



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique UNIVERSITE DE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Département des Sciences Géologiques Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de MASTER EN GEOLOGIE Option : Géologie des Bassins Sédimentaires

<u>Thème :</u>

Evolution du potentiel pétrolier et caractérisation des réservoirs du Lias dans le sillon de Benoud (passage vers l'Atlas Saharien occidental)

Proposé par : BELFAR. F (Chef de projet exploration Sonatrach)

Réalisé par : IGHEROUSSENE Siham

OULD AMARA Koceila

Soutenu le .../.../2019

Devant le jury :Président :KARDACHE R.MCA, Université M.MammeriPromoteur :AMROUCHE F.MAA, Université M.MammeriCo-promoteur :BELFAR.FChef de projet exploration SonatrachExaminateur :ACHOUI, MMAA, Université M.Mammeri

Promotion 2018/2019

Dédicaces ;

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Salah.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux : ma bellemère Nassia..

A mon cher frère Toufik, et ma sœur Katia, et mes petites frères Syfaxe et Boussaad qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A tous mes amis(es) particulièrement, achour ould farhat, et messoud fechetah et aissa djaroun, mouloud ait saidi et ces frères, sans oublier sophia et lamia , et Tassadit.

A monsieur mouhend abizar pour son aide.

Sans oublier ma binôme Siham igheroussene pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Koceila

Liste des figures :

Fig.I.1 : Localisation géographique du périmètre de recherche El Ouabed (document SH)

Fig.I.2 : Carte géologique de EL Ouabed (extrait de la carte de l'Algérie 1952 du Nord au 1/500 000)

Fig. I.3 : carte structurale régionale du périmètre El Ouabed (document SH 2007).

Fig.I.4 : coupe sismo-tectonique à travers l'Atlas Saharien, le sillon de Benoud et l'ensellement de Djofra (documents SH 2014)

Fig. I.5 : schéma structurale de la région de Benoud (document SH, 2007)

Fig.I.6 : Coupe stratigraphique du sillon de Benoud (document, SH 2005)

Fig.I.1 : Localisation géographique du périmètre de recherche El Ouabed (document SH)

Fig.I.2 : Carte géologique de EL Ouabed (extrait de la carte de l'Algérie 1952 du Nord au 1/500 000)

Fig. I.3 : carte structurale régionale du périmètre El Ouabed (document SH 2007).

Fig.I.4 : coupe sismo-tectonique à travers l'Atlas Saharien, le sillon de Benoud et l'ensellement de Djofra (documents SH 2014)

Fig. I.5 : schéma structurale de la région de Benoud (document SH, 2007)

Fig.I.6 : Coupe stratigraphique du sillon de Benoud (document, SH 2005)

Fig.I.1 : Localisation géographique du périmètre de recherche El Ouabed (document SH)

Fig.I.2 : Carte géologique de EL Ouabed (extrait de la carte de l'Algérie 1952 du Nord au 1/500 000)

Fig. I.3 : carte structurale régionale du périmètre El Ouabed (document SH 2007).

Fig.I.4 : coupe sismo-tectonique à travers l'Atlas Saharien, le sillon de Benoud et l'ensellement de Djofra (documents SH 2014)

Fig. I.5 : schéma structurale de la région de Benoud (document SH, 2007)

Fig.I.6 : Coupe stratigraphique du sillon de Benoud (document, SH 2005)

Fig.II.1 : les Devisions morphologiques des environnements marins

Fig.II.2 : zonation de la plate forme interne

Fig.II.3 : Carte de localisation des sondages dans le sillon de Benoud

Fig II.4 : log de puits TAJ-1(Document SH, 2018)

Fig.II.5 : dolomie cristalline vaccuolaire(Document SH,2018)

Fig.II.6 : Microfacies a texture Wackstone à Packstone à Pelletoide et Lithoclaste de forme irréguliere(DocumentSH,2018).

Fig.II.7 : Fiche de carotte de Taj-1 (Document SH, 2018)

Fig II.8: log de puits KEB-1 (document SH, 2018)

Fig.II.9 : Argile verdâtre

Fig.II.10 : calcaire dolomitique (Document SH, 2018)

Fig.II.11: Microfacies à bioclaste complement dolomitisé (Document SH, 2018)

Fig.II.12:fiche de carotte N°1 de KEB-1(document SH, 2018)

Fig.II.13: fiche de carotte N°1 de KEB-1(document SH, 2018)

Fig.II.14 : Microfaciès à bioclaste complétement dolomitisé (Document SH, 2018)

Fig.II.15. : fiche de carotte N°2 de KEB-1 Document SH, 2018)

Fig.II.16 : Fiche de carotte N°2 KEB-1(DocumentSH, 2018)

Fig.II.17 : Microfacies à bioclaste compltement dolomitisé (Document SH, 2018)

Fig.II.18. : fiche de carotte N°3 de KEB-1(Document SH, 2018)

Fig.II.19: fiche de carotte N°3 de KEB-1(Document SH, 2018)

Fig.II.20 : microfaciès à bioclaste complétement dolomitisé (Document SH, 2018)

Fig.II.21 : La recristallisation affectant le ciment lui-même et les bioclastes (Document SH, 2018)

Fig.II.22 : microfacies Wackstone calciphére (Document Sonatrach, 2018)

Fig.II.23 : fiche de carotte N°4 de KEB-1(Document SH, 2018)

Fig.II.24. : fiche de carotte N°4 de KEB-1(Document SH, 2018)

Fig.II.25 : calcaire Floastone a Bivalves (Document SH, 2018)

Fig.II.26. : fiche de carotte N°5 de KEB-1(Document SH, 2018)

Fig.II.27: fiche de carotte N°5 de KEB-1(Document SH, 2018)

- Fig.II.28 : Dolomie cristalline vacuolaire (Document Sonatrach, 2018)
- Fig.II.29 : fiche de carotte N°6 de KEB-1(Document Sonatrach, 2018)
- **Fig.II.30** : fiche de carotte N°6 de KEB-1(Document Sonatrach, 2018)
- Fig.II.31: La recristallisation affectant le ciment lui-même et les bioclastes(Document SH,2018)
- Fig.II.32: Calcaire Grainstone à oolithes (Docuement SH, 2018)
- Fig.II.33: fiche de carotte N°7 de KEB-1(Document SH, 2018)
- Fig.II.34.: fiche de carotte N°7 de KEB-1(Document SH, 2018)
- Fig.II.35 : Calcaire Mudstone a structure ondulé (Document SH, 2018)
- Fig.II.36 : fiche de carotte N°8 de KEB-1(Document SH, 2018)
- Figure II.37: log du puits BIR-1(Document SH, 2018)
- Fig.II.38 : Calcaire Mudstone bioclastique (Document SH, 2018)
- Fig.II.39.: fiche de carotte N°1 du puits BIR-1(Document SH, 2018)
- **Fig.II.40** : argile gris verdâtre (Document SH, 2018)
- Fig.II.41 : Calcaire MudstoneWachstone (Document SH, 2018)
- **Fig.II.42:** fiche de carotte N°2 de BIR-1(Document SH, 2018)
- Fig.II.43 : Masterlog de puits OR-2(Document SH, 2018)
- Fig.II.44 : Corrélations litho stratigraphiques des sondages TAJ-1, BIR-1, KEB-1 et OR-2
- Fig.II.45: Masterlog de puits OAZ-1
- Fig.II.46: fiche de carotte N°1 du puits OAZ-1(Document SH, 2018)
- Fig.II.47 : fiche de carotte N°1 du puits OAZ-1(Document SH, 2018)
- Fig.II.48 : Masterlog de puits MAMI-1

Fig.II.49 : Carte de facies de sillon de Benoud

Fig.II.50:Catre paléogéographique de sillon de Benoud

Fig.III.1 : les différents stades de genèse des hydrocarbures (document SH)

Fig. III.2 : Paramètres pétrophysiques dans le périmètre El Ouabed

Fig.III.3 : Calcaire oolithique

Fig.III.4. : dolomie cristalline vacuolaire

Fig.III.5 : Calcaire Mudstone bioclastique

Fig. III. 6: Diagramme de porosité en fonction de la profondeur de puits KEB-1

Fig.III.7 : Diagramme de perméabilité en fonction de la profondeur du puits KEB-1

Fig.III.8 : Diagramme de perméabilité en fonction de la profondeur du puits TAJ-1

Fig.III.9 : Diagramme de porosité en fonction de la profondeur du puits TAJ-1

Fig.III.10 : Concept de piégeage à partir de la roche mère du Silurien et/ou du Frasnien (Document SH, Mars 2019).

Liste des tableaux :

Tableau .I.1: Résumé des événements tectoniques ayant affectés la région de Benoud à l'Hercynien et à l'Alpin (Géoressources-Sonatrach, 1996Boudjemaa 1987).
Tableau.IV.1 : variation de l'épaisseur de Lias carbonaté dans les puits KEB-1, TAJ-1 et BIR-1.

Résumé :

Le sillon de Benoud constitue une zone de transition entre deux grands ensembles différents à savoir, la plate forme saharienne au Sud et l'atlas saharien au Nord.

Ce sillon est séparé des zones atlasiques au Nord par l'accident Sud Atlasique. Ce dernier a joué un grand rôle dans sa structuration en zones hautes et en zones basses.

Le remplissage du sillon de Benoud est constitué par des séries allants de Cambrien jusqu'au Mio-Pliocéne.

Le Lias de ce domaine est caractérisé par des dépôts carbonatés de la plate forme dans presque toute la totalité du bassin montrant des variations latérales de facies.

Les caractéstiques petrophysiques dans le réservoir lias sont appréciables, ce dernier peut être alimenté à partir de la roche mère Silurien ou à partir de la roche mère Frasnien.

Introduction 1
Chapitre I : Généralité
I. Carde géographique2
II. Cadre géologique3
III. Aspect structurale
IV. Synthèse stratigraphique6
IV.1 : Le Paléozoïque6
Le Cambrien6
'Ordovicien6
Le Silurien6
Le Dévonien 6
Le Carbonifère6
Le Mésozoïque 6
Trias6
Trias éruptif7
Trias détritique (Trias argilo-gréseux)7
Trias salifère7
Le Jurassique7
Le Lias7
Dogger7
Malm7
Le Crétacé7

Sommaire

IV.3 Le Cénozoïque	7
V. Evolution géodynamique	9
V. Naissance du sillon de Benoud	10
VI. Méthodologie	13
VII. Historique de la recherche et de l'exploration	14
VII-1- Les travaux théoriques	14
VII-2- Les travaux d'exploitation	14
Annonce du plan	15
Chapitre II : les caractéristiques sédimentologiques du Lias dans le sil Benoud.	lon de
I. Rappels théoriques sur les concepts de la sédimentologie	.16
I.2. Aperçu sur les milieux de dépôts	16
I.2.1. Environnements continentaux	.16
I.2.2. Environnements marins	. 17
I.2.3.Les environnements mixtes	.22
II. Description des facies à partir de Master log et des carottes	.24
II.1. Localisation des Sondages	.24
II.2.1 Puits TAJ-1	25
II.2.2. Puits KEB-1	.29
II.2.3. Puits BIR-1	54
II.2.4. Puits OR-2	60
III. Corrélation des sondages TAJ-1, KEB-1, BIR-1 et OR-2 dans le sillon Benoud	1 de 62
II.2.5 Puits OAZ-1	.63
II.2.6.Puits MAMI-1	68
IV. Interprétation de la carte de facies	69
V. Interprétation de la carte paléogéographique	70

I. Généralités sur le système pétrolier
I.1. Définitions
II. Paramètre pétrophysique74
II.1. La porosité
II.2. La perméabilité
II.3. La relation entre la porosité et la perméabilité
III. Réservoir pétrolier du Lias dans le sillon de Benoud et les zones avoisinante
IV. Les Facies (Réservoirs) carbonatés77
IV.1. Calcaire oolithique
IV.2 .Dolomie cristalline
IV.3. Calcaire à Bioclastes
V. Caractéristiques pétrophysiques dans la région d'étude80
V.1. Puits KEB-180
V.2. Puits TAJ-1
III.5. Possibilité d'alimentation des réservoirs du Lias
III.5.1. Le Silurien
III.5.2. Le Frasnien

Chapitre III : Etude des paramètres pétrophysiques :

Introduction :

Dans le cadre de la recherche et la prospection des hydrocarbures qui constitue une source d'énergie primordiale dans le monde entier, l'intérêt de ces recherches est l'accès vers l'exploitation des réservoirs pétroliers.

La recherche pétrolière dans la région du sillon de Benoud qui constitue une jonction entre deux grands domaines différents : Plateforme saharienne au Sud et l'Atlas Saharien au Nord, est orientée principalement à partir d'indices de subsurface qui sont basés sur des considérations strictement structurales sans pour autant avancer des probabilités de réussite. Les résultats obtenus par les forages implantés n'ont pas pu répondre à la complexité tectonique de cette zone.

Le Lias carbonaté, représenté dans la partie septentrionale du sillon de Benoud s'est avéré à hydrocarbures et ce suite au forage du puits BIR-1 en 2018 ; qui a donné après test un débit de 3.8m3/h d'huile. L'objectif de notre travail consiste essentiellement à l'étude du réservoir du Lias en terme de sédimentologie, paléogéographie, extension spatiotemporelle et caractéristiques pétrophysiques dans le sillon de Benoud en intégrants des données des puits et de géophysique à travers plusieurs sondages effectuées dans cette zone.

Ce travail a été réalisé dans le but de la contribution et l'évaluation du potentiel pétrolier dans la région de sillon de Benoud.

I. Carde géographique :

Le sillon de Benoud est situé dans la partie nord-ouest de la plateforme saharienne (passage vers l'Atlas Saharien occidentale), direction NE-SO, s'étends sur une superficie de 23980,62 km², se situe entre 00°30′-02°40′ longitude est et 32°30′-33°40′ latitude nord. Il s'étale sur territoire des wilayas d'El Bayadh, Béchar, au Sud Laghouat et Nâama au Nord, les localités les plus importantes aux alentours sont Tadjrouna (wilaya de Laghouat et Brezina wilaya d'El Bayadh. (Fig.I.1)

Le périmètre de recherche El Ouabed couvre la quasi-totalité du sillon de Benoud, ce périmètre de recherche est traversé par deux routes principales, route nationale N107 qui relie El Bayadh à Ghardaïa et la route N59 et N6b qui relient El Bayadh à Béchar (Fig. I. 1)



Fig.I.1 : Localisation géographique du périmètre de recherche El Ouabed (document SH)

II. Cadre géologique :

Le sillon de Benoud est une zone étroite asymétrique d'orientation NE-SW appartient aux provinces pétrogazifère (situé à l'ouest du champ de Hassi R'mel), il est constitué de deux entités géologiques séparées par un accident majeur (Accident Sud Atlasique), il s'agit de l'Atlas Saharien au Nord et de la plateforme saharienne au Sud (FigI.2).



Fig.I.2 : Carte géologique de EL Ouabed (extrait de la carte de l'Algérie 1952 du Nord au 1/500 000)

Du point de vue régional, le périmètre EL Ouabed est limité au Sud par l'ensellement de Djofra, au Nord par l'Atlas Saharien, à l'Est par le dôme de Tilrhemt et à l'Ouest par le Bassin de Béchar et la voûte d'Oued Namous(Fig.I.3).



Fig. I.3 : carte structurale régionale du périmètre El Ouabed (document SH 2007).

III. Aspect structurale :

Le sillon de Benoud s'étale sur une longueur de 495km et 64 km de largeur, juxtaposé à la flexure Sud Atlasique.

L'un des traits structuraux remarquables dans cette région est l'existence d'un grand accident « Accident Sud Atlasique », qui a joué un grand rôle dans la structuration en zones hautes et zones basses (Boudjema. A, 1987).

Cet accident qui se manifeste à l'affleurement par des tronçons discontinus orientés NE-SW sépare la plateforme saharienne dont sa structuration est généralement hercynienne des domaines atlasiques intensément déformés par les mouvements alpins.



Fig.I.4 : coupe sismo-tectonique à travers l'Atlas Saharien, le sillon de Benoud et l'ensellement de Djofra (documents SH 2014)



Fig. I.5 : schéma structurale de la région de Benoud (document SH, 2007)

IV. Synthèse stratigraphique : (BOUDJEMAA A., 1987).

IV.1 : Le Paléozoïque :

Le Paléozoïque (Fig. I.6) est représenté par 1000m à 3000m de sédiments à dominance argilo-gréseux, reposant en discordance sur le Précambrien.

• Le Cambrien :

La sédimentation est marquée par des dépôts détritiques continentaux à littoraux, représenté par la formation des grés du Hassi Menkel.

• L'Ordovicien

L'Ordovicien est caractérisé par une sédimentation détritique comparable à celle reconnue dans toute la partie Nord de la plateforme saharienne, distinguée par une période de glaciation et une alternance transgression-régression marquée par des sédiments argilo-gréseux marins à continentaux.

• Le Silurien :

Le Silurien est représenté par la formation des argiles noires riche en matière organique (graptolites) et de matières radioactives (uranium). Cette formation constitue la roche mère principale dans la région.

• Le Dévonien :

Le Dévonien caractérisé par une sédimentation détritique littorale avec influence marin. Les forages dans la région n'ont rencontré que le Dévonien inférieur. Ce dernier est généralement argilo-gréseux à la base puis gréseux au sommet avec parfois des intercalations calcaire et de dolomie.

• Le Carbonifère :

La sédimentation dans le Carbonifère, incomplette, est marine avec des dépôts carbonatés et détritique. Il est formé par des grés à la base surmonté par une alternance d'argile, de calcaire et de dolomie.

IV.2 Le Mésozoïque :

Le Mésozoïque repose en discordance sur le Paléozoïque ; caractérisé par une sédimentation lagunaire.

• Trias :

Le Trias est subdivisé en 03 grands ensembles lithostratigraphiques

Trias éruptif : Il est représenté par des coulées doléritique de quelque dizaines de mètres d'épaisseur intercalés entre deux niveaux d'argile silteuses à passées de grés fins à moyens.

> Trias détritique (Trias argilo-gréseux) :

Subdivisé en : T1 (qui fait partie du Trias détritique ou argilo-gréseux) et T2 (trias gréseux) qui atteint une épaisseur de 126 m.

Trias salifère : représenté par des évaporites à intercalation argileuse.
 Leurs épaisseur moyenne est de 40m.

• Le Jurassique :

Le Lias : formé à la base par des dépôts essentiellement évaporitiques (argile, sel, anhydrite), au sommet par des facies carbonatés (dolomie et calcaire).

Dogger : caractérisé par un facies argileux dolomitique à la base qui évolue progressivement en facies détritique au sommet.

Malm : est composé essentiellement d'alternance argilo-gréseux et argilo-sableuse parfois avec des intercalations dolomitiques.

• Le Crétacé :

Deux ensembles peuvent être distingués ; le premier détritique terrigène (Crétacé inferieur), le second carbonaté et évaporitiques (Crétacé supérieur).

IV.3 Le Cénozoïque :

Le Cénozoïque repose en discordance sur le Crétacé, Recouvre presque entièrement toute la région de Benoud caractérisé par des formations détritiques continentale.

Chapitre I

Généralités



Fig.I.6 : Coupe stratigraphique du sillon de Benoud (document, SH 2005)

V. Evolution géodynamique :

L'évolution géodynamique du sillon de Benoud, dont fait partie le Périmètre El Ouabed, est complexe. La région a d'abord connu un événement majeur au Précambrien avec la collision entre les deux cratons Ouest-Africain et Est-saharien. La compression E - W qui est suivie a donné naissance à une structuration et des accidents cisaillant N-S qui sont restés comme un important héritage de cette époque, (l'orogenèse panafricain). Au Paléozoïque la région a été soumise à un régime compressif avec plusieurs phases qui ont conduit à de nombreuses phases d'érosion mises en évidence dans la série stratigraphique du Paléozoïque.

A partir du Mésozoïque, la partie sud de la région d'étude a commencé à évoluer en tant que plate-forme stable. Par contre, la partie nord a été soumise à un régime de distension qui a conduit à l'ouverture du Bassin Atlasique qui a fonctionné en tant que tel jusqu'au Cénozoïque où des mouvements compressifs en pris le relais pour aboutir à la configuration structurale actuelle.

La sismique actuelle a pu mettre en évidence à travers le sillon de Benoud et les régions avoisinantes au moins six épisodes de soulèvement suivis d'érosion à des degrés différents :

Evénement Panafricain : les effets de cette phase sur la région d'El Ouabed ne sont pas établis, toutefois, les trends structuraux Nord-Sud décrits dans le voisinage peuvent être considéré comme l'héritage direct.

Evénement Taconique : cet événement a commencé à Arénigien avec le soulèvement des dômes de Hassi R'mel et de Oued Namous d'où un amincissement de la série en allant vers ces zones hautes.

L'ordovicien est caractérisé par des discordances locales, des plis à grande échelle et surtout par un basculement régional vers le sud, d'où une forte érosion sur le flanc nord (Oued Namous et Hassi R'mel) par rapport au flanc sud (Oued Mya) où la série ordovicienne est complète. La discordance_Taconique proprement dite est décrite à la base des argiles micro-conglomératiques d'âge Asghillien. Evénement Calédonien : L'événement calédonien est lié à la fermeture de l'Océan Iapetus accentuant ainsi les mouvements compressifs qui ont soulevé la Plate-forme Saharienne durant l'événement taconique. La discordance qui en résulte est décrite au niveau du Pridolien mettant en contact les argiles marines de haut fond (série de Oued Ali) d'âge silurien et les grès du Dévonien (Grès e Dhissa).

Evénement Hercynien : Cet événement, qui a duré environ 55 Ma et responsable d'un soulèvement régional important et de plusieurs phases d'érosion, s'est déroulé en deux épisodes. Le premier est celui d'une érosion qui a précédé le dépôt du Moscovien (Wesphalien). Le second, le plus important, s'est produit durant le Stéphanien il est accompagné d'un important soulèvement suivi d'une phase d'érosion qui fonctionné durant le Permien et qui s'est prolongé dans certain cas jusqu'au Trias inférieur.

Evénement Alpin : Au début de l'Ere Méso-Cénozoïque, la surface de la discordance Hercynienne n'était pas complètement plane. Les petits reliefs qui subsistaient ont constitué un bassin de drainage pour les rivières triasiques où se sont déposés les dépôts clastiques. Cette ère a connu la naissance de deux éléments structuraux majeurs : le sillon de Benoud et la dorsale de Hassi R'mel.

V. Naissance du sillon de Benoud :

Malgré sa position proche de l'Atlas Saharien, le Sillon de Benoud n'est pas un bassin d'avant pays de la chaîne atlasique. Le Sillon de Benoud s'est formé en deux phases :

Trias - Jurassique inf. : Les différentes études antérieures réalisées entre la DH et le Lias carbonaté, montrent un amincissement des séries en allant vers le front de la chaîne atlasique. En effet, durant cette période un système de failles normales à regard nord fonctionnait sur la rive sud du Bassin Atlasique en formant un demi-graben. La région qu'occupe le Sillon de Benoud actuel constituait une zone haute.

> Jurassique moyen - Actuel : Le Sillon de Benoud a commencé à s'affaisser au Jurassique moyen, avec un taux de subsidence irrégulière. Au Crétacé la subsidence a connu un moment de ralentissement pour s'accélérer au Tertiaire. Le mécanisme de subsidence du Sillon de Benoud est à mettre en relation avec le développement d'une marge sédimentaire passive sous la région qu'occupe l'Atlas actuellement.

PHASES	DIRECTION	EFFETS SUR LA STRUCTURATION			
	DES				
	CONTRAINTES				
NEOGENE		-Le sillon de Benoud adopte la configuration qu'on			
(Néogène)		lui connaît actuellement.			
		- Formation au front du domaine atlasique, aux			
		limites avec le sillon de Benoud, de chevauchements à			
		vergence Sud à S-E, associés à des plis de rampes.			
		- Elle se traduit dans la région d'El Kohol par des			
		décrochements NW-SE sénestres compatibles avec une			
		compression N-S.			
ATLASIQUE		- Surrection du domaine atlasique et formation de			
MAJEURE		failles inverses et de plis NE-SW.			
(Eocène Sup		- L'érosion qui a succédée aux soulèvements se			
Miocène inf.)		traduit actuellement par une discordance régionale séparant			
		le Mio-Pliocène du Crétacé supérieur.			
LARAMIENNE		- Emersion du domaine atlasique et formation de			
(Crétacé supérieur		gouttières molassiques du côté saharien, dont e le sillon			
		deBenoud.			

		- Dans la région d'El Kohol, elle affecte le Crétacé		
		supérieur et se traduit par des plis NW-SE, compatibles		
		avecune direction de serrage NE-SW.		
AUTRICHIENNE		- Rejeu des accidents subméridiens inverses et		
(anti-Aptien		formation de voûtes anticlinales orientées N-S suivies		
terminal)		d'uneperiode d'erosion, qui n'affecte toutes fois que le		
		Barrennen		
		-Rejeu d'anciens accidents, essentiellement NE-SW,		
DISTENSIVE DU		en failles normales et épanchement de roches volcaniques		
		1 1		
TRIAS-LIAS				
(Trias-Lias)				
HERCYNIENNE		-Formation de failles inverses NE-SW, de failles		
MAIEUDE		normalas submáridiannas at d'importants soulàvaments		
MAJLORE		dans la région de Benoud		
(post-Stéphanien)		dans la region de Denoud.		
		-Erosion profonde du Paléozoïque, localement		
		jusqu'au Silurien (paléo-soulèvement de Mazar), se		
		traduisant par une discordance régionale séparant le		
		Paléozoïque du Mésozoïque.		
ANTIWESTPHALI		Discordance entre le Westphalien et les autres		
ENNE	2	×		
	-	séries paléozoïques antérieures, visible le long du bord		
(anti-Westphalien)		septentrional du sillon de Benoud.		
		Discordance entre le Nemurien et le Viséen		
INAIVIURIENINE	?			
(Namurien)	•	inférieur, voire le Dévonien supérieur, visible au SW		



Tableau .I.1: Résumé des événements tectoniques ayant affectés la région de Benoud àl'Hercynien et à l'Alpin (Géoressources-Sonatrach, 1996 Boudjemaa 1987).

VI. Méthodologie :

Ce travail a été réalisé dans le but de répondre à la problématique, et pour cela nous avons suivis la démarche suivante :

- Consultation des travaux réalisé dans le sillon Benoud principalement les rapports réalisés par Sonatrach et d'autre mémoires et thèses, afin d'établir une synthèse bibliographique pour représenter le contexte géologique de cette région.
- L'utilisation des master-log et les fiches de carottes dans le but de réaliser une étude sédimentologique afin d'établir une carte de facies et une carte paléogéographique de la région d'étude.
- Faire des corrélations du Lias dans les 06 puits étudiés (TAJ-1, BIR-1, KEB-1, MAMI-1, OAZ-1 et OR-2) afin de définir sa géométrie dans le sillon de Benoud.
- Interprétations des résultats pétrophysique afin de déterminer la qualité du réservoir.

VII. Historique de la recherche et de l'exploration :

Les travaux théoriques :

Les travaux universitaires sur la région du sillon de Benoud sont très rares parmi lesquelles on trouve les travaux de :

-Boudjema A, 1987 : Evolution structurale du bassin pétrolier « triasique » du Sahara nord orientale (thèse de doctorat Université Paris XI)

-Ait Salem H, 198 : stratigraphie séquentiel et exploration pétrolière.

-Guemache M.A, 1999 : influence de l'héritage tectonique hercynien sur la structuration alpine et intérêt pétrolier dans le sillon de Benoud (memo Usthb).

-Ighoumracene M, 2008 : étude sédimentoligique et évaluation des réservoirs paléozoïque et triasique du sillon de Benoud.

-Seghir H et Salimi R, 2017 : Etude des réservoirs du Dévonien inferieure dans le sillon de Benoud.

Les travaux d'exploitation :

Les premières exploitations du sillon de Benoud ont débuté les années cinquante après la découverte de gisement de Hassi R'mel qui se trouve à environ 100km à l'Est de la région d'étude.

<u>En 1955</u>, La **CFPA** a réalisé le premier puits d'exploration ayant pour l'objectif de la reconnaissance de biseau triasique et l'exploration des formations paléozoïques, il atteint le Silurien à 2004 m de profondeurs.

<u>En 1965</u> : La **ESSO** a réalisé un forage dans la région de Touadjnine (Taj-1), ce puits a montré des indices de gaz/huile dans le Lias, indice de gaz dans le Dévonien inferieur et Gothlondien. Il a terminé dans le carbonifère à 3797,10 m de profondeur.

<u>En 1970</u> : La **SOPEFAL** a réalisé le sondage MZ-1 (ce forage n'a montré aucun indice pétrolier.

<u>En 1979</u> : **Sonatrach** a réalisé un forage dans la région de kherbeh (KEW-1), son objectif était la série carbonifère de Lias et les niveaux gréseux du carbonifère, ce forage a atteint le Lias à 2576 m de profondeur.

En 1979 et 1972 : L'ENAGEO a effectué plusieurs études sismiques dans la région.

<u>En 1992</u> : Le puits KHL-1, son objectif était l'exploration de la série gréso-carbonifère du Dogger, les carbonates du Lias et la série du Sieginien, cette dernière atteint une profondeur de 51060m.

En 2008 : Le puits EKI-1 a été foré, et atteint la profondeur de 4800m dans le Dévonien.

<u>En 2010</u> : Le puits MAMI-1 du (bloc 313) a été réalisé a fin de l'exploration de réservoir du Dévonien inferieur, les séries jurassique et la dalle du M'krata (Ordovicien).

En 2012 : MAME-1 et AET-1 ont été mis en évidence dans la région.

Le puits MAME-1 a subi une opération de fracturation sans succès

Par contre le puits AET-1 fait actuellement l'objet d'une stimulation

Par fracturation.

<u>En 2013</u> : le forage MAMI-2 été foré pour intérêt d'apprécier l'accumulation d'huile, découvert dans le MAMI-1 actuellement il fait l'objet d'une stimulation par fracturation.

<u>En 15-02-2016</u> : Le MAMS-1 a été foré dans le cadre de la première phase de recherche.

Annonce du plan :

Ce travail consiste à l'étude et l'évaluation des réservoirs Liasiques du sillon de Benoud. Notre étude sera présentée sous 03 chapitres :

Généralités sur le sillon de Benoud et le périmètre de recherche El Ouabed.

> Une étude sédimentologique avec un essai de reconstitution des environnements des dépôts du Lias.

> Etablir une corrélation des séries Liasiques afin d'expliquer la distribution des différentes formations.

> Evaluation des paramètres pétrophysiques pour définir la qualité de réservoir.

Une conclusion générale.

L'approche sédimentologique est réalisée dans le but de mieux caractériser les réservoirs et de définir les environnements de dépôt.

1. Rappels théoriques sur les concepts de la sédimentologie :

 ✓ Faciès : C'est un ensemble de caractères d'une roche ou d'une unité sédimentaire Résultant des conditions géographiques, climatiques, topographiques, physicochimiques
 Et biologiques (Haug, 1907 *in* BOUDJEMAA A., 1987).

✓ Texture :

Elle désigne les aspects géométriques des constitutifs de la roche, grain ou particules et Cristaux. Elle est caractérisée par leur taille, leur forme, leur arrangement et leur classement, ainsi que leur liaison grain-grain, grain-matrice, grain-ciment.

Les propriétés pétro-physiques d'une roche, (perméabilité K, porosité Ø) dépendent

Essentiellement de la texture qui joue un rôle prédominant dans les roches sédimentaires (Haug, 1907 in BOUDJEMAA A., 1987).

I.2. Aperçu sur les milieux de dépôts :

Les différents systèmes de dépôts dépendent des conditions d'accumulation des sédiments, de la géométrie des Corps sédimentaires et des relations spatio-temporelles des différents faciès.

Les éléments primordiaux définissant le milieu de dépôt sont : Les structures sédimentaires, la bathymétrie et la granulométrie.

Le milieu de dépôt ayant une importance dans les études de système pétrolier se subdivise en trois domaines : - Continental, mixte et marin.

I.2.1. Environnements continentaux :

> Milieu désertique:

Les dépôts éoliens constituent la majeure partie des sédiments actuels. Ces dépôts sont assez rares dans les séries anciennes du fait de l'absence des conditions de conservation.

Les particules de taille variable, transportées par le vent ou par l'eau.

- climat : températures élevées, avec un écart (jour-nuit) important, et une forte évaporation.

- plan biologique : rareté du faune, flore.

- plan sédimentologique : ces dépôts se distinguent par l'accumulation de sable à des grains arrondis et dépolis, bien classés et à matrice argileuse. Les dépôts de sable constituent des dunes ou erg, et des regs (accumulation de graviers). Ils sont caractérisés par des stratifications entrecroisées métriques.

Les sédiments sont rarement conservés dans les séries géologiques (sables non consolidés);

Sebkha ou chottes lagunes fermées peu profondes alimentées par des eaux superficielles : sédiments évaporitiques, (sulfates, chlorures), en plus de dépôts sableux éolien. -Séquence en forme

Type de séquence : cylindrique à évolution grano strato décroissante-Séquence en forme de cloche à évolution grano décroissante.

Les milieux fluviatiles:

Les fleuves sont caractérisés par un écoulement chenalisé, d'un pouvoir transporteur considérable.

- **plan biologique**: on peut trouver des poissons d'eau douce, des végétaux aquatiques, straumatolihes dans les chenaux. La végétation est rencontrée dans la plaine d'inondation (variable selon les climats).

- plan sédimentaire: Les dépôts de chenaux sont des sables grossiers plus au moins bien classés, avec des stratifications obliques,

Les dépôts de la plaine d'inondation sont des argiles à laminations planes et sols bien développés,

Cônes alluviaux sont constitués de matériel immature très grossier, avec une matrice plus ou moins fine et assez peu altérée.

I.2.2. Environnements marins :

C'est un environnement très diversifié à cause des variations qui affectent la profondeur et la turbulence. Le milieu marin constitue le domaine de sédimentation le plus riche. Il est subdivisé en trois principaux domaines :

a-Domaine néritique : il comprend les zones suivantes :

- ✓ plate forme interne
- ✓ Barrière
- ✓ Plate forme externe

b-Domaine bathyal : talus et glacis

c-Domaine abyssal : fosses océaniques et dorsales

a- domaine néritique : il s'étend au-dessus du plateau continental jusqu'à une profondeur d'environs 200m.



Fig.II.1 : les Devisions morphologiques sous-marine et les zones de sédimentation

- la plate forme interne : appelée aussi zone littorale, elle est comprise entre 0-200 m de profondeur elle renferme les zones suivantes :
 - la zone supratidale:

Elle est constamment émergée, sauf en périodes de fortes marées ou tempêtes;

La température et la salinité sont variables;

On y trouve quelques organismes euryhalins et heurythermes (Gastéropodes, Bivalves).

La sédimentation est caractérisée par la présence d'évaporites et dolomites

Les dunes éoliennes sont rencontrées vers l'extrémité continentale.

- Structures sédimentaires: stromatolithes, dessiccation, laminations planes;

Sédimentation importante: tempêstites, brèches sédimentaires.

- La zone intertidale:

C'est la zone d'action de la marée: courants de marée et de vagues

-Température et salinité extrêmement variables;

-Organismes variés (benthiques fixés)

-Structures sédimentaires: rides d'oscillation, stratifications entrecroisées centimétriques, en arête de poisson, flazer, stromatolithes, bioturbations (terriers, perforations).

Sédimentation: chenaux de marée (tidalites à bioclastes granoclassés).

- la zone infratidale:

C'est une zone calme.

 T° et salinité constantes et normale.

Organismes très variés: essentiellement benthiques

Structures sédimentaires : laminations planes, fortes bioturbations

Sédimentation: carbonatée (vase carbonatée à faune benthique et oncolithes typique)

Séquence de la plate forme interne:

-Dans le cas d'une progradation (avancée des dépôts du rivage vers la mer) des milieux et des dépôts associés dans la zone infratidale, le phénomène essentiel qui provoque ou accompagne la progradation et la baisse du niveau marin: régression

✓ la barrière

C'est une zone de haute énergie, elle est sous l'action des vagues.

Les structures sédimentaires qu'on rencontre dans cette zone sont : les stratifications obliques de grande échelle et des méga rides.

Du point de vue biologique, on peut avoir des coraux plus ou moins massifs, des Rudistes (tous les organismes du milieu marin ouvert (Brachiopodes, Bryozoaires, Algues rouges)

La sédimentation est caractérisée par des faciès oolithiques.

✓ La plate forme externe:

Milieu relativement profond plus ou moins ouvert (200m), de basse énergie, car il n'est soumis à aucune action de courants.

- **Organismes:** comprend des organismes benthiques (Brachiopodes, Bryozoiares, Foraminifères, Echinodermes) et plonctoniques (Radiolaires, Céphalopodes)

- La sédimentation: identique à la zone infralittorale, faciès de basse énergie à organismes planctoniques.

b- La zone bathyale: c'est la zone dont la profondeur est comprise entre 200 et 2000 m, elle comprend le talus continental et le glacis continental.

Température inférieure à 5°c, salinité faible, obscurité presque totale

C'est une zone calme, à l'exception des courants de turbidité et les courants de densité (densité de l'eau augmente avec la profondeur).

Les organismes rencontrés sont exclusivement planctoniques.

La sédimentation est très fine avec des boues à organismes planctoniques, on trouve également des Turbidites.

c- La zone abyssale (2000-6000m de profondeur)

C'est une zone calme.

Température inférieure à 5°c, salinité faible, obscurité presque totale

Dans la zone abyssale on trouve des organismes siliceux.

Les sédiments rencontrés sont des boues siliceuses : Radiolarites, Spongolithes.

MILIEUX	PLATE-FORME INTERNE			BARRIERE	PLATE-FORME EXTERNE	
ETAGE	Supratidal (supralittoral)	Intertidal (médiolittoral)	Subtidal (infralittoral)	Barre ou Barrière (Récif)	Marin (circalittoral)	ouvert
					Mura	HAUTE MER BASSE MER L.I.A.V.T.(*)
ENERGIE	variable	moyenne à basse	basse	trés forte	moyenne	basse
FAUNE	limnique saumâtre ou sursalée	bent oligospécifique	hique plus variée	constructeurs ou désert oolithique	benthique et Bryozoaires Echino	pélagique dermes
FLORE	Characées	Cynobactéries Stromatolites	Algues vertes Oncolites	Algues	s rouges	

(*) Limite Inférieure d'Action des Vagues de Tempête

Fig.II.2 : zonation de la plate forme interne

I.2.3.Les environnements mixtes

Ce sont des milieux à influence mixte (marine et continentale), il s'agit des estuaires et delta.

a- Les estuaires:

Les estuaires dans les mers à courants côtiers et à courants de marée importants beaucoup d'estuaires résultent de l'envahissement par la mer de la basse vallée des cours d'eau.

Les dépôts sont fins avec des Lentilles sableuses parallèles aux courants mobiles. A l'embouchure, on parle de « bouchon » vaseux soumis à la marée (pas loin de la ligne de rivage).

Sur le plan biologique, on trouve des organismes adaptés aux eaux saumâtres (5‰), Gastéropodes, Foraminifères arénacés, Ostracodes en plus d'une végétation abondante.

b- Les deltas:

Un delta est la terminaison d'un cours d'eau à forte charge en matériel détritique. Arrivé en mer, le courant ralentit et la charge sédimentaire se dépose. L'apport continu de matériaux détritiques fait avancer le delta dans le domaine marin : on parle de progradation deltaïque

Sur le plan hydrodynamique, c'est la zone où interviennent les courants fluviatiles, marée, houle, et vagues. Morphologiquement un delta comprend :

✓ La plaine deltaïque

C'est la partie subaérienne qui s'arrête à la ligne de côte où elle se prolonge par l'estran, elle est le prolongement de la plaine alluviale et est parcourue par un réseau de chenaux ramifiés : les distributaires. Entre les chenaux s'étendent des zones marécageuses recouvertes de végétation importante.

Elle contient une faune adaptée aux zones saumâtres.

✓ Le front de delta

Zone bordière peu profonde qui peut aller jusqu'à 50 km en mer, elle est caractérisée par des courants marins (vagues, marée, houle), une haute énergie.

Faciès marin relativement profond (sables propres plus aux moins grossiers), et une faune marine.

✓ Le pro delta

Affecté d'une pente de 1 à 10% qui se raccorde au plateau continental et repose sur les sédiments marins de la plate-forme continentale (Argiles, marines riches en matière organique).

II. Description des facies à partir de Master log et des carottes :

II.1. Localisation des Sondages :

Les sondages choisis pour l'étude sédimentologique sont : (TAJ-1, BIR-1, KEB-1, MAMI-1, OAZ-1, OR-2).



Fig.II.3 : Carte de localisation des sondages dans le sillon de Benoud

II.2.1 Puits TAJ-1:

Le Lias dans ce puits se situe dans l'intervalle (1566m-1868m) son épaisseur est de : 302m

Il est subdivisé en :

Lias marneux : 1566m-1645m (épaisseur : 79m)

-Intervalle (1566m-1645m) : intercalation de grés très fins micacés et glauconiaux d'argile micacés et de dolomies grises à vertes très fines à pseudo-oolithique.

-Intervalle (1645m-1795m) : intercalation de dolomie grise à blanc, pseudo oolithique, fine, très poreuse et perméable et d'argile brune à trace de moucheté vert.

Lias carbonaté : 1795m-1868m (épaisseur : 73m)

Calcaire blanc légèrement argileux avec intercalation d'argile et de dolomie oolithique grise vers la base.


Fig II.4 : log de puits TAJ-1(Document SH, 2018)

Carotte 02 :

La carotte N°2 du puits TAJ-1 situé dans l'intervalle (1768,7 m - 1766 m) présente du bas en haut des barres dolomitique cristalline compacte beige, et un niveau sulfaté blanchâtre, parfois des niveaux de fractures

Une porosité vacuolaire très élevés.



Fig.II.5 : dolomie cristalline vacuolaire (Sonatrach, 2018)



Fig.II.6 : Microfacies a texture Wackstone à Packstone à Pélletoide et Lithoclaste de forme irrégulière (DocumentSonatrach,2018).



Fig.II.7 : Fiche de carotte N°2 de Taj-1 (Document SH, 2018)

II.2.2.Puits KEB-1:

Le Lias de ce puits se situe dans l'intervalle (1950m-2571m) son épaisseur est de : 621m

Il est subdivisé en 03 formations :

Lias marneux : 1950m-2060m son épaisseur est de : 110m
Intervalle (1950m-2040m) : Alternance d'argiles versicolore et de dolomie parfois oolithique.

Intervalle (2040m-2060m) : Alternances d'argiles et de grès.

<u>Lias carbonate</u>: 2060m-2450m son épaisseur est de : 390m
 -Intervalle (2060m-2125m) : Calcaire à passés d'argile et de grès.

-Intervalle (2125m-2450m) : Intercalation de dolomie parfois vacuolaire, poreuse et d'argile, Présence de nombreuse géodes et fissures.

Lias anhydritique : 2450m-2571m son épaisseur est de : 121m
 Argile brun légèrement dolomitique, sableuse à passés d'anhydrite blanche.



Fig II.8: log de puits KEB-1 (Document SH, 2018)

Carotte 04:

La carotte N°4 du puits KEB-1 est situé dans l'intervalle (2226m-2241m) présente du bas en haut Alternances d'argile verdâtres et calcaire dolomitique Wackestone à Packestone à bioclaste (Pellitoides, Gastéropode, Serpulidae, Bivalves et Oolithes).



Fig.II.9 : Argile verdâtre (Document SH, 2018)

Fig.II.10 : calcaire dolomitique (Document SH, 2018)



Fig.II.11: Microfaciès à bioclaste dolomitisé (Document SH, 2018)



Fig.II.12: fiche de carotte N°4 de KEB-1(Document SH, 2018)

Г	CORE DESCRIPTION CHART															
Project: El Out								Duebe	abed			Field : El Ousbed Well :		Well :	KEB-1	
DID - SONATRACH						un -	Geologist : M KHENNOLCHE / M. BEHNAS				WS	۵	ate : Mers 2018	Scale : 1	50 Sheet: 14	
Hortontei piener bedärg () Low ergie onzo bed bei Tragh massbedärg () Seeley massbedärg Tekuler massbedärg () Hummody massbe fan Signiciel onzobedärg () Hiem oppier bedärg Comptet tigbe bedärg () Storn grekel liger Cantorbedbedärg () Storn grekel liger () Comptet bedärg () Storn () Lowing () Comptet bedärg () Storn () Lowing						gie crass beddin y crass bedding ooky crass bedding (spie bedding gradied leyer tec' bedding G	Jeses d	Hud oracka Kentified o Roota Fisser bed Wery bedd Lenticuler 5 Stykiltha Tanthur	urtikos Sing Ing webbing	2 2 2 0 U U	Piert debri Agel mets Aerizal Korizontel Mud cleat Rockile (P) Scientikie	1 1 1 1	3	Sendative SP Americana - An Stance • Cylindichus - C Madatore S Madatore S Madatore Opionetor = C Stymatore Opionetor = C Dokatine • Pitesphysia = 3 Dokatine • Pitesphysia = Pi Suphae 7 Rosets = R	10 - 6 1	haristnus - Si O Goni ištou - Si O Beste Sistnus - Te D Rude weste O Genergod det <u>A</u> Eritostem M <u>&</u> tomistikas CO O Ocid, Pecid
aby	C on Number	Cepth (m)	Clietain	maraple a	Lifted ogy	-Meditoree Martis States	-Statute 3 -Michelee -V.F. Set 3 -Michelee	Brain si Brain si Brain si Brain si	C.Sd R Catalon	Geneter Buffeetere	-Petter Hankero -Ottere Frankero	 Bioturbellion Index 		FACIES DESCRIPTI	ION	INTERPRETATION
LIAS	CR-04	2231 2232- 2233- 2234- 2234-					Rest and so and the solution of the							Calceire dolorritique Wackentone, Padostone, bioclastique, de coules grisitire, à Serpulidae, pelletoldes oncolifises jointives et non jointives bivalves. L'ansemble présente des fitms ang Calceire dolorritique Wackentone anglieux de couleur gris verditre, r en bivalves et algues. Calceire dolorritique Wackentone Padostone, bioclastique, de coules combre, verditre, parios clair, à Serpulidae, pelletoldes / colifies jointives et non jointives et bivalve L'ansemble présente des fitms ang	à r / iet jeux. iche à r gris s.	Intertidal
T		2239- 2239- 2239- 2239-											Mudatone sillo-gréseux, avec des argieux et des lentitles recristaties argieux et des lentitles recristaties argieux et des lentitles recristaties argieux et dés vegétaux (huilles) et Niveau gréseux fin à très fin, à rides deveuchantes. Marre très riche en débris vege Niveau gréseux fin à très fin, à ride chevauchantes (climbing ripples). Intercation de niveaux Wackento dolomitiques bioclasties, exputides dolomitiques de couleur gris, par e bioclastique, de couleur gris, par e bioclatique, de couleur gris, par e bioclastique, de couleur gris, par e par e	films et bivelves. pelletotides etaux. es e, bivelves e, bivelves e, bivelves ides / films	Supratidal/milieu à faible énergie Intertidal	
		2241				1.1								ven le sommet. Calcaire Wackantone, bioclastique couleur gris verdittre, dolomitique, pelletsides / colithes et des films a	, de avec des rgileux.	

Fig.II.13:fiche de carotte N°4 de KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 05 :

La carotte N°05 du puits KEB-1 est situé dans l'intervalle (2244m-2261m) présente du bas en haut des Calcaire Grainstone, Packestone, Wackestone, marqués par des films d'argile et marne bioturbés, Pelletoides. Présence des Oncolithe, bioclaste (Pélletoide, Bivalve).



Fig.II.14 : Microfaciès à sédimentation mixte silico-carbonatée

(Document SH, 2018)



Fig.II.15. : fiche de carotte N° 5 de KEB-1(Document SH, 2018)



Fig.II.16 : Fiche de carotte N°05 KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 06 :

La carotte N°06du puits KEB-1 est situé dans l'intervalle (2271m-2287m) présente des calcaires Packestone bioclastique dolomitique à Wackestone et Mudestone

Présence des Bivalve, Pellitoides, Oncolithes, Lamellebranches.



Fig.II.17 : Microfaciès à sédimentation mixte silico-carbonatée

(Document SH, 2018)



Fig.II.18. : fiche de carotte N°06 de KEB-1(Document SH, 2018)



Fig.II.19: fiche de carotte N°06 de KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 07 :

La carotte du puits est situé dans l'intervalle (2289m-2307m) présente des calcaire cristallin Wackestone,Packestone à Grainstone précédé par des marne argileux verdâtre très friable, qui montrent des structures sédimentaires faiblement inclinés et quelques bioclastes:Oncolithes, Pélletoides, Lumachelles.



Fig.II.20 : microfaciès à bioclaste complétement dolomitisé (Document SH, 2018)



Fig.II.21 : La recristallisation affectant le ciment lui-même et les bioclastes (Document SH, 2018)



Fig.II.22 : Microfaciès Wackstone à calcisphères. (Document SH, 2018)



Fig.II.23 : fiche de carotte N°7 de KEB-1(Document SH, 2018)



Fig.II.24. : fiche de carotte N°7 de KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 08 :

La carotte N°08 du puits KEB-1 situé dans l'intervalle (2315m-2333m) présente des dolomies a calcaires Foastone, Packestone à Mudestone à bioclaste, avec des passés d'argiles marneuses très friables on note aussi la présence d'un niveau carbonaté.



Fig.II.25 : calcaire Floastone a Bivalves (Document SH, 2018)



Fig.II.26. : fiche de carotte N°08 de KEB-1(Document SH, 2018)



Fig.II.27: fiche de carotte N°08 de KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 09 :

La carotte N°09 du puits KEB-1 situe dans l'intervalle (2333m-2390m) présente des barres métriques de dolomie cristalline, compacte, poreuse, vacuolaire intercalé par des niveaux plus fins (calcaire Packstone).



Fig.II.28 : Dolomie cristalline vacuolaire (Document SH, 2018)



Fig.II.29 : fiche de carotte N°09de KEB-1(Document SH, 2018)



Fig.II.30 : fiche de carotte N°09 de KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 10 :

La carotte N°10 du puits KEB-1 situé dans l'intervalle (2390m-2408m) présente des calcaire Packestone à Grainstone, bioclastique. Présence des structures sédimentaires et des Lamellibranche.



Fig.II.31: La recristallisation affectant le ciment lui-même et les bioclastes (Document SH, 2018)



Fig.II.32: Calcaire Grainstone à oolithes (Document SH, 2018)

Γ						CORE DESCRIPTION CHART			
\vdash	-					Project: El Ousbed Field : El Ousbed Well :	KEB-1		
DTD - SONATRACH						Geologist : W KNEW NOLOW / M. REINAS Date : Mars 2018 Scale :	1/50 Sheet: 03		
Hottontei piener bedärg Die une engle onsarbeidt Traugh onsarbeidting Die Seniey onsarbeidting Senier onsarbeidting Die Hermonie onsarbeid Senier ingele bedärg Die Were rigerbeidting Construction piegle bedärg Die Constructive bedärg A. Consultie bedärg BB Landing						gie otse bedding men Mad oracia III Piet dehis III Sendatore Bir Azierazona + A. (2) 4 cross-bedding Trim Karatikad urbos III Ageinanta Sitatore Bir Azierazona + A. (2) 4 sity otse bedding III Rock IV Mellowi painet layer III Ageinanta III Ageinanta III Azierazona + A. (2) 4 Sitatore Bir Azierazona + A. (2) 4 Madiane Bir Mellowi Madiane Bi	Sendatore Sit Adecadore - An E Sithonichus - Si C Corel Sithone + Oglichthrus - Oy Y Sinkibour - Si D Backe Madatore Sith Diplomatica - O & Teichinhus - Si D Radid Sithone - Oglichtory - Oy - Systemic (?) Gastergod Discussione - Pelevalisa - Pe & Boolean Discussione - Pelevalisa - Pi Algee & Torenisties Discussione - Pelevalisa - Pi & Algee & Torenisties Discussione - Pelevalisa - Pi & Algee & Torenisties		
you	C on Number	Depth (m)	Clietain	mrphe	Lithology	Provide the second and the second an	INTERPRETATION		
		2390-				Intercalation de niveaux Packestone et Greinstone, massits, doiomitiques, décimentiques à métriques, de couleur beige rosàte, bioclastiques, avec des niveaux très vacuolaires. On note la présence de fractures et styloithes.	Intertidal		
		2393-				Nivesu marreux / argieux? verdite, compact	Subtidal		
LIAS	CR - 10	- 2394— -							
		2305-	•			Calcaire Wackestone à Pacistone dolomitique de couleur grise, beige et nosètre, , vacuolaire, styloithisé.	Intertidal		
		2397-				6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 7 6 6 6 7 6 7 6 7 6 7 6	5		

Fig.II.33: fiche de carotte N°10 de KEB-1(Document SH, 2018)

CORE DESCRIPTION CHART										
		DTD			TRA	Project: El Ousbed Field : El Ousbed Well :	KEB-1			
		010-	au	ALA .	ATRA	Geologist : M KHENNOUCHE / M. BOHMAS Date : Mars 2018 Scale : 1/	50 Sheet: 02			
Hotontelgiener bedding Die Leve engle onzerbeid Tragh nozerbeiding Die Seeier onze bedding Tabuler onzerbeiding Die Hannocky onzerbei Sprackiel onzerbeiding Die Hannocky onzerbei Constit typis bedding Die Gontoried bedding Constit typis bedding Die Contoried bedding Contoried bedding Die Linding						gie ozastedzing met Mad oracia III Part debris III Senditore UP Azaerozone + Az (2 Seh oznastedzing met Kardinal aurice (2 Azaerozone + Az (2 Seh scip ozastedzing (2 Nardinal aurice (2 Nardinal (anizhaur-S () Coni Itou-S () Beste Natuur-Te ∬ Ruide maiz () Gesterquol let Environme e Environme an O (aid, Peixel			
						Testure				
aby	C on Number	Depth (m)	Olistain	mrpha	Lihology	Provide the state of the state	INTERPRETATION			
\vdash		2308	L H	\vdash		2 8 S w 2 0 S O C C L N N				
LIAS	CR -10	2300-				Alemance de calcale Poccusie et Grainstone doiomitique styloithisés. Niveau Grainstone doiomitique très vacuaitre à la base, surmonté par un niveau à gros vacuoies.	Intertidal			
					44	- D O D D D D D D D D D D D D D D D D D	Arrière récif			
		2400- - 2401-				Stream Calcare Pacitorie et Greinstone dolomitique.				
		2402-				Greinstone vacuolaire à la base, suivi par un niveau Packstone à drapage arglieux et styloitites. Pensemble est doiomitisé.				
		2403-				Niveau Wackestone & Packstone, styloithise, dolomitique, avec un niveau & galets au sommet (base érosive).	Intertidal			
		2404-				6				
		2405- 2406- 2407-			Barres plurimétriques de calcaire Grainstone dolomitique, bloclastique, massif, de couleur rosaire, très poreux et vacuolaire, styloithisé. Les niveaux très poreux sont parfols localisés.					
		2408				2 A B S S S A B S S A B S S S S S S S S S				

Fig.II.34.: fiche de carotte N°10de KEB-1(Document SH, 2018)

Carotte 11 :

La carotte N11 situé dans l'intervalle (2440m-2450m) Calcaire dolomitique Wackestone à Grainstone, parfois Packestone, et Mudstone.

-Présence des argiles avec un encroutement alguaires.

-Présence des bioclastes, stylolitisé avec de la pyrite.



Fig.II.35 : Calcaire Mudstone a structure ondulé (Document SH, 2018)



Fig.II.36 : fiche de carotte N°11 de KEB-1(Document SH, 2018)

II.2.3.Puits BIR-1 :

Le lias de puits BIR-1 se situe dans l'intervalle (1125m-1411m) son épaisseur est de 286m

Il est subdivisé en :

▶ lias marneux:1125m-1227m épaisseur : 102m

-Intervalle (1125m- 1170m) : intercalation de dolomies grises, à pseudo oolithique tendre et d'argiles grises pâteuse avec des fines passés de grés blancs à gris, friables. -Intervalle (1170m-1227) : Argiles grises tendre avec intercalation de dolomie grise tendre avec des passés de grés gris, fins siliceux à silico-carbonatés moyennement consolidés.

Lias carbonaté : 1127m-1411m épaisseur : 284m

-Intervalle 1227m-1295m : calcaire dolomitique, gris blanc, cristallin, moyennement dur avec des fines intercalations d'argile grise, silteuse carbonatée indurée.
Présence des fissures subhorizontales colmatées par une calcite de remplissage.
-Intervalle (1995m-1411m) : argiles avec intercalation de calcaire cristallin, dolomitique blanc à gris.

(Absence du lias anhydritique).



Figure II.37: log du puits BIR-1(Document SH, 2018)

Carotte 01 :

La carotte N°1 du puits BIR-1 situé dans l'intervalle (1233m-1238m) présente des calcaires Mudestone à Wackestone bioturbé, on note aussi la présence des dolomies grises.

Des passés d'argile grise à nodule de dolomie et nodules d'anhydrites, Marne grise induré.



Fig.II.38 : Calcaire Mudstone bioclastique (Document SH, 2018)



Fig.II.39.: fiche de carotte N°1 du puits BIR-1(Document SH, 2018)

Carotte 02 :

La carotte N°2 du puits BIR-1 situé dans l'intervalle (1267m-1277m) présente des intercalations de Calcaire Mudestone-Wackestone compacte et d'argile gris-vert.



Fig.II.40 : Argile gris verdâtre

(Document SH, 2018)



 $Fig.II.41: Calcaire \ Mudstone Wachstone$

(Document SH, 2018)



Fig.II.42: fiche de carotte N°2 de BIR-1(Document SH, 2018)

II.2.4.Puits OR-2 :

Le lias de ce puits se situe entre 1200m et 1300m son épaisseur est de 100m

Lias carbonaté : 1200m - 1250m son épaisseur est de : 50m

Dolomie microcristalline à ostracode et passés d'argile gris-bleu et brune

Lias anhydritique: 1250m-1300m son épaisseur est de : 50m

Anhydrite massive blanche et rose a passés de bancs de dolomie blanche a oolithes et vacuolaire à la base



Fig.II.43 : log de puits OR-2(Document SH, 2018)
III. Corrélation des sondages TAJ-1, KEB-1, BIR-1 et OR-2 dans le sillon de Benoud :

Afin de mettre en évidence l'épaisseur du Lias dans le sillon de Benoud, on a établi des corrélations lithostratigraphiques entre les sondages suivants : TAJ-1, KEB-1, BIR-1 et OR-2.

-On constate que l'épaisseur du Lias dans le sillon de Benoud varie entre les différents sondages (la plus grande épaisseur se trouve dans le sondage KEB-1, Au Nord) et généralement il est subdivisé en 03 formations (Lias marneux, Lias carbonaté et Lias anhydritique)

-Le Lias anhydritique est absent dans la partie Sud-ouest (TAJ-1 et BIR-1) et présent dans la partie Sud (OR-2).

-l'épaisseur du Lias carbonaté est plus importante dans les sondages KEB-1, BIR-1 et TAJ-1 ce qui favorise le développement des faciès réservoirs.



Fig.II.44 : Corrélations lithostratigraphiques des sondages TAJ-1, BIR-1, KEB-1 et OR-2

II.2.5 Puits OAZ-1 :

Le lias du puits OAZ-1 se situe dans l'intervalle (3147m-3498m) son épaisseur est de : 351m

Il est subdivisé en :

Lias marneux : 3147m-3333m épaisseur : 186m

-Intervalle (3147m-3285m) : calcaire beige, gris, fossilifère oolithique avec intercalations de marnes grises et d'argile verte avec des passés d'anhydrite.

-Intervalle (3285m-3333m) : argile gris, rouge avec des passés de marne grise et de calcaire brun et d'anhydrite

Lias carbonatée : 3333m-3472m épaisseur : 139m

Calcaire gris, beige fin fossilifère, induré avec des passés de calcaire marneux et anhydrite

Lias anhydritique : 3472 m-3498 épaisseurs : 26 m

Anhydrite blanche pulvérulente intercalé de calcaire gris argileux et de calcaire beige, tendre et fin.



Fig.II.45: log de puits OAZ-1

Carotte01 :

La carotte N°1 du puits OAZ-1 situé dans l'intervalle (3124m-3340m) présente des calcaires oolithique gris clair compacte avec des débris des bivalves et oolithiques, sphériques.

Présence des grés gris clair avec des débris de végétaux.

On note la présence des grés gris clair parfois carbonaté dur à assez friable, avec des discontinuités d'argile noire, à la base on voit des stratifications planes pyritisés par endroits.

ACTIVITE AMONT Division Exploration Direction des Operations Exploration Det: Géologie							Carotté : 18 m <u>Récupéré :</u> 16,08 m soit 89 % Date d'extraction de la carotte: 30/10/2018			Puits : Sigle : Permis : Blos :	Ousd El Aazri-1 OAZ-1 El Ouched II 313
	TM 30	- 80	24000			Car	ottier: BAS	ER	Type de Boue :	OBM	CAROTTE Nº: 01
	Echel	le :	1/40			Type: Coremaster HT40			Densité :	1.35	TETE : 3324 m
						Couronne:			FUN VIS (s/qt) : 70	63	PIED : 3342 m
						PDC	2606C 8"x5	-1/4"	Géologues: Toyeb I	enldsi et Amir	se Bouridane.
C05=s (m)	Log	Lehon 7	direct B	budie.	F issues	Pendage	Calataðtate 1 10 min min	40	DESCRIPT	ION LITH	OLOGIQUE
3333_ 								ęş	3133,5-3134,5: argile Grès gris clair fin à trè carbonaté, dur à assez borizontate, dur à assez	rouge silteuse t s fin silico-argi friable, nombra	rès indurée. ileux, parfois eux drapages e débuis vécétaux
3337 3338			Néant	N étarté				Llas Carbona	nonzonanx assonnn	is a ægne nom	e, dooris vegetatus.
3339 3340 3341	\mathbb{V}								Vers la base: une strat des grès à stratification soulignée par les lamin	ification plane a oblique à fort nites d'argile.	horizontale coiffe e inclinaison

Fig.II.46: fiche de carotte N°1 du puits OAZ-1(Document SH, 2018)

Discussion Statution Production Direction Direction Direction						Car	otté: 18 m	6.08 it	80.86	Puits :	Oued El Aazri-1
Exploration Date Galaxie						Dat	e d'extracti	on de la ca	ov 76 rotte: 30/10/2018	Permis :	El Ouched II
Converting in HASSI- MESSAOUD						Date d'extraction de la carotte: 30/10/2018			30/10/2010	Bloo :	313
						Car	ottier: BAK	ER	Type de Boue :	OBM	CAROTTE Nº: 01
	Echel	le :	1/40			Type: Coremaster HT40			Densité :	1.35	TETE : 3324 m
						Cos	TORES:		FUN VIS (s/qt) : 70	63	PIED : 3342 m
						PDC	2606C 8"x5-	1/4*	Géologues: Tayeb Te:	nkhi et Amin	e Bouridane.
	Log	8.	INDICE	8	8	2	Cakinètrie Age				
C06-m (m)		Ech.	direct	hedde.	Pis sur	Penda	1 10 min min		DESCRIPTIO	ON LITH	01061975
3324 3325 3326 3327 3327 3328 3329 3330 3330 3331			Nétarté	Néent	Nobert			Lias Carbonaté	3124 - 3131,5 m: Calcaire colithique gris for lite horizortaux à débrits d et non déformées, sont tré mm à 3324 et diminuant d inférieures à 0,5 mm à la t diférieures à 0,5 mm à la t	toś à gris clair o le bivalves. Les s grandes au s a diamètre pou tase.	compact avec de nares colltres, sphériques omme atteignant 5 r devenir très petites, ment argio-carbonaté



II.2.6.Puits MAMI-1 :

Le lias se situe entre 1859m et 2373m, son épaisseur est de : 514m

Il est subdivisé en :

Lias marneux : 1859m-2040m épaisseur : 181m

-Intervalle (1859m-1869m) : Calcaire blanc, tendre et cryptocristallin

-Intervalle (1869m-1930m): intercalation d'argile brune tendre pâteuse silteuse carbonatée avec des fines passés de grés et de calcaire blanc à gris , tendre parfois induré.

Lias carbonaté : 1930m-2373m épaisseur : 443m

Intercalation de calcaire blanc à beige, cristallin induré et de marnes grise, tendre pâteuse avec des passé d'argile verte tendre pâteuse, légèrement carbonaté, silteuse.

L'age	Profor	ndeur		Lithologie
L I	Lias	M a r n e u x	1859m	
A S	Lias	c a r b o n a t é	2373m	

Fig.II.48 : Log de puits MAMI-1



Fig.II.49 : Carte de facies du Lias de sillon de Benoud

IV. Interprétation de la carte de facies :

-On constate dans cette carte qu'il y'a une variation latérale des faciès du Nord-Est vers le Sud-Ouest, on trouve une dominance calcaire crayeuse et argileuse dans les sondages MAMI-1et OAZ-1 au Nord-Est,vers le Sud-Ouest dans les sondages BIR-1, KEB-1 et TAJ-1 on trouve des dolomies à dolomie calcaire oolithique et /ou bioclastique (facies favorable avec des caractéristiques pétrophysique appréciables).

-Vers le sud dans le sondage OR-2 on trouve un facies essentiellement anhydritique avec localement présence de Sebkha.



Fig.II.50:Catre paléogéographique de sillon de Benoud

V. Interprétation de la carte paléogéographique :

Le Lias dans le sillon de Benoud est caractérisé par des dépôts exclusivement marins. On distingue à partir de l'analyse sédimentologique que le paléoenvironement des dépôts de cette zone varie entre <u>les dépôts de la zone infra tidale</u> et localement <u>la présence de Sebkha ;</u> <u>représentées par des dépôts d'évaporites (Anhydrites) vers la partie méridionale du périmètre</u> dans le sud de sillon, en allant vers le Nord-Ouest on trouve les dépôts <u>de la plate forme interne</u> et on trouve <u>les dépôts de la plate forme externe</u> vers l'extrême Nord-Est du sillon.

On constate que les milieux de dépôt sont de plus en plus profonds en allant du SW vers le NE.

1. Généralités sur le système pétrolier :

Les roches susceptibles de donner des hydrocarbures sont liées à des formations sédimentaires fines, poreuses, imperméables, de nature argileuse, marneuse et dolomitique et ayant une grande richesse en matière organique.

Les hydrocarbures sont le résultat des transformations chimique de la matière organique en pétrole, gaz et en condensât par craquage thermique en fonction de la profondeur. Le craquage thermique passe par trois phases principales qui sont respectivement fig.IV.1 :

- La diagénèse
- La catagenèse
- La métagenèse



Fig.III.1 : les différents stades de genèse des hydrocarbures (*in* document SH, année ?)

Les roches couvertures jouent le rôle d'une barrière imperméable protectrice qui s'oppose à la fuite des hydrocarbures hors du réservoir La genèse des hydrocarbures nécessite trois conditions indispensables qui sont :

Leur accumulation, leur piégeage et leur conservation.

- L'accumulation : nécessite l'existence d'une roche mère riche en matière organique pour générer les hydrocarbures.

- les piégeages : nécessitent l'existence d'une roche réservoir pour stoker les hydrocarbures

-La conservation : nécessite la présence de roches couverture pour éviter la migration des hydrocarbures.

I.1.Définitions :

I.1.I Les roches mères :

Les roches mères sont des sédiments a texture fine, d'origine marine ou lacustre ayant une porosité faible (argiles, marnes, carbonates). Elles renferment de la matière organique, issue d'organisme vivants (animaux, végétaux, bactéries... etc.) en quantité suffisante dont peuvent générer des hydrocarbures liquides ou gazeux.

Cette transformation ne se fait que dans un milieu anaérobique et sous des pressions et températures d'enfouissement favorables.

La matière organique subit des transformations physico-chimiques et biochimiques pendant l'enfouissement donnant ainsi naissance au kérogène .

I.1.2Les Roches réservoirs :

Les roches réservoirs sont des roches très poreuses et perméables capables de renfermer et de laisser circuler les hydrocarbures, elles sont constituées essentiellement par des roches détritiques, issues des environnements sédimentaires tels que les chenaux, les dunes, les plates formes carbonatées, les récifs et les zones côtières sableuses (fronts delta ou prismes littoraux). Ces roches réservoirs sont caractérisées par deux paramètres petrophysiques qui sont la perméabilité et la porosité.

On définit la porosité d'un réservoir comme étant l'ensemble des volumes pouvant être occupés par des fluides (gaz, pétrole, eau) à al 'intérieur d'une roche. elle est exprimée en pourcentage et définie par la relation suivante (volume des vides/ volume totale de la roche) X 100. De ce fait on distingue une porosité utile qui correspond au volume des vides reliés entre eux par rapport au volume total de la roche. Ce qui reste est dit porosité résiduelle obtenue en faisant la différence entre la porosité totale et la porosité utile. La perméabilité est définie comme étant l'aptitude d'un milieu à laisser traverser des fluides. Elle est exprimée en Milli darcy.

I.1.3.Les roches couvertures :

. L'imperméabilité des roches couvertures est assurée par des faciès caractéristiques tels que les argiles, les évaporatoires et quelques carbonates. Certaines de ces roches peuvent jouer également le rôle d'une roche mère.

II. Paramètre pétrophysique :

L'étude des propriétés pétrophysiques des roches constitue un important objectif dans l'exploration et la production pétrolière du réservoir. En effet pour comprendre et prévoir les qualités de la production d'un réservoir il est nécessaire de connaitre les propriétés pétrophysiques (porosité et perméabilité), de repérer les discontinuités naturelles, et d'identifier les processus géologiques qui favorisent leur amélioration. Afin de les incorporer correctement dans des modèles de simulation diagénétique

L'objectif majeur de la pétrophysique est d'étudier les réservoirs pour l'industrie des hydrocarbures, cette étude consiste à calculer les propriétés des roches réservoirs par des mesures et l'évaluation de ces dernières.

Les paramètres pétrophysiques fondamentaux d'un réservoir sont la porosité et la perméabilité, on peut y rajouter la saturation en eau et la densité qui sont aussi important comme propriétés pétrophysiques.

II.1.La porosité :

Elle correspond par définition au volume total occupé par les vides de la roche (Vp) divisé par le volume total de la roche (Vt).

$$\mathbf{\emptyset} = \frac{Vp}{Vt} \cdot 100 = \frac{(Vt - Vs)}{Vt} \cdot 100$$

Ø: porosité [%].

- Vp : volume total de l'échantillon [m3].
- Vt : volume des vides entre les grains solides [m 3].
- type de porosité :

-porosité total :

C'est le rapport du volume total des vides (pores, fissures, cavités et fractures) existant sur le volume total de roche.

Cette porosité totale inclus :

La porosité primaire (inter-granulaire) : Elle correspond aux vides entre grains, elle dépend largement de la forme et du classement des éléments solides.

La porosité secondaire: C'est une porosité de cavité produite par dissolutions, ou une porosité de fissures et de fractures que subit la roche sous l'action des contraintes provoquées par la tectonique.

Avec :

 V_T : Volume total de la roche.

Vs: Volume occupé par les éléments solides.

 $\mathbf{V}_{\mathbf{P}}$: Volume des pores.

-porosité connectée :

Elle est égale au pourcentage du volume total des vides connectés entre eux dans la roche, cette porosité peut être très inférieure à la porosité totale si les pores ne sont pas connectés, c'est à dire quand les fluides ne peuvent pas circuler.

-porosité effective ou utile :

C'est le rapport du volume des pores qui sont reliées entre eux au volume total de l'échantillon. En 1956, de VORSEN a classé la porosité comme suit :

Faible si : Ø< 5 %.	Médiocre si : 5 % < Ø<10 %.
Moyenne si : 10 % < Ø<20 %.	Bonne si : 20 % < Ø< 30 %.
Excellente si : Ø>30 %.	

II.2.La perméabilité : C'est la capacité d'une roche à permettre à un fluide donné de la traverser. Elle dépend fortement de la taille des grains, de la porosité et de la saturation. La perméabilité exprime la propriété de connectivité entre les pores au sein d'une roche sous l'effet d'une différence de pression. Elle s'exprime en darcys ou en milli-Darcy.

Échelle quantitative de la perméabilité :

- ✓ 10 < K < 50 md Faible ;
- ✓ 50 < K < 200 md Moyenne ;
- ✓ K>200 md Bonne ;

II.3.La relation entre la porosité et la perméabilité

Une relation exponentielle entre la porosité et la perméabilité est généralement constatée. En effet, un graphique du logarithme de la perméabilité en fonction de la porosité donne approximativement une droite avec des pentes différentes suivant les formations. , la structure des pores est indiquée de manière qualitative par la relation entre la porosité et la perméabilité. Une faible porosité accompagnée par une grande perméabilité signifie que les pores sont larges. Grande porosité et faible perméabilité suggère des petits pores (Archie, 1952).

III. Réservoir pétrolier du Lias dans le sillon de Benoud et les zones

avoisinante :

La carte ci-dessous montre la variation des valeurs des paramètres pétrophysique (porosité, perméabilité et salinité de l'eau), on distingue que les paramètres pétrophysique sont appréciable dans les sondages de la région Sud-Ouest par rapport au sondage de la région Nord-Est et les résultats de forage montre un indice d'huile (3,875m3/h après acidification et lifting dans le sondage BIR-1.



Fig. III.2 : Paramètres pétrophysiques dans le périmètre El Ouabed

IV. Les Facies (Réservoirs) carbonatés :

L'interprétation sédimentologique des facies carbonatés en termes de milieux de dépôt nécessite une combinaison d'une description macroscopique de chaque unité lithologique appartenant à différents âges.

Trois (03) principaux facies ont été observés dans l'ensemble des puits étudiés.

IV.1. Calcaire oolithique :

Ce facies est très répandu dans les puits KEB-1 et TAJ-1. Ces bancs sont de couleur grise claire à beige, durs à texture Packstone à Grainstone, à oolithes sphériques de formes régulières associées à des Lithoclastes et parfois à quelques Bioclastes

Ce faciès relève d'un hydrodynamisme de forte énergie attribué à une zone intertidale peu profonde



Fig.III.3 : Calcaire oolithique

IV.2 .Dolomie cristalline :

Ce facies est très répandu dans les puits KEB-1 et TAJ-1. Il est représenté par des ensembles plurimétriques de couleurs gris à gris beige, compacts, présentant des fractures verticales et des Stylolithes horizontaux. Les dolomies ont une porosité vacuolaire parfois remplies de cristaux de calcite. La dolomie est souvent associée à l'Anhydrite par conséquent, ces dépôts sont généralement attribués à la zone peu profonde et proximale (intertidal à supra tidal).



Fig.III.4. : dolomie cristalline vacuolaire

IV.3. Calcaire à Bioclastes

Ce facies est représenté par des bancs décimétriques de calcaires riches en Bioclastes, à texture allant de Wackstone à Grainstone, les Bioclastes sont diversifiés, (fragments de Bivalves, Gastéropodes, Echinodermes et Annélides).

Ces derniers sont associés à des Pélletoides totalement icritisés. Ce facies est rencontré dans une zone où l'énergie est modérée et est située dans la zone intertidale au-dessous de la zone de l'action des vagues.



Fig.III.5 : Calcaire Mudstone bioclastique

Puits	Intervalle	Epaisseur	Facies		
TAJ-1	1645m-1868m	223m	Intercalation de calcaire dolomitique à pseudo		
			oolithique et grés argileux.		
KEB-1	2060m_2450m	390m	Alternance de dolomie oolithique et d'argile versicolore		
			Calcaire a passés d'argile et de grés		
BIR-1	1172m-1411m	284m	Calcaire dolomitique cristallin dur		
			Intercalation de dolomie a pseudo oolithique et		
			d'argile silteuse carbonatée.		
Tableau.IV.1 : variation de l'épaisseur du Lias carbonaté dans les puits KEB-1, TAJ-1 et					

BIR-1

V. Caractéristique pétrophysique dans la région d'étude:



V.1.Puits KEB-1 :

Fig. III. 6: Diagramme de porosité en fonction de la profondeur de puits KEB-1 dans le Lias carotte 09 (2333m-2351m)



Fig.III.7 : Diagramme de perméabilité en fonction de la profondeur dans le lias (carotte 9) du puits KEB-1

Ces deux diagrammes représentent la distribution de la perméabilité et de la porosité en fonction de la profondeur dans le puits KEB-1 .Le Lias carbonaté du puits KEB-1 montre des porosités qui varient de 2 à 12% et des perméabilités qui peuvent atteindre 47 mD. Le test effectué dans ces dolomies a débité de l'eau à 11 g/l de salinité et de la boue.

V.2.Puits TAJ-1 :



Fig.III.8 : Diagramme de perméabilité en fonction de la profondeur du puits TAJ-1



Fig.III.9 : Diagramme de porosité en fonction de la profondeur du puits TAJ-1

Ces deux diagrammes représentent la distribution de la perméabilité et de la porosité en fonction de la profondeur dans le puits TAJ-1 ,Le Lias carbonaté dans le puits TAJ-1 présentant des porosités qui varient de 1 à 16% et des perméabilités qui peuvent atteindre 2050mD. Le test effectué dans ces dolomies a débité de l'eau à salinité 7.5g/l.





Fig.III.10 : Concept de piégeage à partir de la roche mère du Silurien et/ou du Frasnien (Document SH, Mars 2019).

Ces niveaux potentiels riches en matières organique sont reconnus essentiellement dans le Silurien et le Frasnien.

III.5.1.Le Silurien : se présente sous un faciès argilo carbonaté, son épaisseur varie de 180 à 212 m. La partie basale radioactive du Silurien présente une bonne richesse en matière organique, avec des valeurs de COT variantes de 0.4 à 7%. Les argiles du Silurien présentent un état de maturité assez avancé, phase a condensât à gaz humide dans la partie Sud-Ouest du périmètre.

III.5.2.Le Frasnien : Est constitué d'argiles radioactives noires son épaisseur varie de 60 à 70 m avec COT varient de 0.3 à 10 %. Les argiles du Frasnien sont en phase à huile dans la partie Sud-Ouest du périmètre.

L'alimentation en huile du réservoir Lias se ferait depuis la roche mère du Silurien et du Frasnien, soit par migration verticale, le long des failles et/ou à travers la surface d'érosion hercynienne qui constitue un drain principale.

Conclusion générale :

L'étude concerne le Lias carbonaté traversé par des forages situés dans le sillon de Benoud, ce dernier fait partie du nord de la plate-forme saharienne, limité au nord par les monts de Ksour-djebel Ammour (Atlas saharien), au sud par le bassin du Gourara et la voute d'Allal.

Le Lias de ce domaine est caractérisé par des dépôts carbonatés de la plate forme dans presque toute la totalité du bassin montrant des variations latérales de facies.

Notre étude concerne 06 puits dont 03(KEB-1, TAJ-1, BIR-1) situé au Sud-Ouest du sillon et 02(MAMI-1 et OAZ-1) au Nord-Ouest et 01 puits (OR-2) au sud de sillon.

Les différents facies rencontrés sont :

- Marnes : répandu dans tous les puits étudié.
- Calcaire oolithique : répandu dans les puits : KEB-1, TAJ-1, et BIR-1.
- **Dolomie cristalline** : répandu dans les puits : KEB-1, TAJ-1 et BIR-1.
- Calcaire à Bioclastes : répandu dans les puits KEB-1, TAJ-1, BIR-1.
- Evaporite (Anhydrite) : rencontré essentiellement OR-2.

Les corrélations montrent une variation d'épaisseur du Lias dans les différents sondages dont les plus grandes épaisseurs se trouvent dans le Sud-ouest environ 500m.

Et on distingue une variation latérale de facies en allant de Sud-Ouest, des dolomies oolithiques et/ou à Bioclastes (dépôt de la plate forme interne) vers le Nord-Est où on trouve des calcaires crayeux argileux (dépôts de la plate forme externe).

Du point de vue pétrolier, un seul puits qui a donné d'huile dans le Lias, il s'agit du puits BIR-1 avec 3,8m3/h d'huile. Sinon les puits KEB-1 et TAJ-1 d'après les tests de forage ont produit de l'eau salée.

Les réservoirs du Lias ont montrée des caractéristiques pétrophysiques appréciables : Porosité $\approx 0.05\%$ -29% et perméabilité ≈ 45 mD-2050MD .

Les argiles et les marnes du Lias (Lias marneux) représentent une puissante couverture pour le réservoir sous-jacent du Lias carbonaté ,L'alimentation des niveaux carbonatés du Lias peut se faire à partir de la roche mère du Frasnien ou bien du Silurien soit par migration verticale, ou à travers la surface d'érosion hercynienne.

Bibliographie :

- Ait ouali R ; 1991 : le rifting des monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagénèse des assises carbonatées, place dans les ouvertures mésozoïque au Maghreb. Thèse d'état, USTHB, Alger.
- Ait ouali R et Delfaud J ; 1995 : les modalités d'ouverture du Bassin de Ksour au Lias dans le cadre du rifting jurassique au Maghreb. CRAS, t320 série IIA, p. 773-778.
- Ait ouali R ; 1982 : Etude des stades diagenitiques des séries carbonatées du Jurassique terminal des Monts des Aurés et des Oulad Nail. Thèse de doctorat ; université de Pau
- Achoui M ; Analyse de l'Accident Nord Atlasique des chainons Antar/Amrag (Atlas Saharien Occidental) : Géométrie et cinématique (thèse de Magister USTHB).
- Boudjemaa A ; 1987 : Evolution structurale du bassin pétrolier « triasique » du Sahara Nord Orientale. Thèse de doctorat université de Paris XI.
- Belhai Dj ; 2012 : la géologie de l'Algérie.
- Boukacem Y et Megherbi S ; 2010 : le passage jurassique /crétacé dans les monts de Ksour Ain ourka approche stratigraphique et analyse structural (Atlas Saharien Occidental). Mémoire USTHB.
- Belfar F ; Mars 2019 : Rapport d'implantation TAJ-BIS périmètre EL-OUABED Bloc 312.
- BELFAR F ; 2014 : Evaluation du système pétrolier du périmètre BEN GUECHA.
- Chamely H, 2013 ; Bases de sédimentologie. (licence 3-Master-capes/agrégation)
- Chemely H ; 1988 : les milieux de sédimentation (BRGM TEC&DOC).
- Compte rendu de la mission de description de carotte du puits BIR-1(périmètre Taghit-Béchar) octobre 2017
- Fabre J ; 1976 : Introduction à la géologie du Sahara Algérien(S.N.E.D.Alger).
- Fiches de carotte du périmètre EL-OUABED M. KHENNOUCHE / M. BEHNAS Mars 2018.

- Guemache M.A 1999 : influence de l'héritage tectonique hercynien sur la structuration alpine et interet pétrolier dans le sillon de Benoud. Mémoire USTHB.
- Guerbi S et AL;1995: étude sédimentologique du dévonien inferieure de la region de Benoud Djofra- permis El Ouabed est (rapport interne).
- Herket M ; 1982 : Etude des formations carbonatées du Jurassique supérieur des monts des Oules Nail. Thèse de doctorat université de Pau.
- Ighoumracene M ; 2008 : Etude sédimentologique et évaluation des réservoirs paléozoïque et triasique du sillon de Benoud. Mémoire USTHB.
- Jean Paul Bassoulet M ; 1973 : contribution à l'étude stratigraphique du mésozoïque de l'Atlas Saharien Occidental. Thèse de doctorat université Paris VI.
- Kacemi A ; 2013 : Evolution lithostructural des monts de Ksour (Atlas Saharien Algerien) au cours du Trias et de Jurassique : géodynamique, typologie du bassin et télédétection. Thèse de doctorat université Abou Bekr Belkaid Telmcen.
- Kostenko A et Guerbi S; 1994; tectonic évolution and hydrocarbon potentiel of Benoud through area.
- .MOUACI R. 2018 : Etude sédimentologique, pétrographique, diagenitique, géochimique et biostratigraphique des puits MZR-1, TAJ-1, KEB-1, EKL-1, KHL-1, OTG-2 du périmètre EL OUABED II –Sillon de Benoud –Tiaret)
- Master log des puits TAJ-1, BIR-1, KEB-1, MAMI-1, OAZ-1 et OR-2.
- Sonatrach- schlumberger; 1995: Well evaluation conference (WEC).
- Sonatrach- schlumberger ; 2007 : la géologie pétrolière de l'Algérie (WEC)
- Seghir H et Salimi R, 2017 : Etude des réservoirs du Dévonien inferieure dans le sillon de Benoud. Mémoire INH.
- Sam Boggs, JR ; Principles of sedimentology and stratigraphy, fourth edition.
- Xavier Develeecshouwer; 2008-2009: Cours de sédimentologie (GEOL-F-204) structures sédimentaires.