

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES



Faculté des hydrocarbures et de la chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme

Master02

Présenter par :

BEN OMAR INES

Filière : Hydrocarbures

Option : Géologie Pétrolière

Thème

EVOLUTION TECTONO- SEDIMENTAIRE DE LA MARGE CENTRALE ALGERIENNE (ALGER-BOUMERDES) ET SON INTERET PETROLIER

Encadré par :

- M^R.LOUMI ,K (UMBB)
- M^R .MEDAOURI ,M (EXPLORATION,ENAGEO)

Année Universitaire
2015-2016

« Peu importe si ce que vous devez faire est insignifiant, faites-le aussi bien que possible, mettez y autant de soin, accordez autant d'attention pour ce qui vous paraît le plus important car on vous jugera sur ces petites choses ».

M.Ghandi.

« Et si l'on peut te prendre ce que tu possèdes, qui peut te prendre ce que tu donnes ? ».
Antoine de Saint-Exupéry (1953), Le petit prince

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu ALLAH, mon créateur qui ma donner la vie et la chance d'exister, de m'accorder la connaissance de la science et de m'avoir donné le courage et la volonté afin de réaliser ce travail.

Ma gratitude, ma reconnaissance et mes vifs remerciements vont en direction de M^{me} Guettouchi Rebiha ma chère mère, qui a tout fait pour me soutenir, pour m'encourager et qui a toujours cru en moi, MERCI MAMAN. Je n'oublie pas mon cher père et ses précieux conseils.

Je présente mes remerciements et mon profond respect à mon promoteur M^r Loumi Khaled pour n'avoir ménagé ni ses moyens ni son temps pour suivre de près et de loin l'avancement de ce travail et pour également son sens élevé de compréhension.

Ma gratitude et ma reconnaissance vont à monsieur M^r Medaouri Mourad qui m'a m'offert une place de stage et proposé ce sujet, je le remercie également pour toute son aide et ces précieux conseils.

Ce travail ne serait pas réalisé sans celle qui mérite toute ma gratitude et mes sincères remerciements M^m AMIS Katia, merci Katia.

J'exprime ma sincère reconnaissance à M^r M.Arab de m'avoir intégré dans son équipe et de m'avoir fait bénéficier d'une mission de terrain dans la région de Tizi Ouzou. et je tiens à remercier aussi toute l'équipe de l'offshore présente pendant la mission de terrain : Mlle Ratiba, M^r Bouguendour Adel, M^r Gherbi Abdelkader, Samir. J'adresse mes remerciements à M^r Nahim Khenaf qui a sacrifié son temps pour m'aider à accomplir ce travail.

Je présente mes chaleureux remerciements à tous mes enseignants du département pour leur orientation durant mes études particulièrement M^r Zellouf qui m'a toujours aidé et encouragé avec ses conseils, à M^r Chaouchi le chef département et M^m Chacha.

Je remercie mes deux camarades BenAbedlhadi et Tikour qui m'ont accompagné sur le terrain du Rocher Noir avec Monsieur Loumi.

Enfin après ce long parcours du combattant j'arrive au terme de ce travail et je tiens malgré tout à exprimer ma profonde gratitude et ma totale reconnaissance à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, m'ont aidé à réaliser ce mémoire, sans eux ce modeste travail n'aurait jamais vu le jour.

Dédicaces

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail

A mes très chers parents, qui me donnent toujours l'espoir de vivre

et qui n'ont jamais cessé de prier pour nous. Pour leur

encouragements, leur soutien, surtout pour leur amour et leur

sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de nos études.

A ma sœur Imen ,son mari Reda et ses deux enfants, Islem et Mehdi.

A ma chère Yousra et à mon frère Youcef.

A l'esprit de celle qui est toujours dans mon cœur : ma Grand-mère.

A tous mes amies et à tous ceux qui ont cru en moi je dédie ce mémoire.

FIN

Résumé

La région d'étude appartient à la partie centrale de la marge Algérienne entre Alger et Boumerdes. C'est une bande de direction Est-West qui s'étend le long de la cote de la mer Méditerrané occidentale ; par rapport aux éléments de cette dernière elle se situe à la fois sur les zones internes le long de la Grand Kabylie à l'Est et sur les zones externes à l'Ouest.

Afin d'ajouter un plus à la connaissance géologique de la marge algérienne en terme d'évolution tectono –sédimentaire et en vue de la compréhension du fonctionnement du système pétrolier, une étude des profils sismique-réflexion a été réalisée, ajoutant à celle-ci des données de terrain en onshore, depuis la partie sud du bassin de Tizi Ouzou (Taksebt) jusqu'à la cote de Boumerdes et plus précisément le Rocher noir.

En se basant sur les données sismiques et les données de terrain, l'offshore de la région d'Alger-Boumerdes –Dellys est caractérisé par une pille sédimentaire allant du Burdigalien terminal jusqu'à l'actuel, cette marge a subi trois phases tectoniques :

- 1) une phase d'ouverture synrift du Burdigalien terminal jusqu'au Serravalien
- 2) une phase post-rift de subsidence et de comblement avec des sédiments (Crise messinienne) du Tortonien jusqu'au Pliocène.
- 3) une phase de compression N-S avec inversion tectonique de la marge algérienne.

Du point de vue pétrolier, l'offshore de la région d'Alger-Boumerdes est perspectif mais peut explorer. Le système pétrolier est constitué d'une roche mère d'âge Langhien-Serravalien et dépend de la présence des structures syn-rift. Les roches réservoirs sont de deux types gréseux et carbonaté, le problème de couverture ne se pose pas grâce à la présence des sels méssiniens. Les pièges sont de plusieurs types (structuraux, stratigraphiques et mixtes) et de différent âge, Miocène et plio-quadernaire. La réunion de tous ces termes confère à la marge algérienne centrale un potentiel pétrolier favorable.

Mots clés : Marge Centrale, sismique réflexion, offshore, onshore, inversion tectonique, système pétrolier.

Abstract

The region of survey belongs to the central part of the Algerian margin between Algiers and Boumerdes. It is a strip of Est.-West direction spreads along linen of rating of the western Mediterranean Sea; in relation to the elements of this last she/it is located at the same time on the internal zones along the Big Kabylie in the East and on the external zones to the west.

In order to added a more to the geological knowledge of the Algerian margin in term of evolution tectonic - sedimentary and in view of the understanding of the working of the oil system, a survey deepens of the profiles seismic reflection summer to achieve, adding to this one a land working data in onshore, from the south part of the basin of Tizi Ouzou (Taksebt) until the north (the rating of Boumerdes (Rocher noir).

based on the seismic data and the data of land, the offshore of the region of Algiers Boumerdes - Dellys is characterized by a sedimentary log started by of the early Burdigalien until the present, this margin has been affected by three different tectonic stages:

- 1) Synrift stage from early Burdigalien until Serravalien.
- 2) Post-rift stage of subsidence and calm sedimentation (messinienne Crisis) from Tortonien to the Pliocene.
- 3) A stage of N-S compression and tectonic inversion of the margin.

In point view of petroleum system, the offshore of Algiers-Boumerdes although perspective but explore, the oil system is constituted of a source rock (Langhien-Serravalien) depends of the presence of syn-rift structures, reservoirs rocks are of two types gréseuse and carbonated, the problem of covers doesn't arise because of the presence of the salts méssiniens, the traps are of several marks (structural, stratigraphic and mixed) of different Miocène age and plio-quadernary. The meeting of all these terms gives to the Algerian margin a favorable petroleum potential.

Key words: Central Margin, seismic reflection, offshore, onshore, tectonic inversion, petroleum system.

SOMMAIRE

I. Introduction	1
II. Problematique.....	2
III. Données et méthodes.....	3

CHAPITRE I : Généralités

I. Histoire géologique de la méditerranée occidentale.....	4
II. Morphologie de la marge algérienne.....	7
II.1.SITUATION	7
II.2.BATHYMETRIE DE LA MARGE ALGERIENNE.....	8
III. La géologie du Nord de l'Algérie	9
III.1. LES DIFFERENTES ENTITES DES MAGHREBIDES.....	10
IV. Géologie de la région d'étude.....	14
IV.1. LA MARGE CENTRALE.....	14
IV.2. CADRE GEOLOGIQUE	15
IV.2.1. En offshore	15
IV.2.2. En onshore.....	16
IV.2.2.1 Le bassin de Tizi Ouzou	18
IV.2.2.2. Le bassin de la Mitidja.....	19

CHAPITRE II : Données et méthodes

I. Données sismiques	22
I.1.PRINCIPE DE LA METHODE SISMIQUE	22
I.2. METHODE D'INTERPRETATION DES SECTIONS SISMIQUES	24
I.2.1.Les principaux horizons	25
I.2.2.Descriptions des faciès sismiques	26
II. Données des forages en offshore	27
II.1.Le bassin de Habibas (partie sud-orientale du bassin d'Alboran)	27
II.2.Le bassin Algéro-Provençal.....	28
II.3.La marge de Boumerdes	29
II.4.La marge des Baléares	32
II.4.1.DSDP site 372 :	32
II.4.2.Les principaux résultats du DSDP 372	33
III. Données de terrain	34

CHAPITRE III : Analyse structurale et stratigraphique

I. La bordure offshore	35
I.1. ANALYSE DES PROFILS SISMIQUES	35
I.1.1. Aspect stratigraphique	35
I.1.2. Aspect structural, évolution tectonique de la marge de Boumerdes-Alger	38
I.1.2.1. La phase distensive (synrift)	38
I.1.2.2. La phase post rift	42
I.1.2.3. L'inversion plio-quadernaire de la marge	49
I.2. LA CORRELATION EN OFFSHORE DES SERIES SISMO-STRATIGRAPHIQUES	51
II. La bordure onshore	52
II.1. LE BASSIN DE TIZI OUZOU	52
II.1.1 Situation des coupes litho stratigraphiques	52
I.1.2. Coupe de Taksebt (coté ouest)	53
II.1.3. Coupe de Makouda	56
1. Aspect stratigraphique	56
2. Aspect structural	60
II.2. LA COTE DE BOUMERDES (LE ROCHER NOIR) :	62
III. Correlation terre /mer (offshore/onshore)	64
IV. Interprétation et discussion	66
IV.1. EN ONSHORE	66
IV.1.1. Les résultats stratigraphiques	66
IV.1.2. Interprétation du schéma structural	68
IV.2. EN OFFSHORE	68
1. Le stage syn-rift: (Burdigalien sup jusqu'à Tortonien)	69
2. Le stage post-rift (du Tortonien au Pliocène inférieur)	70
3. La séquence de comblement plio-quadernaire	70
V. Conclusion	71

CHAPITRE IV : Intérêt pétrolier.

I. INTRODUCTION	72
II. LES SYSTEMES PETROLIERS MEDITERRANEENS.	73
III. LE SYSTEME PETROLIER DANS LA MARGE CENTRALE	74
III.1. LES ROCHES MERES , MATURATION ET MIGRATION DES HYDROCARBURES	74
III.2. LES ROCHES RESERVOIRS	76
III.3. LES ROCHES COUVERTURES	76
III.4. LES PIEGES	77
III.4.2. Les pièges dans la partie ouest de la marge	79
IV. Coupe lithologique type de la Marge Centrale -Boumerdes Est -et son systeme petrolier. .	82
V. Conclusion	83
Conclusion generale	84

Liste des Figures

CHAPITRE I

Figure 1: Classification De La Bathymetrie De Offshore Algerien. Ar, Algiers Ridge, Dpb2, Dellys Perched Basins 1 Et 2(Deverchere Et Yelles 2010)	2
Figure 2 : Modeles Geodynamiques Pour Le Bassin Algerien (Medaouri 2014)	5
Figure 3: Reconstitution Paleogeographique De La Mediterranee Occidentale Depuis L'oligocene, Montrant La Migration Des Subductions, L'ouverture Des Bassins Arriere-Arc Et L'evolution Spatiale Du Domaine Alkapeca (D'apres Rosenbaum Et Al. 2002).	7
Figure 4 : Carte De Bathemetreie De La Marge Algerienne.....	8
Figure 5: Les Principaux Ensembles Structuraux Du Nord De L'algerie Et De La Mediterranee Occidentale (Medaouri, 2014)	9
Figure 6 : Coupe Schematique à Travers le Nord de L'Algerie Le Long Du Meridien de La Grande Kabylie. D'apres Bracene Et Frizon De Lamotte (2002) Et Roca Et Al. (2004)...	10
Figure 7 : Coupe Sismique Sur La Transversale de La Grand Kabylie (Durand Delga 1980)	11
Figure 8 : Situation De La Region D'etude D'apres (Domzig ;2006).	14
Figure 9: Localisation De La Region D'etude Extrait De La Carte Tectonique A 1/1000 000.(M ;Keiken.1972.).	15
Figure 10 : Cartede Minerville	17
Figure 11: Schema Structural Du Bassin De Tizi Ouzou Et Positionnement Du Socle (Raymond, 1976).....	18
Figure 12: Schema Interpretatif De La Periode Distensive Se Developpant Au Burdigalien Langhien-Serravalien Apres La Collision Europe Afrique. (M.O Aite Et J.P Gelard,1997)...	19
Figure 13: Carte Sismotectonique Du Bassin De La Mitidja.....	21

CHAPITRE II

Figure 1: Carte Bathymetrique Globale De La Marge Algerienne (Document Sonatrach)	22
Figure 2 : Principe De Prospection Par Les Methodes Sismiques	23
Figure 3: (A) Old Obs Ifremer Lors Du Deploiement, (B) Old Obs Ifremer Sur Le Pont Du Navire.	24

Figure 4: (A) Stratigraphie Sismique Utilisee Dans Le Bassin Profond Etc correspondance Des Facies. (Angellique Lepretre 2012).....	25
Figure 5 : Chart Chrono Stratigraphique Determine Dans Le Bassin Habibas. (Jurado Et Comas) (1992).....	28
Figure 6: Correlation Entre Alg-1 Et Arz-1 (Rapport Sonatrach).....	29
Figure 7: Carte De Bathymetrie Montre Les Principaux Caracteristiques Morphologiques De La Region Offshore De Dellys La Partie Sombre Est D'apres Deverchere Et Al. (2005) . G. Dan Et Al.(2010).....	30
Figure 8: Down Dip Bathymetric Profile. (G. Dan Et Al.(2010).....	30
Figure 9: Interpretation Des Logs Des Carottes Kmdj-12, Kmdj-13 Et Kmdj-14. (G. Dan Et Al).(2010).....	31
Figure 10 : Position Du Dsdp 372.....	32
Figure 11: Stratigraphie Du Forage Dsdp Site 372 Et Structures De La Marge Est De Minorque (Maufret Et Al, 1978)......	33

CHAPITRE III

Figure 1 : Graben De Dellys.....	35
Figure 2 : Section Sismique Montre Des Structure En Horst Et Graben.	38
Figure 3: Section Sismique Montrant La Transition Entre Le Talus Et La Plaine Abyssale..	39
Figure 4 : Sections Sismiques Montrant La Difference Entre Le Talus Continentale.	40
Figure 5: Coupe Sismique Nnw-Sse De Aintaya.	41
Figure 6: Section Sismique Montrant Une Structure En Eventail Sedimentaire Et Les Indice D'inversion.....	42
Figure 7: Section Sismique Nord Sud Etrait De La Coupe De Ain Taya Montrant La Tectonique Salifere.	43
Figure 8 : Un Exemple Analogique Du Golf De Mexique.....	44
Figure 9: Modelisation Du Glissement D'une Couche De Comportement Ductile Sur Une Pente Basale Et Deformation Induite Cassante Des Sediments Sus-Jacents (Venderville, 2005).....	44
Figure 10 : Tectonique Salifere Type C.	45
Figure 11: Schema Descriptif De L'evolution De La Tectonique Salifere Au Niveau De La Marge De Boumerdes.....	46

Figure 12: Section Sismique Montrant Les Structures Anticlinales	47
Figure 13: Section Sismique Montrant Les Structures Anticlinales	47
Figure 14: Coupe Nw-Se De Ain Taya Montre Une Tectonique Salifere Type B	48
Figure 15: Diapir Salifere.....	48
Figure 16: Coupe Sismique Montrant Une Structure En Rollover (Zoom A Partir Du Figure 28).....	49
Figure 17: Exemple D'un Rollover Dans L'offshore De La Chine.....	49
Figure 18 : Section Sismique Montrant Les Bassin Peggy Back	50
Figure 19: Section Sismique Montre Un Bassin Piggy-Back (Bassin Transporte) (Coupe Cap Djenet).	50
Figure 20: Correlation Sismo-Stratigraphique Entre Le Bassin D'alboran, Le Bassin Sud Algerien Et Le Bassin De Boumerdes.....	51
Figure 21: Photo Satellite Tiree De Google Earth Montrant La Region D'etude Et La Position Des Differents Coupes Lithostratigraphiques	52
Figure 22: Photo Satellite De Google Earth De La Situation Et L'orientation De La Coupe.53	
Figure 23: Photos Montrant Le Contacte Entre Le Socle Et Les Terrains Post-Nappes.....	53
Figure 24: Alternance Des Gres (Grisatre) Burdigalien Avec Les Gres (Beige) Langhien....	54
Figure 25 : Photo Montrant Un Bivalve Dans Les Gres.	54
Figure 26: Les Marnes Grises Et Bleues Du Serravallien.....	55
Figure 27 : Colonne Litho-Stratigraphique Synthetique Du Barrage De Takesbth.	55
Figure 28 : Extraits Des Images Google Earth Montrant La Localisation Du Trait De Coupe Et Le Trajet Emprunte A Makouda.....	56
Figure 29: Conglomerat Heterometrique Anguleux A Elements De Socle (Schistes, Gneiss) De Makouda.	57
Figure 30: Alternance Des Turbidites, Gres Grossiers Gris Et Argiles De Makouda.....	57
Figure 31 : Photo Montrant Des Traces De Terrier Dans Les Gres.	58
Figure 32: Alternance Des Bancs De Gres Fins Et Marnes Grisatres De Makouda.....	58
Figure 33: Coupe Synthetique Lithostratigraphique Du Neogene De Makouda	58
Figure 34 : Image Satellite extrait de Google Earth Montrant les grands Accidents dans La Région de Makouda60	
Figure 35 : Carte Des Linéaments Affectant T La Grande Kabylie D'apres (Gelard, 1979.) 60	
Figure 36: Photos Montrant Un Pli Faille (Indice D'inversion Tectonique En Onshore).	62
Figure 37: Structures Faillées.....	61

Figure 38 : Photo Montrant Le Pendage Du Socle.....	62
Figure 39 : Photo Montrant Une Surface De Ravinement Surmonte Par Des Gres à Litage Conglomératique	62
Figure 40 : photo montrant le contact anormal entre le socle et le conglomérat post-nappe.	63
Figure 41 : photo montrant de faille normale avec des micros plis du socle (vue de profil)..	63
Figure 42 : Photo Montrant Une Faille Normale E-W Du Socle (Vue En Haut).....	63
Figure 43 : positionnement de la coupe de corrélation N-S.	64
Figure 44 : Coupe Géologique Interprétée Sur La Région De Tala Ililane (Gery, 1983).	66
Figure 45 : Schéma de répartition des grands éléments structuraux majeurs du bassin algérien montrant une zone a influence de tectonique de socle (medaouri, 2014).	69
Figure 46 : Coupe Type De La Marge Centrale. Zone Externe (Ain Taya).....	70

CHAPITRE IV

Figure 1 : Le Plan De Position des forages effectués dans L'offshore Occidental Algérien. .	71
Figure 2 : Les Reservoirs Du Miocène Connus A Hbb-1 (Document Sonatrach).....	73
Figure 3 : La Fenêtre A Huile Et Un Schéma Générale Des Produits Des Hydrocarbures. (Modifié Par Taoist Et Al ; 1974)	74
Figure 4 : Coupe Sismique Nw-Se De Cap Djenet.	76
Figure 5 : Section Montrant Un Système Pétrolier Perspective.	77
Figure 6 : Section Montrant Un Récif Qui Peut Constituer Une Bonne Roche Réservoir..	77
Figure 7 : Une Roche Mère Enfant Et Pièges Type Sur Apex Des Failles.....	77
Figure 8 : Les Pièges Miocènes Et Pliocène Du Bassin De Dellys.....	78
Figure 9 : Section Sismique Nw-Se De Ain Taya.	78
Figure 10 : Les Pièges Miocènes, Type Particulier En Eventail Sédimentaire.	79
Figure 11 : Exemple Analogique De La Marge Des Baléares.	79
Figure 13 : Section Montrant Un Indice Direct De La Présence Des Hydrocarbures (Gaz)...	80
Figure 14 : Colonne Lithologique Synthétique De La Marge Centrale (Grand Kabylie).. ...	81

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II

Tableau 1 : Charte des unités Sismo-Stratigraphiques et leur caractéristiques Lithologique et Sismique défini Dans Le Bassin Algérien (Medaouri Et Al, 2014).....	26
Tableau 2 :Les Forages Effectues Dans L'offshore Algérien.....	27
Tableau 3 : Résultat Obtenue A Partir De DSDP 372	33

CHAPITRE III

Tableau 1 : Corrélation Onshore-Offshore S-N Des Formations Néogènes Depuis Bassin De Tizi Ouzou Jusqu'au La Marge Des Baléares	65
--	----

I. INTRODUCTION

La marge algérienne est une région active qui est soumise perpétuellement à des contraintes du fait de la convergence des plaques tectoniques africaines et eurasiennes. Elle se caractérise par une mutation et une structuration géologique complexes encore mal connues. Elle a été affectée au cours de l'histoire par une série de mouvements tectoniques tels que les effondrements, les surrections, les failles.....etc. L'étude de la marge algérienne a été trop longtemps sous-estimée ou inexplorée, seules quelques missions de géophysique (sismiques) ont été réalisées sur le plateau continental pour des études d'exploration pétrolière en offshore par Sonatrach et des compagnies étrangères. Son étude n'a véritablement commencé qu'après le séisme qui a eu lieu au large des côtes de Boumerdes et ce par le lancement de différentes campagnes d'exploration scientifique Maradja et Western Geco (2003,2005) , Prisma (2005) et Spirale (2009). Ces campagnes ont permis de fournir à la communauté scientifique nationale et internationale une documentation très riche en bathymétrie , carottage des sédiments marins , imagerie sismique et topographie sous-marine.

L'étude de la marge des côtes algériennes est d'un grand intérêt, car elle permet d'éclaircir de nombreux problèmes entre autres, estimer la distribution de la déformation active le long de la marge.

La structuration de la marge algérienne résulte d'une évolution complexe et mal connue. S'y sont succédées au Tertiaire des phases de compression, d'extension, de collision accompagnées de magmatisme en lien avec le coulissage relatif puis la convergence entre les grandes plaques Afrique et Europe mais en général l'hypothèse de l'extension en arrière arc par roll back de subduction qui engendre la migration des arcs reste prépondérante (Rosenbaum et al ; 2002).

La région qui fait l'objet de ce mémoire est la marge d'Alger- boumerdes qui fait partie de la partie centrale de la marge algérienne.

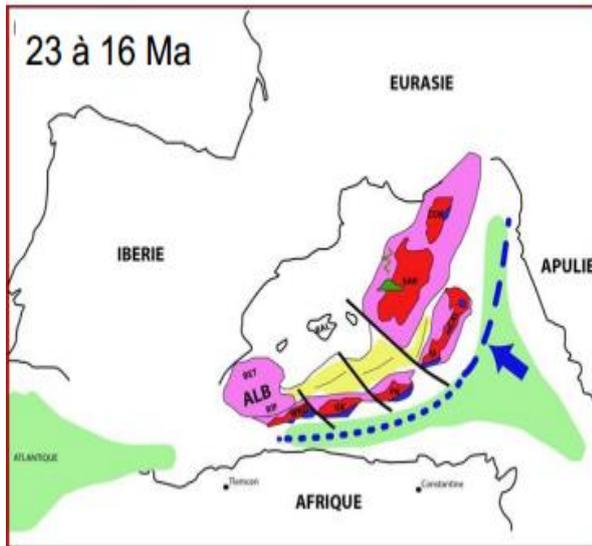
I. Histoire géologique de la méditerranée occidentale

De nombreux modèles géodynamiques ont été proposés afin d'expliquer la géométrie actuelle de la Méditerranée occidentale, qui s'appuient sur les données magnétiques (Schettino et Turco, 2006 ; Gattacceca et al., 2007), la structure crustale du bassin et de ses marges (Mauffret et al., 2004), la géologie des zones de collisions périméditerranéennes (Frizzon de Lamotte et al., 2000 ; Lustrino et al., 2011 ; Carminati et al., 2012), les contraintes cinématiques (Gueguen et al., 1998 ; Jolivet et Faccenna, 2000), ou encore intègrent différents types de données (données tectoniques, sismologiques, géodésiques, et sismique réflexion, Billi et al., 2011). Dans ces modèles, il est actuellement admis que la configuration actuelle du domaine nord algérien résulte de trois grandes étapes

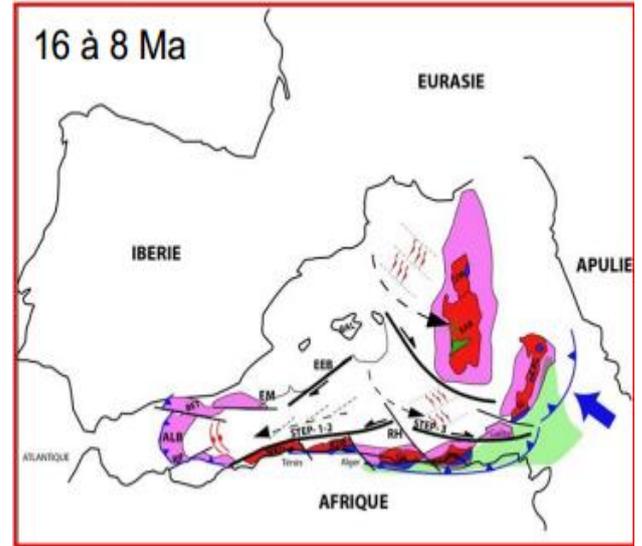
- 1) L'ouverture de l'océan Téthys, formé d'Est en Ouest à travers la Pangée entre le Permien supérieur et le Jurassique moyen, séparant les continents Gondwana au sud, et Laurasia au Nord, La terminaison occidentale de cet océan était alors l'actuelle Europe du Sud et l'actuelle Afrique du Nord.
- 2) La fermeture de l'océan Téthys maghrébin le long d'une zone de subduction située sous la bordure de la plaque Eurasienne, au nord du bassin, active depuis le Cénozoïque jusque vers 18-15 Ma. la fermeture de cet océan a résulté la formation de la chaîne alpine maghrébine qui s'étend du Maroc à la frontière Tunisienne.
- 3) L'ouverture, à l'arrière arc de la subduction, de l'actuel bassin Algéro-provençal, à l'Oligo-Miocène, qui accompagne la fermeture progressive de l'océan Téthysien (**Fig. 2(A;B;C)**)

Bien que résultant de la phase la plus récente, les modalités d'ouverture du bassin Algérien restent largement débattues dans les modèles de reconstruction géodynamique proposés dans la littérature. Ces modèles s'accordent toutefois sur les stades initial et final de formation du bassin et montrent que les massifs d'âge Précambrien et/ou Paléozoïque qui jalonnent aujourd'hui le sud et le sud-ouest de la Méditerranée depuis Alboran jusqu'en Calabre proviennent de l'éclatement et de la dérive d'un bloc dit d'AlKaPeCa (**Fig.3**) (pour les massifs, Alboran, Kabylie, Péloritains, Calabre ; selon Bouillin, 1986) formant la marge sud Européenne jusqu'à ~23 Ma (Alvarez et al., 1974 ; Cohen, 1980 ; Bouillin, 1986 ; Lonergan et White, 1997; Vergès et Sabat, 1999; Frizon de Lamotte et al., 2000 ; Rosenbaum et al., 2002 ; Mauffret et al., 2004 ; Billi et al., 2011).

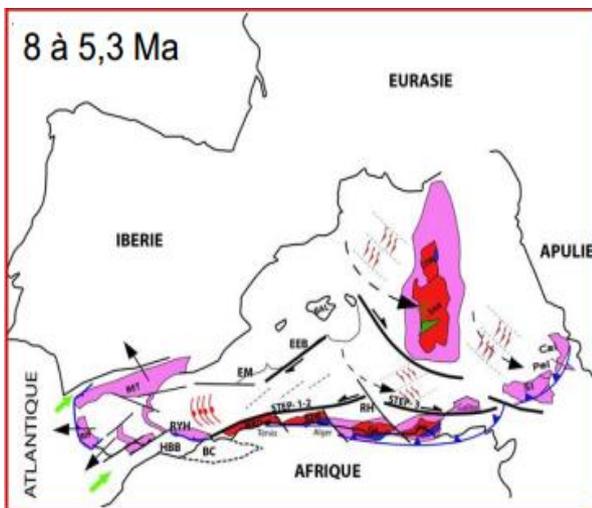
CHAPITRE 01
GENERALITES



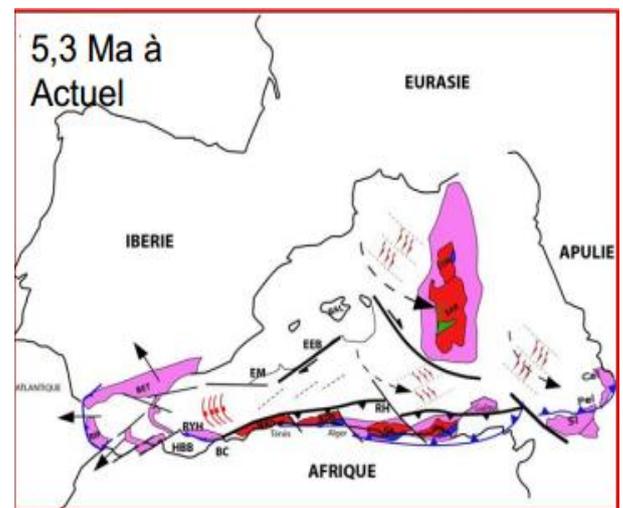
- A) Première phase d'ouverture NE-SW : première segmentation. Dépôts de l'OMK et du Flysch Numidien.
-Failles de transfert ou d'accommodation et Roll-back vers le S à SE



- B) Accrétion du Flysch Numidien et Collage des Kabylies
-Déchirure du slab au niveau de la ride d'Hannibal (RH)
-Développement de STEP-Fault et Roll back vers l'Est et l'Ouest
-Océanisation de la partie orientale du Bassin Algérien, Ouverture de la partie centrale et occidentale.



- C) Fonctionnement des STEP-Fault et Roll back vers l'Est et l'Ouest
-Océanisation de la partie Centrale du Bassin Algérien
Formation de l'Arc Bético-Rifain et isolement du Bassin



- D) Rapprochement Afrique Europe /Inversion de la marge
Inversion de la marge centrale et orientale
-Développement de bassin (Bassin de Yusuf) en transtension à l'Ouest

Figure 2: Modèles géodynamiques pour le bassin algérien (Medaouri 2014).

L'enchaînement des événements de la marge algérienne dans le cadre de la méditerranée durant le méso-cénozoïque est le suivant :

- a- La Téthys occidentale s'ouvre à la fin du Trias et pendant le Jurassique. Des indices de cette extension sont visibles à travers les failles normales dans l'Atlas (Chaouche et al. 2001). Le stade rifting Trias – lias structure l'Atlas en blocs basculés (Ait Ouali 1991, Frizon de Lamotte et al 2002, Bracène et al 2002). (Fig.2)
- b- La Téthys maghrébine est progressivement subductée à partir de la fin du Crétacé (Lonergan et White, 1997, Frizon de Lamotte, 2000, Vergès et Sabat, 1999, Bracène et Frizon de Lamotte, 2002)
- c- A la fin de l'Oligocène, un prisme d'accrétion (formé des unités de flyschs) se développe entre les Kabylies et la marge africaine (Roca et al., 2004). A l'arrière de la subduction de la Téthys s'ouvre l'actuel bassin algérien, entraînant avec lui la dérive du domaine AlKaPeCa vers le sud-est (**Fig3**) (Vergès et Sabat, 1999, Mauffret et al, 2004, Frizon de Lamotte et al., 2000, Lonergan et White, 1997). C'est probablement le roll-back de la subduction de la Téthys qui provoqua la séparation de l'AlKaPeCa du continent Eurasien (Frizon de Lamotte et al. 1991, Frizon de Lamotte et al, Lonergan et White, 1997).

L'ouverture du bassin algérien est longuement discutée et plusieurs hypothèses sont formulées

- L'ouverture du bassin nord algérien aurait précédé la principale extension en milieu ductile
- L'âge de cette extension ductile ,serait d'âge Burdigalien (18à 16Ma) (Monié et al, 1992, Saadallah et Caby, 1996).
- Les plus anciens sédiments forés sur la marge algérienne indiquent un âge Langhien (14,7 Ma) (Burollet et al., 1978, El Robrini, 1986)
- D'autres travaux (Carminati et al ; 1998a et 1998b) considère l'ouverture du bassin algérien est jeune (9à 8Ma), après la collision qui date à 18Ma.
- L'ouverture du bassin algérien se termina au moment où les Kabylies furent totalement accrétées à la plaque africaine, c'est-à-dire au Tortonien (Roca et al., 2004) ou entre 13 et 18 Ma (selon les auteurs, Vergès et Sabat, 1999, Frizon de Lamotte et al., 2000, Rosenbaum et al., 2002, Mauffret et al., 2004), indiquant la poursuite de la convergence entre les zones internes et la marge accompagnée d'une migration de la déformation vers le Sud (Frizon de Lamotte et al., 2000). Et des grands mouvements décrochant ont entraîné le bloc Alboran vers l'ouest(**Fig.2**) (Mauffret et al ; 2004)

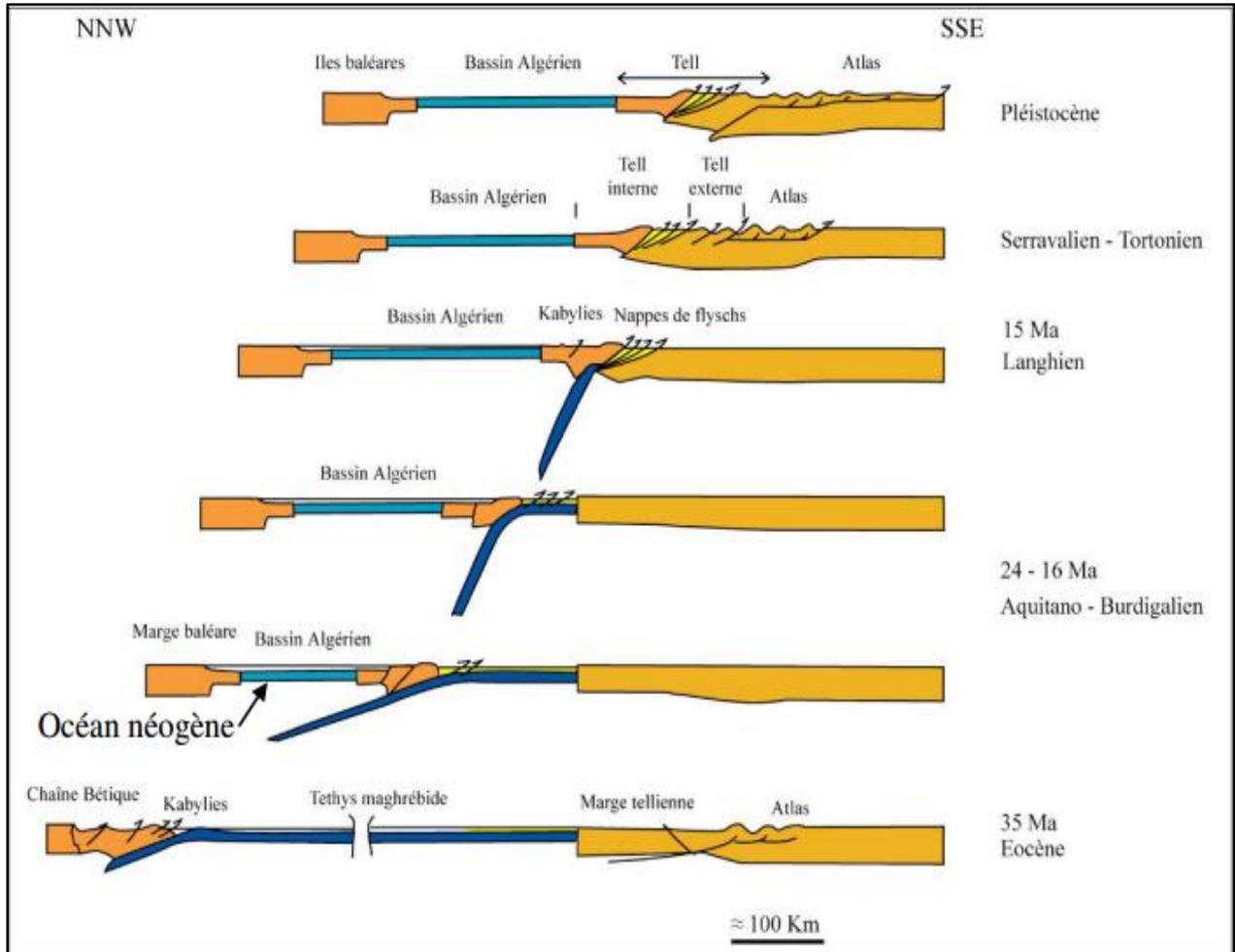


Figure 3 : Reconstitution paléogéographique de la méditerranée occidentale depuis l'Oligocène, montrant la migration des subductions, l'ouverture des bassins arrière-arc et l'évolution spatiale du domaine AlKaPeCa (d'après Rosenbaum et al. 2002).

II. Morphologie de la marge algérienne

II.1.Situation

La marge algérienne est une des marges les plus escarpées de la Méditerranée occidentale. Elle se caractérise par un plateau continental très étroit notamment en face des massifs élevés tels que ceux de la Kabylie, d'Alger, du Chenoua ou de Ténès. La largeur du plateau continental n'excède pas 10 km (Cattaneo et al., 2010) et ainsi, le dénivelé moyen est proche de 3500 m sur une largeur d'environ 20 à 30 km. L'Offshore algérien occupe la partie méridionale de la Méditerranée occidentale. Il s'étend géographiquement entre les longitudes 2°20' W et 8°40'E, de la frontière marocaine jusqu' à la frontière tunisienne, et entre les latitudes 35°20'N et 38°N. (**Fig.4**).

Il est constitué du bassin d'Alboran sud oriental et du bassin algéro-provençal au sens large. Il est limité au Nord par les îles Baléares et la chaîne Bétique, à l'Est par l'Offshore tunisien, au Sud par la chaîne des Maghrébides et à l'Ouest par la ride d'Alboran.

II.2. Bathymétrie de la marge algérienne

Les campagnes géophysiques marines Maradja1 et 2 (2003 et 2005), Smara (2005) et Spiral (2009) ont permis de préciser les principaux traits morphologiques de la marge (**Fig.4**). Du sud au nord, on distingue respectivement le plateau continental, le talus, le glacis et la plaine abyssale.

1) Le Plateau continental

Le plateau continental (**Fig.4 ;8**) est relativement réduit de 5 à 10 km en moyenne (Cattaneo et al, 2009) et montre des variations morphologiques assez importantes. Il est, en général, réduit à 2 km de large et pratiquement inexistant au large des zones de Dellys et de Ténès (Cattaneo et al, 2009). En général, ce plateau s'élargit dans les baies et il est incisé en de nombreux endroits par des canyons. La profondeur d'eau moyenne pour le plateau continental est comprise entre 100 et 200m

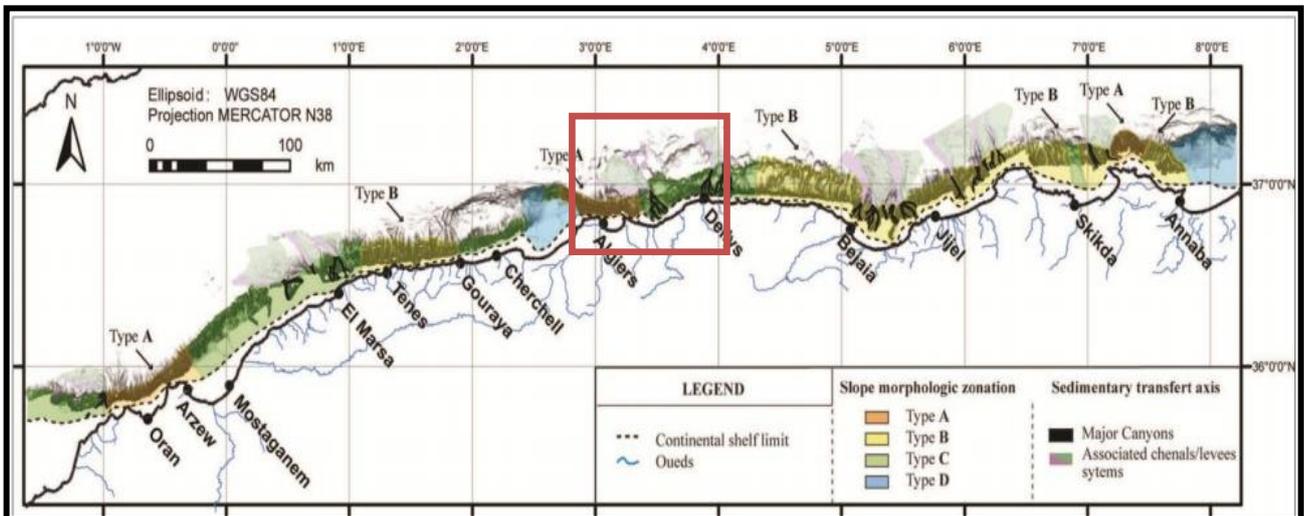


Figure 4 : Carte de bathémétreie de la marge Algérienne.

1) Le talus

En bordure du plateau continental, on distingue le talus (ou pente continentale). Il se caractérise par une pente plus ou moins forte et forme des escarpements très raides en certains endroits. Cette pente est souvent supérieure à 10°, pouvant atteindre localement jusqu'à 20° (Cattaneo et al., 2009). Sa largeur est comprise entre 8 et 20 km. Cet important escarpement est

caractérisé par de nombreux canyons formant des incisions très marquées dans la morphologie sous-marine. Quant au glacis, il n'est pas identifiable sur la marge algérienne sauf en de rares endroits (Cattaneo et al., 2009).

2) Plaine abyssale

La profondeur (ou épaisseur de la tranche d'eau) atteint un maximum de 2800 m dans la partie abyssale du bassin Algérien (Camerlenghi et al., 2008). Il est à noter que l'isobathe 2600 m est à une distance moyenne de la côte de l'ordre de 50 km. La morphologie de la plaine abyssale est plate, sauf en de rares endroits. (Kherroubi, 2011).

III. La géologie du nord de l'Algérie

Le nord de l'Algérie est composé de diverses unités litho-stratigraphiques et structurales (**Fig.5**) qui constituent la chaîne alpine des Maghrébides et représentent un tronçon du système alpin de la méditerranée occidentale.

La chaîne des Maghrébides (**Fig. 5**) est allongée sur plus de 2000 Km, elle s'étend de l'arc de Gibraltar jusqu'en Sicile sur une largeur de 150 km. Elle regroupe d'Ouest en Est l'arc orogénique Bético-Rifain et le Tell Algéro-Tunisien et se poursuit plus à l'Est jusqu'aux Apennins en formant l'arc Calabro-Sicilien (Durant-Delga et Fontboté, 1980)

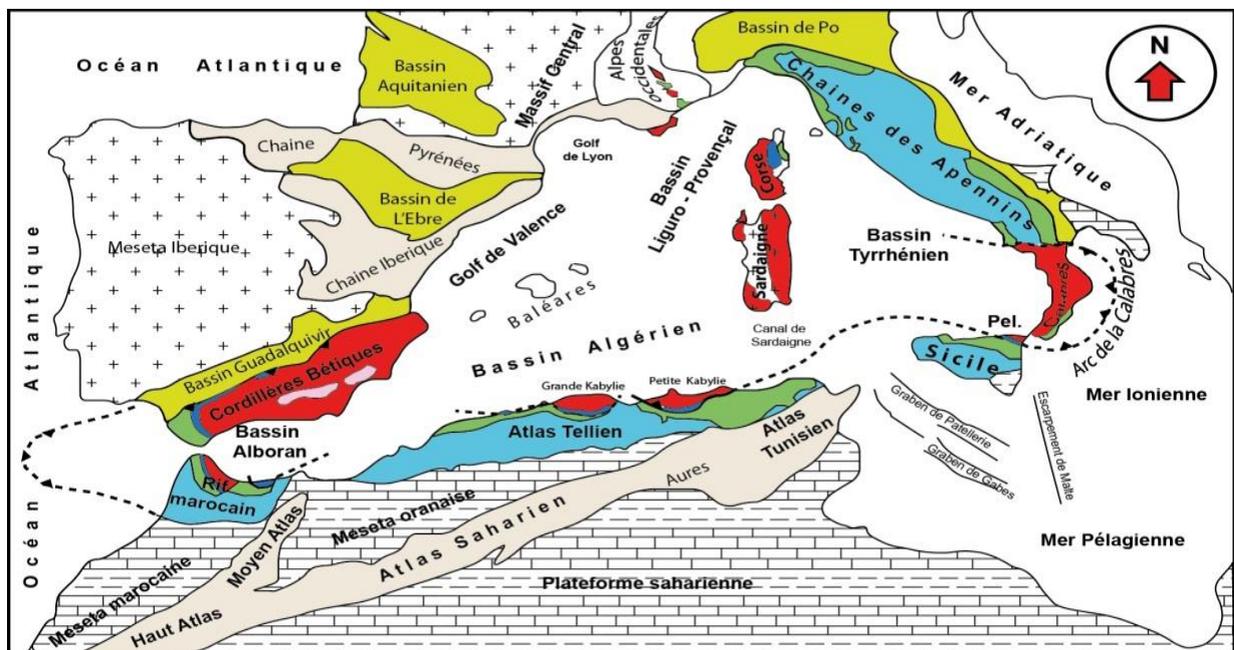


Figure 5: Les principaux ensembles structuraux du nord de l'Algérie et de la méditerranée occidentale (Medaouri, 2014).

L'architecture actuelle de la marge et du nord de l'Algérie résume l'histoire géologique de cette zone depuis le début du Tertiaire. Elle montre la juxtaposition des domaines crustaux liés à la formation de la marge et au collage des blocs AlKaPeCa au continent africain (**Fig.3**). Cette transversale montre la position structurale des différents ensembles tectoniques déjà cités. Les blocs AlKaPeCa (socle cristallin et dorsale calcaire) chevauchent les flyschs, les zones externes, l'avant-fosse (fore deep) et l'avant-pays atlasique (**Fig.6**) (Bracène and de Lamotte, 2002 ; Roca et al, 2004 ; Benaouali-Mebarek et al., 2006).

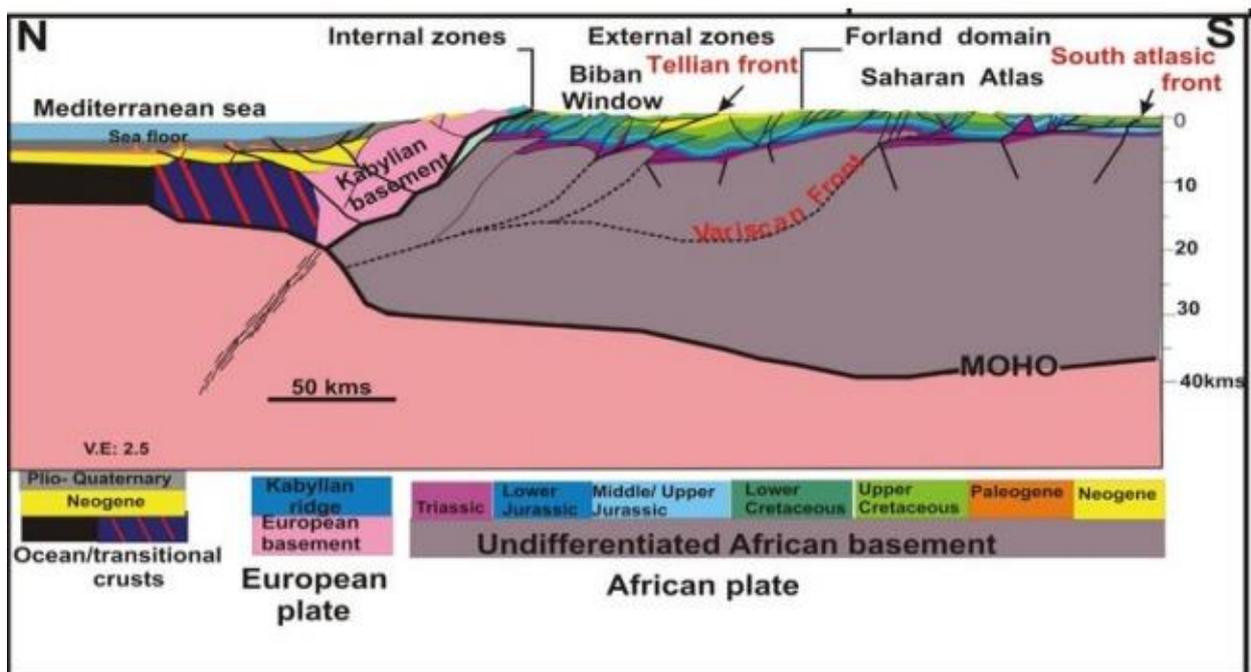


Figure 6 : Coupe schématique à travers le nord de l'Algérie le long du méridien de la Grande Kabylie. D'après Bracène et Frizon de Lamotte (2002) et Roca et al. (2004).

III.1. Les différentes entités des Maghrébides

En Algérie, les Maghrébides (**Fig.7**) sont représentés par le domaine Kabyle (ALKaPeCa) « domaine interne », le domaine tellien « domaine externe » et le domaine des flyschs (en situation intermédiaire).

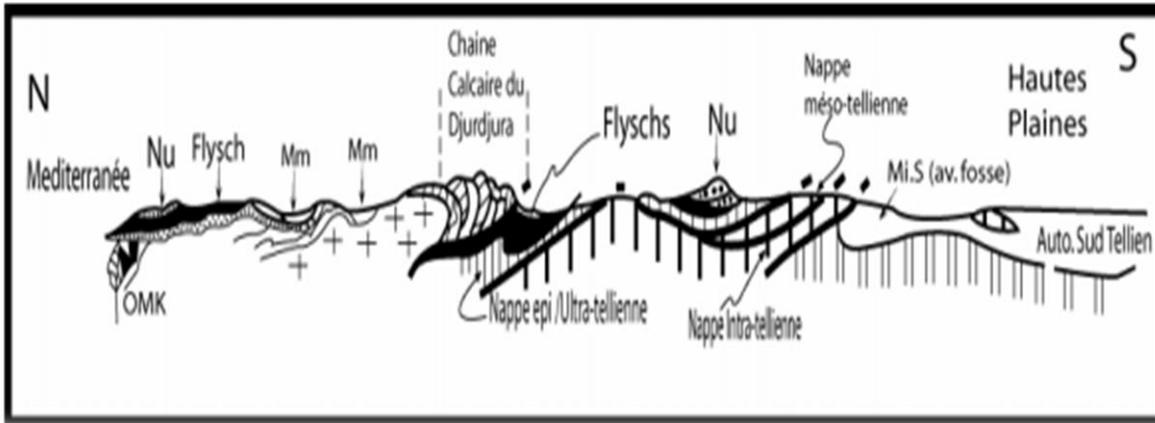


Figure 7 : Coupe sismique sur la transversale de la grande Kabylie (Durand Delga 1980).

A- Le domaine kabyle ou AlKaPeCa

Cet ensemble comprend le socle métamorphique affleurant dans les massifs côtiers connus d'Est en Ouest : Massif de l'Edough, Petite Kabylie, Grande Kabylie et Massif d'Alger.

A-1- Le Socle Kabyle

Un socle métamorphiques (Saadallah et al, 1992 et 1996) et composées principalement de gneiss datés à 480 et 300 Ma (Durand Delga, 1969). Ces massifs sont recouvert par endroit par des dépôts détritiques d'âge Oligocène supérieur-Miocène appelé Oligo-Miocène-Kabyle (OMK) (Raymond, 1976 ; Géry, 1983 ; Wildi, 1983 et Bouillin, 1986).

- En Grande Kabylie : Le socle kabyle affleure sur 60 km de long et 20 km de large. Il est représenté dans la région de Dellys-Tizi-Ouzou par les massifs : de Draâ Karrouche, Naciria, Dj. Belloua, Ait Aissa Mimoun, le Massif de Beni Douala, le Massif de Larba Nait Irathen et le massif de Sid Ali Bounab et plus à l'Est non loin de Bejaïa par le horst de Bou Hatem (D. Raymond, 1976 ; D. Delga, 1967).
- En Petite Kabylie : ce socle affleure entre Jijel et Skikda sur plus de 120 Km d'Ouest en Est. Il est représenté par les massifs de Béni-Afeur, du Cap Bougaroun et plus à l'Est par le massif de l'Edough (Hilly, 1957, Durand Delga, 1976 et Bouillin, 1986).

B- la dorsale kabyle

La dorsale kabyle correspond à la couverture sédimentaire mésozoïque et à la bordure méridionale du socle kabyle qui la chevauche. Elle apparaît comme une véritable frontière entre les zones internes et les zones externes.

- En Grande Kabylie : elle forme une chaîne continue sur près de 125 Km à l'Ouest les Reliefs de Bouzegza, au centre la chaîne du Djurdjura et les massifs de Chellata à l'Est.
- En Petite Kabylie : elle s'étend sur 90km d'Ouest en Est depuis le Djebel Sidi Dris au Sud de Collo jusqu'à Zitamba au Sud du cap de Fer. Elle n'affleure pas dans la partie occidentale de la Petite Kabylie. La dorsale kabyle comporte des formations allant du Permo-Trias jusqu'au Lutétien (Raoult, 1974).

C- Le domaine des flyschs (et les faciès telliens)

Studer en 1827 employa pour la première fois le terme « flysch » pour décrire une formation de grès et de schistes d'âge Crétacé supérieur développés dans la vallée de Cime en Suisse. C'est dans l'Ouest Algérois que L.Glangeaud en 1925 définit la nappe de flysch Albo-Aptienne. On trouve deux types de flyschs :

1. Les flyschs d'âge Crétacé-Paléogène, représentés par les flyschs mauritaniens à faciès marno-calcaires en position interne (Gélard en 1979) et les flyschs massyliens grésomiacés en position externe (Raoult en 1969 et Bouillin et al ; 1977). Ces flyschs constituent le bassin profond de la Téthys.
2. Les flyschs numidiens à faciès gréseux plus récent d'âge Oligocène supérieur-Burdigalien inférieur se sont déposés dans un bassin d'avant arc pendant la convergence Eurasie – Afrique (Medaouri ; 2014).

D-Les nappes à faciès tellien

Les nappes à faciès tellien sont caractérisées par des séries à dominante marneuse et calcaire. Comme pour les nappes de flysch, elles se présentent selon différentes positions par rapport au domaine Kabyle, à savoir en position Nord-Kabyle, Sud-Kabyle et enfin en position tout à fait externe.

- En Grande Kabylie : L'unité tellienne de Dellys et de Tigzirt-Azzeffoun reposent en position Nord-Kabyle où elles forment un vaste domaine à la fois chevauché et chevauchant sur les différentes unités environnantes (Raymond, 1976).
- En petite Kabylie : Les unités telliennes de Tissimiran ou bien celles d'El Kef, tous deux en position Sud-Kabyle, sont engagées dans les écailles de Moul Ed Mamen, qui sont à leur tour surmontées par des unités de flyschs. L'ensemble est chevauché par le socle Kabyle.

Les similitudes stratigraphiques des unités telliennes Nord-Kabyles avec celles du domaine tellien des zones externes suggèrent une origine externe des unités telliennes ultérieurement charriées sur le socle Kabyle (J.Bouillin.1979).

E- Le domaine néogène de la marge algérienne

Il comprend les bassins côtiers néogènes et comporte deux bassins (Medaouri, 2014).

1. Le bassin Oligo-Miocène syn-orogénique

Il s'est formé par rifting durant la migration vers le Sud à SE des blocs AlKaPeCa contemporain à la rotation antihoraire des blocs Corso-Sarde. Pendant cette période, allant de l'Oligocène terminal jusqu'à la fin du Miocène se sont déposés des séries sédimentaires mollassiques à la base de la série (Conglomérats et grès) évoluant vers des faciès franchement marins au sommet (Silexites et marnes). (Medaouri, 2014)

2 .Les bassins miocènes

Ces bassins ont été autrefois qualifiés de bassins post-nappe. Ceux sont des bassins d'âge tertiaire (Néogène) et relativement peu déformé (Boudiaf, 1999 et Medaouri 2014). Ils se sont développés dans la zone septentrionale de l'Algérie. Leur genèse s'est effectuée sous le contrôle de l'évolution géodynamique de la Méditerranée Occidentale (Medaouri 2014).

Ils se localisent sur l'ensemble de la chaîne des Maghrébides à différents contextes géodynamiques : (1) sur le domaine AlKaPeCa en contexte intra-arc (bassin de Tizi Ouzou et bassin de Collo...), (2) en contexte d'avant arc (Soummam, Mila et Mitidja) ; (3) en contexte d'arrière arc (bassin offshore algérien) et (4) sur la marge africaine (le bassin du Chéouli).

IV. Géologie de la région d'étude

IV.1. La marge centrale

La marge centrale algérienne située entre Ténès et Bejaia (**Fig.4**) est subdivisée en deux segments en fonction des modalités structurales du remplissage syn-rift (Medaouri ; 2014) :

1. Entre Ténès et Alger, la marge est caractérisée par des séries syn-rift d'âge Langhien à Tortonien moyen mises en place dans des demi-grabens de socle.
2. Entre Alger et Bejaia, la marge est caractérisée par des dépôts syn-rift d'âge Burdigalien terminal à Tortonien moyen qui se sont déposés dans des structures en horsts et grabens.

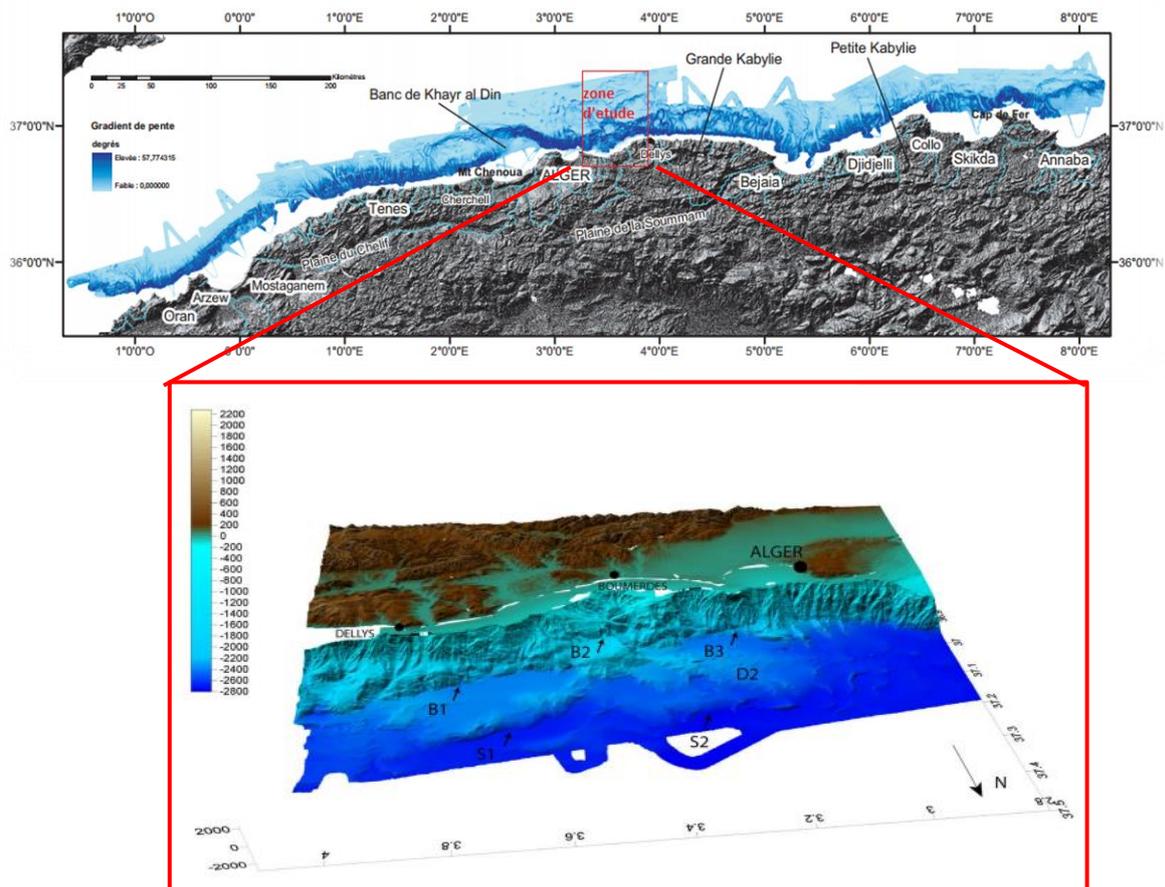


Figure 8 : situation de la région d'étude d'après (Domzig2006).

IV.2. Cadre géologique

IV.2.1. En offshore

L'offshore de la région Boumerdes-Dellys appartient à la marge Sud du bassin Algéro-provençal (Sud Baléares) .ce dernier se serait développé dans un contexte global compressif lié à la convergence des plaques Eurasie et Afrique (Philippe et Thomas,1977 ;Philip et Meghraoui ,1983 ;Dewey et al,1989). Dans cet environnement tectonique, il se définit comme un bassin d'arrière arc extensif à l'arrière des zones internes (**Fig .12**) (Dercourt et al ,1986 ; Dewey 1988 ; Dewey et al, 1989 ;Rosembau et al ,2002). Parallèlement à la marge Sud du bassin Algéro-Provençal ce développent les maghribides ; tronçon méridionale de la chaine alpine périméditerranéenne (WILDI, 1983 ; SaadALLAH ,1992).

Par apport aux éléments de cette chaine , l'offshore de la région d'Alger –Boumerdes –Dellys occupe une position mixte, il est à la fois sur les zones internes le long de la grand Kabylie à l'Est , dans la région de Dellys ,et sur les zones externes de Boumerdes jusqu'à Alger à l'ouest (**Fig.9**).

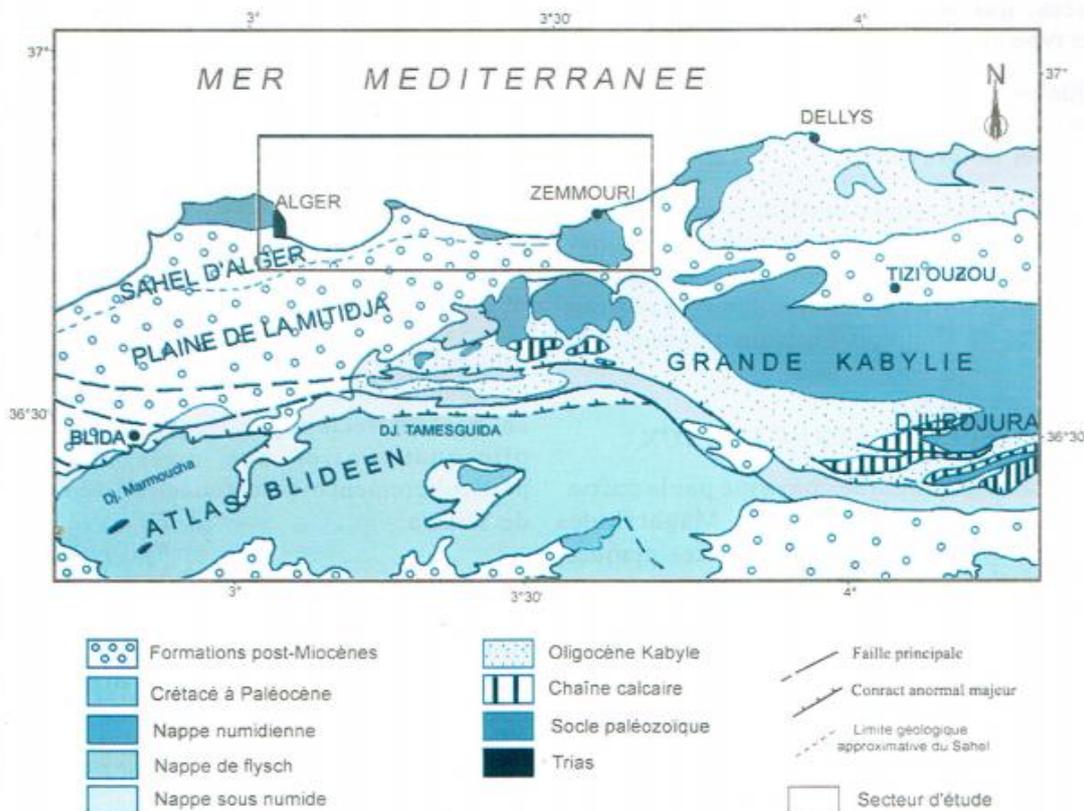


Figure 9 : Localisation de la région d'étude extrait de la carte tectonique à 1/1000 000. (M keiken 1972.)

a- PLATEAU CONTINENTAL

Le plateau continental algérien, prolongement naturel du continent sous la surface marine, est très étroit ; il se caractérise par une profondeur moyenne de 100 mètres. Sa largeur s'étend 1 à 8 km au large de la région Boumerdes –Dellys

b- TALUS CONTINENTAL

La zone sous-marine intermédiaire entre le plateau continental et la plaine abyssale forme le talus continental, ce dernier se caractérise dans la zone d'étude par une pente de fort gradient qui atteint parfois 20° et descend jusqu'à 1, 5 à 2 km de profondeurs pour devenir plus douce et former la plaine abyssale.

c- LARGE DE BOUMERDES-DELLYS

Dans La région de Dellys, la pente continentale est abrupte mais elle est marquée parfois par la présence de zones plates en milieu de la pente ; on y trouve des canyons et plusieurs ravines. Les canyons les plus connus sont le canyon de Sebaou et le canyon de Dellys

Les isobathes de 1 km et 2 km sont brusquement atteints à 5,5 et 10 km respectivement par rapport à la côte au large de la ville de Dellys.

IV.2.2.En onshore

la région comprise entre Alger et Dellys , qui s'étire sur 100Km d'Est en Ouest et s'enfonce sur 30Km vers le sud de la mer .Cette région située sur le territoire des Wilayas de Boumerdes , Alger qui fut ébranlée le 21Mai 2003 par un séisme de magnitude 6.2 selon (C.R.A.A.G)¹ et de 6.8 selon les stations internationales (U.S.G.S)² se situe à la marge septentrionale de la plaque africaine de l'Algérie centrale où les déformation de la croute se manifestent en surface par une morphologie dont la Géométrie est structuré en Bassin et reliefs .

¹ C.R.A.G : CENTRE DE RECHERCHE D'ASTRONOMIE ET GEOPHYSIQUE.

² U.S.G.S: UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY.

IV.2.2.1 Le bassin de Tizi Ouzou

Le bassin de Tizi Ouzou fait partie des bassins néogènes du Nord de l'Algérie. A l'Ouest, il se raccorde au bassin de la Mitidja par la plaine côtière de Bordj Menail - Boumerdès, à l'Est, il se ferme contre les reliefs du Haut Sébaou dans la région de Taghersift –Fréha. (**Fig .11**) .Il englobe les régions suivantes :

- La région de Dellys et Naciria
- Les régions de Tizi Ouzou-Makouda et Fréha –Taguesift.

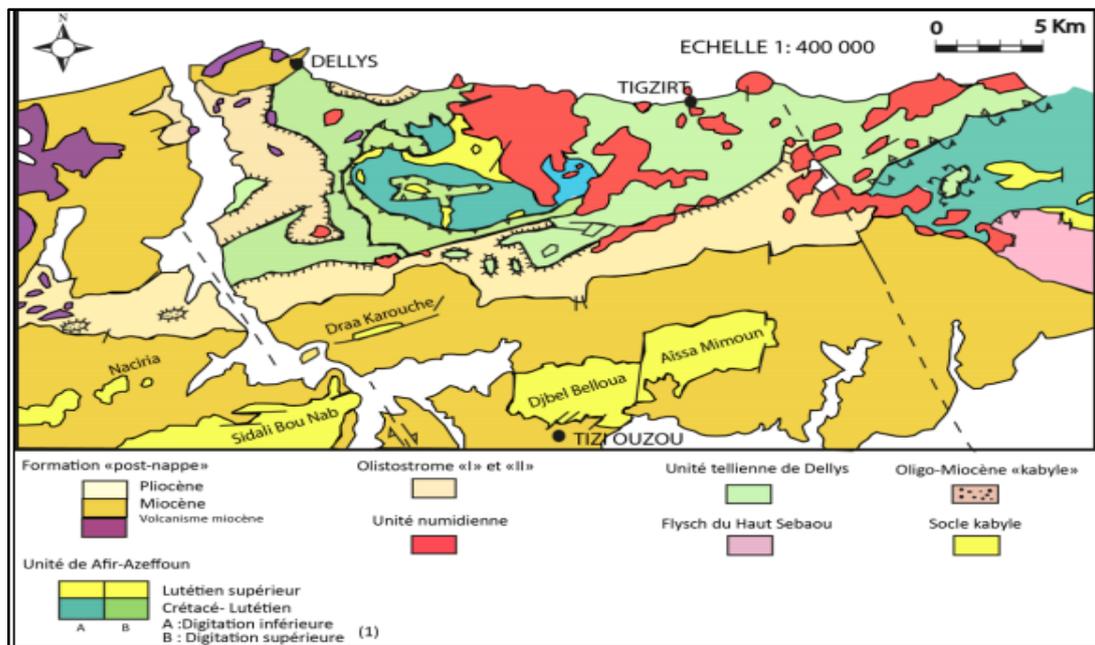


Figure 11 : Schéma structural du bassin de Tizi Ouzou et positionnement du socle (Raymond, 1976).

Le bassin de Tizi Ouzou est une vaste cuvette orientée globalement Est- Ouest à remplissage sédimentaire allant de l'Oligocène au Plio –Quaternaire. La série Oligocène est représentée par les dépôts de l'OMK (Géry, 1981). La série miocène est incomplète, elle est caractérisée par des dépôts sédimentaires allant du Burdigalien terminal au Serravalien. Le Miocène supérieur étant absent, le Pliocène repose en discordance sur les termes précédents.

Le flanc nord du bassin de Tizi Ouzou correspond à un ensemble d'unités de flysch charriées sur le socle et sa couverture sédimentaire, alors que son flanc sud constitué de dépôts miocènes s'appuie directement sur le socle kabyle (**Fig.12**). Le socle affleure au sein du miocène dit post-nappe (Caire, 1957) sous forme d'îlots (Aïssa Mimoun, Sid Ali Bounab).

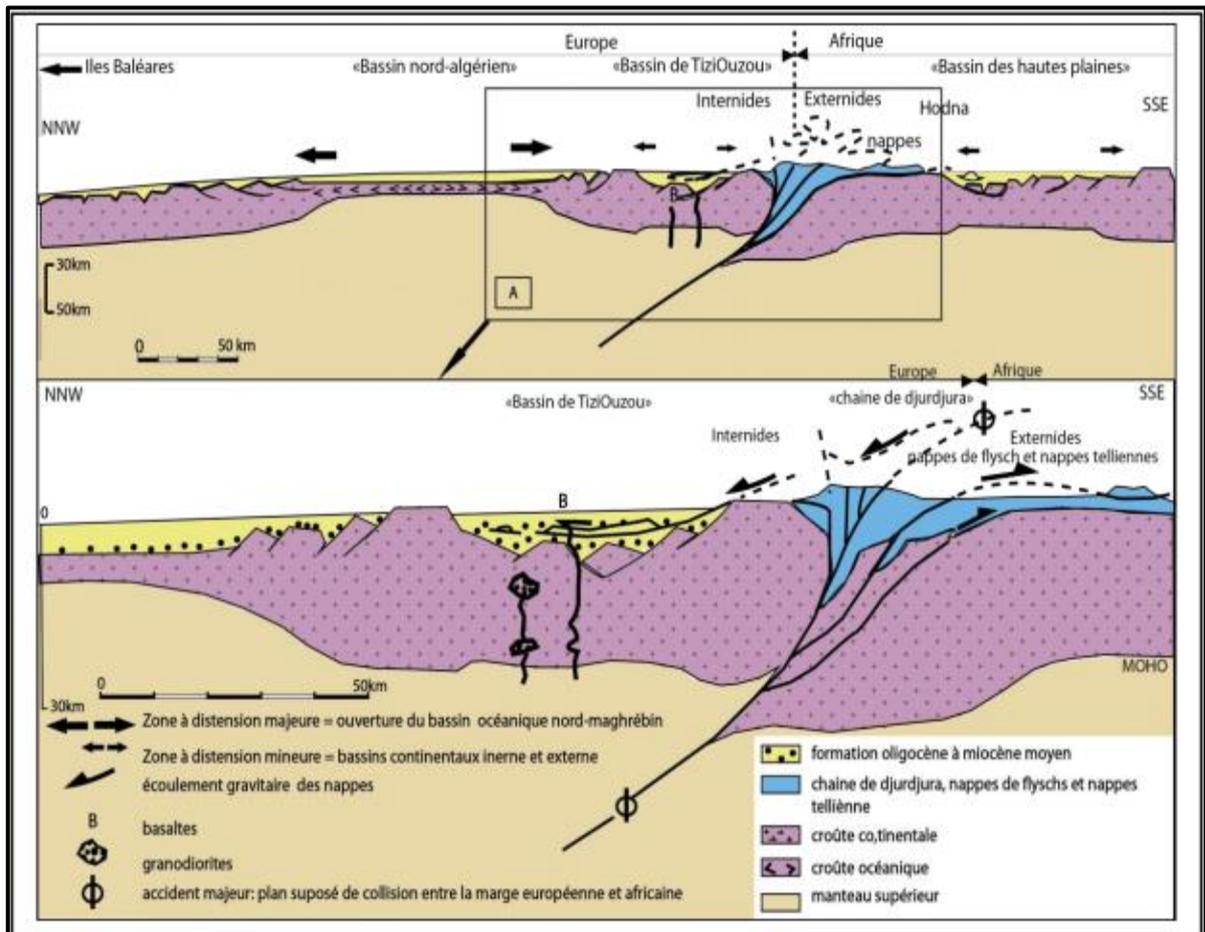


Figure 12: Schéma interprétatif de la période distensive se développant au Burdigalien Langhien-Serravalien après la collision Europe Afrique. (M.O Aïte et J.P Gélard, 1997).

IV.2.2.2. Le bassin de la Mitidja

Le bassin de la Mitidja forme un grand synclinal d'aspect « flexure Graben » (Trenou, 1963) est relié par deux flexures aux deux zones élevées septentrionale et méridionale que sont respectivement le Sahel et le massif Blidéen. Au nord, le bassin de la Mitidja est bordé par l'anticlinal du Sahel d'Alger avec une limite difficile à matérialiser entre les deux structures. Par contre au sud, la limite tectonique apparaît très nette avec le massif Blidéen, et serait vraisemblablement un accident d'effondrement au Mio-Pliocène (Coutelle, 1984), orienté globalement E-W. La géométrie de cet accident est soulignée par le redressement des couches néogènes du synclinal de la Mitidja au contact des formations telliennes (Glangeaud, 1955). Cet accident serait hérité des phases précédentes affectant le socle anté-miocène (Glangeaud, 1955).

Il constituerait donc un accident tectonique vertical à incliné et aussi décrochant (Dubourdiou, 1960). En certains endroits cet accident présente une inversion tectonique, il est alors souligné par une superposition de terrains crétacés (Atlas tellien) sur les formations plus récentes plio-quadernaire du bassin de la Mitidja (Glangeaud, 1955).

La limite du bassin de Mitidja est marquée dans sa grande partie par des décrochements dextres, des chevauchements et des décrochements senestres N070°. Ce système de failles affectant parfois les dépôts récents montre des indices d'une déformation récente.

Ces structures tectoniques constituent les principales sources des séismes qui ont secoué les villes de Blida, d'El Afroun ces structures correspondent à des failles de direction E-O. Vers le nord la structure complexe du sahel est également active et capable de générer des séismes importants. En imagerie le bassin de la Mitidja se poursuit dans la marge, les failles Sud-Mitidja se prolongent en mer. Le dernier évènement sismique du 21 mai 2003 serait lié à la réactivation d'un segment de la faille Sud-Mitidja. Les travaux en cours de réalisation en sismo-tectonique suite à ce séisme montrent certainement la géométrie de la structure activée lors de cet évènement (Maouche, Harbi et Haddoum, 2004).

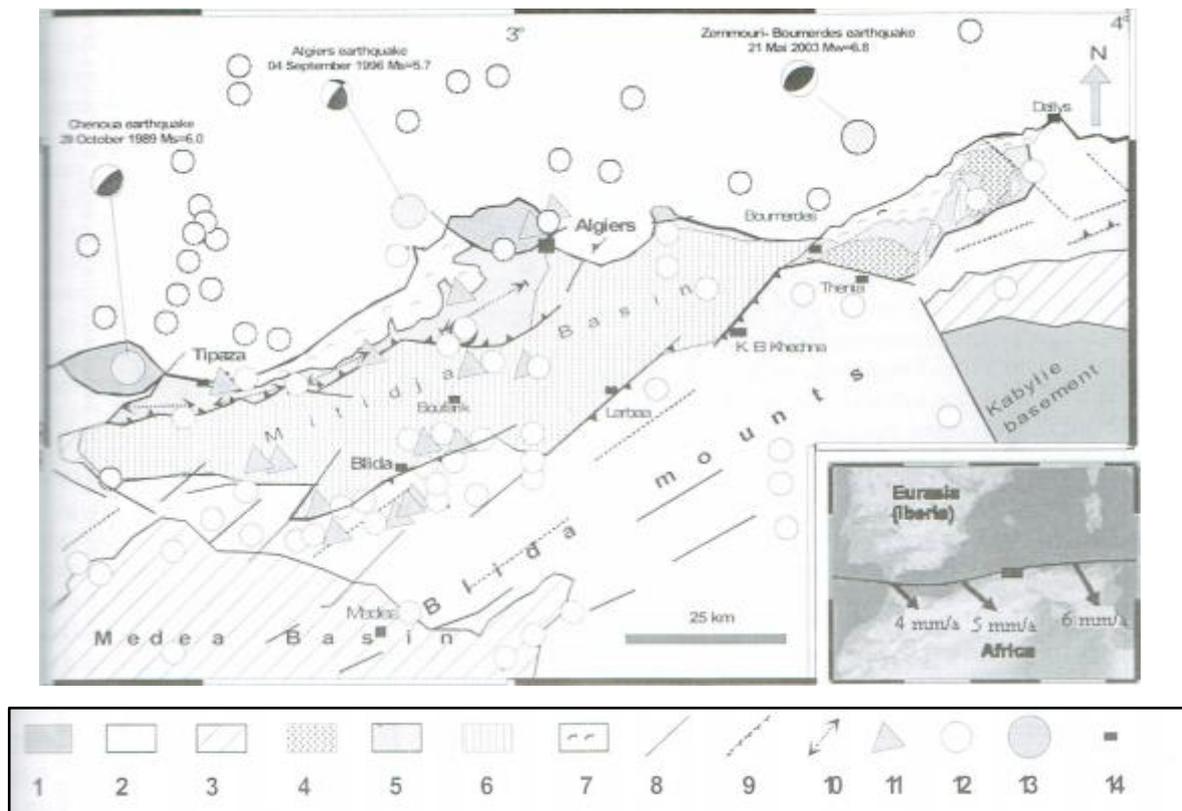


Figure 11 : Carte sismotectonique du Bassin de la Mitidja.

Légende : Socle 2- Anté-neogene. 3 - Miocène 4 - Volcanisme 5. Pliocène 6. Quaternaire 7. Terrasses marines. 8 – Faille. 9 -Faille inverse .10 . Anticlinal. 11. séismes historiques, 12. Sismicité. 13 - Séismes récents, 14-Ies villes.

Données de sismicité proviennent d'une compilation de Mouche, 2002 et les mécanismes focaux sont CMT Harvard pour le séisme du 21/05/2003. Bounif et al. Pour celui du 29 /01 /1989 et GFZ pour le séisme 4 Septembre 1996.

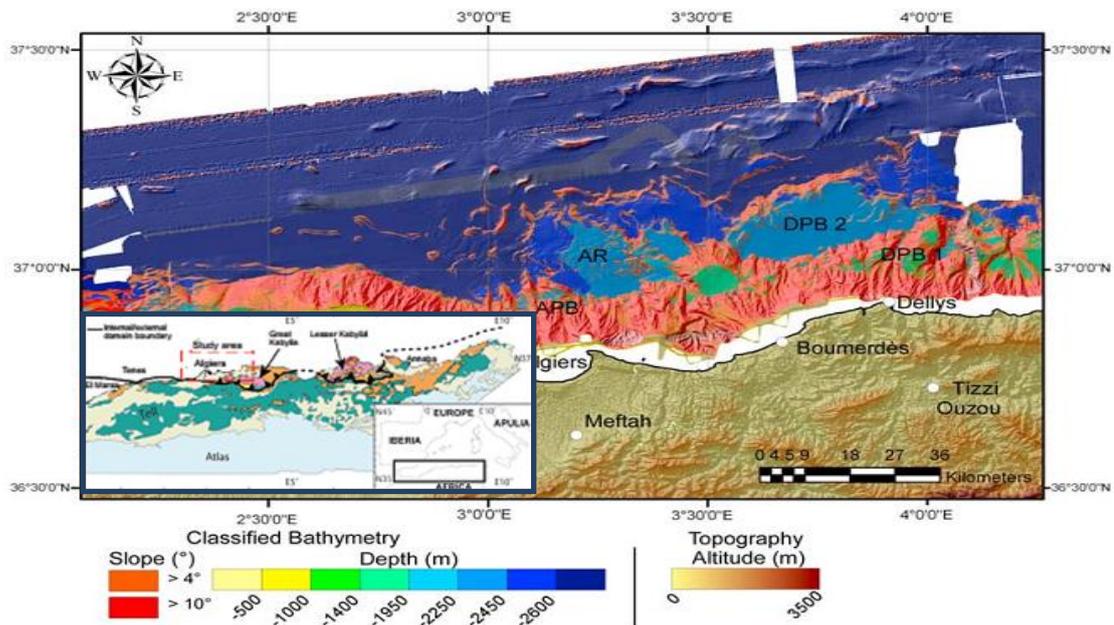


Figure 1 : Classification de la bathymétrie de offshore Algérien. AR, Algiers Ridge, DPB2, Dellys Perched Basins 1 et 2 (Deverchere et Yelles 2010).

II. PROBLEMATIQUE

Depuis le début des années 2000, un intérêt croissant s'est manifesté, aussi bien à terre qu'en mer où plusieurs études (Bracene, 2002. Domzig, 2006. Kherroubi, 2011. Medaouri et al, 2012. Medaouri et al, 2014, Medaouri, 2014. Badji, 2014...) ont été réalisées en s'appuyant principalement sur les résultats de plusieurs campagnes océanographiques afin de progresser dans la connaissance de la marge nord du bassin algérien et pour une exploration pétrolière efficace de son offshore.

Dans ce cadre, l'offshore algérien bien qu'étendu, n'est traversé que par un forage profond en mer d'Alboran et quatre autres de faible profondeur (moins de 1000 m) au large d'Arzew, Alger et Annaba (DSDP) il demeure donc peu exploré. Au-delà des questions de l'évolution géodynamique et structurale de ce segment de la marge, d'autres questions sur le potentiel pétrolier de cette zone restent en suspens. Les modélisations thermiques et structurales ne permettent pas de conclure, par manque de précisions sur la limite continent-océan et sur le type, l'âge et l'épaisseur des bassins sédimentaires reposant sur le substratum.

Sachant qu'aujourd'hui, près de 2/3 des nouvelles découvertes sont des réserves offshore, dans le domaine de l'exploration et comme on est au cours d'une crise économique mondiale la recherche des réserves additionnelles et de nouvelles réserves sont toujours d'actualité.

Ce travail nous a été proposé avec comme objectif principal de répondre aux interrogations suivantes:

- Comment s'effectue la transition onshore-offshore le long de la partie centrale de la marge (Boumerdes) ?
- quels sont les différentes phases tectoniques qui ont affecté cette région ? Ainsi la détermination des indices qui confirment le mouvement d'inversion tectonique actuelle au niveau de la marge centrale.
- L'intérêt pétrolier de cette partie de la marge.

Dans le but de répondre à ces questions on a suivi la méthodologie suivante

III. DONNES ET METHODES

Pour réaliser ce travail on a utilisé des données de sismique réflexion acquises pendant la campagne océanographique western Gego , (deux profils sismiques de direction NNW-SSE le long de Ain Taya et Cap-Djenet) ainsi des données de terrain récoltées lors d'une mission de Sonatrach dans la bassin de Tizi Ouzou et une sortie de terrain sur la côte de Boumerdes .

Pour réaliser ce travail et atteindre nos objectifs, cette étude sera basée sur les étapes suivantes :

- Etablissement d'une synthèse bibliographique sur l'évolution de la marge algérienne et la géologie de Boumerdes.
- Des travaux sur le terrain où nous avons effectué des levés litho-stratigraphiques.
- Interprétation des profils sismiques offshore obtenus par Western Gego .
- Etablissement des corrélations géologiques qui montrent la transition entre la partie onshore et offshore dans la région de la marge centrale.
- Etude du système pétrolier par comparaison analogique avec les résultats obtenus par les forages de la partie orientale de l'offshore Algérien et par ceux du sud des Baléares.

I. Donnés sismiques

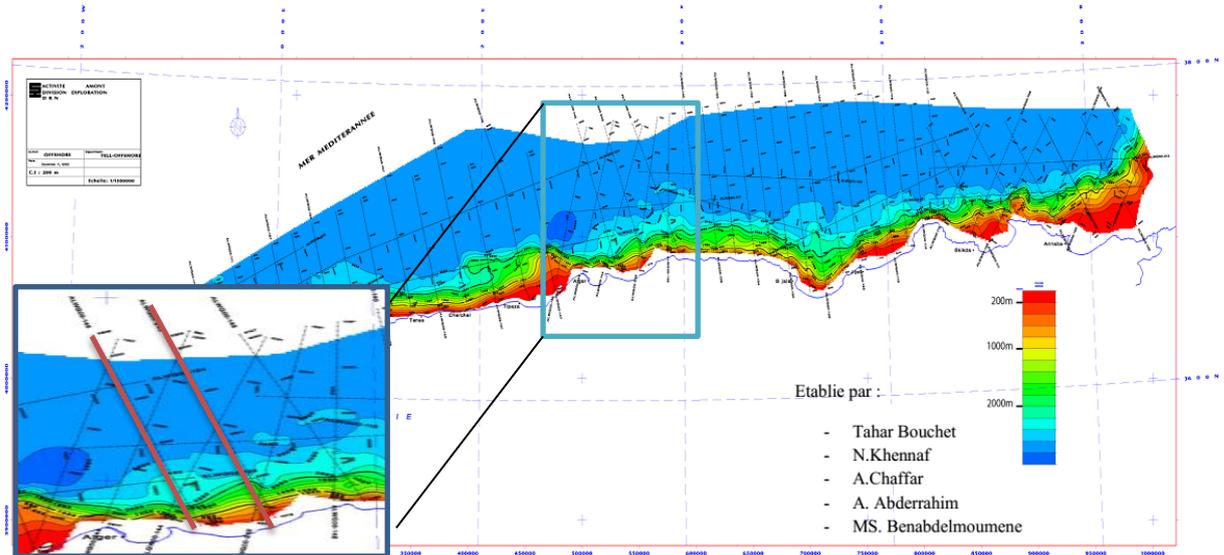


Figure 1: Carte de positionnement des profils sismiques (document Sonatrach)

I.1. Principe de la méthode sismique

La prospection sismique est l'outil géophysique le plus adapté pour l'imagerie des structures géologiques de la croûte. Ce domaine s'est considérablement développé sous l'impulsion de l'exploration pétrolière. La sismique est une méthode dans laquelle une source d'énergie mécanique émet des ondes élastiques qui pénètrent dans le sol, s'y propagent puis se réfléchissent, se réfractent et se diffractent sur les discontinuités séparant des milieux géologiques de nature différente. Les signaux, au retour, sont détectés par des récepteurs (capteur de mouvement ou de pression). La mesure du temps de parcours des ondes depuis la source jusqu'aux capteurs permet de déduire la vitesse de propagation du milieu traversé et, par conséquent, contraindre la géométrie et la profondeur des interfaces géologiques.

En sismique marine (**Fig.2**), l'énergie est générée par les canons à air et les capteurs peuvent être soit des hydrophones ou des géophones pour les OBC (Ocean Bottom Cables), les OBH (Ocean Bottom Hydrophones) ou les OBS (Ocean Bottom Seismometers). En fonction des objectifs à explorer, de la mise en œuvre et du type d'ondes à exploiter, les concepts de la sismique réfraction et réflexion peuvent être sollicités indépendamment ou simultanément.

Dans le cas de mon étude, j'ai utilisé les données de la sismique réflexion. (Des sections sismiques 2D).

I.1.1. La sismique réflexion multitrace

La sismique réflexion multitrace est basée sur l'exploitation des ondes réfléchies en profondeur sur les interfaces présentant un contraste d'impédance acoustique (produit de la vitesse et de la masse volumique du milieu). Le dispositif standard d'acquisition en mer comporte une source, qui est souvent un canon à air, et des récepteurs (hydrophones) arrangés sur une flûte et tractés par un navire (**Fig.3**). Le point de réflexion sur une interface est appelé point miroir et est situé à mi-distance entre la source et le récepteur si la discontinuité géologique est horizontale.

Le principe consiste à enregistrer plusieurs fois (i.e. multitrace) la réflexion sur un même point miroir à des déports source-récepteur (offsets) différents. L'assemblage des points miroir successifs donne la géométrie du réflecteur. Ainsi, la représentation des différents réflecteurs nous donne une section sismique où l'échelle verticale est exprimée en temps double (temps de trajet aller-retour de l'onde sismique) et l'échelle horizontale exprime les distances sur le profil.

Les deux sections sismiques présentées dans ce travail font partie des données sismiques acquises par Sonatrach dans l'offshore algérien ; Cette étude est destinée pour structurer la marge et explorer le potentiel des hydrocarbures (L'offshore algérien peut être très prometteur mais a besoin d'une compensation très approfondie de ces différents bassins).

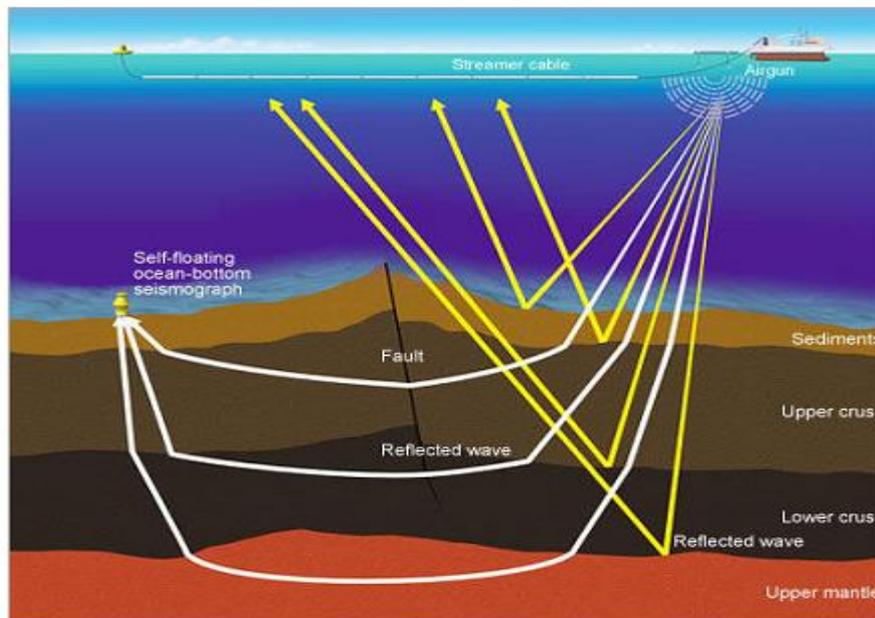


Figure 2 : Principe de prospection par les méthodes sismiques. Au passage des interfaces, l'énergie incidente est en partie réfléchie (lignes jaunes) et en partie transmise (réfractée, lignes blanches).

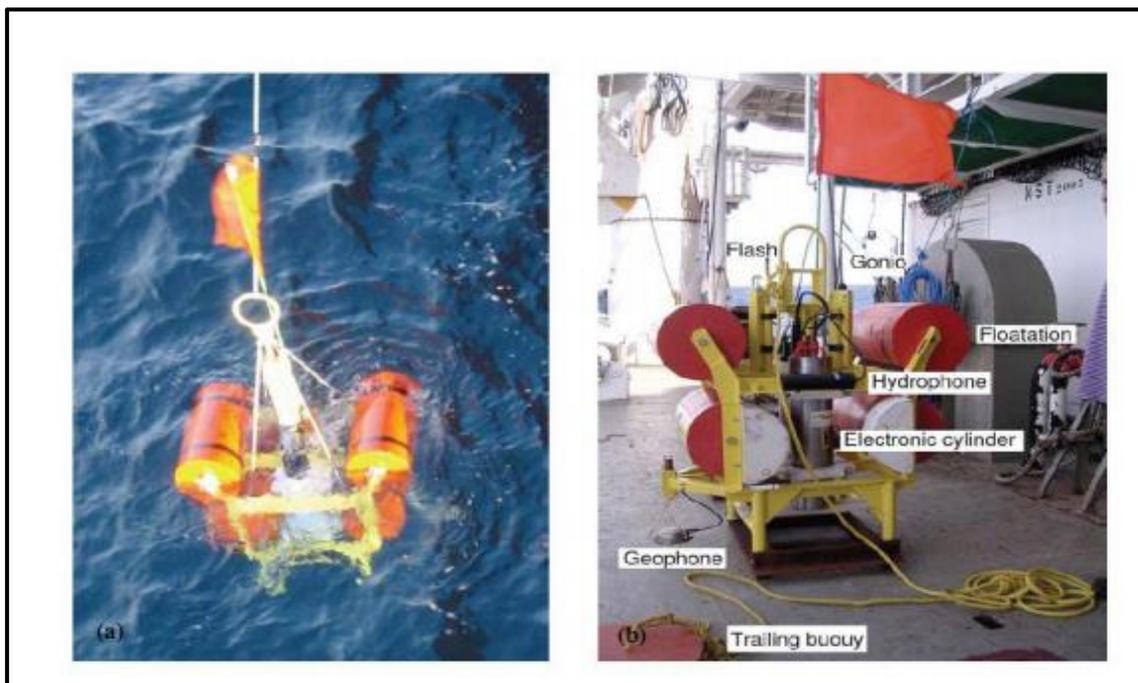


Figure 3 : (a) Old OBS Ifremer lors du déploiement, (b) Old OBS Ifremer sur le pont du navire.

L'intervalle de chute est 25m. le récepteur est un multicanal 6000 m-long composé de 480 groupes de 12.5 m-long pistes remorqué à 8 m de profondeur .

I.2. Méthode d'interprétation des sections sismiques

Afin de construire une carte chrono stratigraphique basé sur la corrélation des fasciées sismiques depuis le bassin d'Alboran jusqu'au bassin algérien une combinaison était établie entre les âges bio stratigraphiques et les facies néogènes obtenus par le puits HBB-1 avec les caractères sismiques des unités. Trois unités sismiques majeures ont été identifiées formées par le Miocène moyen (16.4 MA) jusqu'au Quaternaire (Medaouri Et al 2014) . prenant en considération les travaux précédent dans la mer d'Alboran (Ryan and Hsü, 1973; Jurado and Comas, 1992; Maldonado et al.,1992; Comas et al., 1992, 1995; Gautier et al., 1994; Alonso et al.,1999; Comas et al., 1999; Alvarez-Marrón, 1999; Booth-Rea et al.,2007; Soto et al., 2012; Martínez-García et al., 2013)

Le tableau (1) représente la succession des unités sismiques identifiées dans le bassin algérien (AB) Sur lequel j'ai basé pour mon interprétation.

I.2.1. Les principaux horizons

On distingue de haut en bas :

1) **La base du Pliocène** : Représente une discordance majeure à l'échelle de la Méditerranée Occidentale, appelée discordance messinienne. Elle marque la fin de la crise messinienne et la remise à l'eau de la Méditerranée ; En sismique cet horizon est un réflecteur discontinu à forte amplitude.

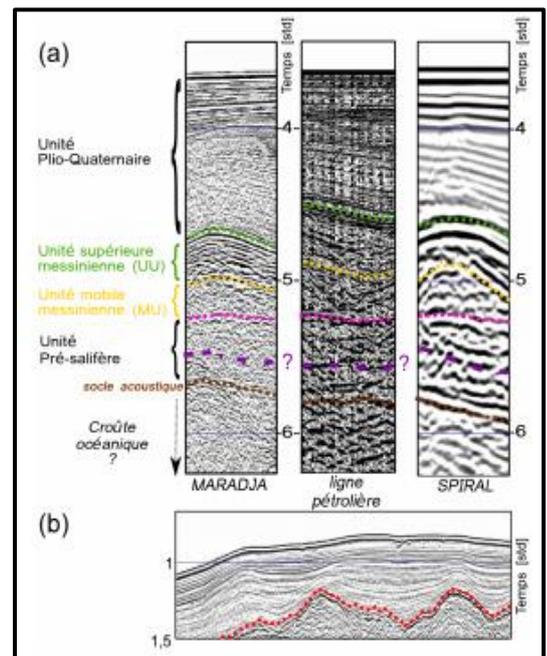
2) **La base des sels** : C'est un réflecteur facilement identifiable horizontal continu et de forte amplitude. Il marque le début de la crise messinienne et constitue un excellent marqueur géodynamique et sismique.

3) **L'horizon intra-miocène** : c'est un événement qui correspond à une discordance probablement intra-tortonienne défini à terre par A. Coutelle en 1976. C'est un réflecteur horizontal discontinu à forte amplitude dont le Tortonien correspond à une phase d'érosion.

4) **Le toit du socle** : C'est horizon très difficile à suivre vu ces caractéristique sismique très variable d'un domaine à l'autre, vers la large cet horizon est hypothétique et difficile à caractériser vu le développement des dômes de sel.

5) **La discontinuité du Mohorovicic ou le « Moho »** : C'est un marquer important, il permet l'identification et la caractérisation des différents domaines de la croûte. Il se présente soit sous un seul réflecteur de forte amplitude et de forte énergie ou bien soit par plusieurs réflexions discontinues à forte amplitude et à forte énergie.

Figure 4 : (a) Stratigraphie sismique utilisée dans le bassin profond et correspondance des faciès sur les profils issus des différentes campagnes. La ligne en pointillé violet indique la base possible de l'unité LU. UU : Upper Unit ; MU : Mobile Unit ; LU : Lower Unit. (b) La surface d'érosion messinienne sur la marge (MES) est représentée par le ligne en pointillé rouge. L'exemple est extrait d'un profil MARADJA orienté parallèlement à la marge. Au-dessus de la MES on retrouve les sédiments plio-quaternaires. MES : Messinian Erosion Surface. (Angellique Lepretre 2012)



I.2.2.Descriptions des faciès sismique

Succession des unités sismiques identifiées dans le bassin algérien, avec ces principales caractéristiques :

Algerian Basin (AB)

Inferred age	Seismic Sub-Units	Biostratigraphic age (Ma)	Thickness		Seismic facies	Reflection patterns	Lithology from ALG-1 & ARZ-1 wells	
			TWT (s)	m				
Quaternary	Q	0 - 1.9	0.6	700		Discontinuous, divergent, high frequency, high amplitude, high reflectivity reflectors.	Shale with inter-bedded sandy levels at the top	
Pliocene Early-Late	LP	1.9 - 3.1	0.4	400		Continuous, parallel, high frequency, high amplitude, high reflectivity reflectors	Sands and sandy marls levels and Lithothamnion calcareum	
	EP	3.1 - 5.33	0.4	500		Discontinuous, low reflectivity, low amplitude, high frequency reflectors	Compact gray marls and gypsum at the bottom	
Messinian Lower - Mobile - Upper	UU	5.33	0.1 - 0.3	300		Continuous, high frequency, high amplitude (Downlaps and onlaps)	UU= Marls and brittle anhydrites (Deep Basin)	
	CU	5.6	0.2 - 0.4	200 - 400		Continuous reflectors, variable amplitude, low frequency. CU= Chaotic. (UU=Downlaps and onlaps)	CU= Conglomerates and gypsum (Margin foot)	
	MU		5.6 - 5.96	0.1 - ≥0.5	≥600		Chaotic transparent facies, low amplitude and low frequency, occasionally strong reflections	Halite and dirty salt
LU		5.96 - 7.24	0.15 - 0.25	100 - 200		Set of continuous low amplitude and low frequency reflectors	Plastic gray marls and gypsum	
Tortonian	T	7.24 - 9.26	0.2 - 0.4	150 - 350		Parallel to divergent reflectors of high amplitude, passing to chaotic and discontinuous reflectors	Gray marls, Sands with pyroclastic intervals	
Serravallian	S	9.26 - 11.7	0.1 - 0.2	100 - 200		Discontinuous high-amplitude reflectors, transparent in the depocenters, oblique at the bottom of sequence	Plastic gray marls and limestone levels	
Langhian	L	11.7 - 16.4	0.2 - 0.6?	?		Chaotic pattern	Silt and sandy shale with volcanic layers	
Late Burdigalian	LB	≥16.4	0.3 - 0.9			Discontinuous divergent reflectors, high energy high amplitude, onlap on tilted basement blocks	Conglomerates, sands and turbidities (fan geometry deposits)	
Base-ment	B	?	?	?		Chaotic pattern	Unknown	

Tableau 1 : Charte des unités sismo-stratigraphiques et leur caractéristiques lithologique et sismique défini dans le bassin Algérien (Medaouri et al, 2014).

II. Données des forages offshore

Les bassins de l'Offshore couvrent une superficie de 95 000 km² environ. La couverture sédimentaire qui repose sur un socle métamorphique ou volcanique s'étend de l'Oligocène au Quaternaire. Ce vaste domaine minier est très peu connu, soit une densité de forage de 3 forages pour 100 000 km². Il n'a été investigué que par :

- un seul forage (HBB-1) sur le plateau continental du bassin Algéro-Baléares.
- deux core-drills (ARZ-1 et ALG-1) au niveau du plateau marginal

Sur le plan scientifique ce domaine a fait l'objet de quelques investigations par forage réalisés dans le cadre du Deep Sea Drilling Program (**DSDP, Sites 371 et 372**). Ce domaine (bassin Algéro-Baléare) a également fait l'objet de levés gravimétriques ou magnétiques réalisés par différentes institutions (Sonatrach, IFP/CNEXO, etc.).

<i>FORAGE</i>	<i>ANNEE</i>	<i>LOCALISATION</i>	<i>PROFONDEUR ATTEINTE</i>	<i>FORMATION TRAVERSEE</i>	<i>LITHOLOGIE</i>
<i>ARZ-1</i>	<i>1974</i>	<i>Baie d'Arzew</i>	<i>1034 m</i>	<i>Plio-Quaternaire</i>	<i>Calcaire argileux</i>
				<i>Messinien</i>	<i>Evaporites</i>
<i>ALG-1</i>	<i>1974</i>	<i>L'Ouest d'Alger</i>	<i>1205 m</i>	<i>Plio-Quaternaire</i>	<i>Calcaire argilo-sableux</i>
				<i>Messinien</i>	<i>Marnes</i>
<i>HBB-1</i>	<i>1977</i>	<i>L'Ouest de Bent saïf</i>	<i>4496,5</i>	<i>Plio-Quaternaire</i>	<i>Argiles et marnes</i>
				<i>Messinien</i>	<i>Argiles et marne silteuse</i>
				<i>Tortonien</i>	<i>Argiles et bancs de grès</i>
				<i>Socle métamorphique</i>	<i>Schiste vert</i>
<i>DSDP site 371</i>	<i>1978</i>	<i>Est du bassin Algérien</i>	<i>885 m</i>	<i>Plio-Quaternaire</i>	<i>Marnes</i>
				<i>Messinien</i>	<i>Évaporites et marnes dolomitiques</i>

Tableau 2: les forages effectués dans l'offshore algérien.

1. Le bassin de Habibas (partie sud-oriental du bassin d'Alboran)

Au niveau du forage HBB-1, la série sédimentaire est épaisse de 3573,5 m. Elle repose sur un substratum composé de schistes verts (Cravate, in rapport fin de sondage HBB-1 ; 1977). Elle débute au Serravalien-Tortonien inférieur, par des argiles puis des grès, le Tortonien supérieur est identique mais plus riche en matériel gréseux. Le Messinien est représenté à sa base par une série marneuse avec des intercalations gréseuses. Au sommet, la série devient argilo-marneuse et passe latéralement à des calcaires récifaux. Le Pliocène comporte des argiles à sa base, des marnes et des grès surmontés d'argiles carbonatées.

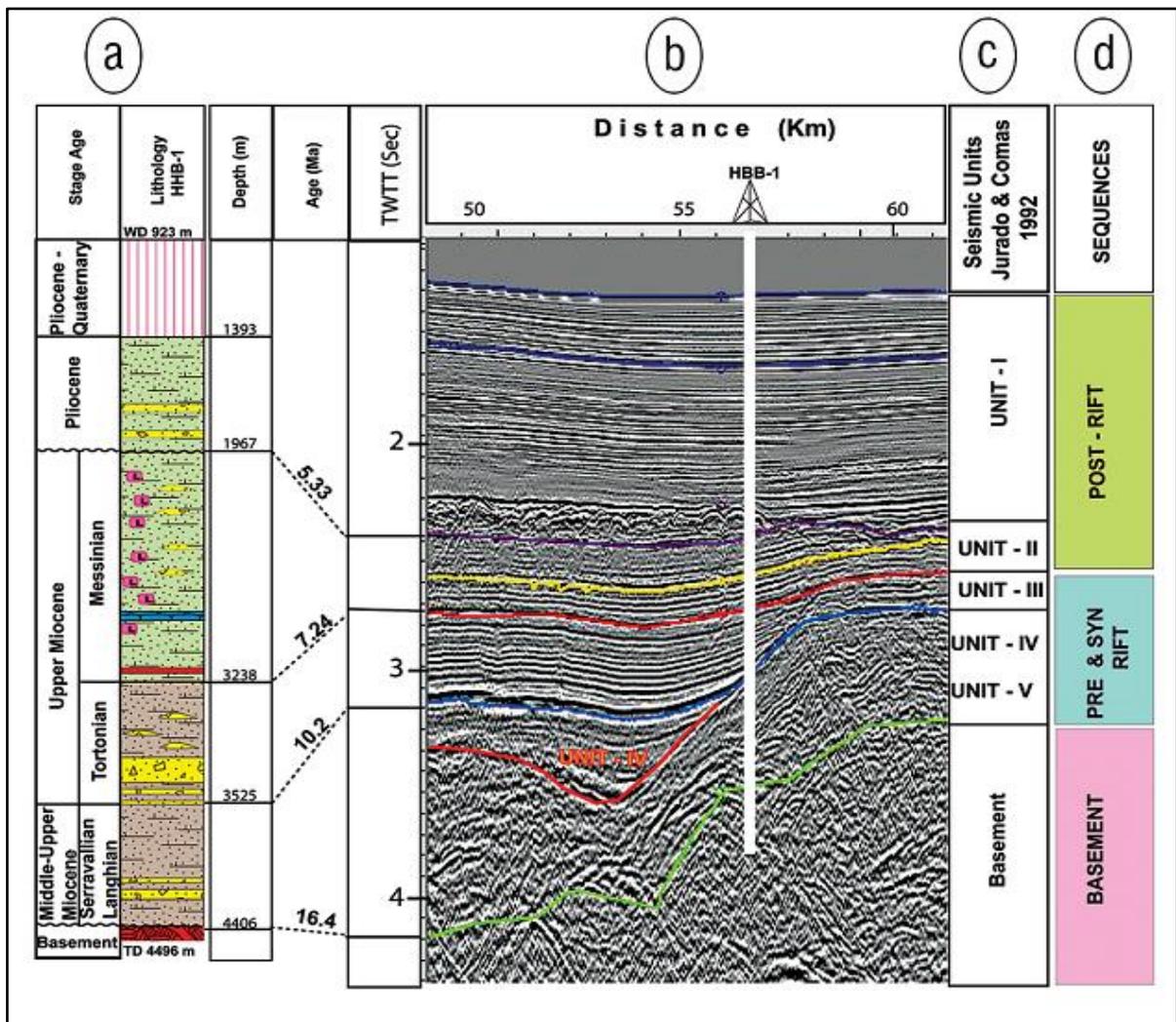


Figure 5: Charte Chrono stratigraphique déterminé dans le bassin Habibas. (1) etage des formation du puits Habibas , lithologie et profondeur; (2) les âges bio-stratigraphique du puits, issu de L'analyse du foraminifères et planctons ; (3) charte des sous-unités proposé dans cette étude pour Habibas et le bassin sud Alboran; (4) Chronostratigraphie et unités des faciès pour le bassin Sud Alboran; (5) unités sismiques du bassin d' Alboran par (Jurado et Comas) (1992); (6) séquences stratigraphiques principales de Bassin Habibas.

2. Le bassin Algéro-Provençal

Deux « cores- drills » ont été implantés sur le plateau continental ARZ-1(1034m de profondeur) à l'Ouest et ALG-1(1205m de profondeur) à l'Est (**Fig.6**).

ARZ-1 : La série sédimentaire débute au Miocène supérieur (Tortonien) par des marnes et argiles calcaires surmontées par des argiles passant au Messinien à des argiles à la base surmontées par une série gypseuse. Le Pliocène est constitué de marnes à sa base, surmontées d'une épaisse série de calcaires récifaux.

ALG-1 : la série sédimentaire se dépose sur un tuf volcano-sédimentaire d'âge anté-Langhien. Le forage n'a pas traversé tout le Miocène. On pourrait rencontrer des séries sédimentaires sous le volcano-sédimentaire. Le Miocène moyen (Langhien-Serravalien) débute par des marnes surmontées de marnes plastiques à passées calcaires. Le Miocène supérieur (Tortonien-Messinien) se caractérise par une série marneuse. Le Pliocène est de nature gréseuse avec des intercalations marneuses.

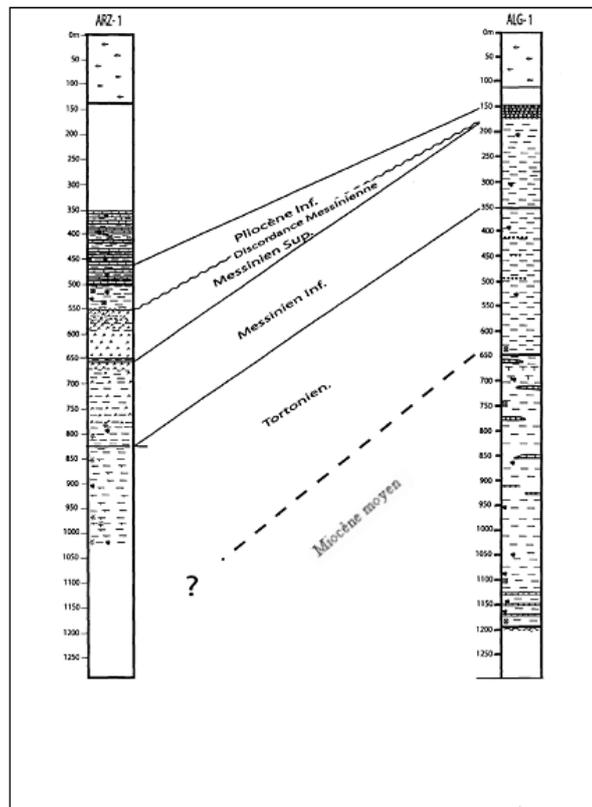


Figure 3: Corrélation entre ALG-1 et ARZ-1(rapport Sonatrach).

3. Marge de Boumerdes

Trois core drill sont acquis pendant la croisière MARADJA 2 à travers la Diapositive B1 illustrent le faciès sédimentaire avec les logs lithologiques

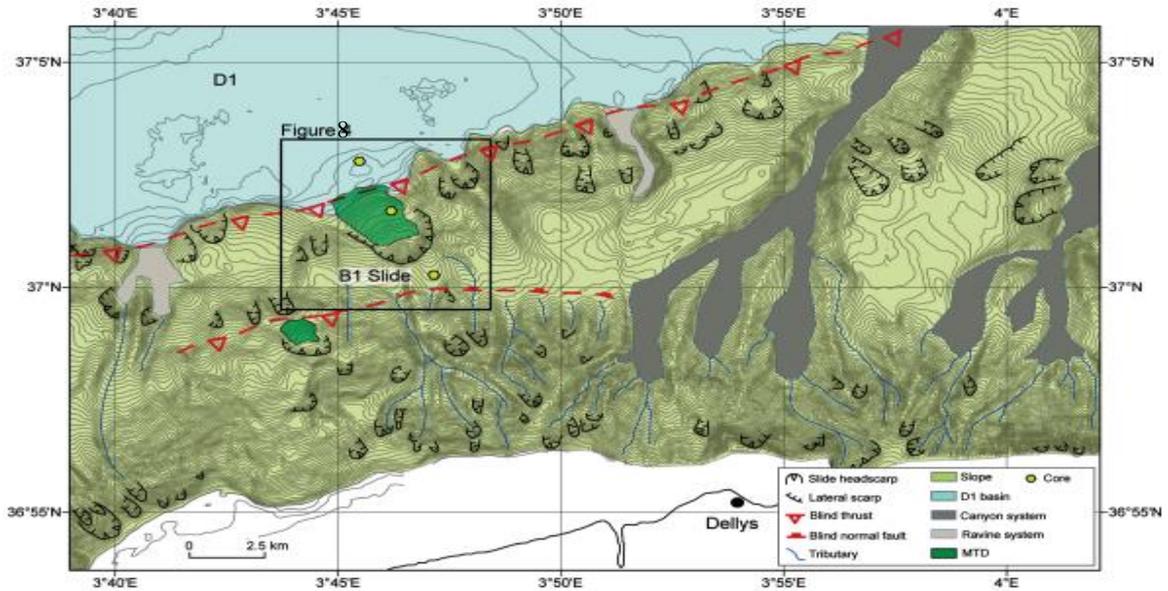


Figure 7: Carte de bathymétrie montre les principales caractéristiques morphologiques de la région offshore de Dellys G. Dan et al. (2010)

trois carottes sont (KMDJ-11),(KMDJ-13),(KMDJ-14) ont été prélevé.

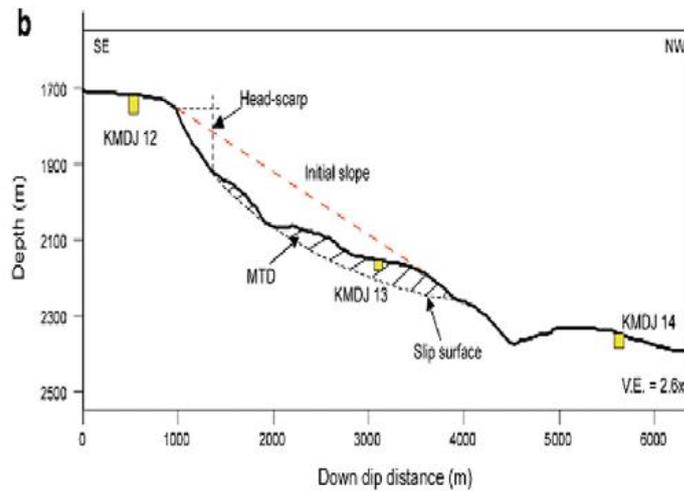


Figure 8: bathymétrie profile. (G. Dan et al. (2010)

- Carotte KMDJ-12 a 6 m de longueur sous une tranche d'eau de 1,700 m (**Fig.8**) sédimentation essentiellement argileux (**Fig.9**)
- Carotte KMDJ-13 a 3 m longueur recouvert par 2,132 m d'eau (**Fig.8**). Les sédiments pour la carotte entière est constitués par des argiles dures, caractérisé par différentes couleur et dimensions (**Fig.9**).
- Carotte KMDJ-14 a 8 m de longueur à une profondeur de 2,312 m (**Fig.8**) sédimentation caractérisé par des argiles silteux avec des intercalations sableuse surmontés par des argiles propres et homogène au sommet. (**Fig.9**).

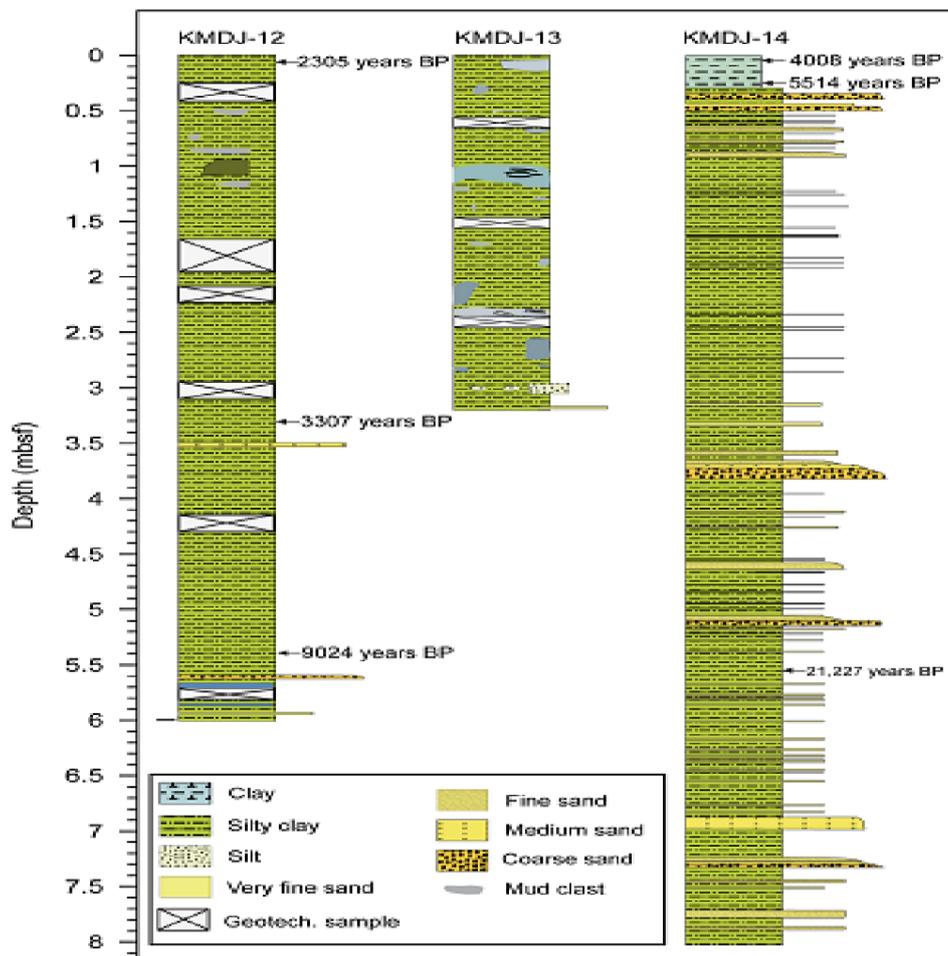


Figure 9: Interprétation des logs des carottes KMDJ-12, KMDJ-13 et KMDJ-14. (G. Dan et al). (2010)

4. La marge des Balears

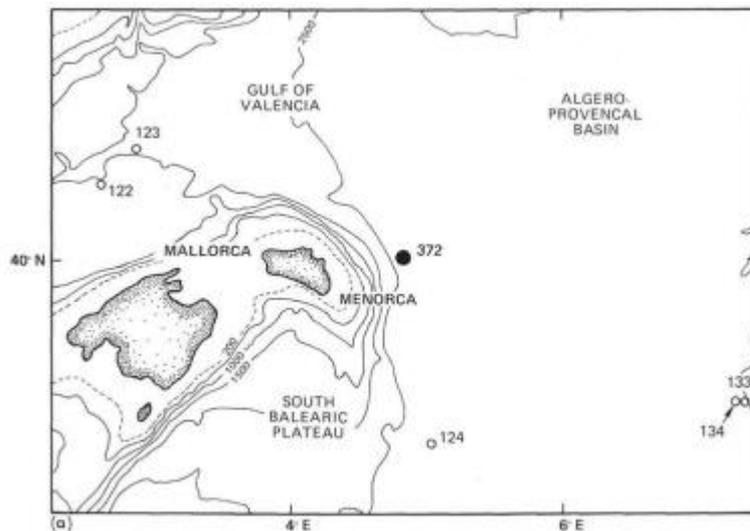


Figure10: position du DSDP 372.

4.1. DSDP site 372 :

Le « Core-Drill » DSDP site 372 a été foré par I.F.P.-C.N.E.X.O en 1978 sous une tranche d'eau très importante de 2699 m. Il est implanté à l'Est de Minorque (**Fig.10**) dans la marge Sud Baléares, dans le but de comparer la géologie de la marge orientale de Minorque avec celle du golfe de Valence (Maufret et al, 1978). Ce forage a traversé une série miocène à plio-quaternaire allant du Burdigalien inférieur au Quaternaire sur environ 885 (**Fig.11**). Ce forage a fourni des informations très utiles sur la sédimentation ainsi que sur l'histoire de la structuration de la Méditerranée Occidentale . Ainsi, trois périodes tectono-sédimentaires ont été mise en évidence par ce forage :

- un stade de rifting Aquitano-Burdigalien.
- un stade de drifting caractérisée par des bassins transportés Burdigalien.
- une période transgressive allant du Burdigalien terminal au Quaternaire. (Maufret et al, 1978).

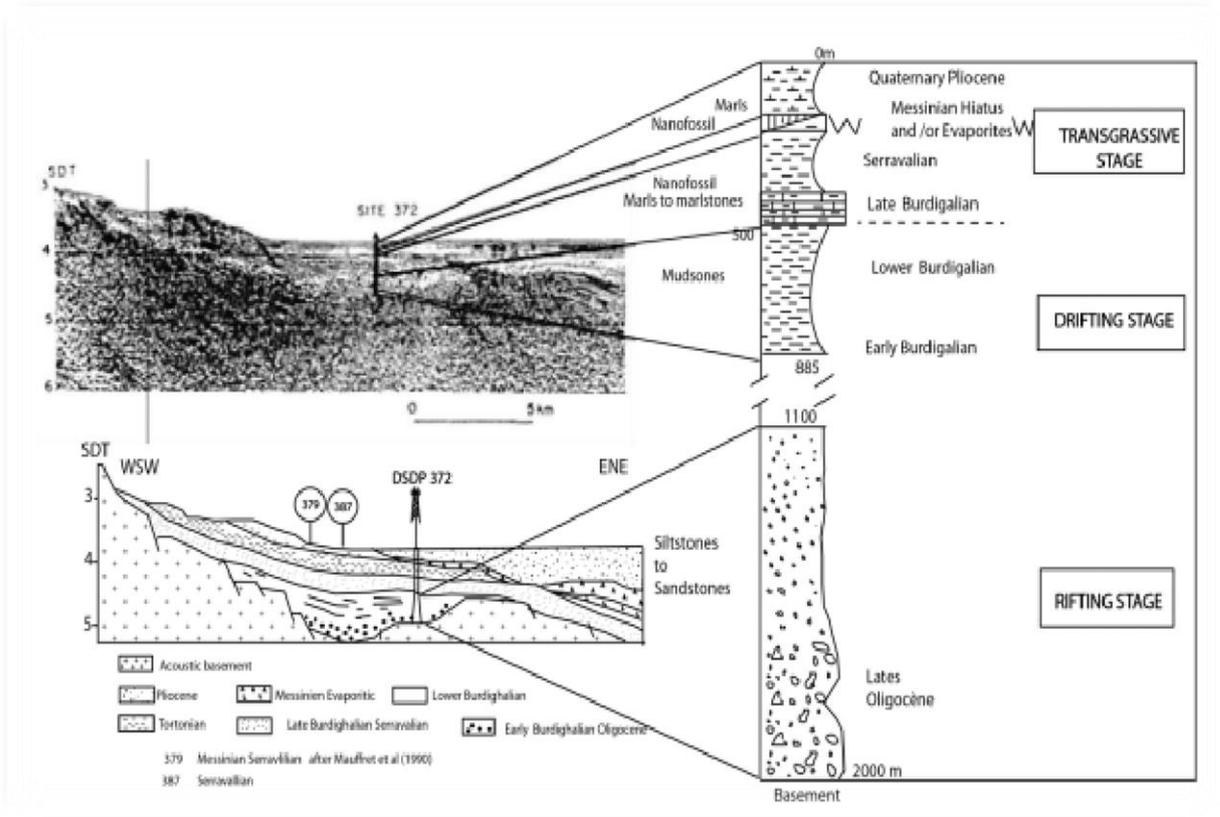


Figure 11: Stratigraphie du forage DSDP site 372 et structures de la marge Est de Minorque (Maufret et al, 1978).

4.2. Les principaux résultats du DSDP 372

Unit	Lithology	Cores	Sub-bottom Depth (m)	Thickness (m)	Age
I	Nannofossil marls	1-3	0-150	150	Quaternary and Pliocene
II	Gypsum and dolomitic nannofossil marls	4-9, 2-4.5 cm	150-199.5	49.5	Upper Miocene
III	Nannofossil marls to marlstones	9-2, 4.5 cm to 33, Section 3	199.5-468	268.5	Middle and lower Miocene
IV	Mudstones to nannofossil marlstones	33-46, Section 4	468-885	417	Lower Miocene

Tableau 3: résultat obtenue à partir de DSDP 372.

III. Données de terrain

Afin de comprendre l'évolution géodynamique et sédimentaire Sud / Nord et la continuité des faciès à terre et en mer du bassin algérien ou plus exactement la marge centrale algérienne ; et essayer de retracer la paléogéographie des deux marges : Sud algérienne et Sud Baléares, il nous faut une bonne corrélation Terre / Mer. Pour cela une mission de terrain a été réalisée à Tizi Ouzou, et a Boumerdès dans les régions suivantes :

- Région de Taksebth
- Région de Makouda.
- La cote de boumerdes, (Rocher noir).

I. La bordure offshore

La marge algérienne est le siège de débat scientifique, plusieurs éléments géologiques ne sont pas contraints notamment pour ce qui concerne les aspects stratigraphiques et les aspects géodynamiques.

Dans ce chapitre sont présentés les résultats de l'interprétation de l'ensemble des données sismiques (02 profils sismique, **Fig.2 et 5**). Celles-ci apportent une vision détaillée des structures et de la sismo-stratigraphie que l'on comparera à ce qui a été fait dans la marge occidentale.

I.1. Analyse des profils sismiques

I.1.1. Aspect stratigraphique

D'après la charte définie par Medaouri et al, 2014; ou il a subdivisé le bassin algérien en sous-unités on a pu identifier ces unités (**Fig. 1**) dans les deux profils sismiques, on distingue de bas en haut :

1. **Le Moho** : Il est difficile à identifier (**Fig.2**) représenté par des réflexions fortes mais discontinues situé entre 8.5 à 8 STD (second time double) parfaitement reconnaissable entre 20 et 40 Km, en allant vers le nord il remonte jusqu'à 7 STD ce qui montre la transition entre la croûte continentale et la croûte océanique ; dans cette partie l'épaisseur de la croûte est de 2.5 STD (correspond à 8Km pour une vitesse de propagation de 6.5 Km/s).

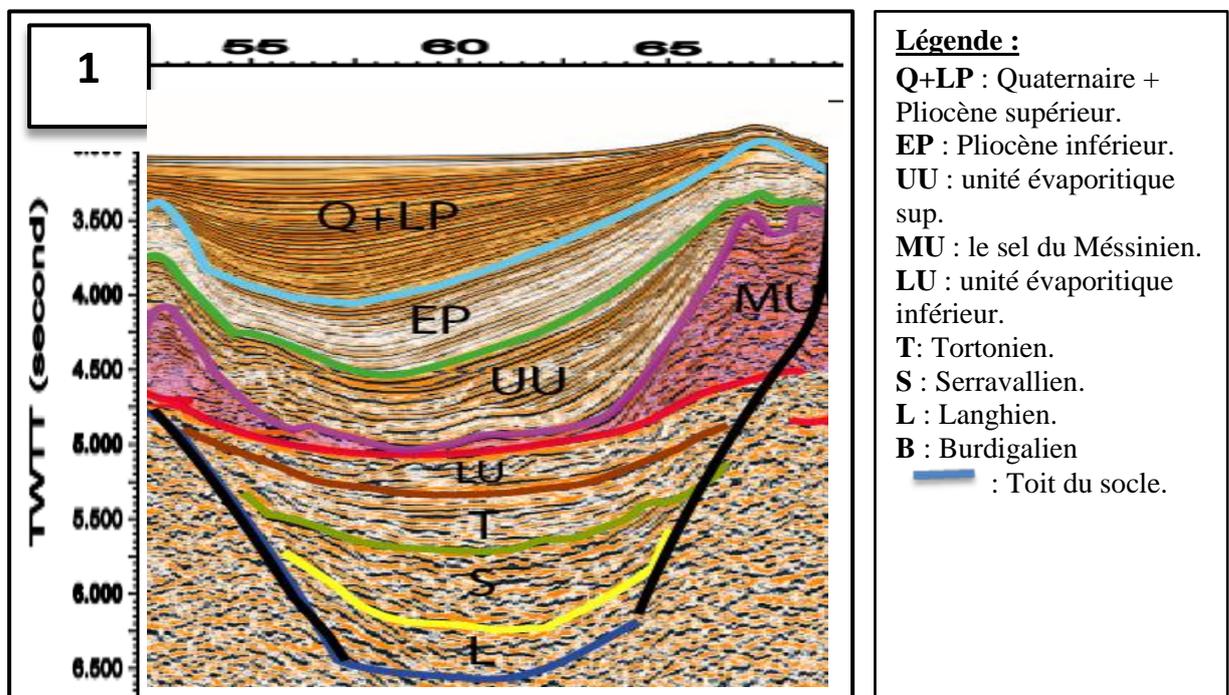


Figure 1 : Graben de Dellys.

2. **Les unités anté-messiniennes (LB.L.S.T) :** localisées entre 6.5 et 4.75STD¹(TWTT)² affecté par des failles normales (**Fig.2**) s'étend jusqu'au toit du Serravallien. Le Tortonien étant bien identifié par une bande de réflexion de faible amplitude correspondant à des marnes gréseuses montrant la discordance intra Miocène ou la discordance majeure « Break-up unconformity » Medaouri , 2014 .

3. Les unités messinienne (LU.MU.CU)

Contrairement aux unités précédentes, les unités messinienne sont continuées dans tout le bassin Algérien couvrant ainsi la croûte océanique.

1. **La base des sels:** c'est un réflecteur très marqué d'un temps de 4.5 STD (**Fig.19**), on ne pourra jamais le rater, il est toujours plat et de forte amplitude. C'est une discordance qui annonce le début du confinement de la Méditerranée Occidentale.
2. **LU (Lower-Unit de Lofi et al, 2011):** observé à 4.5 std de 15 jusqu'à 60 Km couvrant le Tortonien .
3. **MU (Upper –Unit de Lofi et al, 2011) :** correspond à des dépôts salifères parfaitement reconnaissables grâce à leur aspect chaotiques transparent de faible amplitude et de faible fréquence perçant le UU et peut parfois atteindre la surface (diapir) (**Figure 20**).
4. **UU : (Upper –Unit de Lofi et al, 2011) :** ce sont les évaporites supérieures du Messinien marquées des réflecteurs de forte amplitude et de forte fréquence déposés généralement en on laps au pied des marges. Elle comprend des marnes dolomitiques et des anhydrites d'après les forages en Méditerranée, son toit correspond à une surface d'érosion qui constitue la base de la sous-unité EP.

5. L'unité post-messinienne (EP.LP .Q)

Les dépôts plio-quatérnaires montrent un grand changement de faciès correspondant à une phase transgressive suite à l'ouverture du détroit de Gibraltar au Zanclean est le renvoi de l'eau de l'océan Atlantique vers la mer Méditerranée traversée par des failles actives (Medaouri 2014) .

1. **EP (early Pliocène) :** caractérisé par une couleur blanchâtre correspond à des réflecteurs de faible amplitude et de fréquence de nature gréseuse avec des intercalations marneuses (forage ALG 01)/
2. **LP (late Pliocène) :** sable et marnes carbonatées.
3. **Q (quaternaire) :** réflecteurs généralement horizontaux à haute fréquence et haute amplitude.

¹ STD : Seconde Time Double.

² TWTT : Tow Way Travel Time.

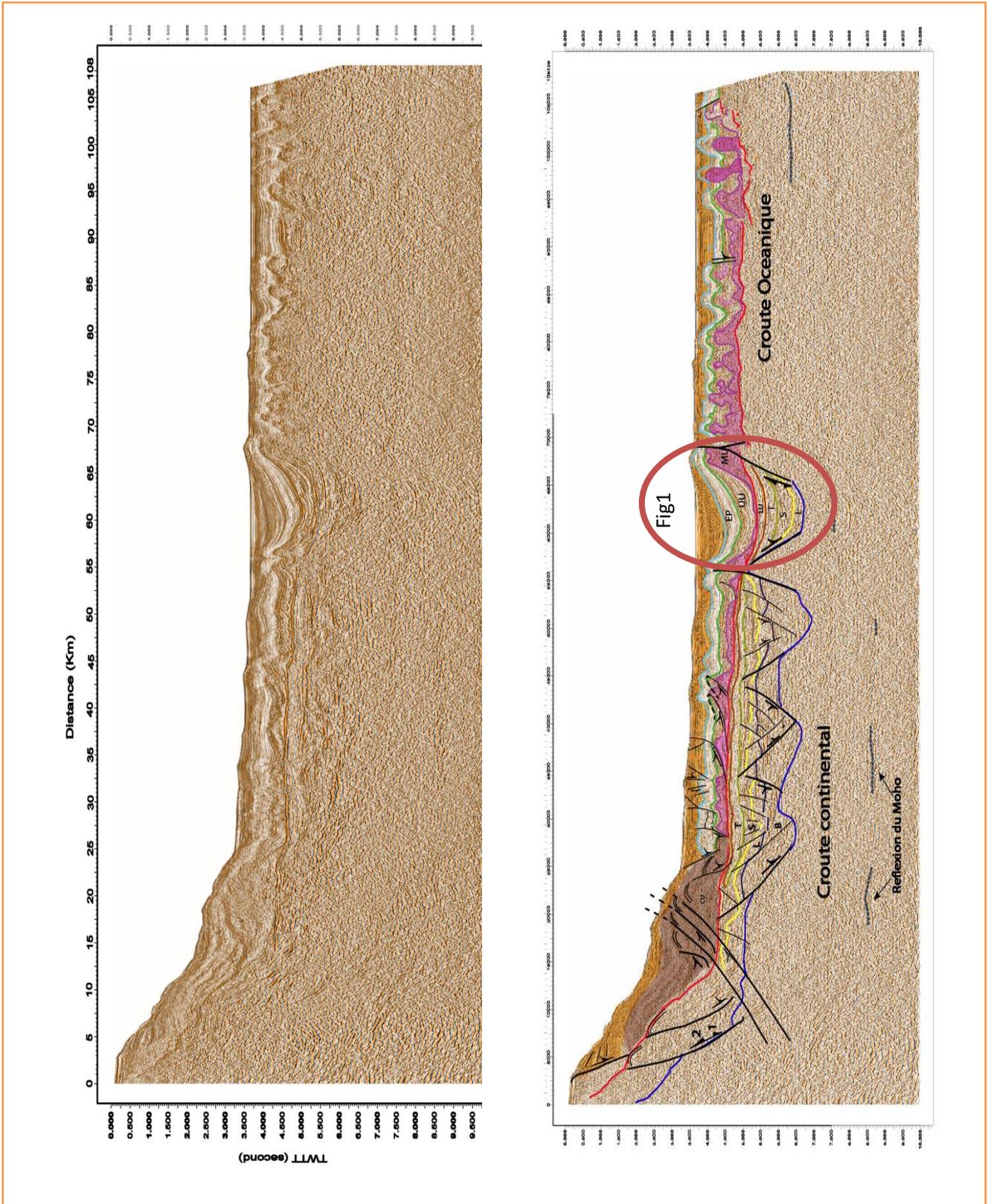


Figure 2: coupe sismique NNW-SSE (Cap Djenet).

I.1.2. Evolution tectonique de la marge de Boumerdes-Alger

I.1.2.1. la phase distensive (synrift)

Le socle est structuré en horst et graben (Fig. 2 et 7) formés par des failles normales de direction presque E-W (Fig.3) indiquant que la marge a subi une phase distensive. Ce mouvement de distension correspond à la deuxième ouverture du bassin Algérien au Burdigalien ; cette ouverture s'est manifestée sur toute la marge algérienne (Medaouri 2014).

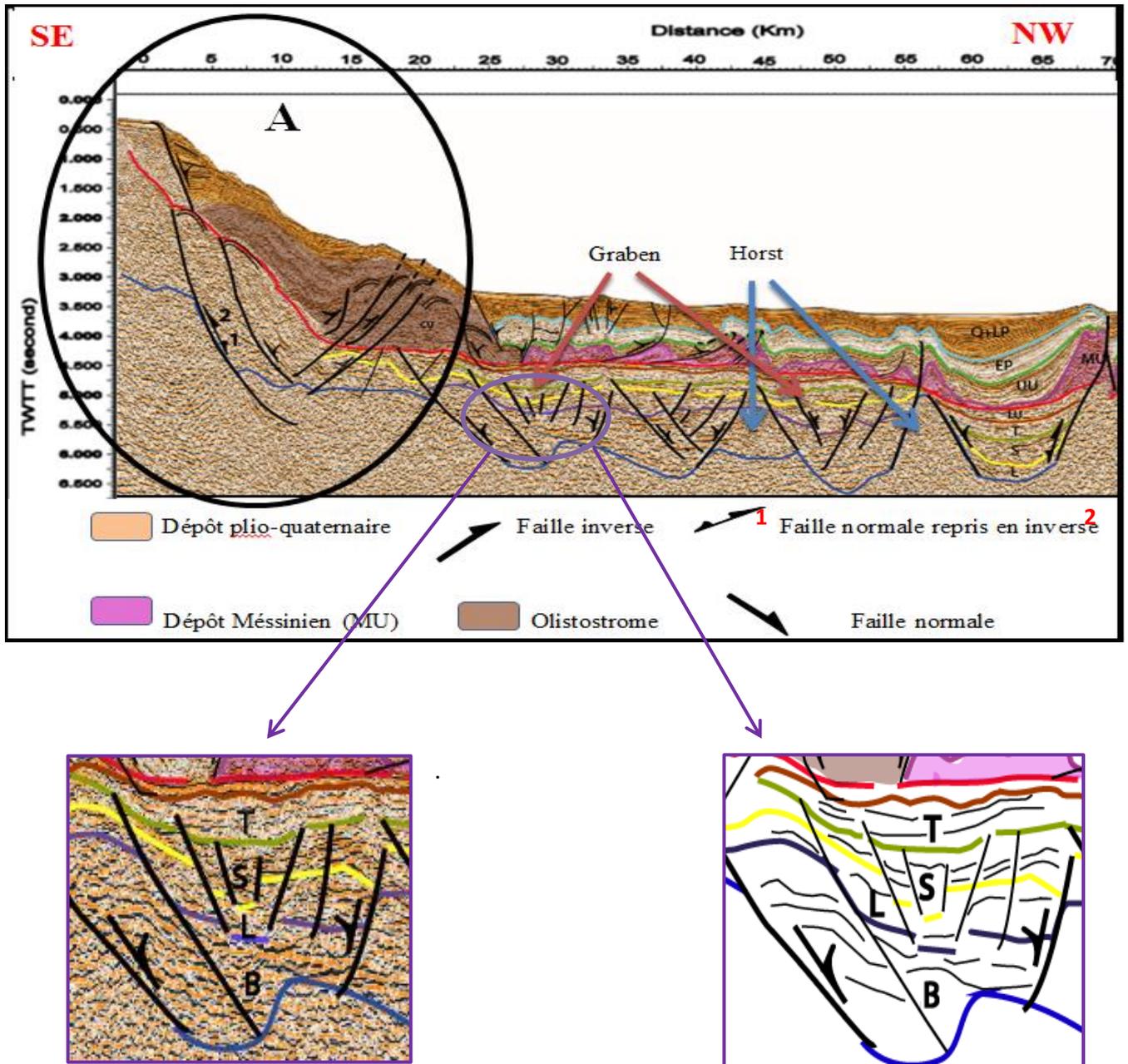


Figure 3 : section sismique NW-SE montrant des structures en horst et graben.

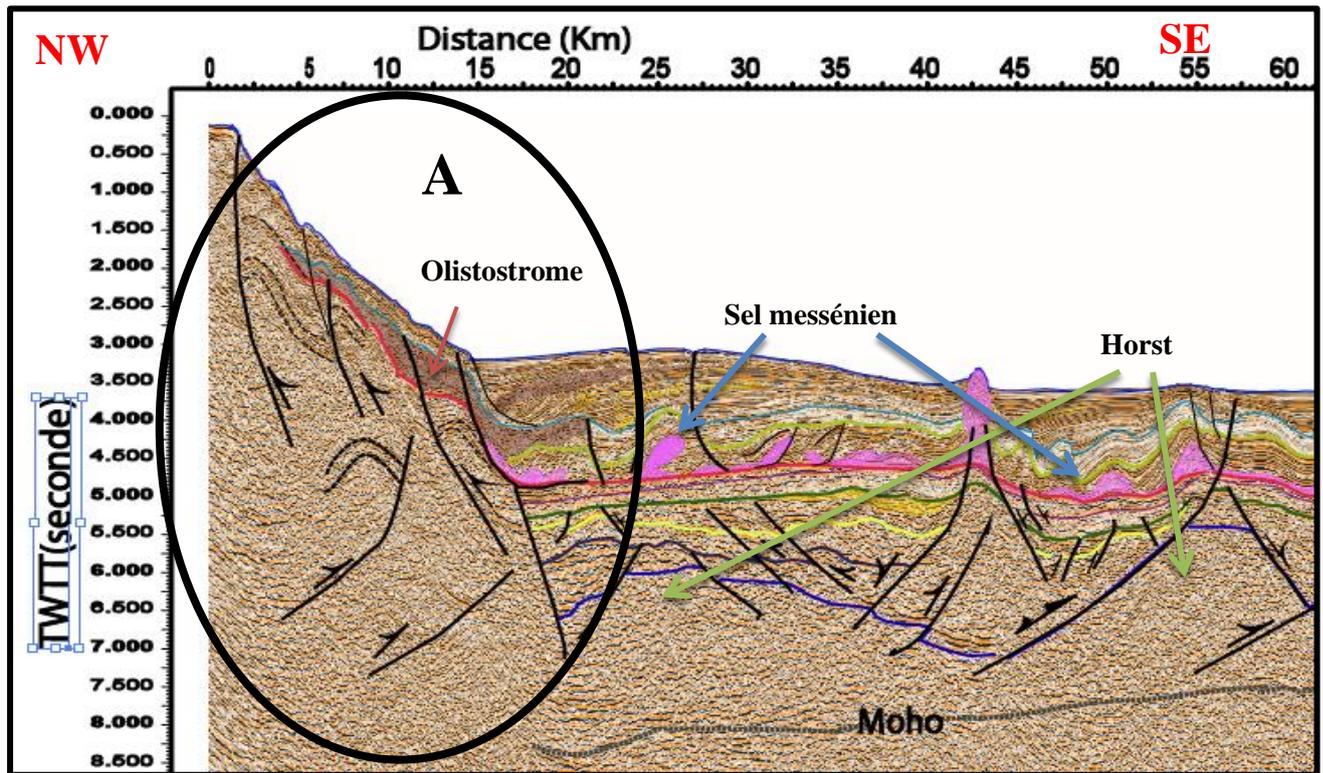


Figure 4: section sismique montrant la transition entre le talus et la plaine abyssale.

Les indices de l'ouverture du bassin Algérien sont observés le long des lignes sismiques, mais la direction d'ouverture et à discuter puisque ils ne montrent pas la même morphologie et le même aspect structural.

Les deux coupes sismiques montrent deux aspects différents de la marge :

1. La croute continentale est plus large à Alger qu'à Dellys.
2. On remarque que le talus continental est très abrupt dans la partie occidentale (Alger-Boumerdès) (**Fig.4-A**) que dans la partie orientale de la marge (Boumerdès –Dellys) (**Fig.4-B**).
3. le socle dans la coupe (B) est structuré en bloc basculé contrairement à celui de (A) qui montre seulement deux failles normales.
4. Pour l'olistostrome on voit bien qu'il est très développé à l'Est de la marge qu'à l'Ouest où il est presque absent.

Toutes ces observations nous amènent à penser que ces deux sections sismiques appartiennent à deux segments différents de la marge, indiquant ainsi un type mixte de la marge algérienne.

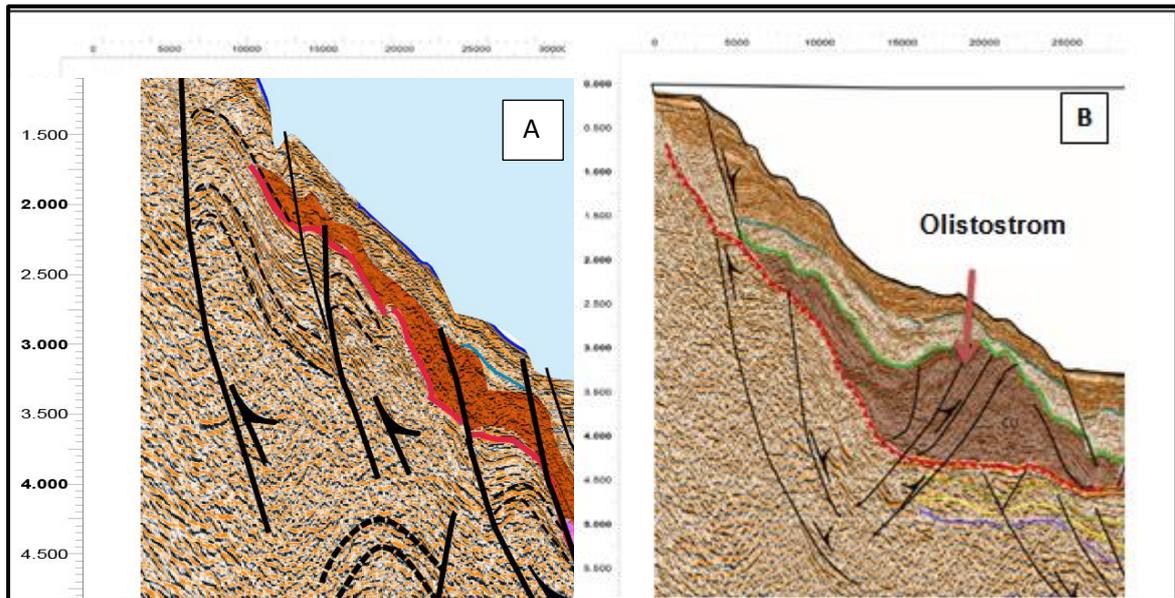


Figure 5 : sections sismiques montrant la différence entre le Talus continentale. (A) Aine Taya : la marge de Boumerdes présence des bourrlets inversion des contraintes ; (B) Cap Djenet : structure moins complexe

Le fort pendage du Talus dans la partie ouest (**Fig.5**) est l'héritage du mouvement Est-West du block d'Alboran qui a fait découper les blocks en les écrasant et les charriant vers l'ouest (**Fig.I.2**).

En plus de ce talus abrupt, on distingue un plateau continental très réduit ; ce qui a permis de classer le bassin Algérien en type Deep bassin.

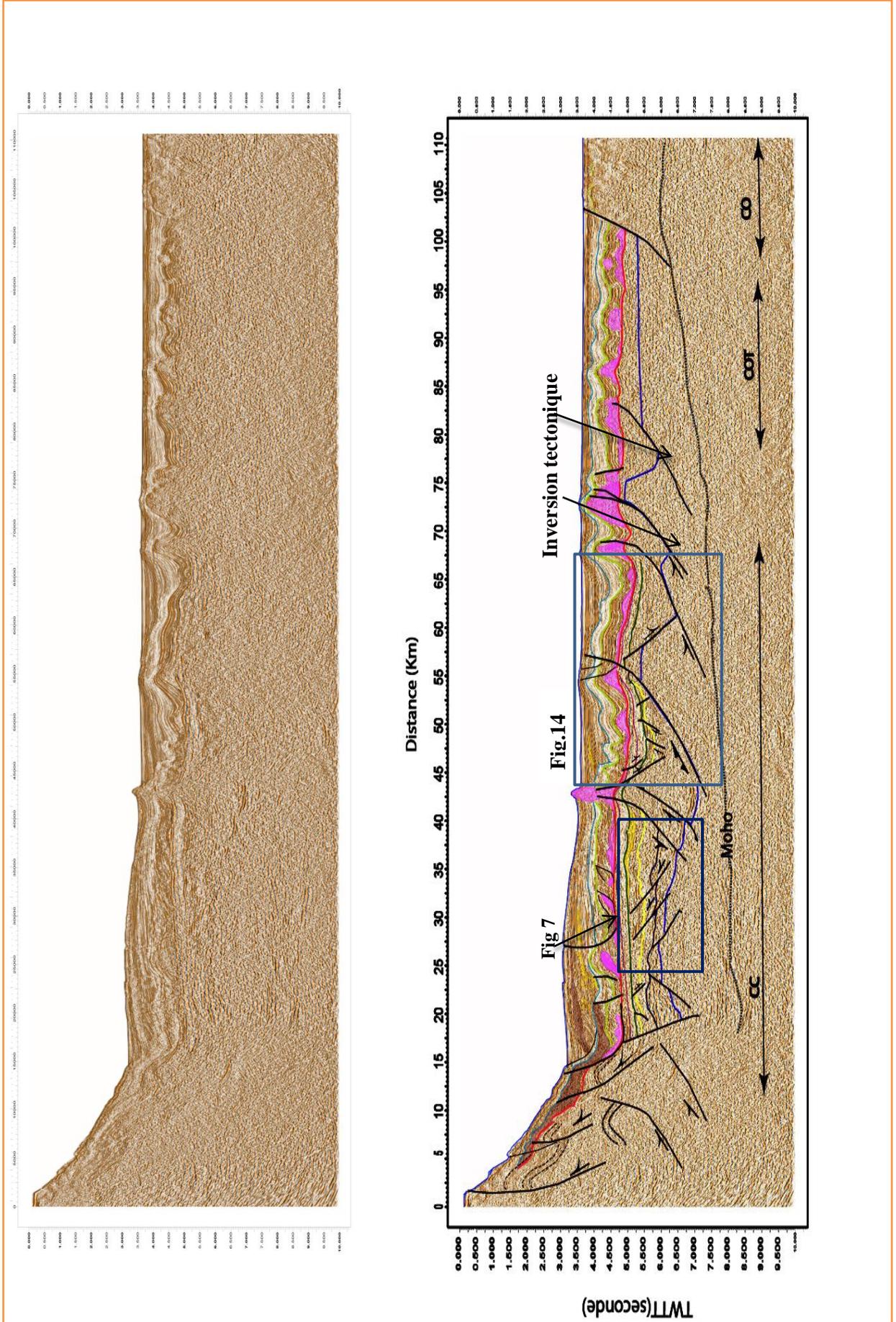


Figure 6: coupe sismique NNW-SSE de AirTaya.

I.1.2.2. La phase post rift

Sur le socle sont déposés en discordance des sédiments synrift allant du Burdigalien jusqu'au Serravallien. Le Tortonien les couvrent par une séquence blanchâtre (**Fig.7**) indiquant un milieu marin profond typiquement stable qui sépare les phases synrift et post rift (discordance intra tortonienne).

L'épaisseur des dépôts synrift à l'Est (Cap Djenet) (**Fig.2**) est plus grande que celle de la marge d'Alger (**Fig.6**).

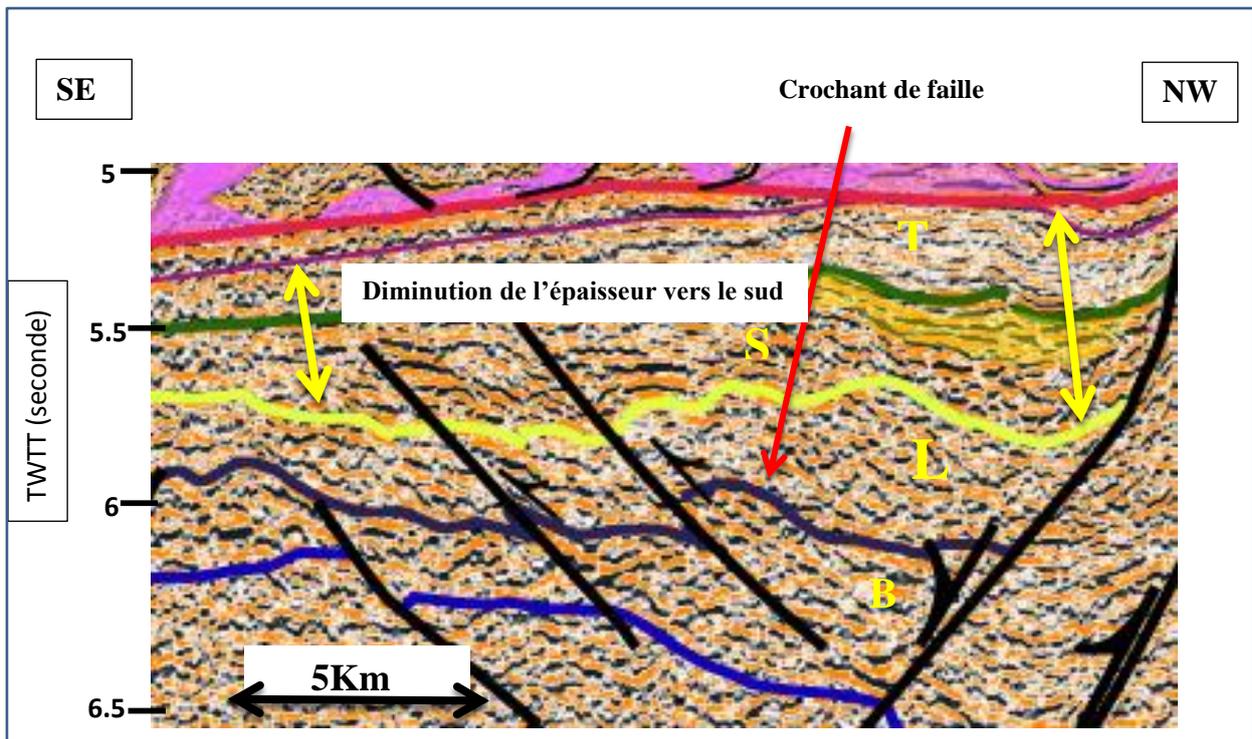


Figure 7 : section sismique montrant une structure en éventail sédimentaire et les indices d'inversion.

Les failles normales synsédimentaires ont donné naissance à des structures sédimentaires en éventail, et des biseaux sous-marins, une partie de ces failles normales qui ont structuré le socle sont reprises en inverse ce qui est marqué par la présence des crochons de failles (**Fig.7**) le long des sections sismiques.

I. La crise messinienne

Le bassin nord algérien, comme l'ensemble de la Méditerranée, a subi une épisode de très bas niveau marin (crise messinienne, 5.9-5.33 Ma) due à la fermeture du détroit de Gibraltar au cours duquel s'est déposée une couche de sel de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Ces couches ont subi une déformation typique (tectonique salifère) formant des diapirs et des dômes de sel au large du bassin algérien connus sous le nom de MU (Mobile Unit) (**Fig.8 et 13**). La base des sel qui constitue la discordance messinienne est parfaitement reconnaissable sur les deux coupes sismiques dans le Bassin Algéro-Provençal quelques horizons de la série évaporitique contiennent

des diatomites finement laminées dont la flore indique un milieu saumâtre- d'après les Forages JOIDES-DSDP 372.

2. Les contraintes tectoniques tangentielles compressives

Dans un bassin évaporitique soumis à des contraintes compressives, la couverture sédimentaire en se plissant absorbe les effets de cette contrainte, le sel sous-jacent incompressible agit plutôt comme une couche de décollement qui favorise le chevauchement voire même le charriage de plusieurs panneaux.

Ce mécanisme produira des hétérogénéités dans la couverture sédimentaire qui facilitera la croissance de diapirs (**Fig.13**) et de structures salifères particulières tels que les anticlinaux (**Fig.10**) l'ensemble étant créé par les effets de la compression(**Fig.11**).

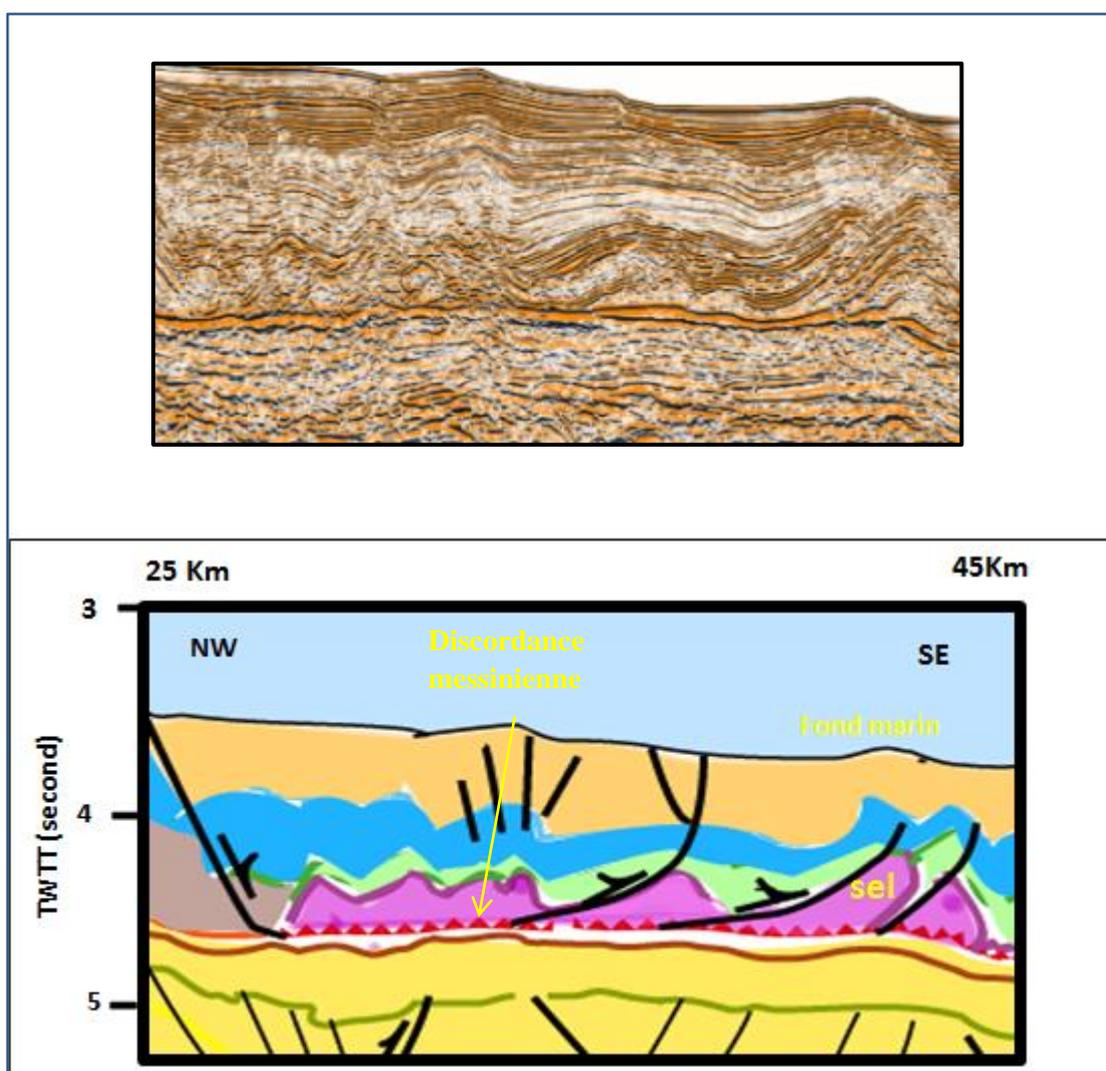


Figure 8 : section Sismique nord sud etrait de la coupe de Ain Taya montrant la tectonique salifère.

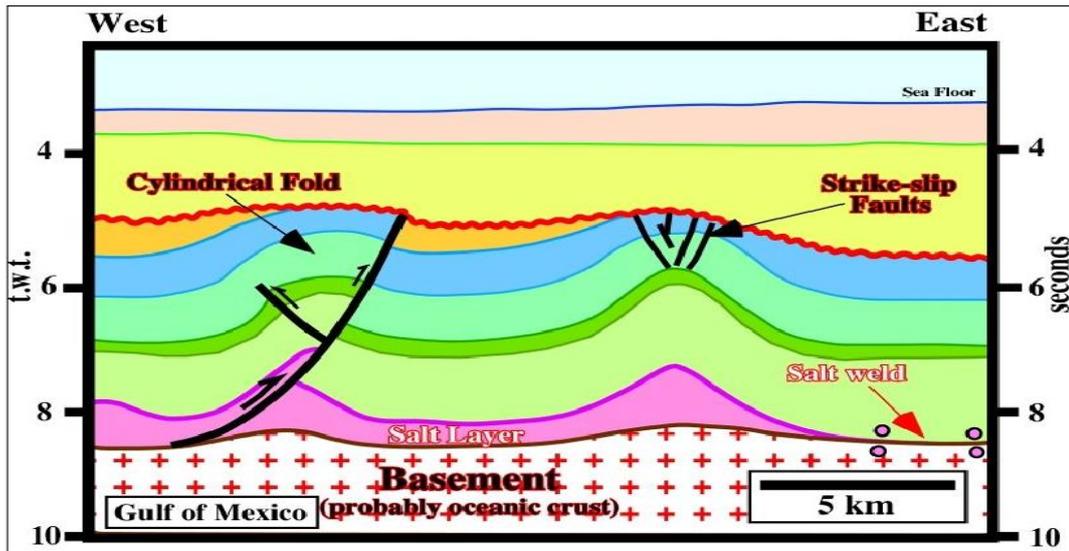


Figure 9 : Un exemple analogique du golf de Mexique.

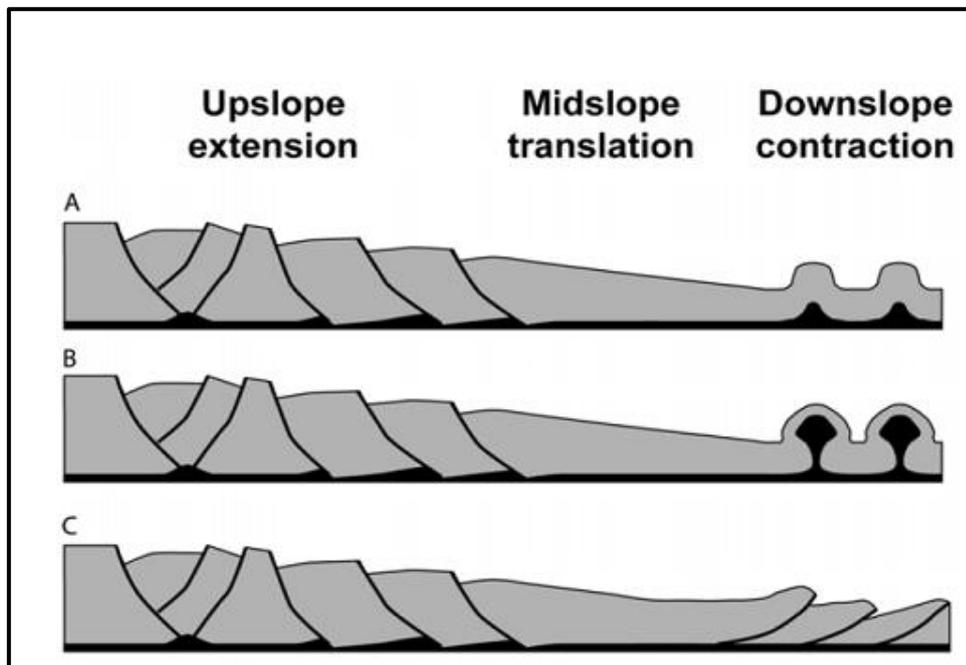


Figure 10: Modélisation du glissement d'une couche de comportement ductile sur une pente basale et déformation induite cassante des sédiments sus-jacents (Venderville, 2005). A : extension en amont et formation d'anticlinaux salifères en aval ; B : extension en amont et formation de diapirs en aval et C : extension en amont et chevauchements en aval.

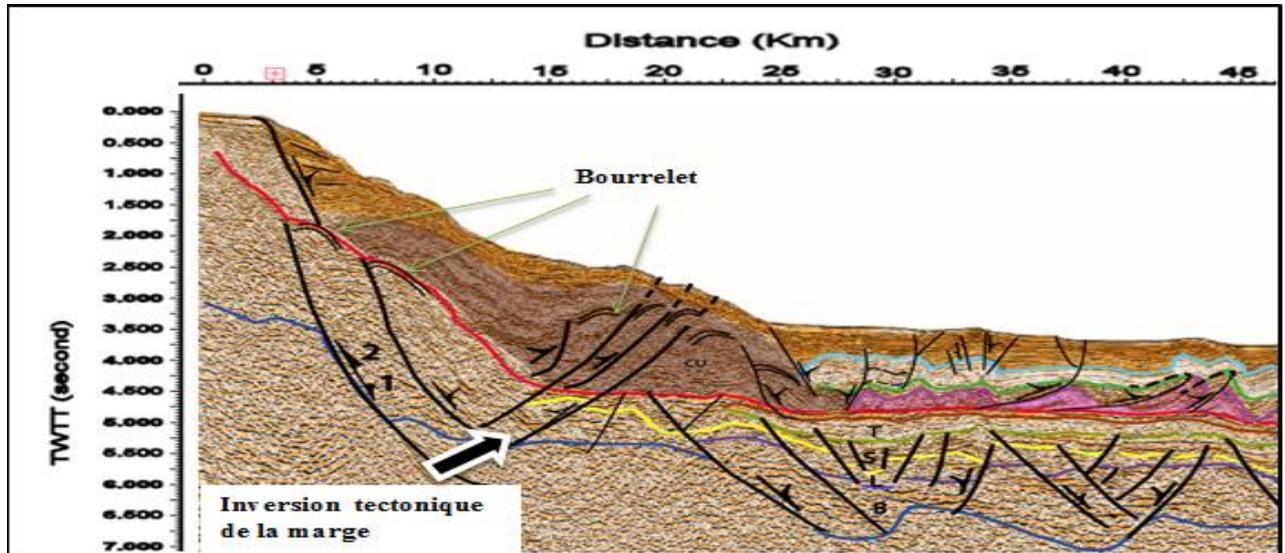


Figure 11 : tectonique salifère type c.

L'intercalation des glissements de masse (CU) au sein des évaporites supérieures (MU) (Fig.11). Sous ces corps détritiques, on voit seulement la surface basale du sel : tout le sel a été expulsé au large.

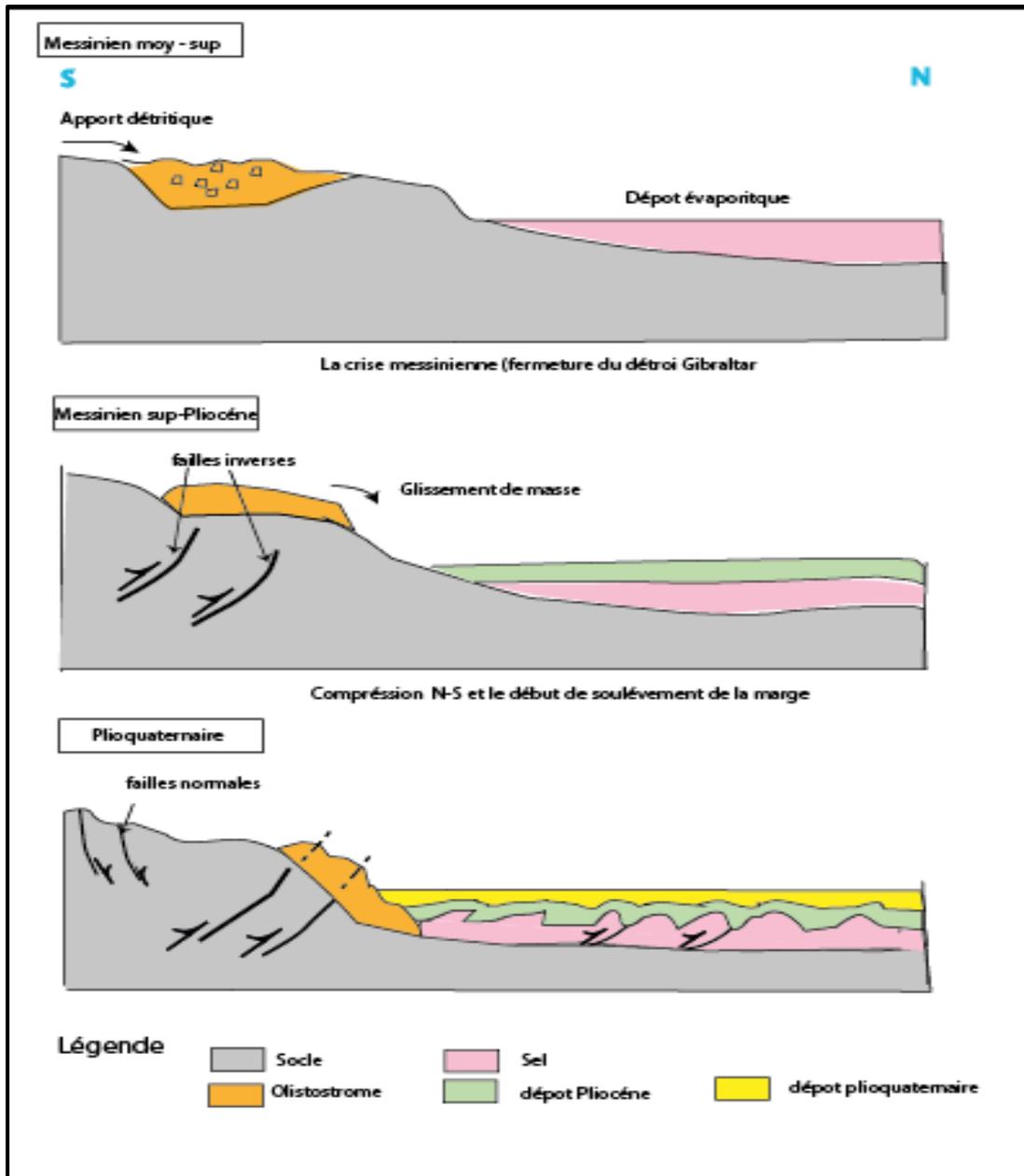


Figure 12: Schéma descriptif de l'évolution de la tectonique salifère au niveau de la marge de Boumerdes.

Des anticlinaux sont formés au niveau du bassin profond dans l'offshore Alger-Boumerdes-Dellys suite à la tectonique salifère. Les sels messéniens sous l'effet de la compression N-S, sont remontés en perçant les formations sus-jacentes formant ainsi des dômes de sel et des structures plissées (Fig.13).

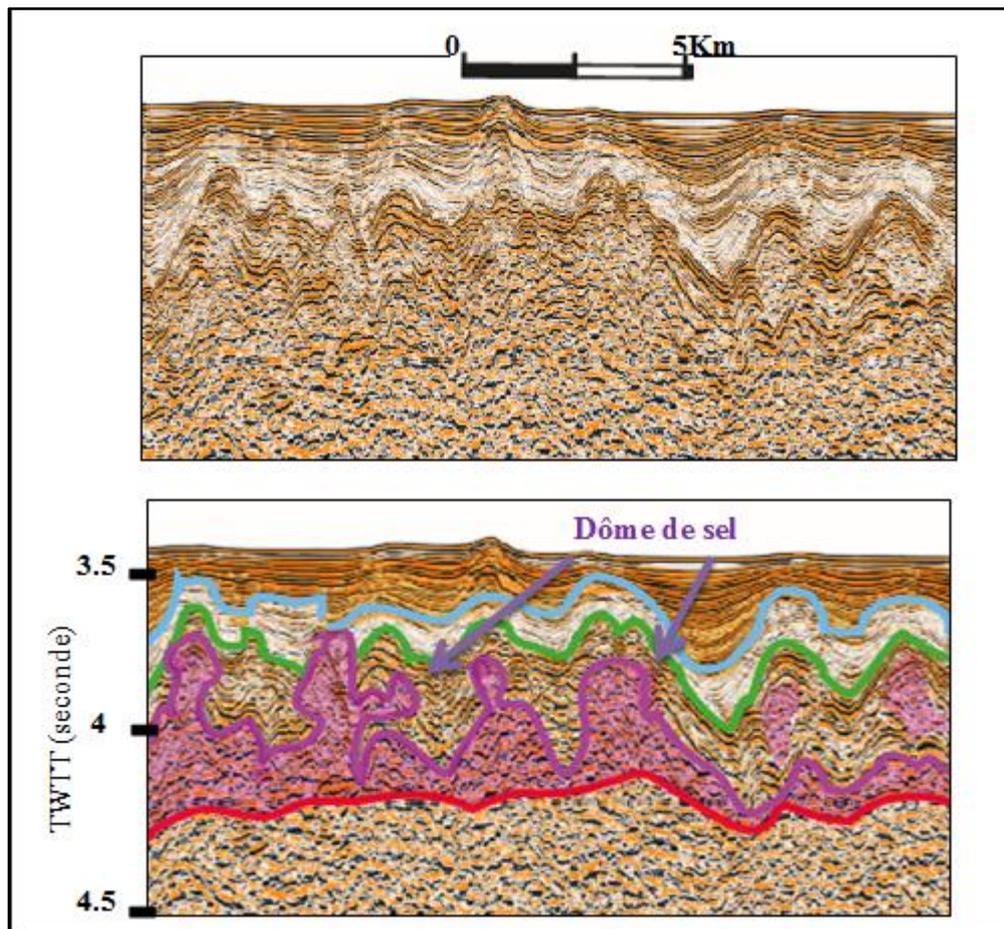


Figure 13: section sismique montrant les structures anticlinales.

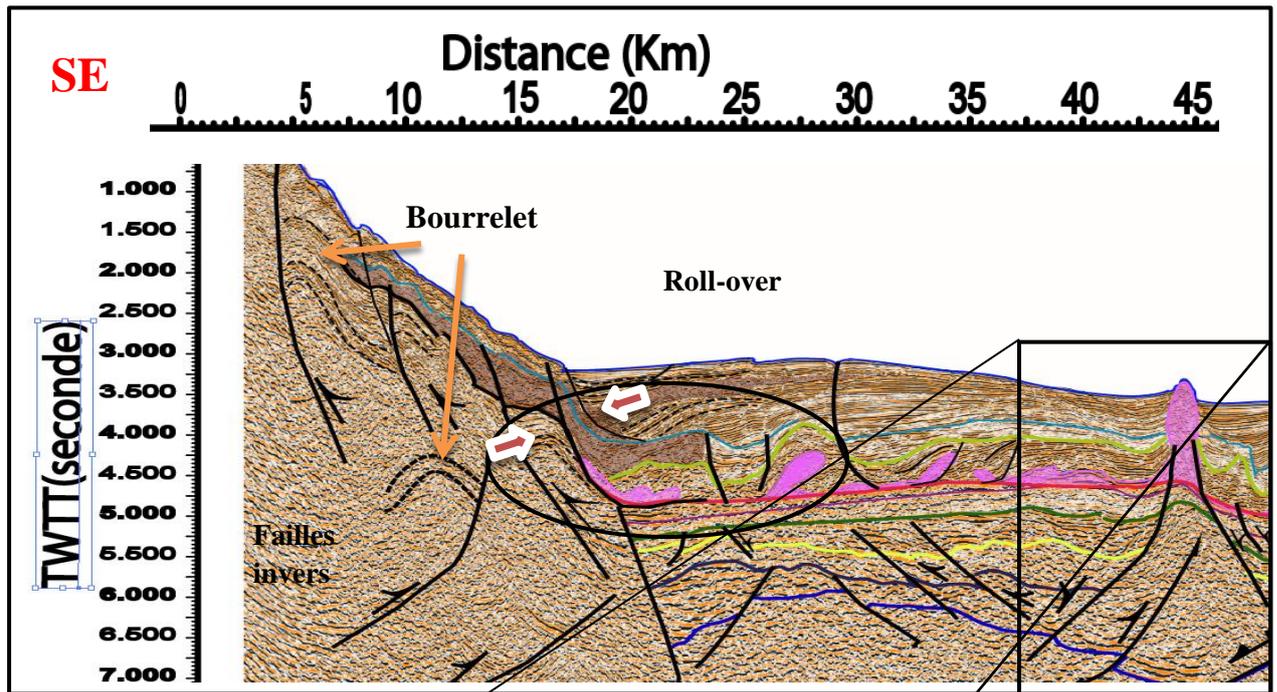


Figure 14: coupe NW-SE de Ain Taya montre une tectonique salifère type B

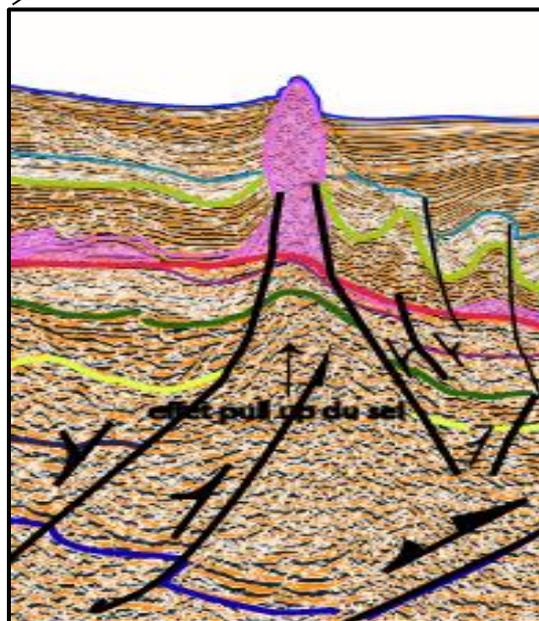


Figure 15: diapir salifère.

Deux hypothèses peuvent être proposées concernant cette structure :

1. Un Diapir Salifère remonté à cause de la compression et l'absence de l'observation des réflexions sismiques au-dessous est dû à l'effet de sel qui absorbe l'énergie donc tous le signale sismique est réfléchi.
2. Un volcan de boue marneuse du Langhien : les marnes ont été très imprégnées d'eau et avec la compression elles sont remontées sous forme d'un volcan de boue.

I.1.2.3. L'inversion plio-quadernaire de la marge

le pied de la marge est caractérisé par la présence des structures en rollover, ces rollover sont formé par une faille listrique synsédimentaires, ces failles listriques ont pris naissance suite au soulèvement de la marge liée à l'inversion de son mouvement tectonique vers le nord (Fig.12).

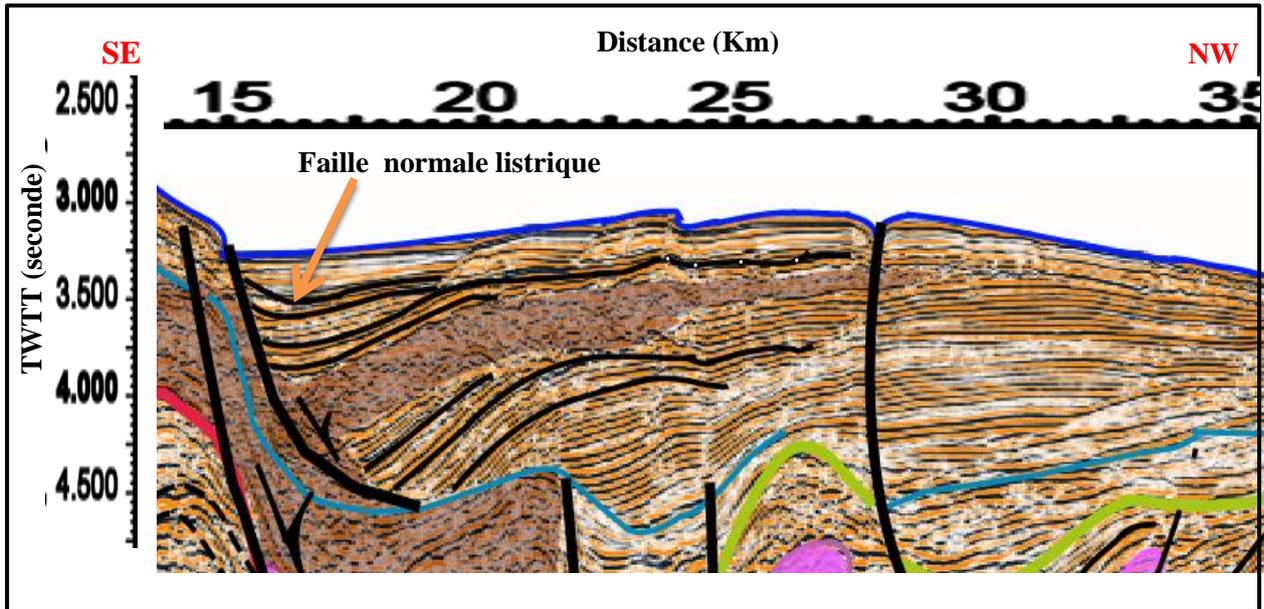


Figure 16: coupe sismique montrant une structure en rollover (zoom à partir du Figure 28).

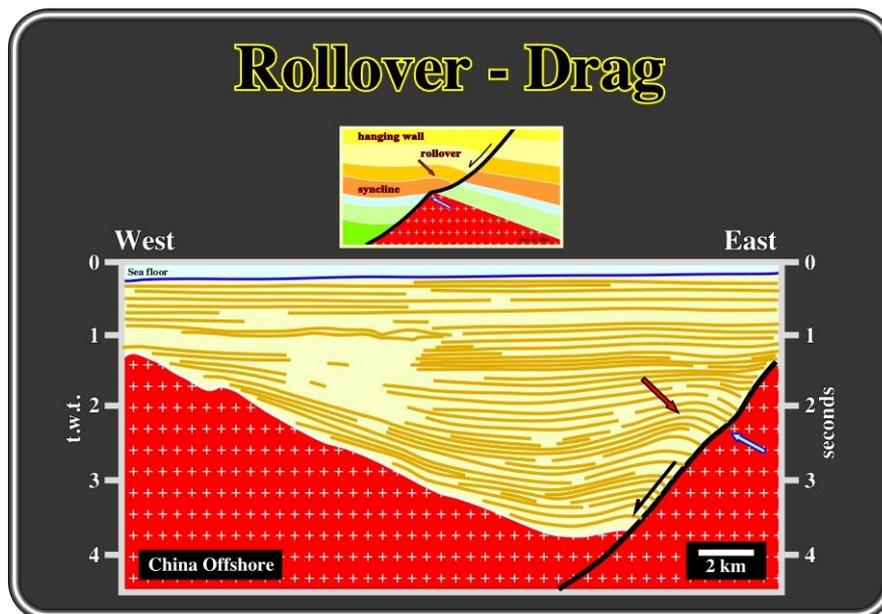


Figure 17: exemple d'un rollover dans l'offshore de la Chine.

Les failles normales qui ont structuré le socle sont reprises en inverse au bord des failles inverses marquées par la présence des bourrelets (**Fig.14**) ; Ces mouvements compressifs liés à la collision Europe-Afrique sont à l'origine du soulèvement du socle au Tortonien (Medaouri et al 2014).

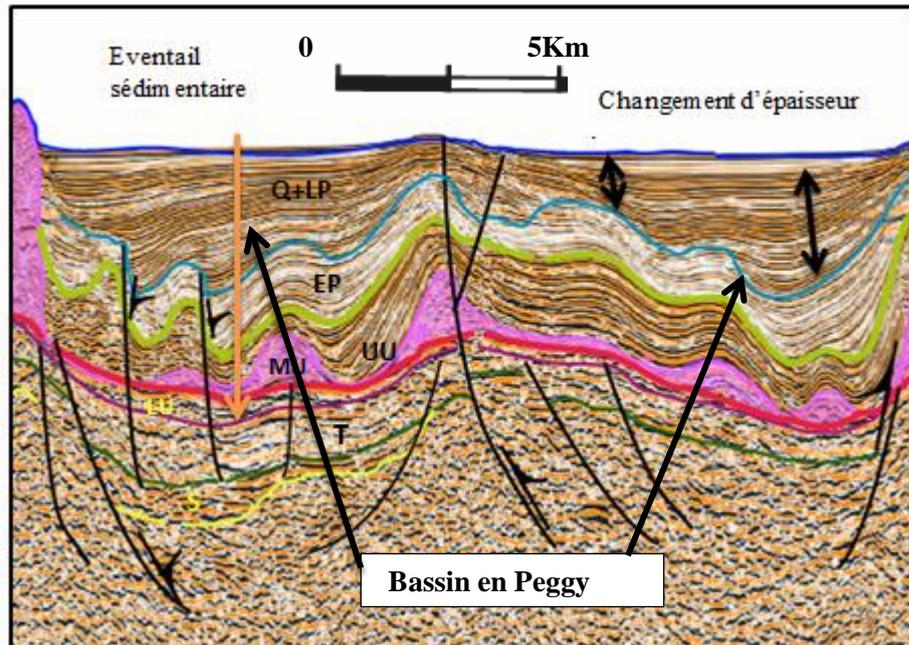


Figure 18 : section sismique montrant les bassins piggy back .

La compression N-S entre l'Europe et l'Afrique est reprise en inverse vers le nord (inversion tectoniques plio- quaternaire) cette inversion est plus remarquable à Alger qu'à Boumerdes, elle est marquée par des grandes failles inverses vers le nord (**Fig.5**) et des bassins transportés (**Fig.18 ;19**)

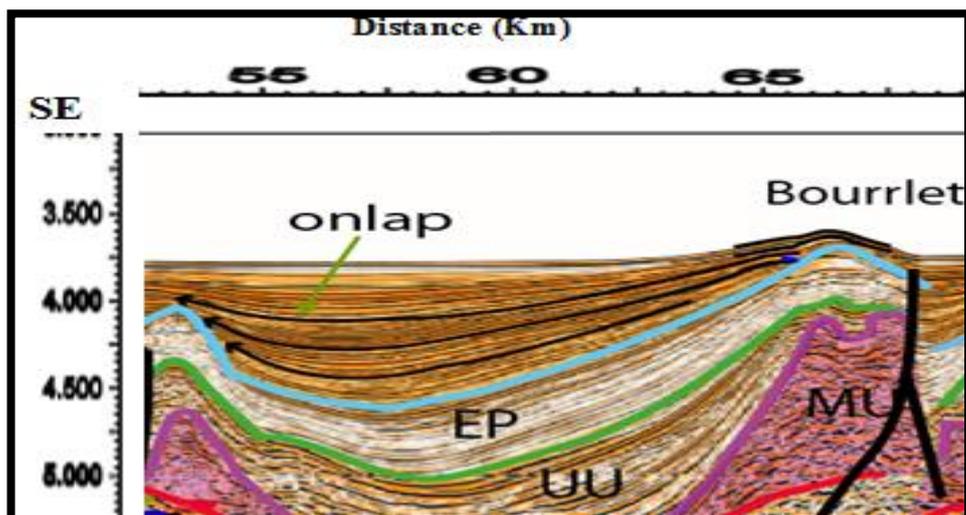


Figure 19 : section sismique montre un Bassin Piggy-back (Bassin transporté) (coupe cap Djenet).

Dans les bassins transportés (Peggy-back bassin) définis la zone de transition entre la croûte continentale et la croûte océanique (**Fig.2;5**) la série sédimentaire est complète débute par le Langhien jusqu'aux Plio- Quaternaire. Cette structure montre une compression vers le Nord (faille normale reprise en inverse) ce qui représente un indice de l'inversion tectonique.

I.2. La corrélation en offshore des séries sismo-stratigraphique

Après avoir reconnu et identifié les faciès sismo-stratigraphique de la marge d'Alger-Boumerdes, il s'avère qu'une corrélation est intéressante à faire pour comparer les bassins offshore de la marge centrale et la marge occidentale. On a pu dégager une parfaite corrélation (**Fig.20**).

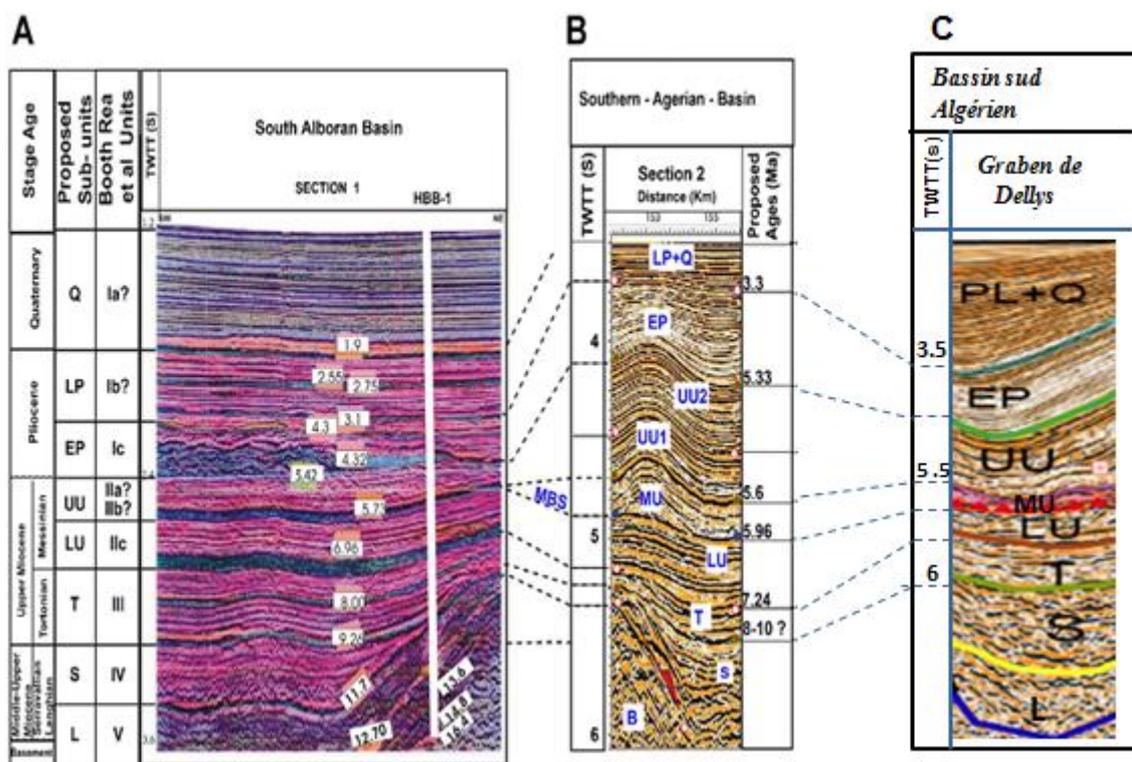


Figure 20 : Corrélation sismo-stratigraphique entre le bassin d'Alboran, le bassin Sud algérien et le bassin de Boumerdes.

II. La bordure Onshore

II.1. Bassin de Tizi Ouzou

II.1.1 Situation des coupes litho stratigraphiques

La réalisation d'une reconstitution tectono-sédimentaire du bassin passe par plusieurs étapes d'interprétation, celle qu'on a entreprise concerne des données recueillies sur les affleurements de terrain. A cet effet, des coupes ont été levées dans le but de reconnaître les différentes formations et de suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps.

Dans le but d'avoir le maximum d'information possible sur l'évolution de la marge dans cette partie du bassin, deux coupes ont été levées (**Fig. .21**) une coupe à l'ouest du barrage Taksebt, coupe de Makouda.



Figure 21: Photo satellite tirée de Google Earth montrant la région d'étude et la position des différents coupes lithostratigraphiques.

I.1.2. Coupe de Taksebth (côté ouest)

La coupe d'orientation SE-NW, se situe du côté Ouest du barrage Taksebth (**Fig.22**). Elle montre des dépôts Miocène en contact anormal avec les schistes du socle Kabyle (**Fig.23**).



Figure 22: photo satellite de Google Earth de la situation et l'orientation de la coupe.

- Le socle est structuré en petit bloc basculé séparé par des failles normales (**Fig.23**). Une série conglomératique à la base, montrant un conglomérat polygénique discordant sur le socle, constitué par des éléments arrondis, ce niveau de base est surmonté par des grès au sein desquels se présentent des passés micro conglomératique, des petits niveaux ferrugineux et des traces de bioturbation.



Figure 23: photos montrant le contact entre le socle et les terrains post-nappes.

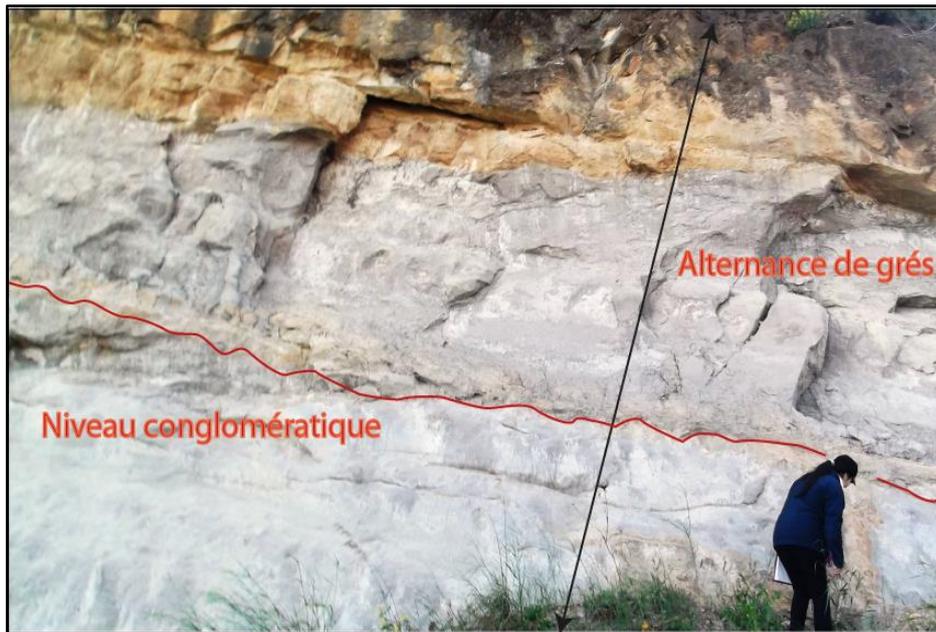


Figure 24: Alternance des grés (grisâtre) Burdigalien avec les grés (beige) Langhien.

- La série gréseuse à passées micro conglomératiques forment une falaise de grés d'environ 60 m.
- Une alternance de grés (gris à la base surmonté par des grés beige au sommet) renferme des terriers ainsi que de bivalve (**Fig.25**) les grés laissent place progressivement au marne grise du Langhien -Serravallien dont l'épaisseur peut atteindre 100m (**Fig.26**).



Figure 25 : photo montrant un bivalve dans les grés.



Figure 26: Les marnes grises et bleues du Serravallien.

Age	Echelle	Lithologie	Description
Serravallien	500m		Marnes grises
			Marnes gris avec des intercalations des bancs gréseux à ciment calcaire
Burdigalien terminale	0m		Grés massif de couleur brunatre.
			Grés grisâtre intercalé par des cheneaux conglomératique
			Grés biege à bioturbation ,Bivalves, slump
			Conglomérat de base à éléments arrondis hétérogènes
			Socle

Figure 27 : Colonne litho-stratigraphique synthétique du barrage de Takesbth.

II.1.3. Coupe de Makouda :

Les observations sont faites le long du chemin reliant le village de Makouda et Ichikar (**Fig.28**).

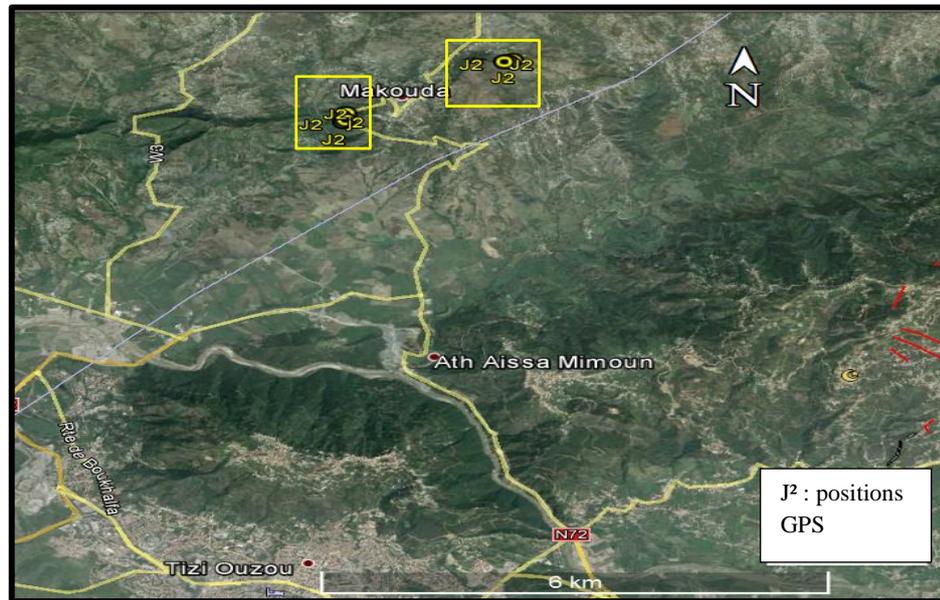


Figure 28 : Extraits des images Google Earth montrant la localisation du trait de coupe et le trajet emprunté à Makouda..

1. Aspect stratigraphique

La coupe débute par une imposante assise conglomératique d'une vingtaine de mètres d'épaisseur (**Fig.29**), elle est composée d'éléments hétérométrique anguleux, d'une taille variable décimétrique à centimétrique. Le conglomérat est hétérogène, il remanie exclusivement du socle (Schiste, gneiss,...) comme déjà décrit par (Raymond en 1976). Les éléments du conglomérat deviennent de taille plus réduite au fur et à mesure que l'on remonte dans la série (**Fig.30**).



Figure 29: Conglomérat hétérométrique anguleux à éléments de socle (Schistes, gneiss) de Makouda.

Le conglomérat est surmonté sur 70 m d'épaisseur par des bancs décimétriques de grès grisâtre grossiers ferrugineux grano-décroissants riches en traces d'activités (Terriers à la surface des bancs) (Fig.31) intercalés par des niveaux argileux (Fig.30).



Figure 30: Alternance des turbidites, grès grossiers gris et argiles de Makouda.

Cette série est reprise par une alternance de grès carbonatés gris à terriers et ferruginisation et de marnes grisâtres où les bancs gréseux deviennent plus fins et moins abondants (**Fig.33**).

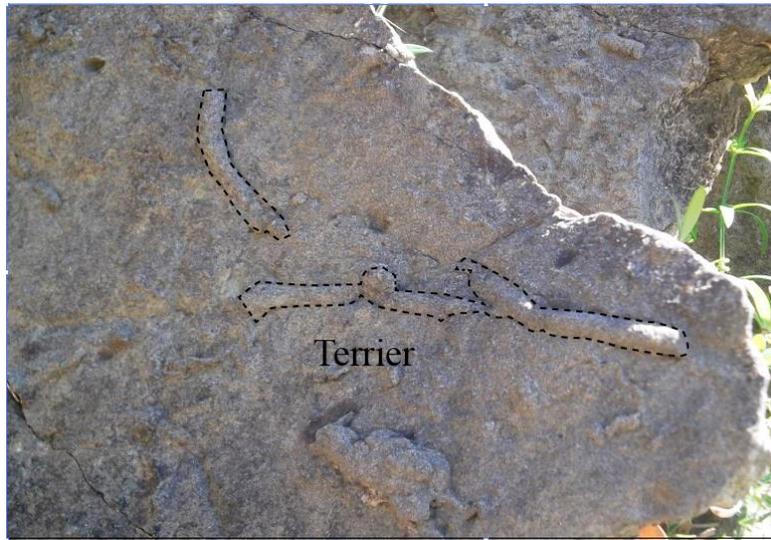


Figure 31 : photo montrant des traces de terrier dans les grès.

Une assise marneuse coiffe la série, partiellement indurée (**Fig.32**), elle contient des intercalations gréseuses centimétriques et quelques passées conglomératiques (lentilles de conglomérats) centimétriques à décimétriques comportant des éléments du socle.



Figure 32: Alternance des bancs de grès fins et marnes grisâtres de Makouda.

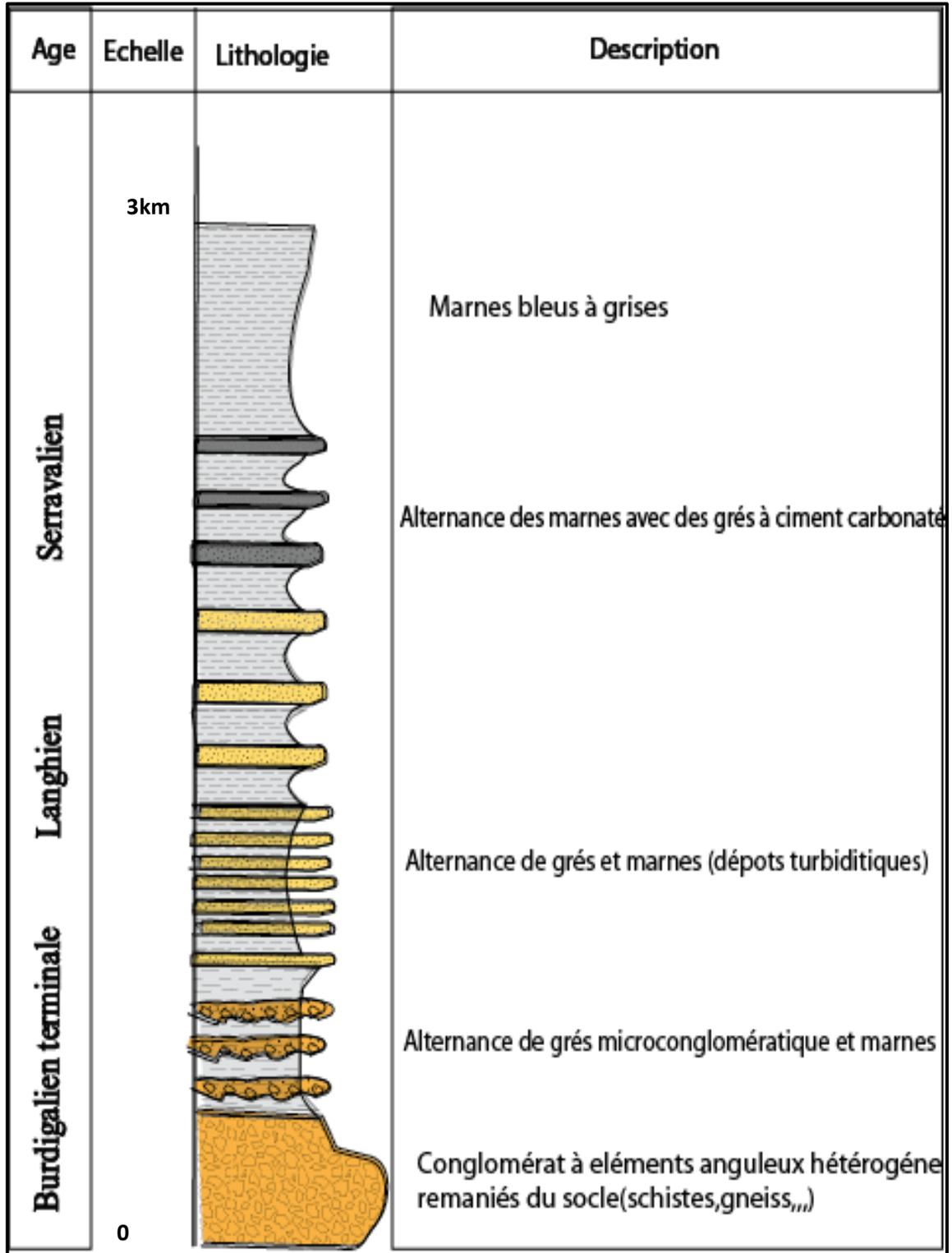


Figure 33: coupe synthétique lithostratigraphique du Néogène de Makouda .

2. Aspect structurale

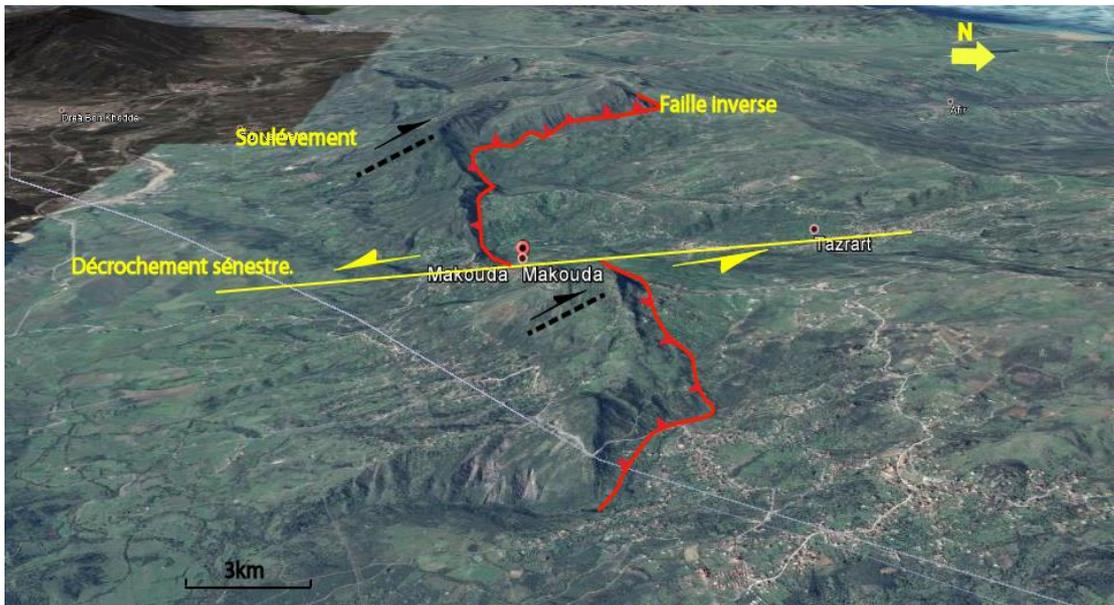


Figure 34 : Image satellite extrait de Google Earth montrant les grands accidents dans la région de Makouda.

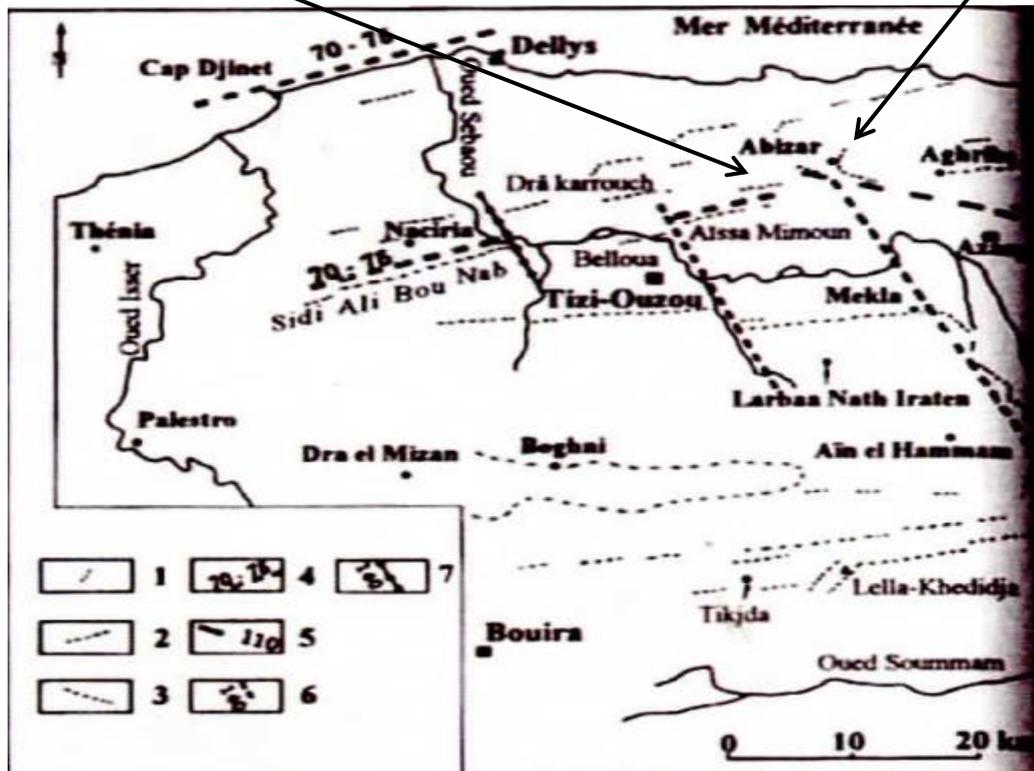


Figure 35 : Carte des linéaments affectant t la Grande Kabylie d'après (Gélard, 1979.)

Légende : 1 à 3 =direction des lignes structurales et morphologique (1=N020°E, 3=N110°E) .4à6= directions des zones linéamentaires (4=N070°E, 5=N110°E,6=N140°E) ;7=décrochement séparent le sidi Ali Bounab du Belloua tel que définit Boissière et Raymond (1975)

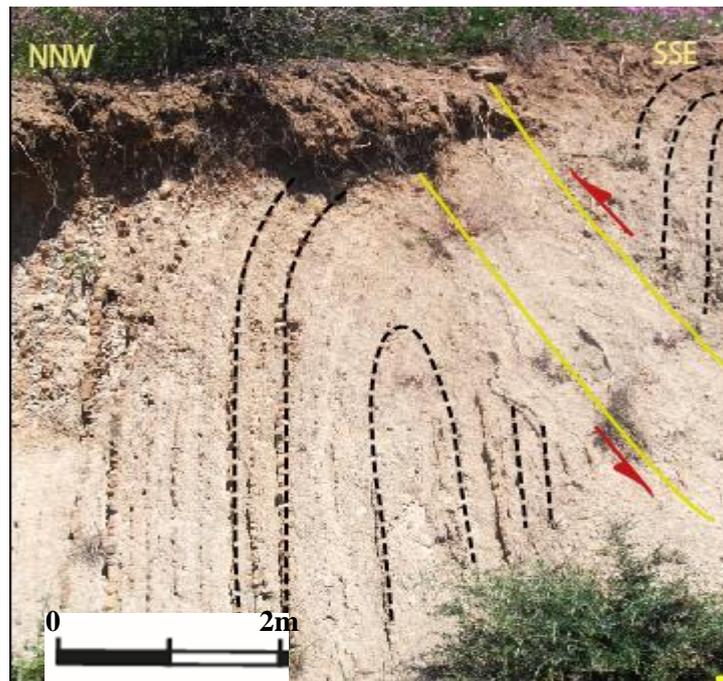


Figure 36: photos montrant un pli faillé (indice d'inversion tectonique en onshore).

Des structures plissées ont été rencontrées dans les formations néogènes (Burdigalien-Langhien), ces plissements sont affectés parfois par des failles inverses (**Fig.36**) à vergence sud, parfois aveugle. Ces structures indiquent deux phases de déformation :

1. Déformation compressive orientée NNW-SSE. (Correspond probablement à la collision N-S Euro-Afrique au Miocène).
2. Inversion du mouvement et compression vers le nord (Faille inverse) correspond probablement à l'inversion tectonique plio-quadernaire.

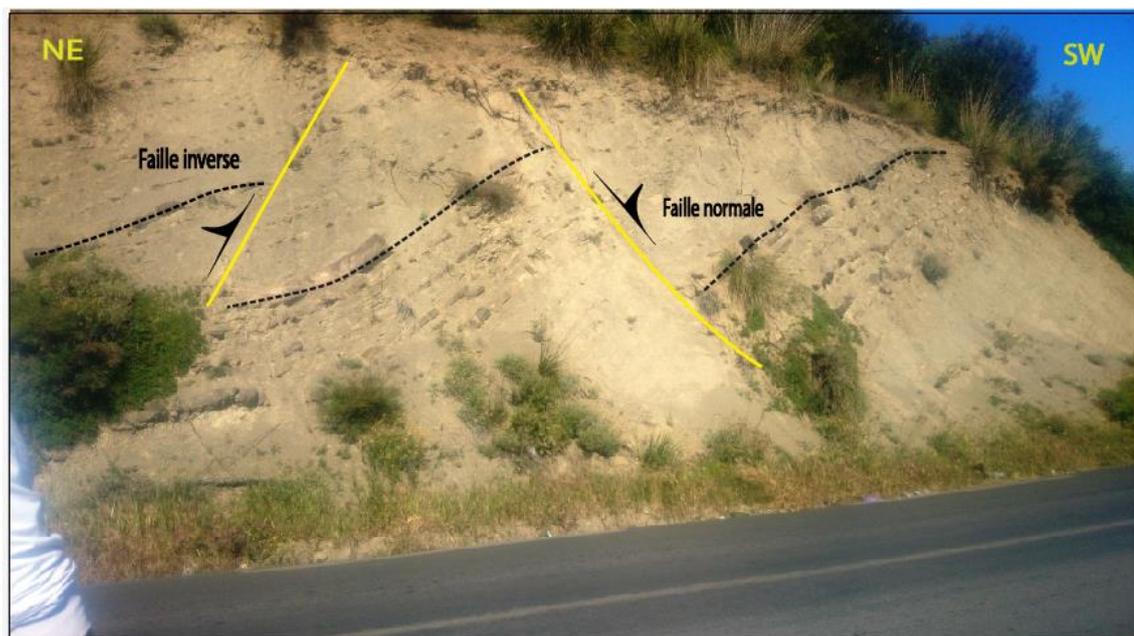


Figure 37: structures faillées.

II.2. la cote de Boumerdès (Le rocher noir)

Afin de mieux comprendre l'évolution du socle Kabyle un levé structural était fait sur le rocher noir qui représente une partie du socle métamorphique qui affleure en surface sur la côte de Boumerdès.



Figure 38 : photo montrant le pendage du socle.

L'affleurement du socle montre une structure de direction N 120° qui plonge de 50° vers le Nord, cette structure représente l'extension du socle observé en sismique à terre.

Le socle métamorphique a subi une compression marquée par la présence des micros plis (**Fig.40 ; (a)**) la direction de ses axes est N010°, indiquant une compression N-S (liée probablement à la collision Afrique-Europe).

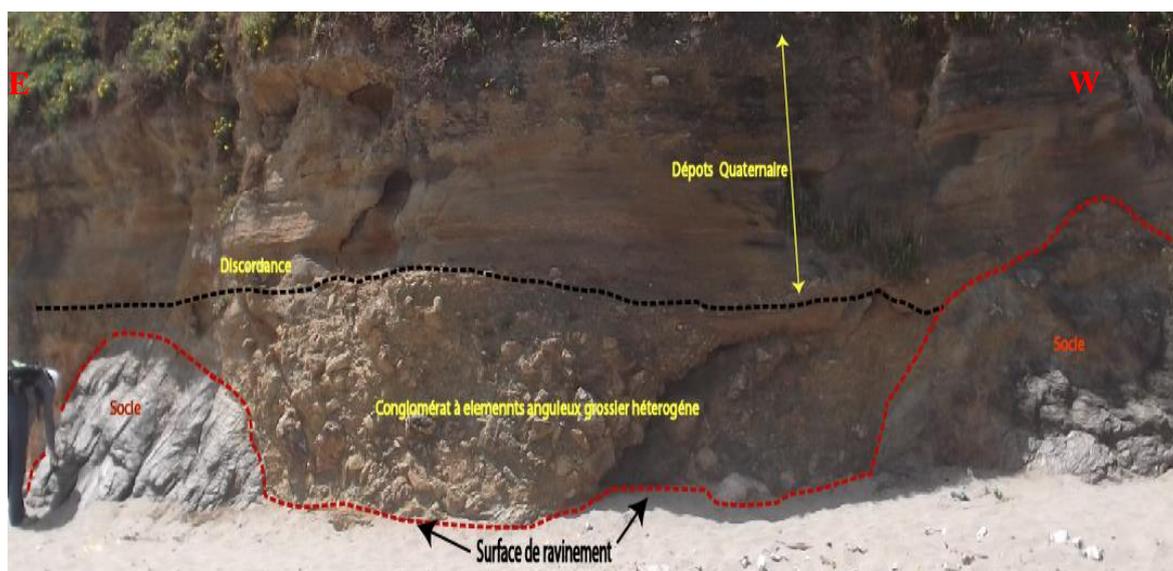


Figure 39: photo montrant une surface de ravinement surmonté par des grès à litage conglomératique.

Une déformation cassante a affectée presque toute la partie du socle observé, se manifestant par des failles normales de directions E-W (**Fig.40**), Correspondant à une phase de déformation qui n'affecte pas les dépôts discordants récents (Plio-quaternaire ?).

Sur le socle faillé se sont déposés en discordance des conglomérats à éléments anguleux hétérogènes correspondant à des dépôts de cône alluviaux (**Fig.39**), surmontés par un banc gréseux avec des intercalations des chenaux conglomératiques, Cela indique que la marge a subi des périodes de transition marine au Quaternaire marquées par des dépôts gréseux et conglomératiques.

A noter que la côte de Boumerdes a été soulevée de 50cm pendant le séisme de 21/05/2003.

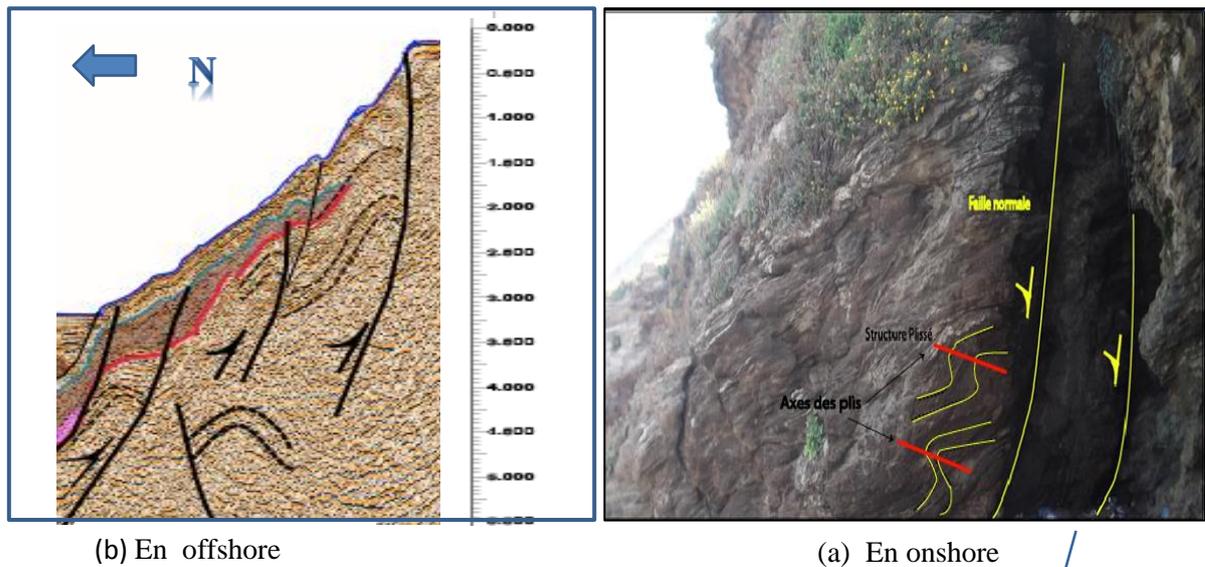


Figure 40 : photo montrant de faille normale avec des micros plis du socle (vue de profil).



Figure 41 : photo montrant une Faille de décrochement N070 dans le socle de Boumerdes (vue en haut).

III. Corrélation terre /mer (offshore/onshore)

Cette corrélation Sud-Nord a révélé que les séries les plus âgées sont dans le bassin de Tizi Ouzou d'âge Oligocène terminal ou Aquitanien jusqu'au Langhien, reposant en discordance sur le socle, cela explique probablement que le bassin de Tizi Ouzou a été ouvert à l'Oligocène terminal, qui est aussi contemporain de l'ouverture de la Méditerranée Occidentale donc le flanc Sud de ce bassin est le premier bloc basculé vers le Sud. Dans son extension à l'offshore de Boumerdes on retrouve le Burdigalien terminal jusqu'au Tortonien remplissant des structures en horsts et grabens du socle, c'est probablement la deuxième ouverture de la Méditerranée Occidentale.

Allant vers le Nord dans la marge sud Baléaire on retrouve exactement la même histoire tectono-sédimentaire (puisque c'est la symétrique de la grand Kabylie pendant l'ouverture) (**Fig.42**), des séries détritiques et conglomératiques d'âge aquitanienne remplissent des structures en horst et graben. Les mêmes remplissages se sont succédé à partir du Tortonien dans les deux bassins de Boumerdes et le bassin sud Baléaire.

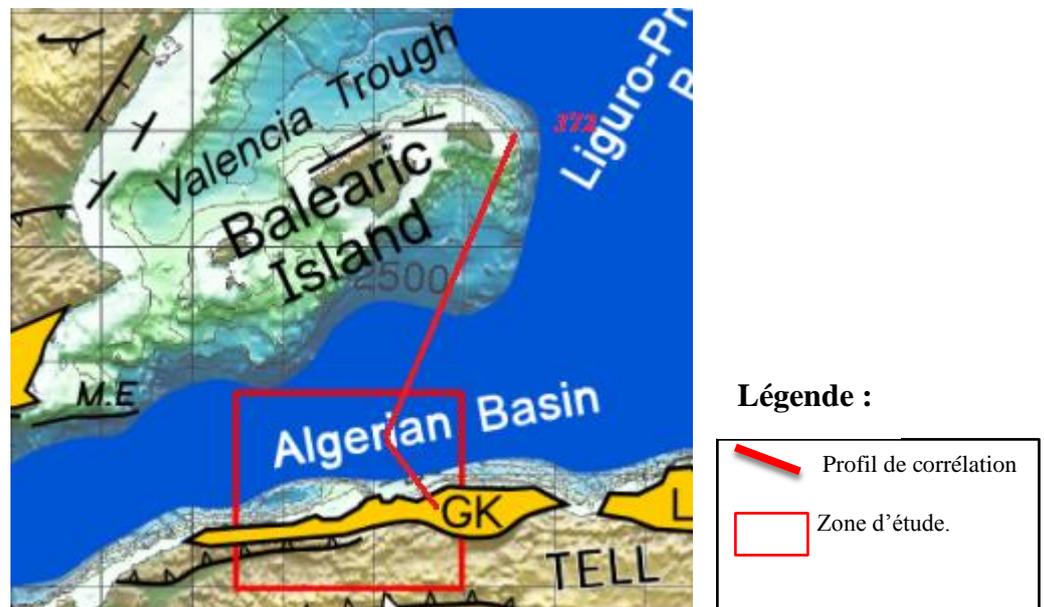


Figure 42 : Positionnement de la coupe de corrélation N-S.

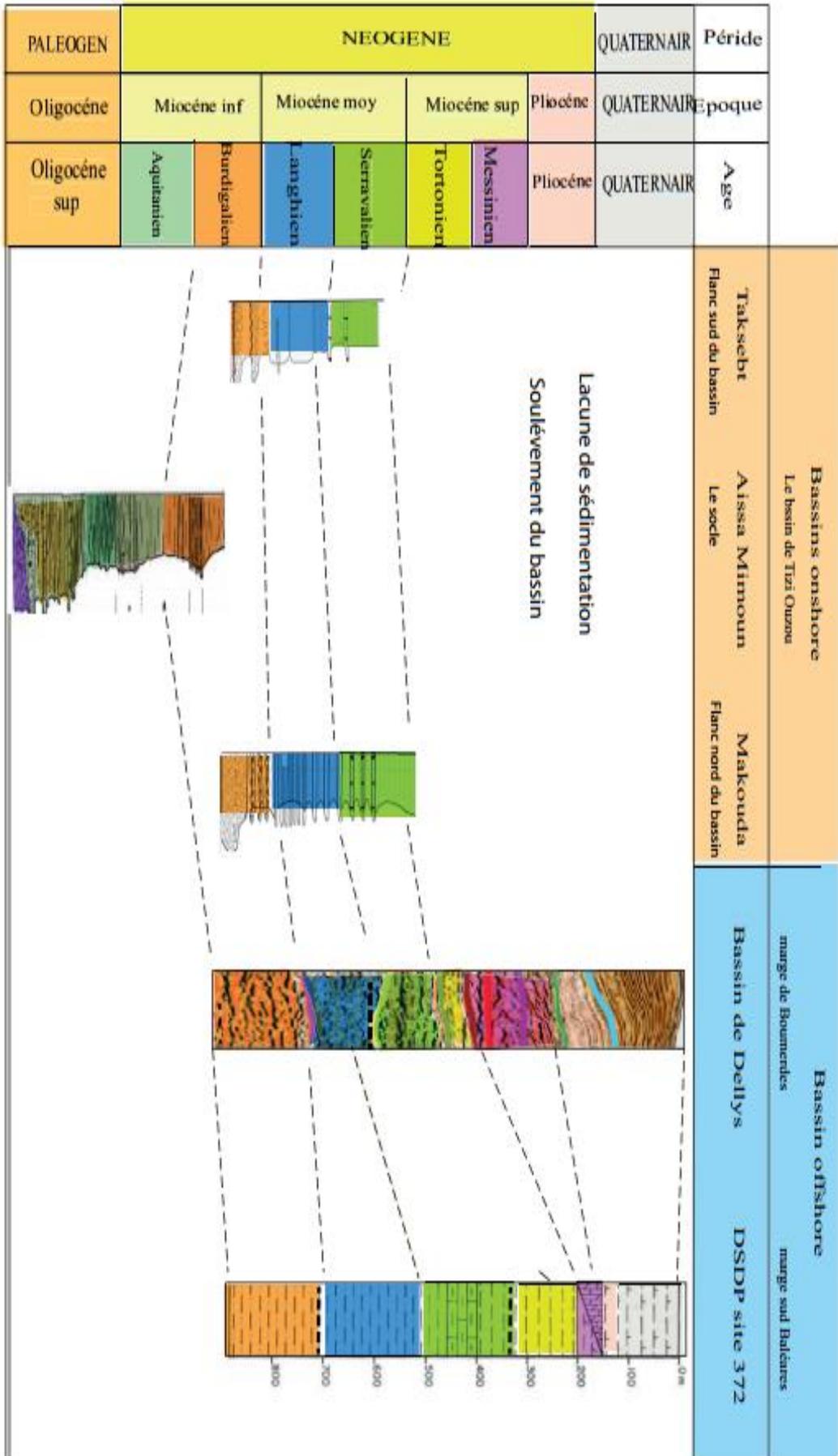


Tableau 1: corrélation onshore-offshore S-N des formations Néogènes depuis bassin de Tizi Ouzou jusqu'au la marge des Baléares

IV .Interprétation et discussion

IV.1. En onshore

IV.1.1. Les résultats stratigraphiques

Si les relations structurales entre l'allochtone et le néogène sont bien établies au sud d'Ath Aissa Mimoun (Géry, 1983) (**Fig.43**), au nord, dans la région de Makouda ces relations sont discutables.

Suivant les travaux de Ficheur (1890), Muraour (1956) et Raymond (1976), l'âge des séries néogènes diffère notamment à la base. En effet, les conglomérats à la base de la série sont rapportés au Miocène dit post-nappes. Ces conglomérats remanient essentiellement du socle (Schiste, gneiss, marbre) déjà décrits dans le détail dans les travaux de Raymond 1976 et qui ont été observés dans le cadre de ce travail (**Fig. 30**). Dans les travaux de Raymond (1976), les conglomérats reposent en continuité stratigraphique sur l'allochtone. Cette superposition normale n'explique pas l'absence de tout élément de l'allochtone dans le conglomérat et renseigne moins sur la position de la source d'alimentation, d'autant plus que la forme des éléments sont anguleux. De ce fait, la source serait donc toute proche. Or dans la zone, suivant les travaux de Raymond (1976), à l'époque du dépôt de ce conglomérat, le socle serait recouvert par l'allochtone

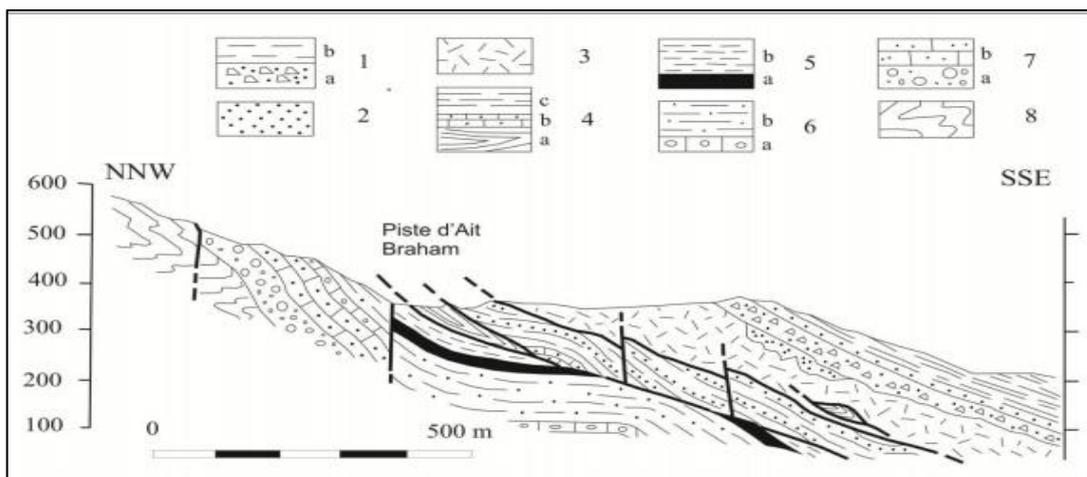


Figure 43: Coupe géologique interprétée sur la région de Tala Ililane (Géry, 1983).

Légende : 1. Miocène post-nappes (a. conglomérat de base à débris de socle cristallin ; b. marnes sableuses langhiennes) ; 2. Olistholites de grès numidiens ; 3. Olistostrome à débris de flyschs crétacés ; 4. Unité tellienne de Tala Ililane (a. argiles sombres campaniennes à rares lentilles calcaires ; b. calcaires siliceux clairs yprésien (?) ; c. argiles siliceuses à bancs de grès fins et lits de calcaires pulvérulents datés du Lutétien inférieur) ; 5. Burdigalien inférieur anté-nappe (a. calcaires siliceux et silixites ; b. marnes sableuses brunes à verdâtres) ; 6. Aquitanien (a. conglomérat à éléments centimétriques ; b. calcaires zoogènes et grès calcaires marins) ; 7. Oligocène (a. conglomérats continentaux ; b. calcaires sableux marins) ; 8. Cambro-Ordovicien géso-conglomératique.

Pour Géry (1983) et Raymond(1976) les conglomérats observé a Makouda correspond aux dépôts de L'OMK cependant les observations rapportées dans le cadre de ce travail, permettent de proposer une configuration différente à celle proposée par Raymond (1976).

Pour Courme-Rault 1985- les grès transgressifs et les conglomérats de base correspondent aux produits d'altération du substratum, soit remanié sur place par l'arrivée marine, soit apportés par les torrents à la suite d'une érosion active, les marnes sus-jacentes (particules fines) accumulent dans un domaine plus éloigné du rivage présumé et pendant une période de ralentissement de l'érosion, ce qui correspond plus aux observations apportées dans ce travail.

Pour l'analyse bio-stratigraphique une étude a été réalisée dans le bassin de Tizi Ouzou par (Courme-Rault en 1985) notamment dans les régions Taguersift -Fréha, Makouda, Naciria et Dellys qui a défini deux cycles élémentaires qui se succèdent dans le Miocène :

Un cycle inférieur débutant par le Burdigalien jusqu'au Langhien, un cycle supérieur qui débute à partir du Langhien.

Les observations rapportées dans le cadre de ce travail, permettent de confirmer et de proposer une configuration plus détaillé

a) Burdigalien terminale et Langhien inférieur: La transgression marine s'effectue dans un vaste bassin limité au Nord et à l'Est par des terres émergées (représenté actuellement par les unités numidienne de Dellys....) au sud par le socle paléozoïque, le milieu est peu profond ouvert sur un domaine marin franc au Nord.

b) La transgression arrive par le NW, des dépôts grossiers marque le début de ce cycle supérieur, suivit de sédimentation à gastéropodes et foraminifères benthiques (courme-Rault). Sur les bordures du socle kabyle (coupe de Taksebt) (**Fig.23;32**) se développent des faciès grossiers suivis de grès riches en fossiles.

c) Du Langhien supérieur au Serravallien: les faciès marneux sont largement dominants (faciès marin franc) sauf dans la partie orientale du bassin où les faciès détritiques et fins commencent à se combler par l'Est (**Fig.32**) ou à se soulever dans sa partie orientale.

d) A la fin du Serravallien et au début du Tortonien : la marge a subi un soulèvement ce qui a isolé le bassin et le milieu devient restreint .En effet toute la partie orientale du bassin subit une émergence au Tortonien ce dernier est absent dans le bassin et représente une lacune sédimentaire. Ainsi la régression gagne de plus en plus l'Ouest et à la fin du Tortonien tout le bassin de Tizi Ouzou est émergé.

IV.1.2. Interprétation du schéma structural

D'après les études tectoniques et structurales de (Ait et Gélard, 1997) ils ont groupé les structures en 05 phases de déformation, (Lounis, 1996) a seulement proposé trois phases de déformation :

1. Une phase de déformation compressive, orientée NW-SE d'âge Eocène, anté-oligoène celle-ci, est connue dans le domaine kabyle interne, elle a été décrite au Djurdjura par Saad ALLAH et al. (1995), au Chenoua par (Belhai et al. 1990) et en petite Kabylie par Mahjoub (1990).
2. Une phase de déformation distensive, orientée NE-SW. d'âge Miocène moyen (Langhien-Serravallien), celle-ci est très bien marquée dans le bassin néogène de Tizi Ouzou. (Fig.24,38), elle a été signalée par plusieurs auteurs, on citera parmi eux : Ait (1994), Gélard (1997) et Raymond (1976); cette âge correspond à la mise en place du magmatisme Miocène (basaltes de Dellys = 15Ma; Granodiorites de Thenia). Cette phase distensive serait liée à l'ouverture de la Méditerranée.
3. Une phase de déformation compressive, orientée NE-SW. Serait d'âge pliocène à plio-quadernaire, elle a été signalée par Aite (1994) et Meghraoui (1988) et serait probablement expliquée par le rapprochement entre l'Europe et l'Afrique (mouvement anti-horaire) (Fig.35;37).

III.2. En offshore

En se basant sur les unités sismiques définies dans les deux sections sismiques leur interprétation de ces sections et d'après leur comparaison avec les données de terrains, trois stades majeurs de l'évolution tectonique de la marge ont été définis, ces phases sont déjà mentionnées par Medaouri dans la marge occidentale, Les travaux récents (Medaouri, 2014) mettent en évidence la présence du socle sur toute la marge algérienne. Le socle affleurant dans la partie Onshore de l'Algérie, constituerait un débordement des unités cristallophylliennes vers le sud. La partie la plus importante se retrouve immergée (Fig.44).

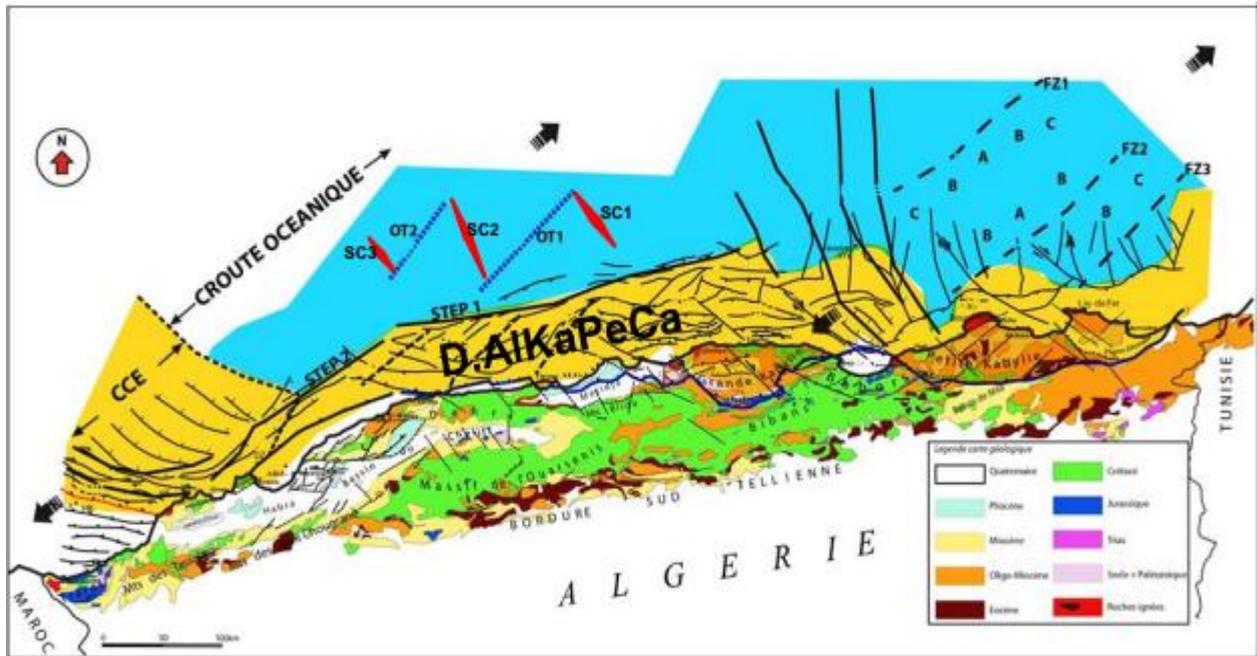


Figure 44: Schéma de répartition des grands éléments structuraux majeurs du bassin algérien montrant une zone à influence de tectonique de socle (Medaouri, 2014).

Compte tenu de cette nouvelle approche, et puisque c'est ce qui était observé réellement sur les sections sismiques (**Fig.2et 5**) l'histoire de la marge centrale a subi trois phase de déformation correspond à celle trouvé en onshore :

1. Le stade Syn-rift: (Burdigalien sup jusqu'à Tortonien)

C'est contemporain avec l'ouverture du Bassin Algérien à l'est et avec le début de migration vers l'ouest du bloc Alboran (Medaouri et al ; 2014). Après la suture du bloc de la grande Kabylie à la marge africaine, au Burdigalien terminale, le bloc Alboran, formant les Bétiques et rifs actuelles, se détache du bloc Kabyle et continue sa migration en direction WSW(**Fig.I.2**) (Medaouri et al ,2014). C'est à ce moment-là, qu'une deuxième phase de distension se manifeste. Elle est mise en évidence en offshore au large de Boumerdes (**Fig.2.5**), elle est marquée par une autre séquence syn-rift d'âge Burdigalien terminal à Tortonien Moyen et par des horsts et grabens et demi grabens (**Fig.3.4**) Cette distension est accompagnée par un magmatisme dans la région de Dellys et Cap Djenet inter stratifié dans les formations post-nappes

Le Bassin de Tizi Ouzou fonctionne du Burdigalien terminal au Serravallien (**Fig.27 ; 33**), pendant le Tortonien il y avait une lacune de sédimentation, en raison de la reprise en compression de la marge et son soulèvement.

Cette tectonique observée le long de la marge algérienne, alterne des périodes d'extensions courtes suivies de périodes de compression rapide est l'une des caractéristiques des bassins d'arrière arc (Mauffret et al, 2004, Martinez et al, 2007).

2. Le stade Post-rift (du Tortonien au Pliocène Inf.)

Sur les deux lignes sismiques, les dépôts Tortonien et Messinien sont clairement discordants sur les séquences syn-rift (**Fig.3 ;7**), depuis le Tortonien les dépôts représentent des changements locaux d'épaisseur au voisinage des diapirs (**Fig.7;15;16**) Cette phase s'est exprimée par des plis (**Fig.13**) affectant les formations post nappe dans la région littorale de Dellys ainsi que le Miocène post-nappe (**Fig.36**) et le socle sous-jacent dans le bassin de Tizi Ouzou.

3. La séquence de comblement Plio-Quaternaire

Appelée aussi « Sag bassin », elle englobe les deux sous-unités **EP** qui est la phase blanchâtre et le **PQ** comportent les séries sédimentaires les plus jeunes du bassin qui sont généralement des marnes. Cette séquence de comblement s'est déposée dans des bassins déstabilisés par des failles aveugles (ramps) à vergence Nord (**Fig.16**) et des bassins en Roll-Over au niveau du pied de la marge comme c'est déjà décrit par (Déverchère et al, 2005) et (Domzigue, 2006), (braçéne 2012) et des bassin transportés « bassin en Piggy Back » (**Fig.18 ;19**) dans le bassin profond, ce qui donne à la bathymétrie un aspect en marches d'escalier (en ramps et paliers).

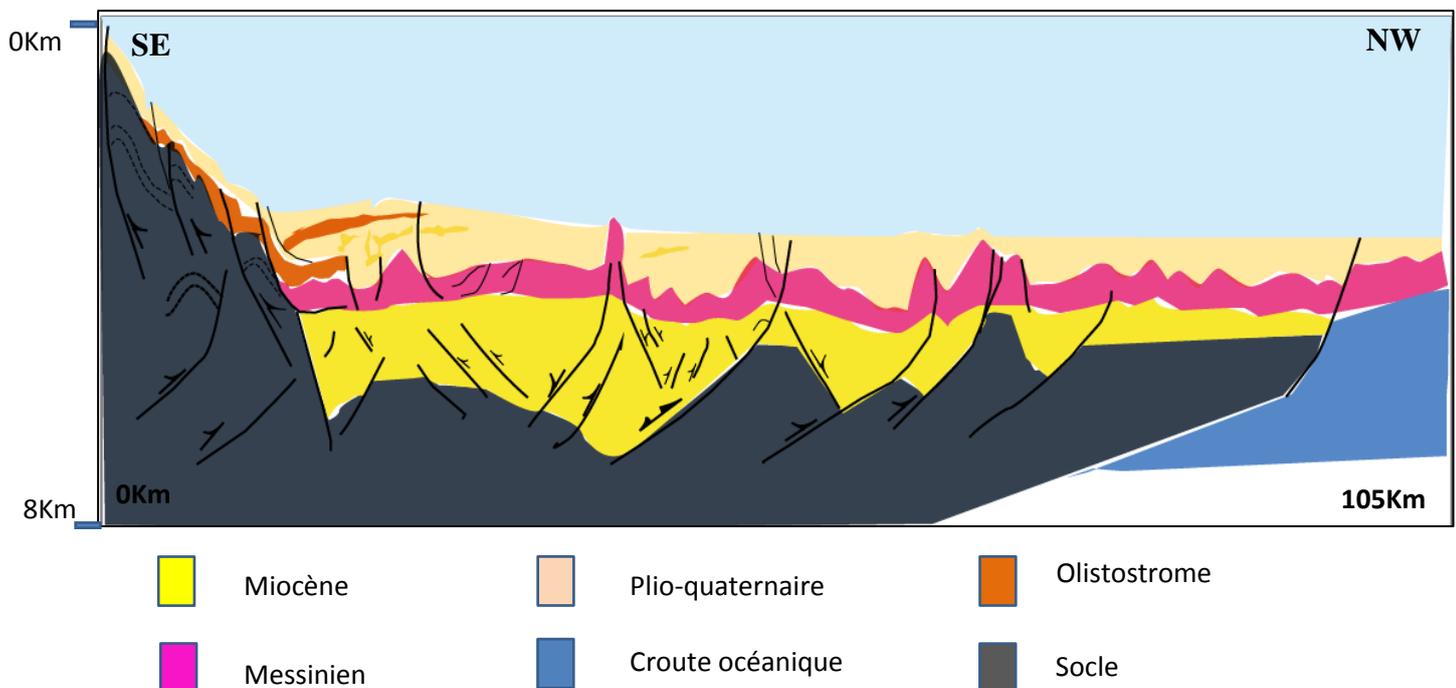


Figure 45: coupe type de la marge centrale. Zone externe (Ain Taya)

V. Conclusion

La zone d'Alger-Boumerdes-Dellys est une bande de direction Est-Ouest se situant sur la cote de la mer Méditerranée occidentale. Parallèlement à celle-ci se développent les Maghrébides, tronçon méridional de la chaîne alpine périméditerranéenne. Par rapport aux éléments de cette dernière, la zone d'Alger-Boumerdes-Dellys occupe une position mixte. Elle se situe à la fois sur les zones internes le long de la Grand Kabylie à l'Est et sur les zones externes à l'Ouest.

La colonne litho stratigraphique hérite d'une évolution tectonique en trois phases : phase synrift, phase post rift, et inversion plio-quadernaire, cette colonne est constituée de deux ensembles sédimentaires séparés par une formation évaporitique. Elle débute au Burdigalien, Langhien, Serravalien (synrift), Tortonien, Messinien évaporitique (crise messinienne), le Zancien correspond à l'ouverture du détroit de Gibraltar et la transgression marine à partir de l'océan Atlantique (post rift stage), le Pliocène est marneux carbonaté, le Quaternaire (essentiellement argileux) (phase d'inversion tectonique).

En se basant sur les données sismiques, l'offshore de la région d'Alger-boumerdes-Dellys peut être subdivisé en trois zones structurales distinctes, des escarpements cumulés sur la forte pente et dans le bassin profond, un bassin en "rollover" sur la pente, et des bassins en "piggy-back" dans le bassin profond.

La marge Algérienne semble subir un processus de subduction début que dans ses parties centrales où les indices d'inversion sont plus remarquables. Cette marge sera soumise à des forts séismes et sera tectoniquement très active.

I. Introduction

Le domaine offshore algérien reste à nos jours sous exploré. En effet, aucun forage n'a été exécuté dans le domaine oriental et trois forages seulement ont été réalisés dans la partie occidentale (**Fig.1**) en l'occurrence Hbb-1 dans les îles Habibas en 1977, Arz-1 dans la baie d'Arzew en 1974 et enfin Alg-1 dans la baie ouest d'Alger en 1974. Sur le plan pétrolier, les résultats étaient négatifs. Le développement d'un système pétrolier dépend du modèle de l'évolution tectonique. Ce modèle permet d'expliquer le positionnement géographique du bassin sédimentaire favorable au dépôt d'une matière organique abondante et sa conservation, la subsidence du bassin qui permet l'enfouissement et la transformation de la matière organique, et enfin le piégeage des hydrocarbures, qui nécessite la présence des roches bien particulières (roches couvertures).

Suite aux résultats obtenus sur la structure profonde au large de Boumerdes, et notamment la nature de la croûte et l'épaisseur de la série sédimentaire dans le bassin profond, nous présentons dans cette section, les éventuelles incidences sur la probabilité d'accumulation des hydrocarbures dans cette zone du nord de l'Algérie. Mais puisque aucun forage n'a été effectué dans cette région la connaissance du système pétrolier est tributaire de l'analyse comparative par rapport à ce qui est définie dans les bassins méditerranéens avoisinants. Plusieurs éléments attestent de la présence d'accumulations d'hydrocarbures dans ces bassins périméditerranéens. Pour comprendre le système pétrolier du domaine offshore algérien, nous avons jugé utile d'établir un inventaire concernant les systèmes pétroliers périméditerranéens..

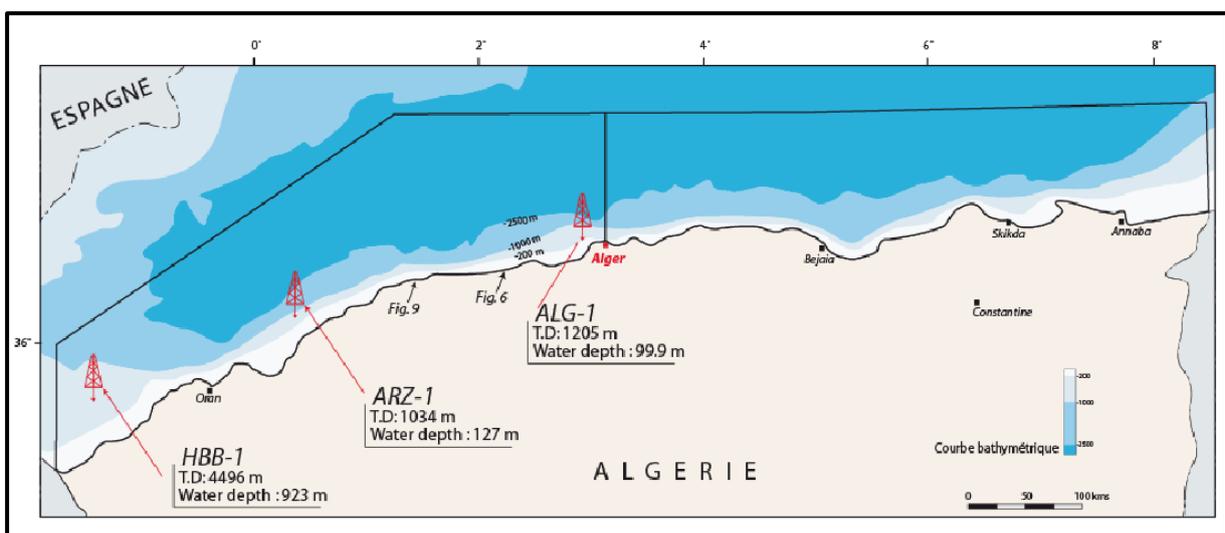


Figure 1 : Le plan de position des forages effectués dans l'offshore occidental algérien.

II. Les systèmes pétroliers méditerranéens.

1) Dans le golfe de Lyon : La roche mère a généré dans les séries syn- rift de l'oligocène ainsi que dans les séries anté- rift du paléozoïque et du Mésozoïque. La roche mère oligocène a été reconnue dans les bassins : d'Alès, de Camargue et de Manosque. Les conditions de dépôts sont de type lacustre à lagunaire. Les calcaires lacustres possèdent un très bon potentiel de génération du pétrole.

2) Dans la mer d'Alboran : La roche mère est néogène, elle est localisée dans les sous bassins anoxiques. La fenêtre à gaz a été atteinte au Tortonien au niveau du puits Nador Na-1 et au Messinien au puits Habbibas (HBB-1).

3) Domaine Nord Baléares – Golfe de Valence : Des roches mères caractérisent le système pétrolier du golf de valence, ce sont surtout les argiles de l'Oligocène terminal à Miocène inférieur, ainsi que les roches mères mésozoïques.

4) Iles de Habibas : Dans ce bassin les niveaux de roches mères sont essentiellement les argiles du Serravalién à Tortonien et les argiles du Messinien (Wec, 2007). Les argiles Serravaliennes présentent un COT ne dépassant guère les 0,5 à 0,6%, alors que certains niveaux messiniens, leurs COT avoisinent les 1,2 % (in Wec, 2007). La modélisation géochimique du puits HBB-1, montre une fenêtre à huile à 5,2 ma et une expulsion des hydrocarbures à 4,5 ma de la roche mère (in Wec ,2007).

Forage HBB-1 a rencontré plusieurs niveaux gréseux dans le Miocène (**Fig .02**). Ces niveaux gréseux sont bien mis en évidence par le log composite. Les valeurs de porosité sont de l'ordre de 5 à 18 % pour les intervalles détritiques du Miocène. Dans les grès turbiditiques du Pliocène inférieur, les valeurs de porosité sonique sont proches de 30%. D'autres niveaux réservoirs, tels que les grès du Numidien, ont été observés dans la partie orientale de l'Offshore algérien (core drills de Bou Abed (BAD-1 à 5) réalisés dans la zone côtière d'Annaba.

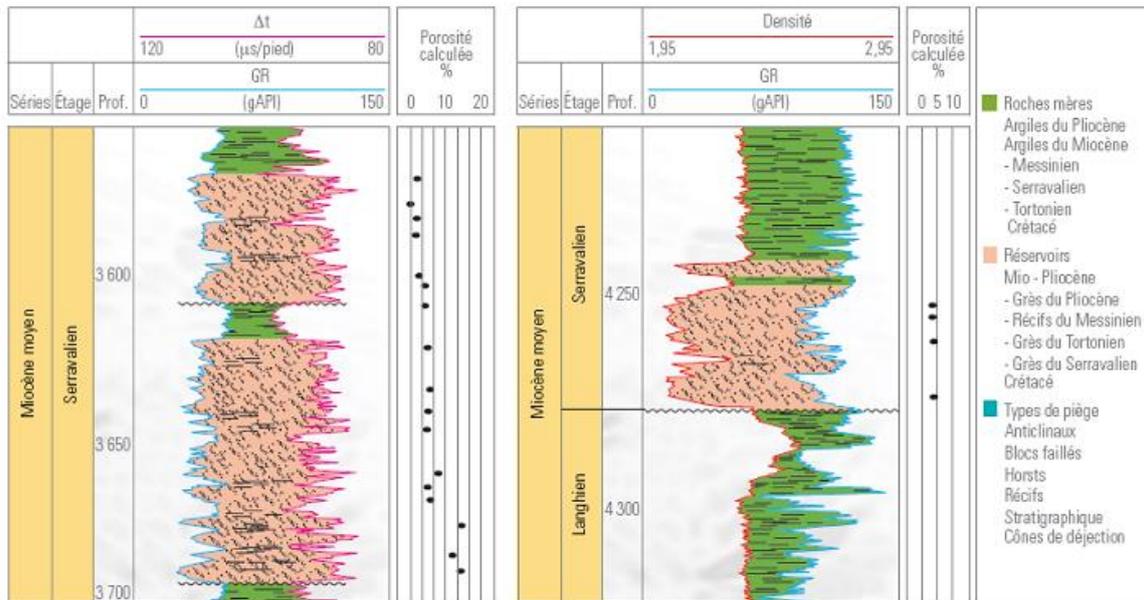


Figure 2: Les reservoirs du Miocène connu à HBB-1 (document sonatrach).

Les deux systèmes pétroliers bien distincts issus de l'étude structurale de l'offshore occidental (Médaouri et al 2012) sont comme suit:

A. Un système profond anti-Messinien: (Miocène inférieur à moyen) situés sous les couches salifères de Messinien. Ce système est associé à l'ensemble des structures liées aux demi-grabens contemporains de l'ouverture de la Méditerranée. Ce dernier serait équivalent à celui défini en Mer du Nord ou en Mer Rouge.

B. Un système superficiel post-Messinien : au-dessus des couches salifères du Messinien lié à une tectonique gravitaire et salifère. Du point de vue maturité, le système profond (blocs basculés) serait plus potentiel et constituerait le principal objectif pétrolier.

III. Le système pétrolier dans la marge centrale

III.1. Roches mères ,maturation et migration des hydrocarbures

Le système pétrolier sera favorable s'il y a des roches mères présentes dans le syn-rift Miocène (Burdigalien, Langhien, Serravallien). Le régime extensif de la croûte suggère qu'actuellement le flux de chaleur de la surface devrait être encore relativement haut ; enfoncez positivement la maturation de toutes sources possibles. Malheureusement les data de flux de chaleur ne sont pas disponibles pour les forages algériens, cependant le ODP-975 des Iles sud Baléares a enregistré une valeur de 80mW/m², ainsi différents sites dans le bassin Provençal ont enregistré plus de 100mW /m². (Fernandez-Ibañez and Soto, 2008).

Utilisant ces valeurs et un simple modèle de rifting, il peut être démontré que les sources potentielles des sections Miocènes seraient actuellement dans la fenêtre à huile. (fig.3)

Le modèle Habibas montre que les meilleures régions pour la maturation devraient être attendues plus profondément que 2700 m ; pour cela Le Langhien, Burdigalien, Serravalien, et LU (Messinien inf) peuvent être considéré comme des roches mères potentielles dans la marge centrale ou leur profondeur dépasse les 4000m.

Il y a lieu de noter la présence du volcanisme du Langhien – Serravalien qui pourrait (par son voisinage) contribuer à jouer un rôle positif dans la maturation thermique des roches mères du Pliocène inférieur, ajoutant à ce dernier la présence du diapirisme avec des épais couches de sel du Messinien qui par son étanchéité peut constituer une couverture. (contre l'échappement de chaleur).

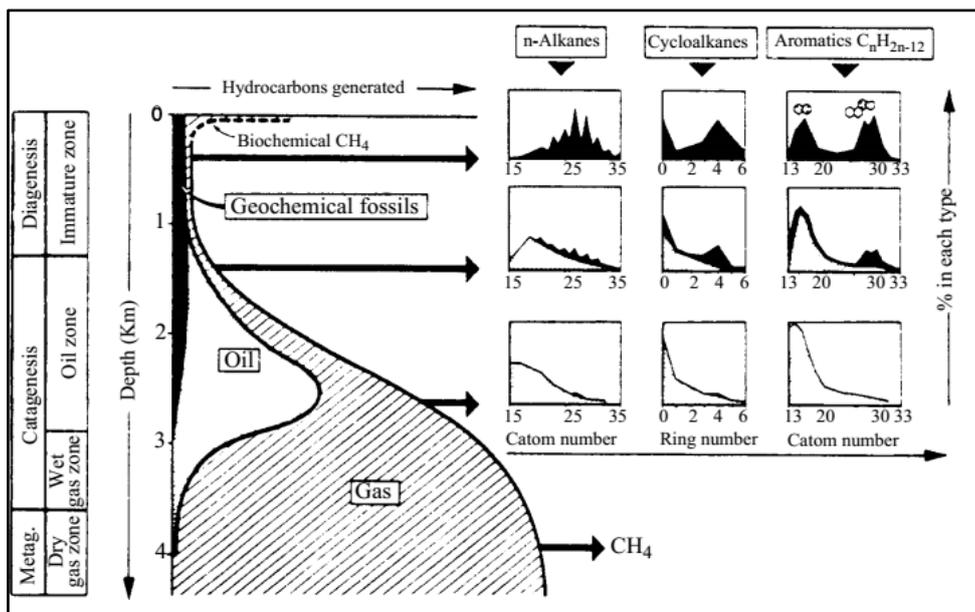


Figure 3: la fenêtre à huile et un schéma générale des produits des hydrocarbures. (Modifier par Taoist et al ; 1974)

-Les marnes bleues du Langhien- Serravalien (la transgression du Langhien) affleurent en surface et sont clairement observées dans le bassin de Tizi-Ouzou (**Fig.III.27et 33**) dont l'épaisseur peut atteindre les 300 m, peut constituer une bonne roche mère avec un COT > 2,4 (Arab, 2016).

-Les marnes du LU correspondent au début du confinement du bassin méditerranéen au Messinien donc il constitue un milieu confiné (lagunaire) favorable pour le dépôt de la matière organique. Conservation (milieu réducteur) de la matière organique ainsi que sa protection qui est assuré par les couches de sel sus-jacentes (les unités Mu et UU).

-Le Pliocène inférieur présente des niveaux de transgressions marines importantes à l'échelle de la Méditerranée Occidentale (**Fig.I.3**), Il faut noter aussi que la sédimentation hémiprégéniques est très abondante dans la marge de Boumerdes, près de 80 % des sédiments hémiprégéniques ont été observés, d'après les études des core-drill fait à Boumerdes ((Devercher et Yelles 2003).

III.2.Les roches réservoirs

Il y a plusieurs niveaux réservoirs potentiels dans le bassin algérien ; les roches réservoirs sont représentées dans la marge centrale par des dépôts gréseux d'âge Burdigalien terminal-Langhien identifiée dans le bassin de Tizi Ouzou (**Fig.III.25**), (**Fig.III.33**) qui présente un bon classement et arrangement et une bonne porosité et perméabilité. Le Tortonien étant identifié en offshore.

Pour le système post Méssinien les réservoirs sont les carbonates du Pliocène (LP), les dépôts turbiditiques du plio-quaternaire peuvent aussi constituer un bon réservoir.

En effet l'Olistostrome (Complexe Unit) Méssinien est considéré comme un bon réservoir fracturé formé par les glissements des flysch Numidien. Ce dernier peut constituer un intérêt pétrolier.

III.3.Roches couvertures

Le problème de la couverture ne se pose pas, l'étanchéité peut être assurée par les sels Méssinien et les épaisses séries argileuses du Pliocène moyen et supérieur, du Tortonien et du Serravalien reconnues à travers l'Offshore algérien et qui, par leur puissance et leur extension, constituent des roches couvertures suffisantes.

III.4. Les pièges

La marge algérienne a connu différentes phases tectoniques durant sa structuration qui ont abouti à la formation de deux grands types de pièges :

➤ **Les pièges sous le sel (anté-messinien)** qui se localisent au niveau:

- des grabens et blocs basculés associés aux éventails du syn-rift : des pièges sur apex de blocs basculés.

- Des anticlinaux et des pièges contre failles.

➤ **Les pièges liés au sel (post-messinien) :**

- les pièges structuraux et stratigraphiques liés au fluage ou à la dynamique salifère (diapirs) du sel messinien en formant des dômes de sels.

- les masses glissées dues à l'inversion Plio-Quaternaire de la marge (présentant sous forme de structures en écaille dans l'Olistostrome ou Messinien.

III.4.1. Les pièges dans la partie Est de la marge

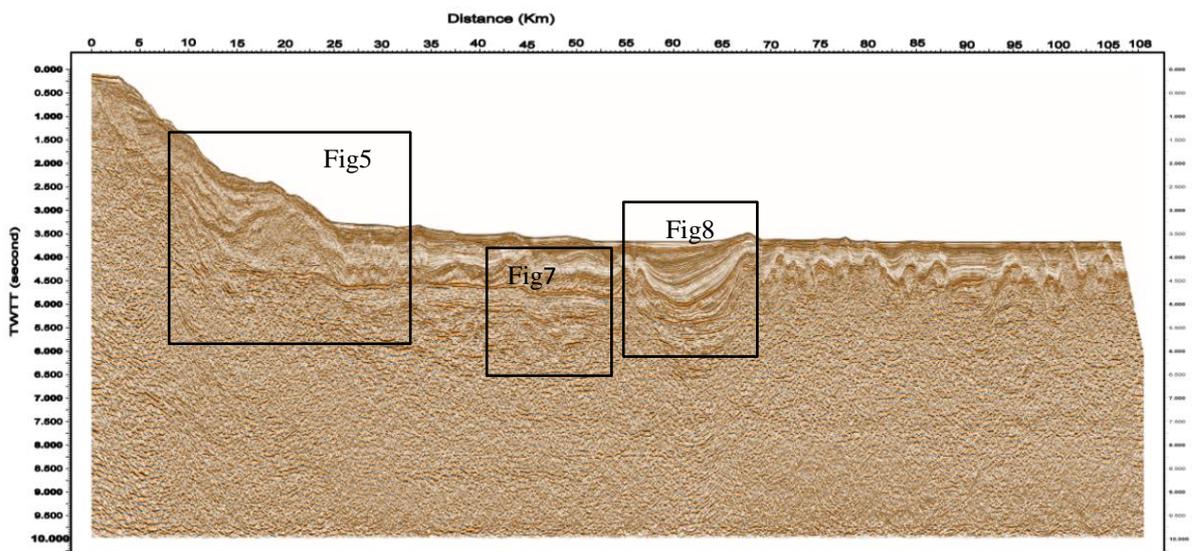


Figure 4: coupe sismique NW-SE de Cap Djenet.

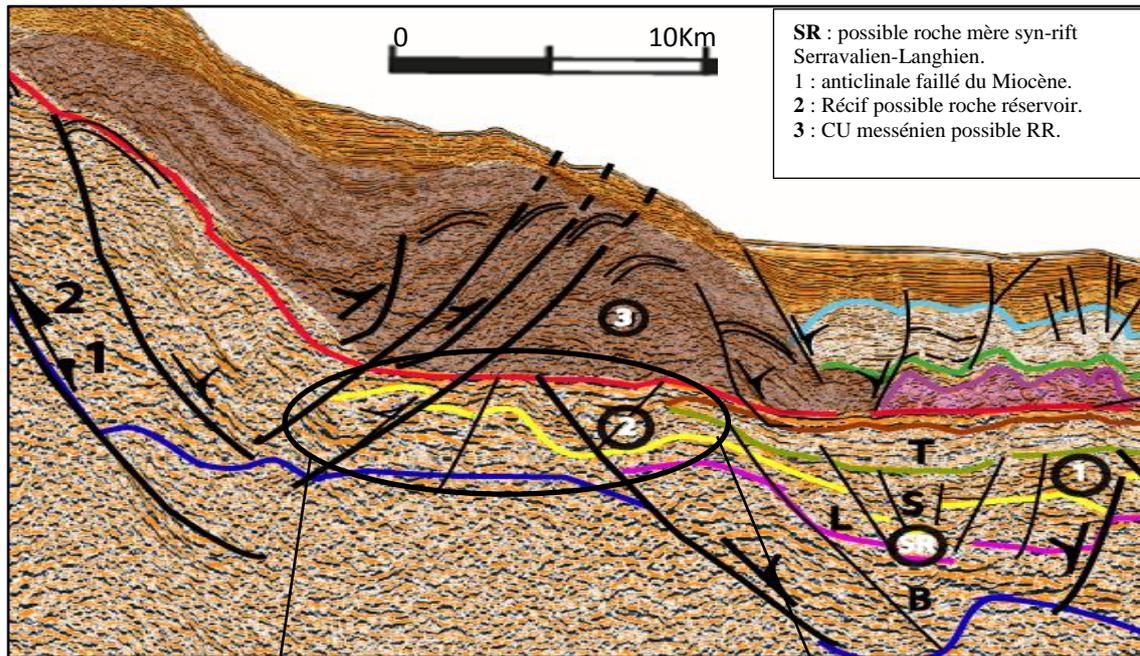


Figure 5 : section montrant un système pétrolier perspectif.

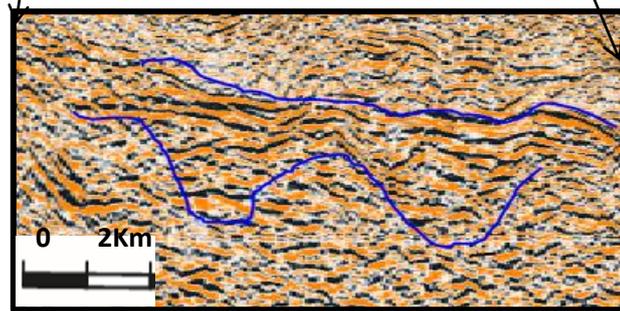


Figure 6: section montrant un récif qui peut constituer une bonne roche réservoir.

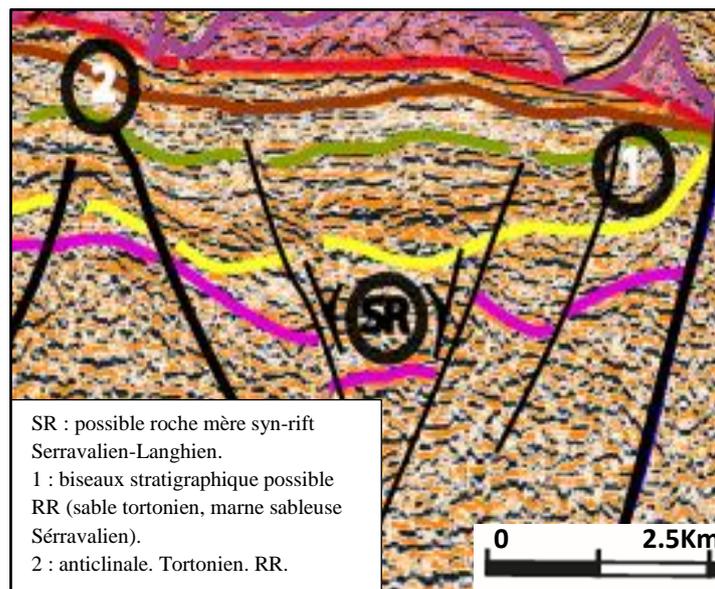


Figure 7 : pièges type sur apex des failles.

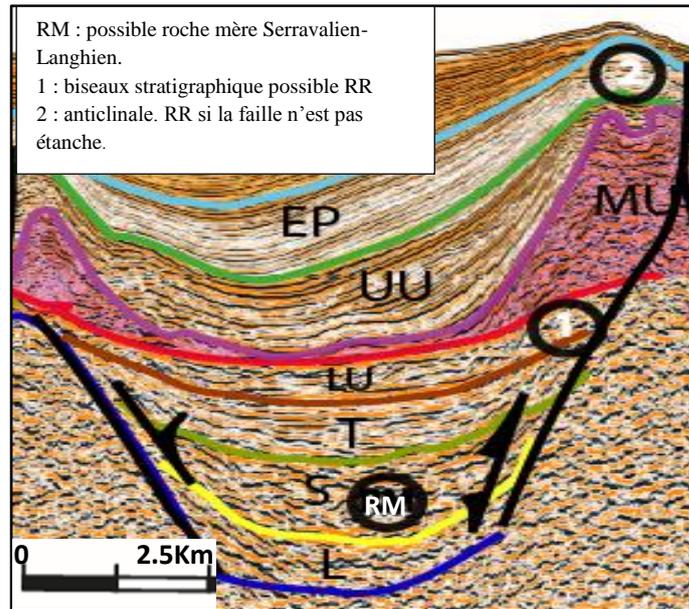


Figure 8 : les piège Mioène et plioquaternaire du bassin de Delys.

III.4.2. Les pièges dans la partie ouest de la marge.

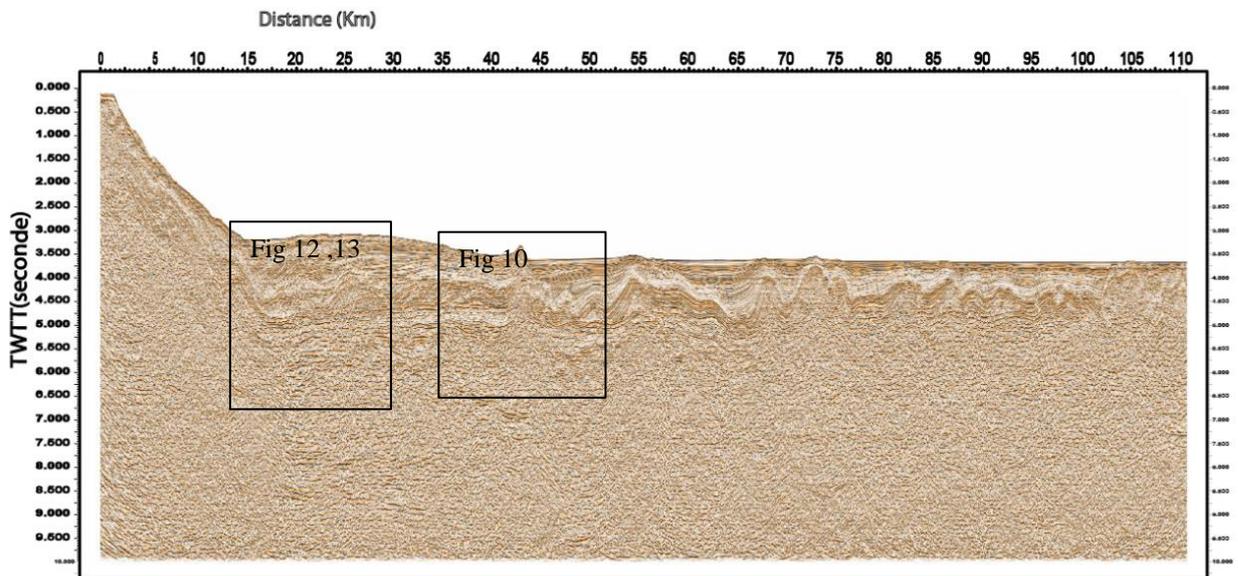


Figure 9 : section sismique NW-SE de Ain Taya .

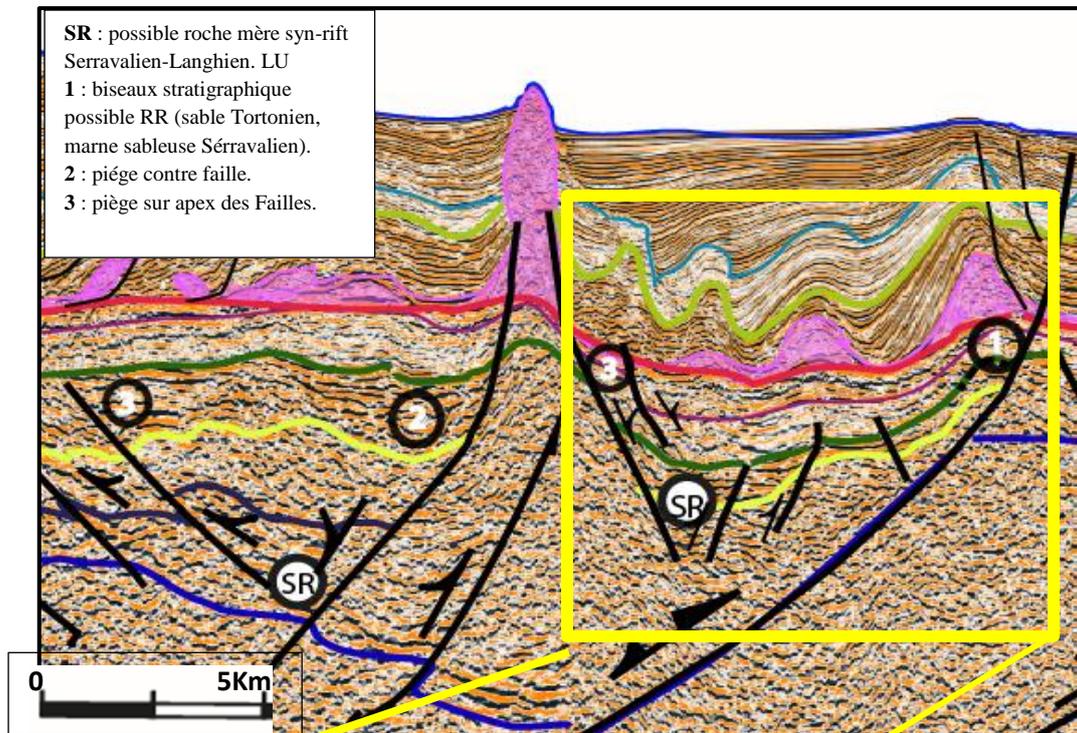


Figure 10 : les pièges Mioçène, type particulier en éventail sédimentaire.

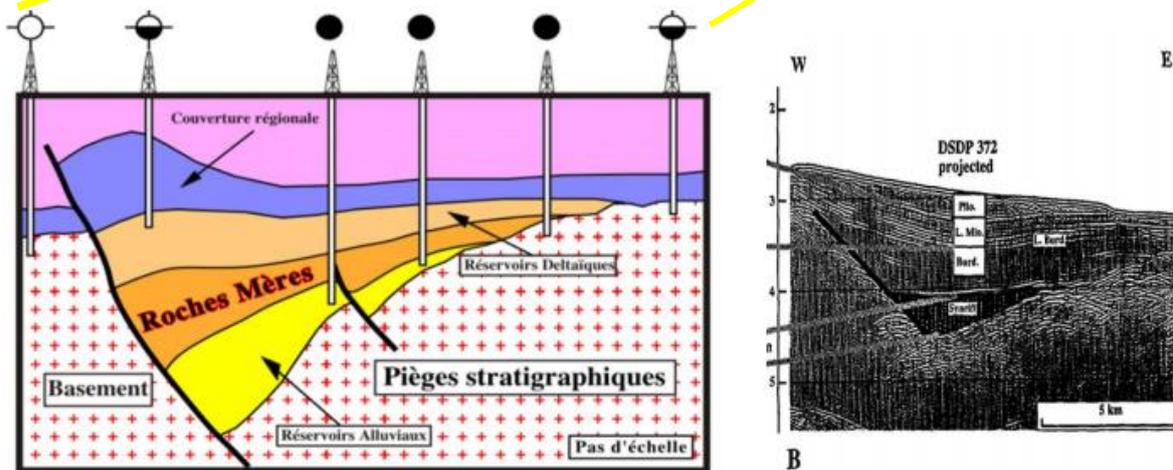


Figure 11 : exemple anlaogique de la marge des Baléards.

Par analogie à ce qui a été défini dans la marge Sud Baléares (le DSDP 372), voilà un exemple (fig.11) de piège stratigraphique qui fonctionne actuellement dans le Golf de Valence. Il existe les mêmes structures dans notre marge au large de Bouverdes (fig.10).

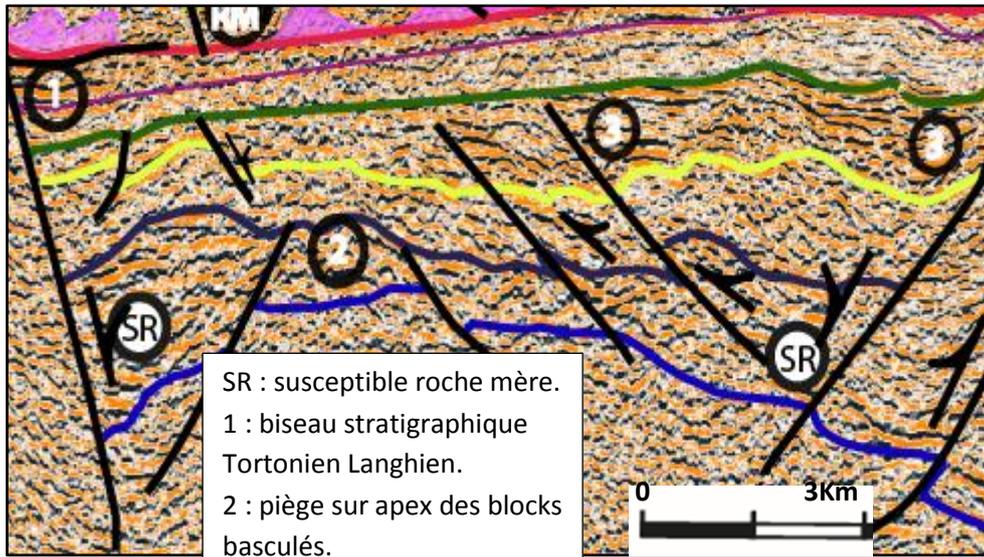


Figure 12: les pièges Miocène reliés aux structures synrift.

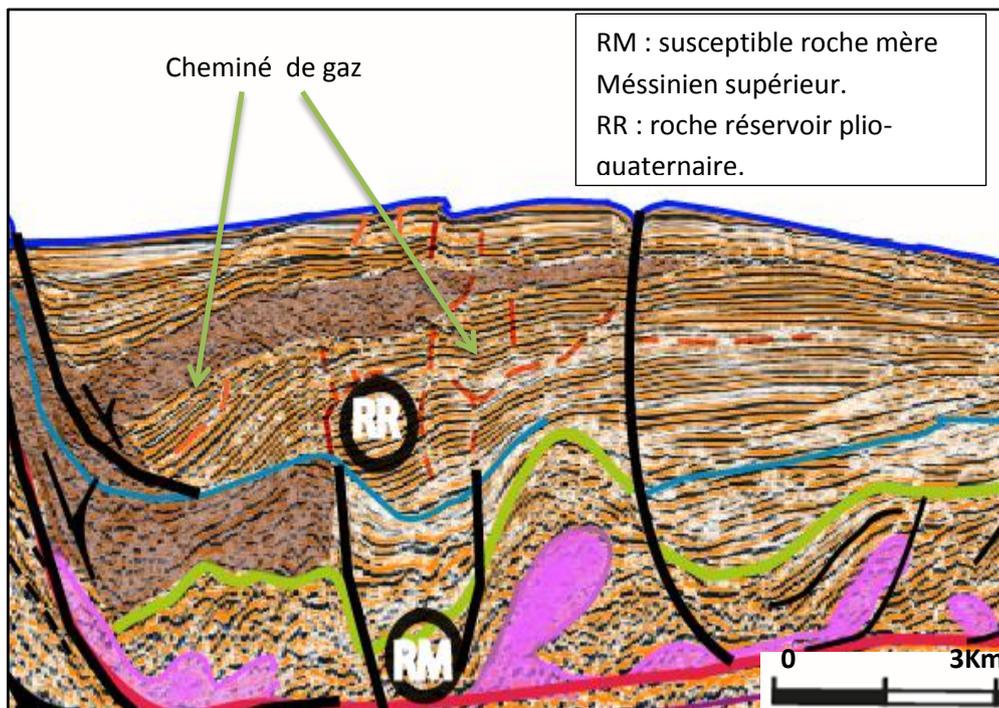


Figure 13 : section montrant un indice direct de la présence des hydrocarbures (gaz).

IV. Coupe Lithologique type de la marge centrale (Boumerdes Est) et son système pétrolier.

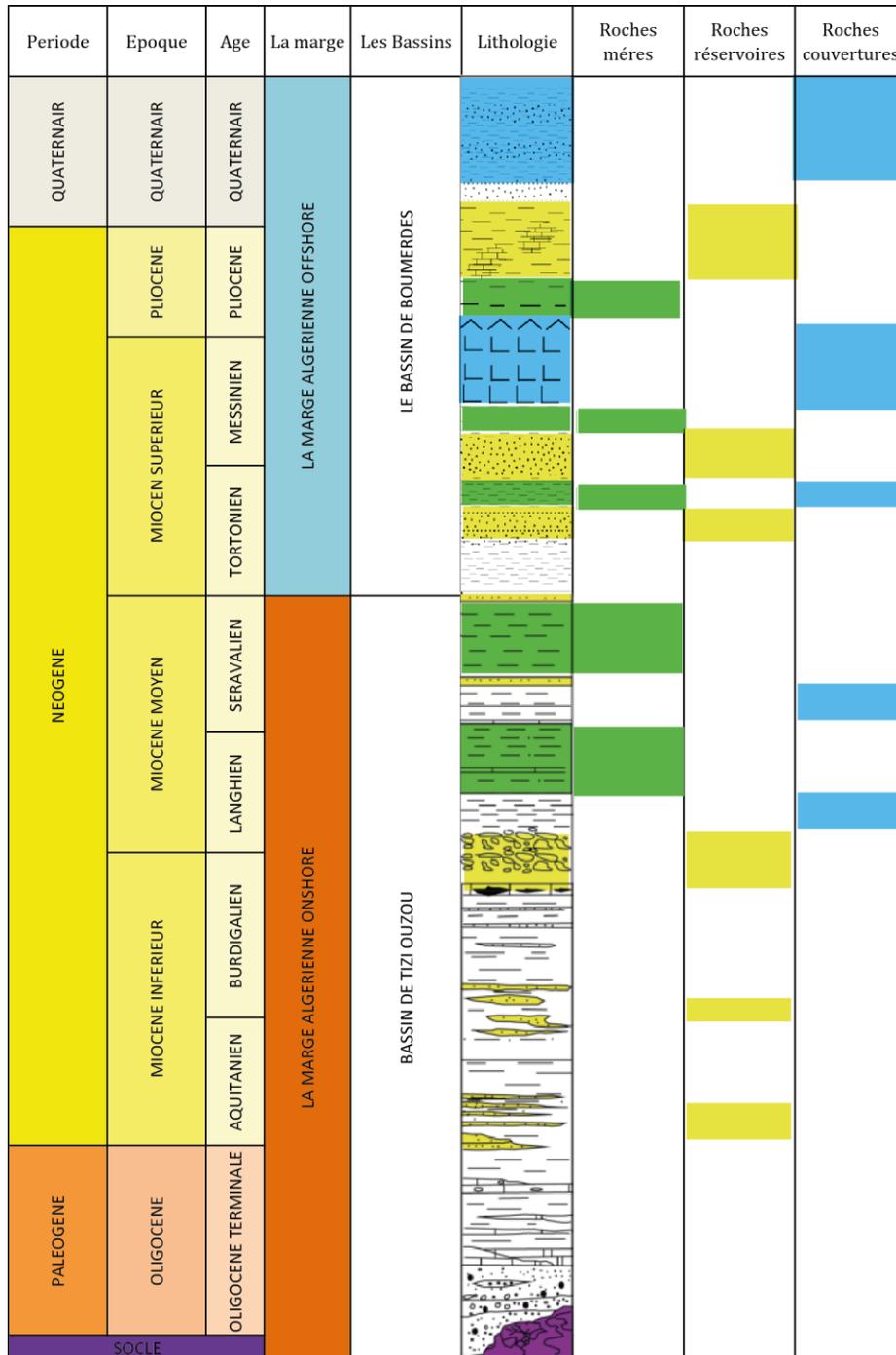


Figure 14 : colonne lithologique synthétique de la marge centrale (Grand Kabylie).

V. Conclusion

Le domaine offshore algérien demeure peu exploré bien que prospectif, le système pétrolier (roches mères, réservoirs, pièges et couvertures) est tributaire de la présence de structures et de sédiments syn-rift. Les roches mères varient latéralement en fonction de l'évolution des séquences syn-rift d'Ouest en Est (plus jeunes à l'Ouest). Les roches réservoirs sont de deux types, gréseux ou carbonaté, et les pièges de plusieurs types (stratigraphiques, structuraux et mixtes), d'âge différent (Miocène ou Plio-Quaternaire) et de géométrie variable (pièges contre failles, plis de rampe, apex de blocs, diapirs...). Les roches couvertures sont présentes à tous les niveaux de la colonne stratigraphique de la marge. La réunion de tous ces termes confère à la marge algérienne un potentiel pétrolifère favorable

En effet, plusieurs défis peuvent se poser lors de l'exploitation, la marge centrale étant une marge tectoniquement active et en train de se transformer en zone de subduction, c'est une zone de très forte sismicité, ainsi un autre problème reste posé correspondant à la grande tranche d'eau à traverser qui peut atteindre 2000 m. Tous ces défis doivent être pris en considération lors de son exploitation.

CONCLUSION GENERALE

La marge centrale algérienne (la marge de la Grande Kabylie) s'est formée au néogène comme toutes les marges de la méditerranée occidentale, cette marge structurée en horst et grabens est actuellement en compression récente d'âge Plio-Quaternaire; qui se manifeste par des bourrelets au niveau de la bathymétrie et marquée par des failles normales reprises en inverse à vergence Nord. -Du point de vue tectono-sédimentaire trois cycles déjà sont définis dans la marge centrale :

-Un cycle-synrift allant du Burdigalien terminal au Tortonien. La géométrie des bassins syn-rift est généralement des horsts et des grabens bordés de failles normales reprises en compression lors des phases post-rift, ce cycle est scellé par la « Break-up unconformity », qui annonce le début du cycle post-rift.

-Un cycle post-rift allant du Tortonien moyen au Pliocène inférieur

-Un cycle plio-quaternaire qui comporte la séquence de comblement du bassin et l'inversion tectonique de la marge. La corrélation sismo-stratigraphique a révélé une compatibilité parfaite des faciès sismique entre la marge occidentale et la marge centrale notamment dans le bassin de Dellys.

-Du point de vue pétrolier, la marge centrale algérienne présente un système pétrolier néogène dont les roches mères appartiendraient à la période syn-rift Burdigalien terminal Tortonien moyen. La prospectivité de cette partie de la marge est tributaire de l'état de maturation des niveaux roches mères (Langhien, Tortonien à Messinien) et de la nature de la croûte et du flux thermique du bassin algérien. Les réservoirs, la couverture et les pièges étant présents, le risque serait uniquement lié à la réactivation récente (inversion) et intense de cette partie de la marge. Nous recommandons à cet effet, un complément d'étude: sur le flux thermique, sur l'état de maturation des roches mères, sur les instabilités des dépôts de pentes (Geohazards).

BIBLIOGRAPHIE

- Aite, M-O; GELARD, J.P; GERY, B.** (1991) : Déformations post nappe et paléo-contraintes enregistrées dans le bassin miocène de Tizi-Ouzou (Grande Kabylie). Bull. de l'office National de la géologie. Vol-2. n°1, pp 35-47.
- Aite, M-O.** (1994) : Analyse de la micro-fracturation et paléocontraintes dans le Néogène post-nappes de Grande Kabylie. Thèse doct. univ. du Maine. Paris
- Alvarez; (1974):** Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal, Nature, 248, 309-314.
- Auzende, J.M et Olivet, J.L;** (1974): Structure of the Western Mediterranean basin. in C.A BURK and C.L DRAKE éd. THE geology of the continental margins, p.723-731. New York.
- Auzende, J. M.** (1978), Histoire Tertiaire de la Méditerranée occidentale, Thèse de Doctorat, Université de Paris VII, p. 232. 70, 71.
- Auzende, J.M.; Bonnin, J and Olivet, J. L;** (1972), Compressive structure of Northern Algeria, Deep-Sea Research, 19(2), 149–155. 78, 134, 160
- Auzende, J. M; Bonnin, J and Olivet, J.L;** (1973). The origin of the western Mediterranean basin, Journal of the Geological Society of London .
- Bache, F ;** 2008.Evolution Oligo Miocène des marges du micro océan Liguro-Provençal. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne occidentale Spécialité : géosciences marines.
- Bonneton J-R.** 1977, Géologie de la zone de contact entre Mitidja et Atlas de Blida au sud d'Alger, Thèse de 3eme cycle, 115 pp, Université de Paris 6.
- Booth Rea G, Ranero, C.R, Martinez-Martinez, J.M Grevenmeyer, I,** 2007. Crustal types and tertiary tectonic evolution of the Alboran sea, Western Mediterranean Geochem. Geophys. Geosyst. 8, Q10005 doi: 1029/2077GC001639.
- Bouhadad .y , A. Benhamouche , S. Maouche ·D. Belhai** Evidence for Quaternary liquefaction-induced features in the epicentral area of the 21 May 2003 Zemmouri earthquake (Algeria, Mw = 6.8) 2008.
- Boullin J-P,** Duran Delga, 81 Gelard J-P , Lalltine, IL, Raoult J-F, Raymond D, Tatiani II and VIIa, JJI 1973 Les olistromes d'âge miocono inférieur liés aux flyschs allochtones Kabyles de l'orogène alpin d'Algérie Bull.Soc.géol. Fr, XV I3-4 : 340-341
- Boullin J-P** 1977. Géologie Alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia Algérie Thèse es sciences, Paris, 509 P, 127 fig, pl. h. t. 1 carte au 1/100.000. Mem. Géol. Fr.
- Boullin J-P** 1986. « Le bassin maghrébin » : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à

l'ouest des Alpes. Bull. Soc. Géol. France, (8) 4,547-558.

Bracene R, Frizon de Lamotte, D, 2002. The origine of intraplate deformation in the Atlas system of western and central Algeria: from Jurassic rifting to Cenozoic-Quaternary inversion. Tectonophysics, 357, 207-226.

Burollet, P.F, Said, A, Trouve, P. 1978. Slim holes drilled on the Algerian shelf. Reports Deepsea drilling project, Washington, 42 (2), 1181-1184.

Camerlinghi, A ; Accetella, D, Costa, S, Lastras, G, Acosta, J, Canals, M, Wardell, N, 2009. Morphogenesis of the SW Balearic continental slope and adjacent abyssal plain, western Mediterranean sea. Int. J. Earth Sci, 98 (4), 735-750.

Courme-Rault D. 1985. Stratigraphie du Miocène et chronologie comparée des déformations suivant deux transversales des Atlassides orientales (Algérie, Sicile). Thèse Univ. D'Orléans.

Dévechère, J, Yelles, K, Domzig, A, Mercier, de Lepinay, B, Bouillin, J-P ; Gaullier, V ; Bracene, R ; Calais, E ; Savoye, B ; Kherroubi, A ; Le Roi, P ; Pauc, H ; Dan, G ; 2005. Active thrust faulting offshore Boumerdes, Algeria, and its relations to the 2003 Mw 6.9 earthquake. Geophysical Research Letters, 32 (4), L04311, doi: 10.1029/2004GL021646.

Domzig, A; Yelles, K; LeRoy, C; Dévechère, J; Bouillin, J-P ; Bracene, R ; Mercier de Lapinay, B ; Le Roy, P ; Calais, E ; Kherroubi, K ; Gaullier, V ; Savoye, B ; Pauc, H ; 2006. Searching for the Africa-Eurasia Miocene boundary onshore Western Algeria (Maradja'03). C.R. Geosciences, 338 (1-2), 80-91

Domzig, A. Déformation active et récente, et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne, thèse 2006.

Durand-Delga, M. 1969, Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie, Publ. Serv. Géol. Algérie, 39, 89-131.

Gelard, J-P. et al 1973, L'âge de la transgression (Oligocène terminal-Aquitainien basal) sur le socle de grande Kabylie (Algérie), C, R. somm. Soc. Géol. France, 7-9.

Gelard, J-P ; Lorkinz, C, et Magne, J. 1975, L'âge de la transgression (Oligocène terminal-Aquitainien basal) sur le socle de grande Kabylie (Algérie), C, R. somm. Soc. S.G.F.

Gelard, J-P. 1979 Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie. M-m_glol. Univ. Dijon, n° 5, 335 p, 98.

Gery, B ; Feinberg, H; Lorenz, C et Magnt, J. 1981, Définition d'une série type de l'Oligo-miocène Kabyle anté nappes dans le D Jebel Aissa Mimoun (Grande Kabylie, Algérie). C.R. Acad. Sei. Paris. Sér. II, t. 292, p. 1529-1532.

Hsü, K.J., Cita, M.B. and Ryan, W.B.F. 1973a. The origine of the Mediterranean

evaporites. In: *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, Volume 13* (Eds W.B.F. Ryan, K.J. Hsü and al.), pp. 1203-1231. (U.S. Government Printing Office), Washington.

Jacques Déverchère – 2015; Méditerranée occidentale ; article internet.

Leprêtre, A ; Klingelhoefer, F ; Graindorg, D ; Schnurle, P ; Beslier, M.O; Yelles, K; Bracene, R; Devérchère, J ; 2013. Multiphased tectonic evolution of the central Algerian margin from combined wide-angle and 2D reflection seismic data off Tipaza, Algeria. *J. Geophys.*

Leprêtre, A : "Contraintes par imagerie sismique pénétrante sur l'évolution d'une marge Cénozoïque réactivée en compression (cas de la marge algérienne, secteur de Tipaza)" ; Décembre 2012.

Lofi, J ; Sage, F ; Devérchère, J ; loncke, L ; Maillard, A ; Gaullier, V ; Thinon, I ; Gillet, H ; Guennoc, P ; Gorini, C . 2011. Rifining our knowledge of the Missinian Salinity Crisis records in the offshore domain through multi-site seismic analysis. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 182 (2), 163-180.

Lounis,R; Etude de la fracturation du socle cristallin de la Grande Kabylie ‘ Larbaa Naith Enrathen ‘ , memoir ingénieur ,1996.

Mauffret, A; L. Montadert; M. Lavergne; and C. Willm, 1978 Geological and geophysical setting of DSDP site 372 (western mediterranean)

Medaouri, h ; mobilite du materiel evaporitique du messinien dans l’offshore occidental algerien. Magister,2011.

Medaouri, M; Bracene, R; Devérchère, J ; Graindorg, D ; Ouabadi, A and ells, A; 2012. Structural styles and neogene petroleum system around the usuf-Habibas ridge (Alboran basin Mediterranean sea), *The leading Edge*, 31, 776-785, 50, 51, Menard et al; 1977.

Medaouri, M; Devérchère, J ; Graindorg,D ; Bracene, R ; Badi, R ; Ouabadi, A ; & Bendoba, F. 2014; The transition from Alboran to Algerian basins (Western Mediterranean sea): chronostratigraphy, deep crustal structure and tectonic evolution at the rear of narrow slab rollback; system. *Journal of Geodynamics.*

Meghraoui, M ; Pondrelli, S ; 2012. Active faulting and transpression tectonics along the plate boundary in the north Africa. *Annals of Geophysics* 55(5), 2012.

ORGM, Le séisme de Zemmouri (Boumerdès,Algérie) du 21mai 2003(Mw=6.8) : constats et premiers enseignements. 2004.

Meghraoui, M . Maouche,2 B. Chema,3 Z. Cakir,1 A. Aoudia,4 A. Harbi,2,4 P.-J. Alasset,1 A. Ayadi,2,4 Y. Bouhadad,5 and F. Benhamouda; Coastal uplift and thrust faulting associated with the Mw = 6.8 Zemmouri (Algeria) earthquake of 21 May, 2003.

- Raymond, D**; 1976. Evolution sédimentaire et tectonique du Nord Ouest de la grande Kabylie (Algérie) au cour du cycle alpin. Hèse Sc. Univ. Paris VI, 152p, 71 fig ; 2pl.h.t ; ronéot.
- Rehault, J-P** ; Boillot, G et Mascle, J ; 1984. Evolution géodynamique de la Méditerranée depuis l'Oligocène. Mem. Soc. Géol. It ; 27, 85-96.
- Rehault, J-P** ; Boillot, G ; Mauffret, A ; 1985. The Western Mediterranean basin. In: Stanly, D- J; Wezel, F.C (Eds). Geological evolution of the Mediterranean basin. Springer Verlag, Berlin, 101-129.
- Saadallah, A**; 1981. Le massif cristallophyllien d'El DJazaïr (Algérie) : évolution d'un charriage à convergence nord dans les internides des Maghrébides. Thèse 3eme cycle, Alger, 160p.
- Saadallah, A** ; 1992. Le cristallin de la grande Kabylie (Algérie) : sa place dans la chaîne des Maghrébides. Thèse es Sci. Univ. Alger, 265p.
- Projet SPIRAL (2009-2014)**, www.spirale.com.
- Wildi, W** ; 1983. La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : Structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène, Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys, 24, 201-297.
- Wladimir D.** Nesteroffl, William B. F. Ryan², Kenneth J. Hsü³, Guy Pautot⁴, Forese C. Weze¹⁵, Jennifer M. Lort⁶, Maria B. Cita⁷, Wolf Maync⁸, Herbert Stradnerg, et Paulian Dumitricalo ; Evolution de la Sédimentation Pendant le Néogène en Méditerranée d'après les Forages, JOIDES-DSDP