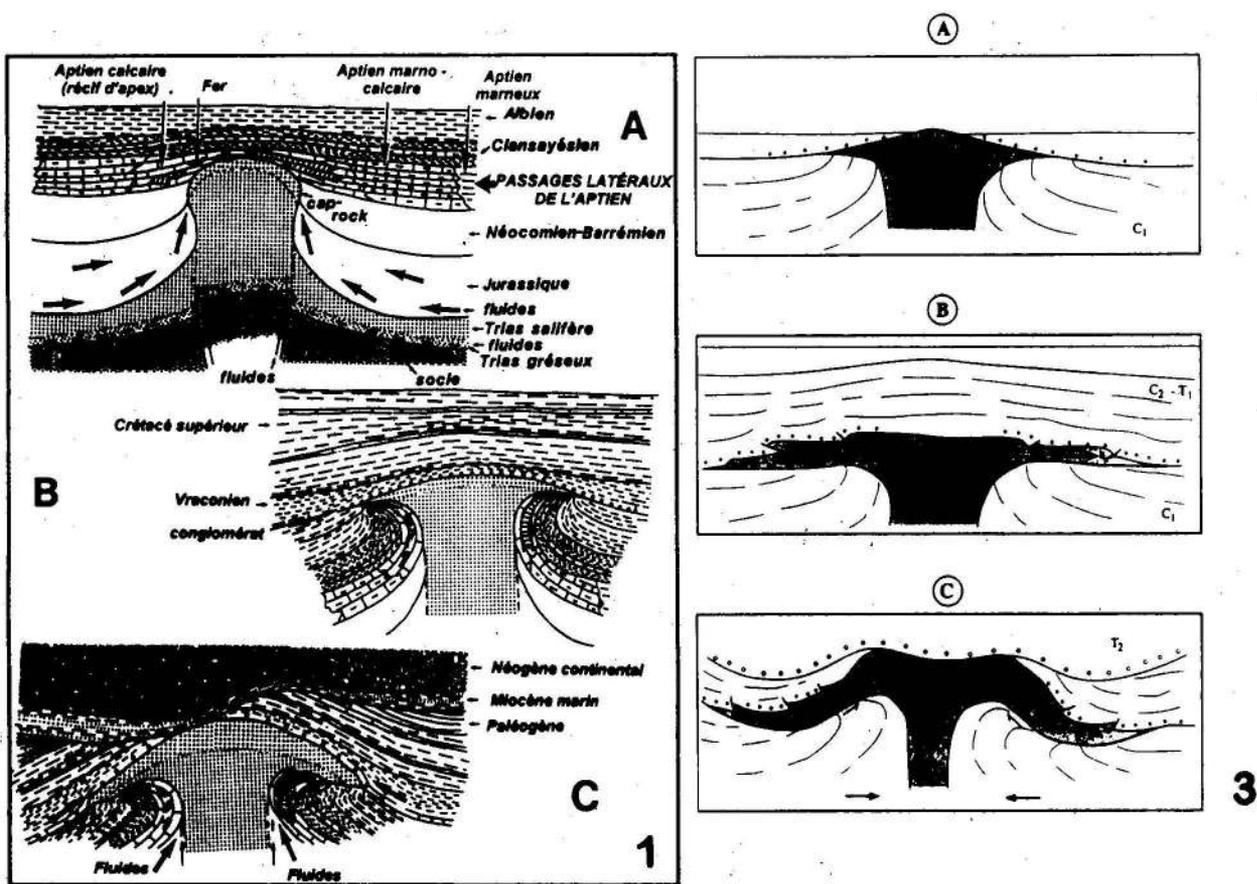
$\alpha$  - les passages latéraux de l'Aptien "récifal réduit" (fig. 20, 1, A à C), encore mentionnés par Aoudjehane *et al.* (1992-94) et par A. Bouzenoune (1993), ont semble-t-il été abandonnés, sans explication;

**Fig. 20** - Évolution de l'hypothèse "tout-diapir" avant (1 et 2) et depuis (3) sa confrontation avec l'hypothèse des "glaciers de sel" sous-marins

**Evolution of the "all-diapiric" hypothesis, before (1 and 2) and since (3) its confrontation with the submarine "salt glaciers" hypothesis**

1 - d'après Bouzenoune (1993, travail dirigé par Rouvier) : un seul horizon carbonaté aptien est interprété comme un récif d'apex diapirique, passant latéralement à des marno-calcaires puis à des marnes (voir texte, § VI, 5); le rebroussement et l'"extravasation" des lames salifères latérales sont post-albiens et anté-fracconiens; on notera entre les stades B et C, l'expansion latérale sous couverture après le Crétacé supérieur (*according to Bouzenoune (1993, work directed by Rouvier) : one single Aptian carbonated level is interpreted as an apex diapiric reef, with lateral transition towards marly-calcareous levels and then to marly levels (see text, § VI, 5) ; the upturning and the lateral "extravasation" of the saliferous sheets are post-Albian and ante-Fracconian in age*); 2 - d'après Perthuisot et Rouvier (1992) : la présence d'une courte langue de Trias salifère interstratifié est interprétée, toujours sous le Fracconien, à partir d'un large conduit central, soit comme un "glacier de sel" à l'air libre de type Zagros ("nappe de Trias" connectée au diapir, évolution B-E) ultérieurement enfoui, soit comme une injection "inter-cutanée" (on notera ses proportions modestes par rapport à la largeur du conduit, évolution D-E); de l'hypothèse précédente ne demeurent qu'un large conduit et le rebroussement précoce du substratum; toute référence à la genèse et à la disposition des carbonates ayant été abandonnée (un horizon aptien et un horizon albien sous le Trias; un horizon de type *coral-algal reefs* sur le Trias) (*according to Perthuisot and Rouvier (1992) : the presence of the very short saliferous interbedded sheet is interpreted also below the Fracconian deposits, from a large diapiric pipe, either as a "salt glacier" ("Triassic nappe" connected with the diapir, B-E evolution), or as an interbedded injection (note their poor proportions in regard of the pipe width, D-E evolution) ; from the previous hypothesis remains the large pipe and the early upturning of the substratum; all indications about the genesis and the organization of calcareous beds are abandoned (one Aptian and one Albian levels, below the Triassic rocks, and one coral-algal reef level above the last ones)*); 3 - d'après Perthuisot *et al.* (1998) : le conduit de "grande ouverture" et le rebroussement précoce du substratum sont maintenus à l'origine (stades A et B) avec au Crétacé supérieur-Éogène (stade C), un amaigrissement considérable du conduit (pour s'ajuster, aux données gravimétriques ?) et une prédominance du phénomène d'injection latérale sous couverture comme en 1 C (*according to Perthuisot et al. (1998) : the early large pipe and the early upturning of the substratum remains (stages A and B); note, during the upper Cretaceous-Eocene times (stage C), the strong slimming of the pipe (for a better fit with the gravimetric data?) and the predominance of the lateral injection under sedimentary cover, as in 1 C*).

LES AVANTAGES D'UNE APPROCHE MULTI-SOURCES (BIOSTRATIGRAPHIE, SÉDIMENTOLOGIE, FORAGES, PROFILS SISMIQUES ET GRAVIMÉTRIE)



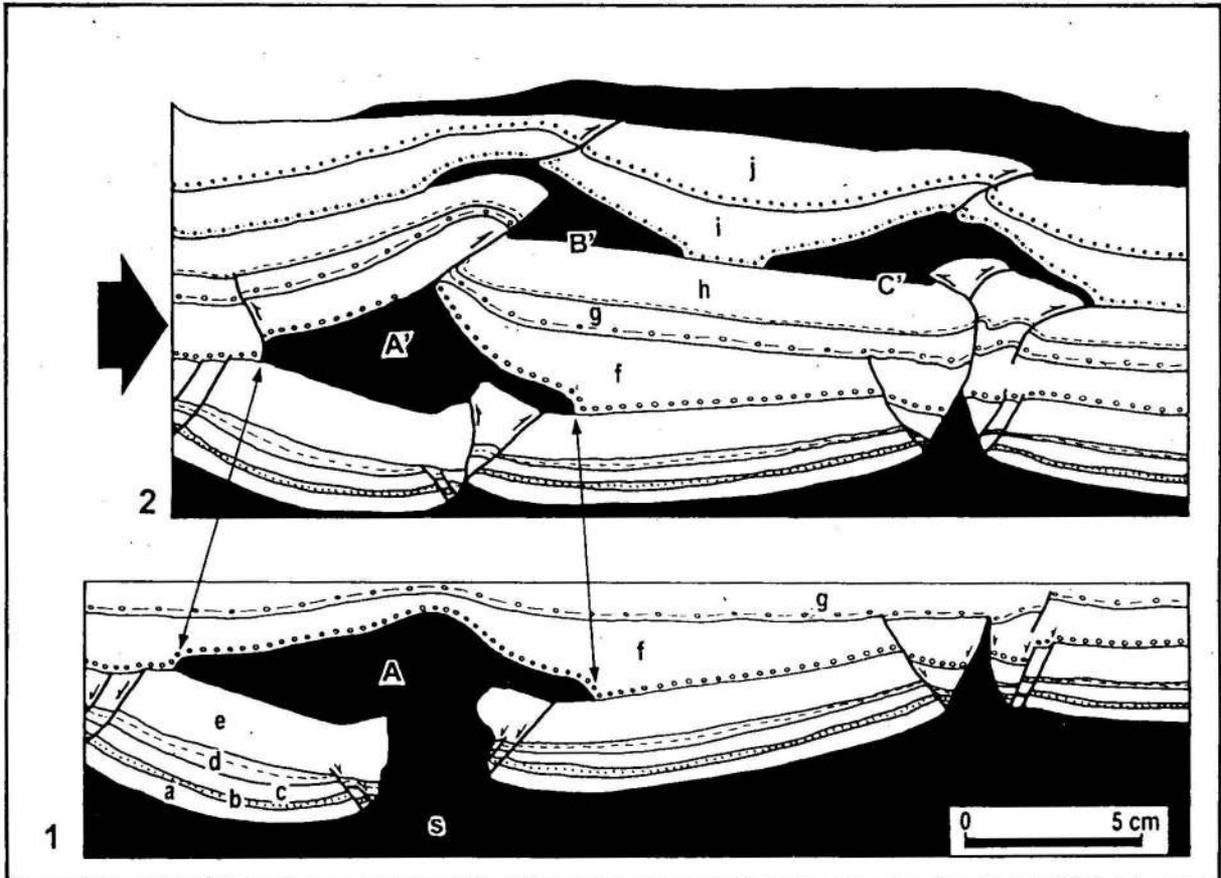


Fig. 21 - Modélisation analogique en boîte à sable de la reprise en compression de "glaciers de sel"

*Sandbox analogue modelling of "salt glaciers" overprinting by shortening*

Le sel (s) correspond à une couche de silicone, les divers horizons sédimentaires (a à j) à du sable (*The salt s corresponds to a silicone layer and the sedimentary beds (from a to j) corresponds to a various sand layers*).

Le corps lenticulaire A, mis en place au cours d'une première phase distensive (1, surcharge a à e), évolue en compression (2) vers une forme prismatique à base plus courte, mais sans injection sous couverture (*The lenticular body A, emplaced during a first extensional stage (1, overburding a to e) is transformed an prismatic masse after their compression (2), with a shorter basis, but without lateral injection under the overburding*).

Les corps B et C identiques au corps A, mis en place au cours d'une deuxième phase distensive (stade non représenté, après surcharge f, g, h), évoluent en compression vers des formes B' et C' en coupes trapues, toujours sans expansion latérale. Redessiné d'après l'article multimedia de Guglielmo *et al.*, 1998 (*The B and C bodies similiary to the body A, emplaced during a second extensional phase (non drawn stage, after the overburding f, g, h), are transformed as a stocky cupolas, always without lateral injection. Redrawn from the multimedia publication of Guglielmo et al., 1998*).

**β** - les expansions salifères, fabriquées par injection sous couverture (fig. 20, 1 C), prennent de l'envergure (fig. 20, 3 B et C) et dessinent une très élégante forme d'ailes de mouette ou de cornes de vache (Perthuisot *et al.*, 1999 a); aucune modélisation analogique n'a à ma connaissance reproduit ce phénomène; au contraire les modélisations récentes de reprise en compression d'appareils salifères baveurs (ou "extravasés") nés en distension montrent que les lentilles de sel primitivement plates à la base deviennent prismatiques, ou prennent une forme de coupole trapue, mais avec des bases devenant nettement plus courtes (fig. 21); ces résultats sont remarquablement diffusés, d'abord sous la forme d'un attrayant et très réussi dessin animé en couleurs, accessible sur Internet à l'adresse électronique suivante : "<http://www.utexas.edu/research/beg/mmedia/AGL98-MM-006>" (Guglielmo *et al.*, 1998), puis sous la forme de superbes blocs-diagrammes en couleurs (Guglielmo *et al.*, 2000);

**γ** - le conduit d'alimentation subit une très sévère cure d'amaigrissement (fig. 20, 3 C), devenant aussi famélique que celui du Dj. Mesloula représenté sur le profil sismique de la figure 18.

Ce ne sont plus des aménagements de détail, il s'agit bien d'une révision profonde. L'hypothèse primitive des diapirs en champignons évolue en vieillissant comme vieillissent les vrais champignons : quand le chapeau vieillit, la queue dégénère.

Il ne reste donc plus grand chose de l'hypothèse de départ (fig. 20, 1), détaillée avec soin par Bouzenoune (1993), déjà reproduite et discutée dans ma note de 1996; une analyse demeurée lettre morte.

N'en subsistent que :

a - le bombement initial, inutile et présent (très transitoirement) tant pour les glaciers de sel sous-marins (Talbot, 1993) que pour ceux à l'air libre, comme pour le Nimro ("œuf frit" en farsi) du célèbre Kuh-e-Namak ("la rivière de sel", toujours en farsi) d'Iran (Vendeville *et al.*, 2000);

b - le rebroussement de l'encaissant, difficilement compatible avec un contexte distensif unanimement reconnu au Crétacé inférieur.

La "théorie du «glacier de sel»", pour reprendre l'amusante formulation de K et H, est très certainement perfectible, peut-être s'avérera-t-elle fautive à son tour. Elle a au moins le mérite de rendre compte de la géophysique et des données de subsurface, sans exception. Elle a surtout celui de susciter une vive effervescence scientifique chez des chercheurs, qui sont pour ou contre, mais jamais indifférents. Certains d'entre eux comme K et H travaillent certainement dans des conditions difficiles d'isolement que j'ai pu constater sur place. À leur égard, la netteté de mes propos n'a d'autre souci que de tirer avec le maximum de clarté, les conséquences des faits exposés. L'efficacité de tout débat scientifique est à ce prix.

**Remerciements.** Grâce au généreux soutien des responsables de l'ORGM, de 1990 à 1993 inclus, et à l'accueil exceptionnel que j'ai reçu, tant à El Harrach à la Direction de Monsieur B. Touahri, qu'à Boumerdès, notamment dans le Service Géologique par Monsieur L. Bitam et Monsieur L. Sami, qu'à l'antenne de Tébessa, alors fermement dirigée par Monsieur T. Bouarroudj, maintenant Directeur Général, bien des portes ont pu être ouvertes pour obtenir les incontournables données de subsurface : d'abord dans ses propres services, puis à SONATRACH (où j'ai retrouvé bien des amis tant au CRD qu'à la DEX) et enfin à Total-Algérie.

Du côté des mes collègues tunisiens qui m'ont eux aussi si bien accueilli depuis 1993, je salue le courage de ceux qui ont quitté l'ONM et de ceux qui y sont restés, malgré leur adhésion sans faille aux idées "glacialistes".

Je dois à mon ami de presque quarante ans, Monsieur M. Téfiyani, le précieux privilège d'avoir eu quelque temps à ma disposition des profils sismiques particulièrement éloquentes.

À tous, je tiens à témoigner ma reconnaissance; ceux que je n'ai pas nommés se reconnaîtront.

Je remercie Monsieur B. Peybernès (Toulouse) et Monsieur F. Zargouni (Tunis) pour leur relecture attentive et pour les améliorations qu'il m'ont suggérées, notamment en rabotant les aspérités trop saillantes des premières versions de ce texte.

**Je dédie cet article à la mémoire du fin géologue que fut trop peu de temps Monsieur A. Boudjemaâ, en souvenir des longues journées passées avec S. Guellal, à cogner les rudes et monotones carbonates constantinois et hodnéens (quand il avait fini d'assurer avec brio sa fonction d'intendant de mission); mais aussi en souvenir du combat mené plus tard pour convaincre de l'allochtonie de la nappe néritique constantinoise, devenu dérisoire avec le temps, depuis qu'on "promène" même l'avant-pays des Aurès-Némencha vers le sud, à partir notamment d'incontournables données sismiques.**

## BIBLIOGRAPHIE

- ADDOUM, B., 1995. L'Atlas saharien sud-oriental : cinématique des plis-chevauchements et reconstitution du bassin du Sud-Est constantinois (confins algéro-tunisiens). *Thèse de Doct. ès Sci.*, 200 p., 76 fig., 3 pl. h.-t., 1 carte h.-t., inédite, Alger.
- ADDOUM, B., 1996. Intérêt des coupes équilibrées dans l'exploration pétrolière. L'exemple des plis de l'Atlas saharien sud-oriental. *L'explorateur pétrolier*, n° 7 (octobre), p. 5-11, 12 fig., Publ. SONATRACH-DEX, Alger.
- ALSOP, G. I., BLUNDELL, D. J. and DAVISON, I. (eds.), 1996. Salt tectonics, *Geological Society, Spec. Publ.*, n° 100, 310 p., London.
- ASFIRANE, F., 1994. Traitement et interprétation des données aéromagnétiques acquises au-dessus de l'Algérie du Nord, impact sur la géologie de la chaîne atlasique. *Thèse Doct. Univ. Paris-Sud, centre d'Orsay (Paris-XII)*, 213 p., 76 fig., inédite.
- ASFIRANE, F. ET GALDEANO, A., 1995. The aeromagnetic map of northern Algeria : Processing and interpretation. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 136, p. 61-88, 9 fig. (dont 2 en couleurs).
- BALLY, A. W., 1983. Seismic Expression of Structural Styles. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. Studies in Geology*, Ser. 15, 3 vol.
- BOUHLEL, S., 1993. Géologie, minéralogie et essai de modélisation des minéralisations à F-Ba-Sr-Pb-Zn-(S°), associées aux carbonates (jurassiques et crétacés) et aux diapirs triasiques : gisements de Stah-Kohol, Zriba Guebli, Bou Jaber et Fedj Lahdoum (Tunisie septentrionale). *Thèse Doct. État ès Sci.*, Fac. Sci. Univ. de Tunis II, 310 p. 53 fig. XXXI pl. 17 tabl. Inéd. Tunis.
- BULGAR GEOMIN, 1979. Gisement de fer du J. Slat. Résultats et recherches, campagne 74-79 *Rapport inédit*, O.N.M. Tunis.
- BUROLLET P.-F., 1956. Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale. *Ann. Mines et Géologie*, Tunis, 18, 352 p.
- BUROLLET, P. F., 1975. Tectonique en radeaux en Angola. - *Bull. Soc. Géol. France*, sér. 7, t. 17, n° 4, p. 503-504, 1 fig., Paris.
- BUROLLET, G., 1995. Tectonique salifère en Tunisie. *Séminaire sur les événements du Trias en Tunisie*, 2-4 juin, Tunis, rés., p. 4., A.T.E.I.G., Tunis.
- BUSSON, G. ET CORNÉE, A., 1997. La tectonique alboaptienne et le comportement du Trias salifère depuis le nord des confins algéro-tunisiens jusqu'au Gassi-Touil (Sahara algérien). *6<sup>ème</sup> Congr. Fran. Sédim., Livre des résumés*, Publ. Assoc. Sédim. Fran., n° 27, p. 41-42, Paris.
- COQUE, R., 1977. Géomorphologie. 452 p., Armand Colin, Paris.
- DIEGEL, F. A., KARLO, J. F., SCHUSTER, D. C., SHOUP, R. C. AND TAUWERS, P. R., 1996. Cenozoic structural evolution and tectono-stratigraphic framework of the northern Gulf Coast continental margin. In JACKSON M. P. A., ROBERTS D. G. AND SNELSON S. (EDS.) : "Salt tectonics. A global perspective". *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem.* n° 65, p. 109-151, Tulsa (Oklahoma).
- DOZET, S., FERJANCIC, V., GOJKOVIC, M. ET IVANKOVIC, J. (RUDIS-SERVICE GÉOLOGIQUE LJUBLJANA), 1985. *Carte géologique de l'Algérie au 1/50 000*, feuille n° 150 : El Aouïnet (ex-Clairfontaine). *Publ. de la Sous-Direction de la Géologie*, Alger.
- DUBOURDIEU, G., 1959. Esquisse géologique du Djebel Mesloul. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, Nouv. Sér., n° 21, 162 p.
- DUBOURDIEU, G. ET HOTTINGER, L., 1959. Présence de Néovaléolines dans le Miocène de Mesloul (Algérie orientale). *Rev. Micropal.*, vol. 2, n° 1, p. 3-7, 2 pl. ph.
- DUBOURDIEU, J. ET SIGAL, J., 1951. Albien-Vraconien et Cénomanién inférieur de l'Ouenza (Algérie). Observations nouvelles et subdivisions corrigées. *C. R. somm. Soc. Géol. France*, fasc. 5, p. 78-80, Paris.
- DUVAL, B., CRAMEZ, C. AND JACKSON, M. P. A., 1992. Raft tectonics in the Kwanza Basin, Angola. *Marine and Petroleum Geology*. vol. 9, n° 4, p. 389-404, 15 fig.

- FETTOUS, E. H. ET ABERKANE, H., 1995. Le diapir de Mesloulamkririgà, Atlas saharien oriental, Algérie. *Mém. fin Études Ing. État en Géol.*, Option Pétrologie-Structurologie, Univ. Sci. Technol. Houari-Boumediène, 57 p., 42 fig., El Alia (Algérie), inéd.
- GHANMI, M., BEN YOUSSEF, M. ET VILA, J.-M., 1999. Conséquences régionales de la découverte d'Aptien à Archaealveolina reicheli (De Castro) et d'Albien mameux dans une série à "Trias résédimenté du sillon du Kef (Oued Sidi bou Saïd de Touireuf, feuille Ouargha au 1/50 000) Notes Serv. Géol. Tunisie, n° 65, p. 73-78, 2 fig. Tunis.
- GHANMI, M., VILA, J.-M., BEN YOUSSEF, M., JOUIROU, M. ET KÉCHID-BENKHEROUF, F., 2000. Le matériel triasique interstratifié dans l'Albien de l'anticlinal autochtone atlasique du Jebel Takrona (Tunisie) : stratigraphie, arguments gravimétriques, signification dans la transversale N-S des confins algéro-tunisiens (Maghreb du Nord-Est). *Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse*, t. 136, sous presse.
- GHANMI, M., VILA, J.-M., BEN YOUSSEF S. ET KAMOUN, F., 1999. Place du "glacier de sel" sous-marin résiduel turonien de la Koudiat Sidii (Nord-Ouest tunisien), dans le contexte halocinétique de la transversale des confins algéro-tunisiens (NE du Maghreb), comparé à celui de la marge passive de Louisiane. *Bull. Soc. Hist. nat. de Toulouse*, t. 135, p. 21-31, 8 fig., Toulouse.
- GOGUEL, J., 1952. Traité de tectonique. 383 p., Masson et Cie, Éditeurs, Paris.
- GOGUEL, J., 1983. Étude mécanique des déformations géologiques. *Manuels et Méthodes*, n° 6, 193 p., Éd. du BRGM.
- GUGLIELMO, G. JR., JACKSON, M. P. A. AND VENDEVILLE, B. C., 1998. Animation of extensional diapirs modified by later compression. *Bureau of Economic Geology hypertext multimedia publication at* : "http://www.utexas.edu/research/beg/mmedia/AGL98-MM-006.
- GUGLIELMO, G. JR., VENDEVILLE, B. C. AND JACKSON, M. P. A., 2000. 3-D visualization and isochore analysis of extensional diapirs overprinted by compression. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol. 84, n° 8, p. 1095-1108.
- JACKSON, M. P. A., 1996. Retrospective salt tectonics. In JACKSON, M. P. A., ROBERTS, D. G. AND SNELSON, S. (EDS.) : "Salt tectonics. A global perspective". *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem. n° 65*, p. 1-28, Tulsa (Oklahoma).
- JACKSON, M. P. A., ROBERTS, D. G. AND SNELSON, S., 1996. Salt tectonics. A global perspective. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem. n° 65*, 454 p., Tulsa (Oklahoma).
- JRAD, L. ET PERTHUISOT, V., 1995. Diapirisme, orogénèse et minéralisation Pb-Zn en Afrique du Nord : exemple des gisements du J. Ajred et du J. Hamra en Tunisie centrale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 320, sér. Ila, p. 721-728, 2 fig.
- KOWALSKI, M. W. ET HAMIMED, M., 2000. Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien ? Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens. *Bull. Serv. géol. Algérie*, vol. 11, n° 1, p. 29-60, 12 fig.
- KYLE, J. R., 1991. Evaporites, evaporitic processes and mineral resources. In J. L. MELVIN (ED.) : "Evaporites, Petroleum and Mineral Resources", chap. 6, p. 477-533, 21 fig., Elsevier, Amsterdam.
- MAIS, W. R., 1957. Peripheral faulting at Bayou Blue salt dome, Iberville parish, Louisiana. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* vol. 41, n° 9, p. 1915-1951, 32 fig., Tulsa.
- MASSE, J.-P. ET THIEULOY, J.-P., 1979. Précision sur l'âge des calcaires et des formations associées de l'Aptien sud-constantinois (Algérie). Conséquences paléogéographiques. *Bull. Soc. Géol. France*, sér. 7, t. XXI, n° 1, p. 65-71, 3 fig. Paris.
- MCBRIDE, B. C., 1998. The evolution of allochthonous salt along a megaregional profile across the northern Gulf of Mexico Basin. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, vol. 82, n° 5B, p. 1037-1054, 4 fig., Tulsa.
- MAYNC, W., 1959. Foraminiferal key biozones in the lower Cretaceous of the western hemisphere and the Tethys province. - *Symposium del Cretácico (Congr. géol. int. Mexico, XXe sér., 1956)*, p. 85-111.
- NEDJARI-BELLAHSÈNE, S. ET NEDJARI, A., 1984. Le Bou Khadra : esquisse paléogéographique aptienne. *5<sup>ème</sup> Sém. nat. Sci. Terre, Alger (2-4 décembre)*, p. 102-103, 1 fig., Alger.

- PERRIN, C., 1990. Genèse de la morphologie des atolls : le cas de Mururoa (Polynésie Française). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 311, sér. II, p. 671-678.
- PERRODON, A., 1980. Géodynamique pétrolière, genèse et répartition des gisements d'hydrocarbures. 381 p., Éd. *Technip*, Paris.
- PERTHUISOT, V., AOUJJEHANE, M., BOUZENOUNE, A., HATIRA, N., LAATAR, E., MANSOURI, A., ROUVIER, H., SMATI, A., THIBIÉROZ, J., 1998. Les corps triasiques des monts du Mellègue (confins algéro-tunisiens) sont-ils des diapirs ou des glaciers de sel ? *Bull. Soc. Géol. France*, t. 169, n° 1, p. 53-61.
- PERTHUISOT, V., BOUZENOUNE, A., HATIRA, N., HENRY, B., LAATAR, E., MANSOURI, A., ROUVIER, H., SMATI, A. ET THIBIÉROZ, J., 1999 a. Les diapirs du Maghreb oriental : part des déformations alpines et des structures initiales crétaées et éocènes dans les formes actuelles. *Bull. Soc. Géol. France*, t. 170, n° 1, p. 57-65.
- PERTHUISOT, V., BOUZENOUNE, A., HATIRA, N., HENRY, B., LAATAR, E., MANSOURI, A., ROUVIER, H., SMATI, A. ET THIBIÉROZ, J., 1999 b. *Erratum, Ibid.*, t. 170, n° 6, 774.
- PERTHUISOT, V. ET ROUVIER, H., 1983. À propos de l'allochtonie de la zone des diapirs en Tunisie septentrionale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 296, p. 393-396.
- PEYBERNÈS, B., VILA, J.-M., SOUQUET, P., CHARRIÈRE, A., BEN YOUSSEF, M., ZARBOUT, M. ET CALZADA, S., 1996. Trois gisements de brachiopodes dans le Crétacé inférieur tunisien. I. Stratigraphie ; II. Paleontología. *Batallería*, vol. 6, p. 45-58, 10 fig., 1 lam., Barcelone.
- PURSER, B. H., 1973. Sedimentation around Bathymetric Highs in the Southern Persian Gulf. In PURSER B. H. (ed.) : "The Persian Gulf. Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontinental Sea", p. 157-191, 10 fig., *Springer-Verlag*, Berlin.
- ROUTHIER, P., 1963. Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche. 2 t., 1282 p., *Masson*, Paris.
- SAMI, L. ET VILA, J.-M., 2000. Carte géologique de l'Algérie à 1/50 000, feuille n° 266, Bir Sbeïkia-Fériana (partie algérienne), notice explicative détaillée, 32 p. *Publ. Serv. géol. Algérie*, Alger.
- SARTORIO, D. AND VENTURINI, S., 1988. Southern Tethys biofacies (Photos of Agip archives), Agip S.p.A., Donato Milanese.
- SÉRANNE, M., SÉGURET, M. ET FAUCHIER, M., 1992. Seismic super-units and post-rift evolution of the continental passive margin of southern Gabon. *Bull. Soc. Géol. France*, t. 163, n° 2, p. 135-146, 8 fig., Paris.
- SIAL GEOSCIENCES INC., 1998. Gravimétrie en Tunisie (feuilles au 1/50 000 : Béja, Oued Zarga, Gaafour, Ouargha, Le Kef et Tadjérouine). - *Rapport int. ONM.*, inéd., Tunis.
- SPATHOPOULOS, F., 1996. An insight on salt tectonics in the Angola Basin, South Atlantic. In ALSOP G. I., BLUNDELL D. J. and DAVISON I. (eds) : "Salt tectonics", *Geological Society, Spec. Publ. n° 100*, p. 153-174, 15 fig., London.
- TALBOT, C. J. (1993). Spreading of salt structures in the Gulf of Mexico. In COBBOLD, P. R. (ed.) : "New insights into salt tectonics", *Tectonophysics*, spec. issue, 228, p. 151-166, 7 fig., Amsterdam.
- TERMIER, P., 1908. Notes de tectonique tunisienne et constantinoise. *C. R. somm. Soc. Géol. France*, et *Bull. Soc. Géol. France*, p. 68-69 et 4ème série, t. VIII, p. 102-123, 9 fig. (même titre).
- TRUILLET, R. ET DELTEIL, J., 1982. Allochtonie alpine de la zone des diapirs, Tunisie septentrionale et NE algérie. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 294, série II, p. 1143-1146.
- TRUSHEIM, F., 1957. Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. *Deutschen Geologischen Gesellschaft Zeitschrift*, vol. 109, p. 111-151.
- TRUSHEIM, F., 1960. Mechanism of salt migration in northern Germany. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 44, n° 9, p. 1519-1540, 23 fig.
- VALDOR SAGAX, 1997. Gravimétrie en Tunisie : Les Salines, Nebeur, Jendouba, Téboursook. - *Rapp. Int.*, Office National des Mines, Tunis, 74 p., inédit.
- VENDEVILLE, B. C. ET JACKSON, M. P. A., 1992. The rise of diapirs during thin-skinned extension. *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 9, n° 4, p. 331-353, 25 fig.

- VENDEVILLE, B. C. ET JACKSON, M. P. A., 1992. The fall of diapirs during thin-skinned extension. - *Ibid.*, vol. 9, n°4, p. 354-371, 21 fig.
- VENDEVILLE, B. C., MART, Y. AND VIGNERESSE, J.-L., 2000. Salt, shale and igneous diapirs in and around Europe. *Geol. Soc. London, spec. publ.* n° 174, 216 p., London.
- VILA, J.-M., 1980. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doct. d'État ès Sci., Univ. Pierre-et-Marie Curie (Paris-VI), 3 t., 665 p., 200 fig., 7 pl. h.-t., inédite.
- VILA, J.-M., 1993. Comportement des terrains triasiques des confins algéro-tunisiens ou : "le Trias dans tous ses états". Livret-guide de l'excursion finale du Colloque "Trias'93-Algérie". *Publ. SONATRACH-CRD*, 38 p. 12 fig., Boumerdès, Algérie.
- VILA, J.-M., 1992. Carte géologique de l'Algérie à 1/50 000, feuille n° 265, Aïn Télijdjène (levers J.-M. VILA, M. AIT HAMOUDA, M. BEGHOUL, F. BENKHÉROUF, A. CHARRIÈRE, N. HADDADI, Q. JACMIN, S. A. KÉDIHA, J. ACHABERT, S. MESSAOUDI, J.-F. MUGNIOT, D. REYRE & L. SAMI). *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*. ALGER.
- VILA, J.-M., 1997. Définition des structures halocinétiques du 3<sup>ème</sup> type : les dômes de sel-plis du Sud-Est constantinois (anticlinaux à cœur salifère et à amincissements synsédimentaires antérieurs). *Séance spécialisée de la Société Géologique de France "Les marges téthysiennes d'Afrique du Nord"*, Paris, 16-17 décembre 1997, rés. p. 93, 1 fig. et poster. Livre en dépôt à la Soc. géol. France, Paris
- VILA, J.-M., 2000. Dictionnaire de la tectonique des plaques et de la géodynamique. 542 p., *Gordon et Breach Science Publishers*, Paris.
- VILA, J.-M., BENKHÉROUF ET CHARRIÈRE, A., 1994. Micropaléontologie et paléoenvironnements des deux horizons carbonatés albiens de plate-forme encadrant le matériel stratigraphique resédimenté des confins algéro-tunisiens. *1<sup>er</sup> Congrès français de stratigraphie - CFS'1994*, Toulouse 12-14 septembre, *Strata*, sér. I, vol. 6, p. 136, Toulouse.
- VILA J.-M., BEN YOUSSEF M., BOUHLEL S., GHANMI M., KAMOUN F. ET PEYBERNÈS B. 1999. Le paléomagnétisme est-il un meilleur outil que la biostratigraphie et la sédimentologie pour fixer la polarité de l'Albien du Nord-Ouest tunisien. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 329, sér. IIA, p. 219-226, 5 fig.
- VILA, J.-M., BEN YOUSSEF, M., BOUHLEL, S., GHANMI, M., KASSAA, S. ET MIAADI, F., 1998. Tectonique en radeaux au toit d'un "glacier de sel" sous-marin albien de Tunisie du Nord-Ouest. Exemple du secteur minier de Gueurn Halfaya. *C.R. Acad. Sci. Paris*, sér. IIA, t. 327, p. 563-570.
- VILA, J.-M., BEN YOUSSEF, M., CHIKHAOU, M. ET GHANMI, M., 1995. Découverte d'Albien inférieur (marnes et calcaires à mélobésiés) et moyen (marno-calcaires à débris de Trias) au NW du Jebel Slatat : vers l'abandon du modèle de diapir en champignon anté-vraconien. *3<sup>e</sup> Congr. Sci. Terre, Tunis, 19-24 septembre*, rés. p. 160.
- VILA, J.-M., BEN YOUSSEF, M., CHIKHAOU, M., GHANMI, M. ET KÉCHID-BENKHÉROUF, F., 1996. Les grands "glaciers de sel" sous-marins albiens des confins algéro-tunisiens. *Proc. Of the 5<sup>th</sup> Tunisian Petroleum Exploration Conference (Tunis), October 15<sup>th</sup>-18<sup>th</sup>, 1996, Mém. ETAP n° 10*, p. 273-322, 15 pl.
- VILA, J.-M., MESSAOUDI, A., SAMI, L., KÉDIHA, S. A. ET CHARRIÈRE, A., 1992. Signification géodynamique des complexes à blocs d'âge bajocien-bathonien découverts dans les diapirs méridionaux du Sud-Est constantinois. *9<sup>ème</sup> Sém. nat. Sci. Terre, Tlemcen, 25-27 octobre*, Rés., p. 124-125. Tlemcen.
- VILA, J.-M. ET SAMI, L., 2000. Carte géologique de l'Algérie à 1/50 000, feuille n° 266, Bir Sbeïkia-Fériania (partie algérienne). Levés de L. SAMI, J.-M. VILA ET A. CHARRIÈRE. *Publ. Serv. géol. Algérie*, Alger.
- VOLOZH, Y. A., GROSHEV, V. G. ET SINEL'NIKOV, A. V., 1994. Les surplombs de sel ("over-hangs") du bassin Précaspian méridional (Kazakhstan) : proposition pour une typologie génétique (traduit du russe par M. ZAKOWSKY, texte et fig. adaptés par R. CURNELLE). *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine*, 18, 1, p. 19-31.
- WARREN, J. K., 1999. Evaporites. Their Evolution and Economics. 438 p., Blackwell Science, Oxford, UK.
- ZERDAZI, A., 1990. Étude gravimétrique du Môle d'Aïn M'lila et de l'Atlas saharien septentrional (Nord-Est de l'Algérie). *Thèse Doct. ès Sciences, Fac. des Sciences, Univ. de Lausanne*, 227 p., 79 fig., 19 tabl., 30 pl. h.-t., inéd., Lausanne.
- ZGHAL I., 1994. Étude microbiostratigraphique du Crétacé inférieur de la Tunisie du Centre-Ouest (régions de Kasserine-Sbéïtla et de Tadjerouine). *Thèse 3<sup>ème</sup> cycle*, Univ. Tunis-II, 393 p. 43 fig. 12 tabl. 42 pl. ph., inéd., Tunis.