

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOU D MAMMERI TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Géologiques



MEMOIRE
Présenté Pour l'obtention du diplôme de
MASTER
En géologie
Spécialité : Bassins sédimentaires
Sujet :

**ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DU DEVONIEN
INFERIEUR DANS LA REGION DE BECHAR OUED
NAMOUS**

Réalisé Par : MAGHNINI Madjid et KENNACHE Hakima

Soutenu publiquement, le / / 2017, devant le jury composé de :

M.BENABI. M.S.	MAA à l'UMMTO	Président
Melle YAHIAOULS.	MAB à l'UMMTO	Promotrice
Melle HAMALIM.	Ingénieur à Sonatrach	Co-promotrice
M. AMROUCHE .F	MAA à l'UMMTO	Examineur
Mme. IZRI. D.	MAA à l'UMMTO	Examinatrice
M.BADSI .M	Directeur de département à Sonatrach	Invité

Promotion: 2016/2017

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes parents qui ont ainsi souffert pour me voir
sur le chemin de la réussite.

Hakima.

REMERCIEMENTS

Ce travail est le produit de la collaboration et de l'appui de plusieurs personnes que nous tenons tout particulièrement à remercier en leur dédiant ces quelques lignes:

Nous exprimons notre gratitude à notre enseignante et promotrice Melle YAHIAOUI Salima, qui a soigneusement dirigé et veillé minutieusement à la finalisation de ce travail. Elle nous a encouragés avec ses orientations et ses précieux conseils à faire et donner de notre mieux.

Que le président et les membres de jury trouvent ici nos sincères remerciements d'avoir accepté de juger mon travail.

A tout nos enseignants du département des sciences géologiques, particulièrement M. AMROUCHE.F, M. BENABI.M.S, Mme IZRI.D, M. AHMED ZAID, M.BRAHMI.

Nous adressons nos vifs remerciements à tous les cadres de la société Sonatrach pour leurs soutiens, les orientations, et leurs conseils, en particulier :

Melle BERAKI. F, ingénieure géologue à la Sonatrach, division exploration qui est toujours restée disponible pour prodiguer ses orientations, ses conseils, ses aides et ses éclaircissements qui m'ont été d'une grande utilité. Elle nous a amplement apporté de son précieux savoir et elle nous a beaucoup assistés pour l'achèvement de ce travail. Je lui témoigne mon plus grand respect et mes sincères remerciements.

Melle HAMALI.M, ingénieur à la Sonatrach et notre co-promotrice, qui nous a beaucoup aidé et pour les efforts fournis à notre égard.

Mr BADSSI directeur du département de la Sonatrach, pour ses aides et ses encouragements, et d'avoir accepté de juger ce travail.

M. LAMARA Mhenni, chef de département de la direction d'étude et de synthèse (DES), de la Sonatrach qui ma accepté dans son département, en mettant a ma disposition, les moyens nécessaires.

Nous remercions également tous nos amis (es), et toutes les personnes qui ont collaboré dans ce travail entre autre

Résumé

Le présent travail aborde une étude sédimentologique du Dévonien inférieur de la région de Béchar et Oued Namous, basé sur la description des sondages et de carottes, en vue de la détermination du milieu de dépôt et ainsi d'identifier l'intérêt pétrolier du Siéginien-Gédinnien, qui forme le réservoir.

Le Siéginien-Gédinnien est représenté comme une seule unité sédimentaire matérialisée par des alternances de grés et argiles. Le Gédinnien s'inscrit dans un environnement de front de delta et de la plaine deltaïque, rencontré dans les formations de Saheb El-Djir et de Zeimlet. Le Siéginien, on le rencontre dans la formations de Dkhissa, qui par ses caractéristiques sédimentologiques indique un milieu de dépôt de prodelta et de frondelta, qui attestent un milieu marin peu profond de type shorface, allant du middel shorface à offshore.

Les caractéristiques pétrophysiques mets en évidence le réservoir Siéginien-Gédinnien du dévonien inférieur qui s'est avéré des magasins médiocres.

Mots clés : Béchar oued Namous, Siéginien-Gédinnien, régression, transgression, milieu deltaïque, shorface, offshore, analyse séquentiel.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	01
-----------------------------------	-----------

Chapitre I : Synthèse bibliographie et caractéristique générale de la région

I.1. Introduction.....	02
I.2. Synthèse des principaux travaux antérieurs.....	02
I.3. Présentation de la région.....	05
I.3.1. Situation Géographique et administrative.....	05
I.3.2. Milieu physique et naturel de la région d'étude.....	06
I.4. Caractéristiques géologiques générale de la région.....	07
I.4.1. Principaux éléments structuraux à Bechar Oued-Namous	07
I.4.1.1. La voute de Meharez	07
I.4.1.2. La voute de l'Oued Namous	07
I.4.1.3. La dépression d'Abadla	07
I.4.1.4. Le sillon de Nekheila	07
I.4.1.5. Le flanc Ouest de la dépression de Gourara	07
I.4.2. Remplissage des formations géologiques Bechar Oued-Namous	09
I.4.3. Cadre structural.....	10
I.4.3.1. Les phases tectoniques.....	11
a. Phase Panafricaine	11
b. Phase Calédonienne.....	11
c. Phase Bretonne.....	11
d. Phase Intra Viséenne	11
e. phases Intra Namurien.....	12
f. Phase Hercynienne finale.....	12
g. Phase Alpine	12
I.4.3.2. Les différentes discordances rencontrées	12
a. Discordance Calédonienne.....	12
b. Discordance Hercynienne finale	12
I.4.3.3. La tectonique cassante.....	12
I.4.4. Cadre géodynamique.....	13
I.4.4.1. Evolution de la région Bechar-Oued Namous dans la géodynamique des plaques	13
I.4. Conclusion	15

Chapitre II : Stratigraphie et sédimentologie du dévonien inférieur du bassin de Bechar

II.1. Introduction.....	16
II.2. Cadre paléogéographique du Dévonien inférieur du bassin de Bechar.....	16
II.3. Le Dévonien inférieur dans le Sahara algérien.....	17
II.3.1. Gédinnien	17
II.3.1.1. Dans les affleurements de l'Ougarta.....	17
II.3.1.2. Dans la synclise de Tindouf et Reggane	18
II.3.1.3. Dans la dépression de Timimoune.....	18
II.3.1.4. Dans l'Ahnet	18
II.3.1.5. Dans la dépression de Mouydir	18
II.3.1.6. Dans la dépression d'Oued Mya	18
II.3.1.7. Dans la synclise d'Illizi-Gadames.....	18
II.3.2. Siéginien	18
II.3.2.1. Dans l'Ougarta	18
II.3.2.2. Dans la dépression de Tindouf	18
	18

II.3.2.3. Dans la dépression de Timimoune	18
II.3.2.4. Dans la dépression de Reggane	18
II.3.2.5. Dans la dépression de l'Oued Mya	18
II.3.2. 6. A l'est du Sahara algérien	18
II.3.2.7. Dans la dépression de Berkine	18
II.3.3. L'Emsien	19
II.3.3.1. Dans l'Ougarta et la Saoura.....	19
II.3.3.2. Dans la synclise de Tindouf et de Reggane.....	19
II.3.3.3. Dans la dépression de Timimoune.....	19
II.3.3.4. Dans l'Ahnet	19
II.3.3.5. Dans la dépression de Mouydir.....	19
II.3.3.6. Dans les régions orientale du Sahara algérien	19
II.3.3.7. Dans la dépression de Berkine	19
II.4. Stratigraphie du bassin de Bechar-Oued Namous	19
II.4.1. Bechar-Oued Namous au paléozoïque	19
II.4.1.1. Infra Cambrien	19
II.4.1.2. Cambrien	19
a- Les grès du Djourfa (membre inférieur)	19
b- Grès de Hassi Menkel (membre supérieur)	19
II.4.1.3. Cambro-ordovicien	20
II.4.1.4. Ordovicien	20
a- Argile d'Oued Rharbi	20
b- Les argiles de Tifereouines	20
II.4.1.5. Silurien	20
II.4.1.6. Carbonifère	20
II.4.2. Mésozoïque	20
II.4.3. Cénozoïque	21
II.5. Description du Dévonien dans la région de Bechar-Oued Namous	21
II.5.1. Le Dévonien inférieur	21
II.5.1.1. Gédinnien-Siéginien	21
a- Partie inférieure du Gédinnien	22
b- Partie supérieure du Siéginien	22
II.5.1.2. L'Emsien	22
II.5.2. Dévonien moyen	22
II.5.2.1. Couvinien.....	22
II.5.2.2. Givitien.....	23
II.5.3. Dévonien supérieur	23
II.5.3.1. Frasnien	23
II.5.3.2. Faminien-strunien	23
II.5.3.3. Faminien.....	23
II.5.3.4. Strunien	23
II.6. Subdivision lithostratigraphique du dévonien inférieur dans le Bassin Bechar-Oued Namous.....	25
II.6. 1. En surface	25
II.6.1.1. Formation de Zeimlet	25
II.6.1.2. Formation de Saheb El-Djir	25
II.6.1.3. Formation des Grés De Dkhissa	25
II.6.1.4. Formation de Tiferguénite	25
II.6.2. En subsurface	26
II.6.2.1. La formation de Zeimlet	26
II.6.2.2. La formation de Saheb el Djir	26
II.6.2.3. La formation de Dkhissa argilo-gréseuse	26
II.6.2.4. La formation de Dkhissa gréseuse	26

II.6.3. Description des mésoséquences des formations du dévonien inférieur	27
II.6.3.1. La mésoséquence 'a' et 'b'	27
II.6.3.2. La mésoséquence 'c'	27
II.6.3.3. La mésoséquence 'f'	27
II.6.3.4. La mésoséquence 'g'	27
II.6.3.5. La mésoséquence 'h'	27
II.6.3.6. La mésoséquence 'i'	28
II.6.3.7. La mésoséquence 'j'	28
II.6.3.8. La mésoséquence 'k'	28
II.6.3.9. La mésoséquence 'l'	28
II.7. Séquence stratigraphique du Dévonien inférieur	28
II.7.1. En surface	28
II.7.1.1. Dans la Formation du Dkhissa	28
II.7.1.2. La Formation du Tiferguenite	29
II.7.1.3. Séquences argilo-gréseuses	29
II.7.1.4. séquence argilo-grèso-calcaire	29
II.7.2. En sub-surface	30
II.7.2.1. Séquence « A »	30
II.7.2.2. Séquence « B »	30
II.7.2.3. Séquence « C »	30
II.7.2.4. Séquence «D»	31
II.8. Conclusion	31

Chapitre III: Sédimentologie et interprétation diagraphique

III.1. Introduction	32
III.2. Sédimentologie du Dévonien Inférieur Gédinnien-Siéginien (Béchar Oued Namous)	32
.....	
III.2.1. Nomenclature utilisée	32
III.2.2. Description des faciès sédimentaires par observation sur carottes	33
III.2.1.1. Les calcaires	33
A. Les calcaires bioclastiques / lumacheliques	33
A.1. Description	33
A.2. Interprétation	33
B. Les calcaires massifs	34
B.1. Description	34
B.2. Interprétation	34
III.2.1.2. Les Argile	34
A. Argile à lenticulaires bedding	34
A.1. Description	34
A.2. Interprétation	34
B. Faciès Hétérologique bioturbé	34
B.1. Description	34
B.2. Interprétation	34
III.2.1.3. Les grès	34
A. Grès fin à flaser bedding	35
A.1. Description	35
A.2. Interprétation	35
B. Grès fin bioturbé	35
B.1. Description	35
B.2. Interprétation	35
C. Grès à ride de courant	35
C.1. Description	35

C.2. Interprétation	35
D. Grès à litage oblique ou mamelons ou HCS	35
D.1. Description	35
D.2. Interprétation	35
E. Grès à litages obliques en creux « SCS »	36
E.1. Description	36
E.2. Interprétation	36
F. Grès à stratification plan litage horizontal	36
F.1. Description	36
F.2. Interprétation	36
G. Grès à stratification en auges	36
G.1. Description	36
G.2. Interprétation	36
H. Grès massif	36
H.1. Description	36
H.2. Interprétation	36
III.3. Détermination des électroséquences	37
III.3. 1. Utilisation des résultats de Gamma ray GR	37
III.3.2. Analyse des électroséquences sur puits et carottes	40
III.3.2.1. le Siéginien gréseux	40
A. Courbes gamma-ray en forme de ‘cloche ‘	40
B. Courbe en forme d’entonnoire’	40
C. Courbes en forme de ‘cylindre’	40
D. Courbes en ‘œuf’	40
III.3.2.2. Le Siéginien argilo-gréseux	41
III.3.3. Interprétation des électroséquences et environnement de dépôt dans les formations du dévonien inférieur (Bechar Oued Namous)	41
III.3.3.1. La formation de Zeimlet (Gédinnienne)	42
A. Description	42
B. Types de courbe des diagraphies GR	42
C. Interprétation	42
III.3.3.2. La formation du Saheb El-Djir (Gédinnienne)	42
A. Description	42
B. Types de courbes du GR	42
C. Interprétation	42
III.3.3.3. La formation de Dkhissa (Siéginienne, argilo-gréseuse)	43
A. Description	43
B. Les courbes de Diagraphies GR	43
C. Interprétation	43
III.3.3.4. La formation de Dkhissa gréseux (Siéginienne gréseuse)	43
A. Description	43
B. Types de courbes des diagraphies GR	43
C. Interprétation	43
III.4. Application de la stratigraphie séquentielle	44
III.4.1. Séquence argile/grès	44
III.4.2. Séquence argilo-calcaire-grès	44
III.4.3. Séquence calcaires/argiles	44
III.5. Découpage Séquentiel et corrélation lithologique dans le Siéginien-Gédinnien	45
III.5.1. Le premier cycle	45
III.5. 2. Le second cycle	45
III.5.2. Le troisième cycle	45

III.6. Les faciès diagenitiques observées dans un réservoir Siéginien-Gédinnien, région Bechar Oued Namous.....	46
III.7. Conclusion	57

IV. Système pétrolier du dévonien inférieur, Bechar oued Namous

IV.1.Introduction.....	58
IV.2.Caractéristiques du réservoir du Dévonien inférieur.....	58
IV.2.1.Siéginien-Gédinnien.....	58
IV.2.2. Roches mère.....	58
IV.2.2.1. Silurien	59
IV.2.2.2. Dévonien	59
IV.2.3. Roches réservoir.....	59
IV.2.3.1. Siéginien-Gédinnien.....	59
IV.2.4. Roche couverture.....	59
IV.2.4.1.Les argiles du Silurien	59
IV.2.4.2.Les argiles du l'Emsien.....	60
IV.3. Intérêt pétrolier.....	60
IV.3.1. Roches mères.....	60
IV.3.2. Types de Piège.....	60
IV.4. Etude de quelques caractéristiques pétrophysiques des carottes du dévonien inférieur.....	62
IV.4.1.Corrélation des paramètres pétrophysiques.....	62
IV.4.1.1.Corrélation la porosité et de la perméabilité.....	63
IV.4.1.2. étude de la saturation en eau	64
IV.4.2. La carte en iso-porosité moyenne du réservoir Gédinnien Siéginien	65
IV.4.3. Interprétation des cartes iso-porosité des carottes	65
IV.4.4. La carte en iso-perméabilité du réservoir Siéginien Gédinnien.....	66
IV.4.5. Interprétation des cartes iso perméabilité des carottes	66
IV.5. Résultats pétroliers dans le dévonien inférieur.....	67
IV.6. Carte qui montre le résultat pétrolier	69
IV.8. Conclusion.....	70
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	71
ANNEXE	

Listes des figures		P
Fig.01:	Situation géographique de la région de Béchar et Oued Namous.....	05
Fig.02:	Situation de la région de Béchar et Oued Namous dans les ensembles structuraux sahariens.....	08
Fig.03:	Coupe Géologique Est-Ouest dans le bassin de Béchar.....	09
Fig.04:	Carte géologique montre la position des puits (extraite de la carte géologique de l'Algérie 1/500 000)	10
Fig.05:	Situation de la région d'étude dans le Gondwana.....	15
Fig.06:	Paléogéographie de la plateforme saharienne occidentale au Praguien.....	17
Fig.07:	Log lithostratigraphique synthétique de la région de Béchar et Oued Namous et ses marges...	24
Fig.08:	Image satellitaire montre la position des puits de la région de Béchar et Oued Namous.....	32
Fig.09:	Classification des elecrosequences (Shell-Pecten).....	39
Fig.10 :	Exemple d'interprétation de Séquences lithologiques en série argilo-gréseuse.....	39
Fig.11:	Type de forme du Gamma Ray rencontré au sien de Siéginien- Gédinnien.....	41
Fig.12:	Corrélation entre les puits de Périmètre montrant l'évolution latérale des Formations diagraphies, données de carottes accompagnées de quelques photos	48
Fig.13:	Charte des faciès.....	49
Fig.14:	Description de la carotte 01 prise au niveau de puits P2.....	50
Fig.15:	Description de la carotte 02 prise au niveau de puits P2.....	51
Fig.16:	Description de la carotte 03 prise au niveau de puits P2.....	52
Fig.17:	Description de la carotte 04 prise au niveau de puits P2.....	53
Fig.18:	Description de la carotte 05 prise au niveau de puits P2.....	54
Fig.19:	Description de la carotte 01 prise au niveau de puits P7.....	55
Fig.20:	Description de la carotte 02 prise au niveau de puits P7.....	56
Fig.21:	coupe sismique à travers la région de Béchar et Oued Namous	61
Fig.22:	carte en iso-porosité moyenne des formations du réservoir Gédinnien Siéginien Bechar-Oued Namous.....	65
Fig.23:	Carte en iso-perméabilité moyenne des formations du réservoir Gédinnien Siéginien Bechar-Oued Namous.....	66
Fig.24:	Digramme de variations de la porosité en fonction de la profondeur.....	63
Fig.25:	Variation de la perméabilité et porosité.....	64
Fig.26:	Carte des résultats pétroliers (Document SONATRACH Modifié) 2017.....	69

Liste des tableaux	N°
Tableau.01. : Subdivision lithostratigraphique du Dévonien inférieur dans la chaîne de l'Ougarta.	25
Tableau.02. : Subdivision lithostratigraphique du Dévonien inférieur et l'environnement de dépôts en sub- surface.	26
Tableau.03. : Tableau des codifications des faciès.	37
Tableau.04. : Les caractéristiques pétro physiques de la carotte n 02.	62
Tableau.05. : Résumés des tests pétroliers sur quelque puits dans le réservoir Siéginien Gédinnien a Béchar et Oued Namous.	68

Liste des abréviations

CGG :	Compagnie générale de géologie
CR :	Cortège régressif
Cr :	Carotte
CT :	Cortège transgressif
DC :	Discordance calédonienne
DES :	Direction d'Etudes et Synthèse
I F P :	Institut Français du Pétrole
IMPG:	Institut de Management Public et Gouvernance. géophysique
IT :	Intervalle transgressive
LST:	Low stand systems tract
MFS:	Maximum flooding surface
MFS:	Maximum flooding surface
MRS :	Maximum régressif surface
PHN :	Prismes de Haut Niveau Marin
RVB:	Mode spectrale d'image satellitaire (Rouge\Vert\Bleu)
S T :	Séquence transgressive
S.G :	Age Siéginien-Gédinnien
S.W :	Saturation en eau
SB :	Séquence bondary
SCS	Swaley Cross Stratification
SR :	Séquence régressive
TST :	Transgressive System Tract.
TST:	Transgressive surface

INTRODUCTION GENERALE

Ce modeste mémoire a été réalisé en collaboration avec l'organisme national Sonatrach, division exploration de Boumerdes. Il s'inspire essentiellement de l'ensemble des travaux et des études majeurs effectués, dans la région du bassin de Béchar-Oued Namous. En effet ce travail est axé sur les travaux universitaires anciens et récents : mémoires, thèses de magister et de doctorat, les rapports, les articles et les ouvrages, disponibles dans les bibliothèques et sur internet. Notons aussi la grande utilité des travaux réalisés dans la région par la Sonatrach et ainsi par d'autres sociétés et organismes algériens et étrangers.

La région d'étude fait partie de la province occidentale de la plate forme du Sahara algérien, qui a fait l'objet de plusieurs études à caractère pétroliers et dont quelques résultats semblent prometteurs, avec la découverte d'une quantité de gaz dans le dévonien inférieur principalement.

Notre sujet de mémoire est une conséquence de ces études d'explorations lancées, et nous a été confié, dans l'objectif de comprendre la répartition et les caractéristiques de différents réservoirs du dévonien inférieur dans la région de Bechar Oued Namous. Cela revient à étudier le type de sédimentation et l'environnement de dépôt, qui va permettre par la suite de comprendre l'évolution des faciès et de déterminer les caractéristiques pétrophysiques, qui aboutira à mettre en évidence les formations gréseuses susceptibles de former un réservoir de qualité.

Pour mener à bien cette étude, plusieurs types de données déjà réalisés, fournies par le service production et exploration de la Sonatrach, concernant les puits, les rapports de fin de sondages et leurs paramètres physiques, combinées à d'autres études universitaires.

La présentation de notre travail est structurée en quatre chapitres complémentaires:

- Le premier chapitre fait le point à travers la synthèse bibliographique sur les principaux travaux réalisés par nos prédécesseurs dans la région. Il présente également les caractéristiques générales de la région
- Le deuxième chapitre traite de la stratigraphie et décrit les principales formations rencontrées dans la région et les caractéristiques du dévonien inférieur
- Le troisième chapitre s'intéresse à la sédimentologie et à l'interprétation diagraphique, dans l'optique de déterminer le milieu de dépôt, avec l'utilisation de l'analyse séquentielle sur carottes et d'autres méthodes pour l'interprétation.
- Le quatrième et dernier chapitre aborde le système pétrolier du dévonien inférieur dans la région pour aboutir à la détermination de la qualité du réservoir Siéginnien-Gédinnien et ainsi aux résultats pétroliers.

Chapitre I :
Synthèse bibliographie et
Caractéristiques générales

Chapitre I : Synthèse bibliographique et caractéristiques générales

I.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à une synthèse bibliographique, en s'intéressant à tous les auteurs qui ont déjà travaillé sur la région du Sahara occidental en générale et sur Bechar Oued Namous en particuliers. Tous ceux qui se sont intéressés exactement à l'étude du dévonien inférieur. Ainsi ça nous permettra la présentation de quelques importantes caractéristiques générales de la région comme atouts essentiels qui servira dans cette étude comme référence de base à la réalisation des autres chapitres.

I.2. Synthèse des principaux travaux antérieurs

Les premières recherches géologiques et minières dans le Sahara Occidental en général et dans la région de Béchar-Oued Namous en en particuliers, remontent aux années dix-huit cent avec l'importance que portait cette région à l'exploration et à l'exploitation de ses ressources minérales.

C'est ainsi, que plusieurs missions d'exploration minières ont été entreprises sur le bassin de Béchar-Oued Namous, qui avaient pour objectifs les niveaux Cartonneux dans la séquence du Carbonifère supérieur. Les recherches se sont soldées par la découverte des niveaux de charbon. Dans l'optique de ses réalisations, des travaux de cartographie étaient entamés à partir des années 1937 par le Service colonial de la Cartographie Géologique de l'Algérie, pour d'abord, repérer de nouveaux gisements et ensuite afin de perfectionner la prospection minière.

Les travaux géologiques menés par plusieurs scientifiques dans cette région et nous citons à titre d'exemple quelques-uns : E.F. Gautier en 1906 édita dans la BSGF, la contribution à l'étude géologique du Sahara (Saoura-Gourara-Touat). Ensuite Flamand en 1911 édita, par le service géologique de l'Algérie une recherche géologique et géographique sur les hauts pays de l'Oranais et sur le Sahara (Algérie territoire du sud). Machinkoff entre 1934 et 1936 aborda la description géologique des confins Algéro-Marocains du sud, qui ont permis une première identification des massifs calcaires, ses mêmes travaux ont été repris et détaillés durant la période 1957-1961 par Claude Pareyn, qui a établi la première échelle biostratigraphiques du bassin, à partir des biozones à Goniaticites, qui leur donna par la suite le nom de buttes calcaires de Bechar.

Les travaux de P. Deleau publiés 1952 dans un résumé qui engloba tous ces mémoires et qui s'intitule ; la monographie régionale, dans une série n° 8, concernant la région de Colomb-Bechar, et s'intéressa à la description des bassins houillers.

D'autres auteurs tels que : Conrad 1971 ; effectua plusieurs études entre elles nous citons 'la synthèse sur l'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algériens. Le même auteur en 1972 aborda une étude sur les couches de passage dévonien carbonifère au Sahara central et le problème du Strunien et Fabre en 1976 étudia dans une introduction la géologie du Sahara algérien.

Plusieurs études chronostratigraphiques ont été initiées par de nombreux auteurs et basées essentiellement sur l'étude de la faune : le travail de D. Le maitre en 1952 qui étudia la faune du dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'erg El-Djemel (sud oranais) éditée dans le bulletin SCG Algérie de la première série paléontologique n°12.

Les Brachiopodes et les Goniatites étudié par C. Pareyn et Legrand en 1983 et résumé dans un travail intitulé : apparition des Choristitinae, Brachiopodes Spiriferida au Bashkirien inférieur dans le bassin de Béchar, Sahara Algérien nord-occidental. L'étude des Coraux par Semenff, avec une étude de la reconstitution des variations du niveau marin à partir de l'étude d'un récif corallien et Lys et Sebbar ont établi la biozonation du Carbonifère à partir des foraminifères grâce aux matériels récolté par C. Pareyn dans les études précédemment citées.

Sur le plan géophysique les premiers travaux de compagnes géophysiques ont été initiés sur l'ensemble de la région avec des études gravimétriques réalisées en 1953 par les sociétés I.M.P.G (Institut de Management Public et Gouvernance), dans un travail qui s'intitule "Tools and technologies applied to the management ressources water by using géophysique approche in Bechar". Par la suite plusieurs travaux réalisés en 1956 par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G) parmi ceux retrouvés ; l'étude hydrodynamique et modélisations des écoulements souterrains dans la gouttière synclinale gréseuses du Barrémo-Albo-Aptien d'In Sefra-Béchar, partie centrale des monts des ksour-Atlas Saharien- nord-ouest Algérie.

Des compagnes de sismiques réfractions ont été effectuées entre 1960-1961 par les sociétés Geografrance, résumées dans un rapport d'interprétation de la sismique réfraction, dans la voute d'Oued Namous. En 1970-1971 une équipe soviétique a repris et complété les travaux précédents, ce qui a permis qu'en 1971, l'implantation des sondages dans les environs d'Oued Namous. D'autres études sismiques effectuées dans la région de Béchar Oued Namous par plusieurs compagnies telle que la Sonatrach en 2010, en réalisant les Diagraphies différées avec interprétation, en 2016 en étudiant le dévonien inférieur dans la région de Mami et

Béchar Guern Echeikh et une compagne dans la région de Guern el Guessa (83 GG), dans le but de réaliser des séquences de traitements sismiques.

Plusieurs universitaires algériens et étrangers se sont intéressés à cette région et abordent différentes thématiques dans quelques études majeures qui ont fait l'objet de thèse :

Certaines études sont réalisées sur l'affleurement carbonifère de Béchar, d'autres à caractères sédimentologique et géodynamiques ont été initiées par Nadar (1980) : les formations permocarbonifère du bassin de mezarif-Nekheila (Sud-Ouest Oranais, Algérie), thèse de doctorat troisième cycle. Orsay. Ensuite Nedjari.A et N. Kazi Tani 1990, avec la description des caractéristiques du bassin de Bechar. En 1992 A. Nedjari présente un travail à l'USTHB dans un cadre d'un doctorat ès-science intitulée dynamiques du remplissage littoral et continental Muscovien-Permien du bassin de Béchar en étudiant les électrosequences avec un modèle sédimentaire paléopédogènes.

En complément, le recours à d'autre données était nécessaire, tel que la carte géologique de l'Algérie à l'échelle de 1/500 000 et sa notice explicative éditée en 1951-1952 par la Cartographie Géologique de l'Algérie (CGA) et les logs stratigraphiques, les coupes géologiques, les cartes topographiques et ainsi les données ci-dessous :

- Les sondages (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7) qui se situent au sud-ouest de Béchar, la route de Meharez et Oued Namous, réalisés par la Sonatrach Production Exploration. Les sept (07) puits répartis sur la zone d'extension des réservoirs argileux gréseux du Dévonien inférieur (Siéginien et Gédinnien).

-Les rapports de fin de sondage réalisés par la Sonatrach avec les fiches stratigraphiques, les enregistrements diagraphiques qui ont permis de construire des cartes en isopaque, les cartes des facies et les profils de corrélation.

-les mesures physiques : les valeurs de porosité et de perméabilité, les épaisseurs de différentes unités ainsi que les pourcentages des grès calcaires et argiles utilisé dans le présent travail pour élaboration des cartes, résultats des travaux de la subdivision exploration et du CRD (Centre de Recherche et de Développement).

I.3.Présentation de la région

I.3.1. Situation Géographique et administrative

La région de Béchar-Oued Namous est située sur la bordure Nord-Ouest de la plateforme saharienne, à environ 1000 km au sud-ouest d'Alger, limitée :

- Au Nord, par l'Atlas saharien et la fosse de Benoud
- Au Sud, par les chaînes de l'Ougarta
- À l'Ouest, par le domaine plissé Hercynien de l'Anti-Atlas et la frontière algéro-marocaine.
- À l'Est par les dorsales complexes d'Idjeran M'zab.

Notre zone d'études s'étend sur une superficie de 12 166.07 km² et s'inscrit entre les méridiens 1° 30' Ouest et les parallèles 30° - 32' Nord et qui correspond aux coordonnées géographiques suivantes :

Latitudes : 31° 00' N - 31° 45' N.

Longitudes : 00° 00' E - 01° 40' E.

L'espace est réparti partiellement entre les wilayas de : Bechar, El-Bayed au Nord, Béni Abbes au Sud-Ouest et Adrar au Sud –Est.

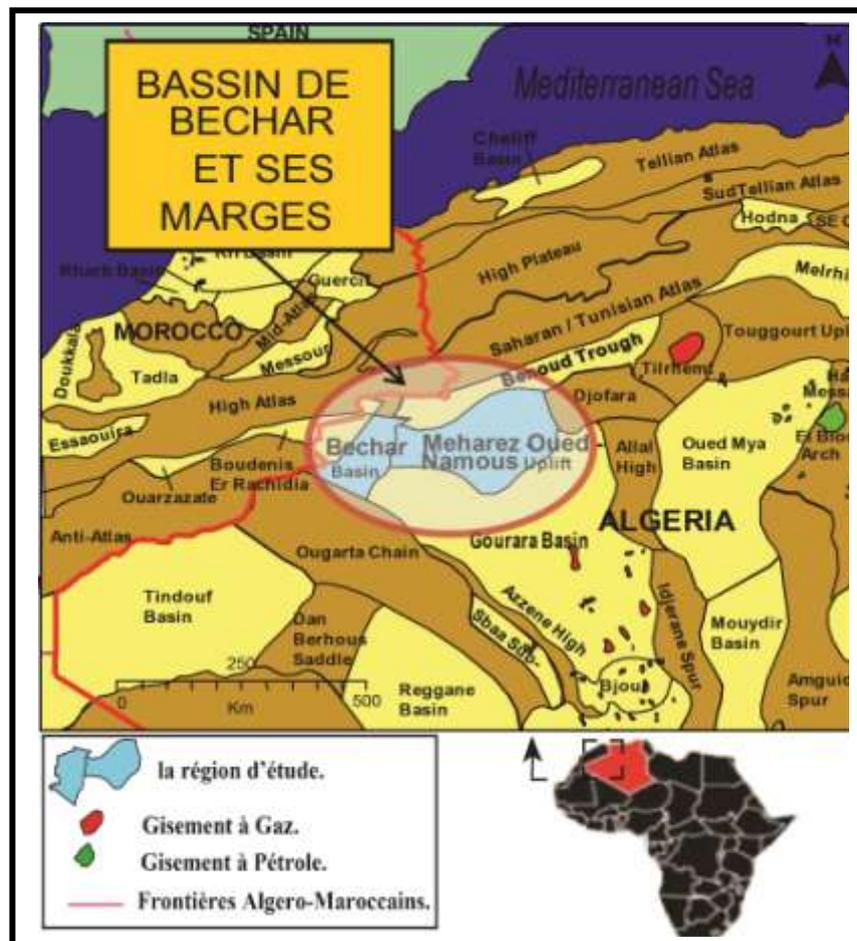


Fig. 01 : Situation géographique de la région de Béchar et Oued Namous.
(Document Sonatrach).

I.3.2. Milieu physique et naturel de la région d'étude

La région de Bechar-Oued Namous est caractérisée par :

- **Un climat** : désertique continental, qui se caractérise par, des températures élevées qui peuvent dépasser dans certaines périodes d'été les 45°C, accompagné des vents chauds. Un hiver très froid, des températures de 2°C à 3 °C et des vents glacials. Les précipitations sont rares et très faibles, des pluies qui tombent sous forme d'orage qui atteignent en moyenne seulement 60 mm/an. Ajouter à cela, les vents de sables sont très fréquents et violents pouvant atteindre la vitesse de 100 km/h.

- **Une végétation** répartie entre les terres de parcours et une superficie agricole qui présente toutes les caractéristiques d'une agriculture sahariennes liée essentiellement à la présence de l'eau, qui se localise principalement le long des principaux oueds qui traversent la région.

Notons que dans la région de Bechar existe une zone humide de 12.578 ha nommée, Dayet Tiour (lac des oiseaux). Zone naturelle qui renferme un patrimoine faunistique et floristique important, proposée pour être classer dans la liste Ramsar pour sa protection.

- **Un réseau hydrographique** dont les principaux cours d'eau sont du Nord au Sud : Oued Namous, Oued Zouzfana, Oued Béchar, Oued Guir, Oued Saoura et l'Oued Daoura.

-La Géomorphologie et Topographie :

La région de Béchar-Oued Namous montre un gradient de déformation croissant de l'Ouest et du Sud vers l'Est. Dans son ensemble c'est un vaste plateau désertique en forme de "v" largement ouvert vers le Sud-ouest.

Les principaux éléments géomorphologiques sont ; les montagnes les regs, les ergs les vallées et les cordons sableux :

- **Les hautes montagnes** dominantes dans le Nord et aussi vers l'Est avec djebel Grouz qui atteint 1 835 m en son sommet. À l'extrémité orientale, djebel Antar culmine à 1953m. À l'Ouest, Talazac sur laquelle les crêtes s'abaissent brusquement à 1000 m, et remonte progressivement à partir de l'oued Safsaf jusqu'à la cote 1385 au Djebel Zelmou. Djebel Béchar forme la branche orientale de "v", l'altitude du sommet de cette chaine, atteint 1 206 m au voisinage de Ben Zireg.
- **Les vallées** : ce sont des dépressions façonnées par les cours d'eau. Les principales sont celles de la Zouzfana, du Guir et de la Saoura.
- **Les Regs (Hamada)** : ce sont de vastes étendues rocailleuses. Les plus importantes prédominent la partie Sud-Est et sont celles de Guir et Daoura.
- **Les ergs** : ce sont des massifs dunaires pouvant atteindre jusqu'à 300 m de hauteur. Les ergs existants portent le nom de : Grand Erg Occidental, Erraoui, Erg El Atchane, et l'Erg Iguidi.
- **Cordons sableux** : au nord, très étroits et très allongés et orientés suivant une direction Nord-Ouest/Sud-Est. Au Sud, réapparaissent dans la direction Sud-Ouest-Nord Est. De nombreux petits oueds les sillonnent également.

I.4. Caractéristiques géologiques générale de la région

L'Algérie est subdivisée en deux grandes principales unités tectoniques ; Nord et Sud, elles sont séparées par le grand accident Sud Atlasique (ASA). La première unité Nord forme le domaine alpin constitué de : l'atlas tellien, les hauts plateaux, l'atlas saharien. La deuxième unité Sud représente la plateforme saharienne, celle-ci forme un domaine relativement stable constitué d'un socle précambrien sur lequel se sont déposées d'épaisses séries sédimentaires, dans des bassins structurés essentiellement durant le paléozoïque.

Les bassins sédimentaires de la plateforme saharienne couvrent plus de 1,5 million km². Ils sont classés sous deux grandes provinces :

- 1- La province Est ou province orientale de la Plate-forme Saharienne ;
- 2- La province Ouest ou province occidentale de la Plate-forme Saharienne à laquelle appartient notre zone d'étude.

I.4.1. Principaux éléments structuraux à Bechar Oued-Namous (Fig.02 et Fig.03)

La région d'étude comporte les éléments structuraux suivant :

I.4.1.1. La voute de Meharez : située au centre du bassin, ce dernier fortement subsident se caractérise par une structure complexe, une suite de haut fonds et d'effondrements. Actuellement ce bassin est bordé par plusieurs lignes de cassures (Kasi Tani et al, 1991), la voute de Meharez est bien affectée par les discordances sur le flanc NO, les sédiments Silurien et Dévonien sont réduit progressivement a 14 et 186 mètre.

I.4.1.2. La voute de l'Oued Namous : c'est un anticlinorium de directions subméridiennes au cœur du Dévonien inférieur, les sédiments se sont développés sur les hauts fonds avant d'être soumis à l'érosion intensive du Permo-Trias. La voute d'Oued Namous est bordée par des failles qui la sépare des autres éléments adjacents, les sédiments Mésozoïques repose en discordance angulaire avec le Dévonien supérieur, moyen et inférieur le carbonifère qui tapisse le flanc ouest de la voute s'épaissit au nord.

I.4.1.3. La dépression d'Abadla : cet air est limité au nord par l'anticlinal de la Chebket Djihani, fini à l'est à l'anticlinal subméridien du Djebel Béchar, vers l'ouest et le sud-ouest aucune forme tectonique n'est visible. Deux anticlinaux formés de terrains carbonifères alignés Est Ouest se détachent de l'anticlinal nord sud du Djebel Béchar et compartiment le grand air Abadla, il s'agit de l'anticlinal de Menouar et celui d'Arlat.

I.4.1.4. Le sillon de Nekheila : c'est un sillon à remplissage carbonifère situé au front méridional de l'édifice orogénique varisque maghrébin qu'il sépare de la plateforme saharienne.

I.4.1.5. Le flanc Ouest de la dépression de Gourara : c'est une structure relativement importante, il se prolonge de l'Ahnet vers le nord, sur la mer ouverte avec l'affleurement de

surface du bassin de Timimoune, il constituerait un relais entre les faciès cratonique du sud et les faciès téthysiens de Béchar.

D'après C. Pareyn en 1961 ; les massifs carbonifères du sud-ouest Oranais constituent une voûte anticlinale flanquée de part et d'autre de bassins houillers symétriques : le bassin de Béchar, kénadza-abadla à l'Ouest et le bassin de Mézarif-Nkheila à l'Est. Les deux chaînes majeures ; le Djebel Mézarif et le Djebel Béchar représentant l'anticlinal médiane de la Zousfana.

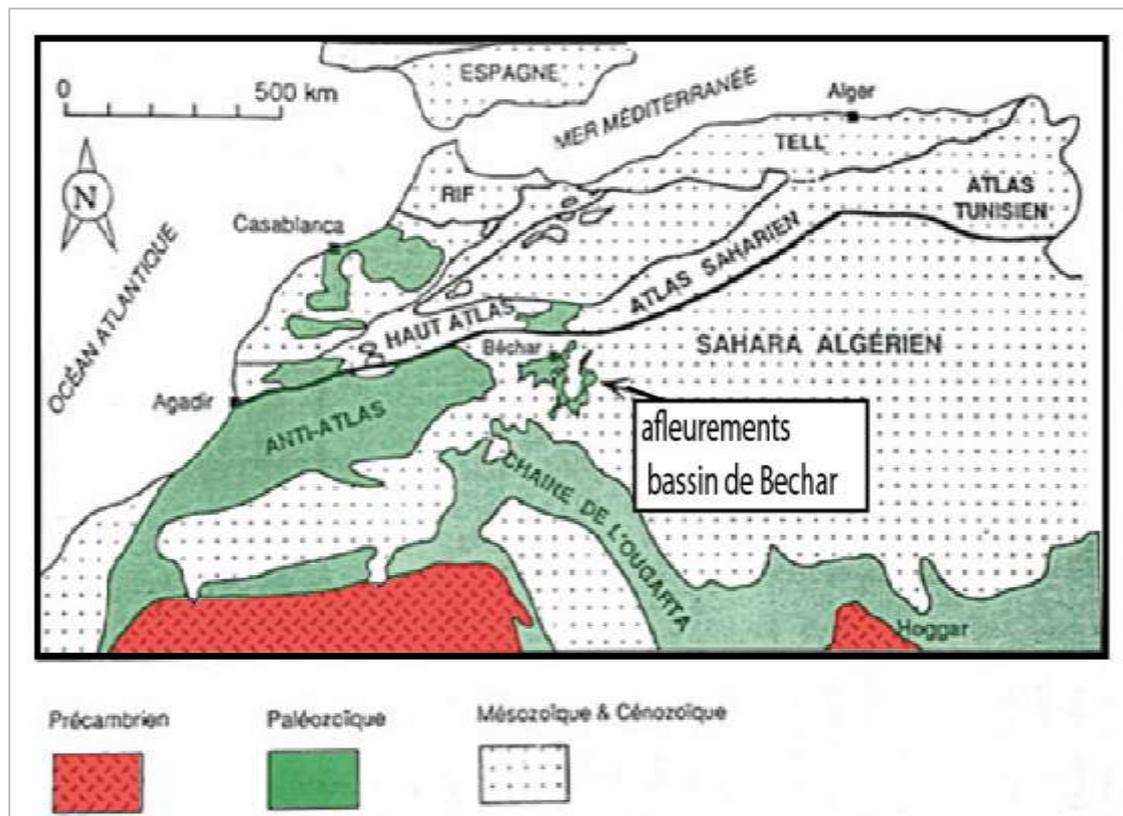


Fig. 02 : Situation de la région de Béchar et Oued Namous dans les ensembles structuraux sahariens (Document Sonatrach 2017).

La coupe géologique ci-dessous (Fig.03.), passe par la région d'étude, Bechar Oued Namous d'orientation Est-Ouest montre des structures de forme anticlinale-synclinale et également des variations latérales des épaisseurs notamment dans le dévonien qui montrant à leur tour des épaisseurs très importantes dans sa partie Orientale du périmètre qui s'amincit vers la partie Occidentale. Notant ainsi dans la région de Tamzaia, la présence de structures en forme d'un synclinale affaissé entre deux accidents celées par des formations Néogènes ou l'épaisseur du dévonien inférieur est d'environ 500 m.

La présence d'une érosion à l'Oued Namous qui atteint le dévonien inférieur sur lequel repose en discordance angulaire, une mince formation triasique.

La région qui borde le bassin du côté Occidental représente une intense tectonique caractérisée par des affaissements et des changements brutaux des épaisseurs. L'absence des formations du Dévonien et du Tournaisien vers le sillon de Nkhilla due soit à l'érosion, ou bien au non dépôt (hiatus). À noter que les dépôts Carbonifères (le Viséen) marqué par une épaisseur (4000 m sur la bordure Occidentale).

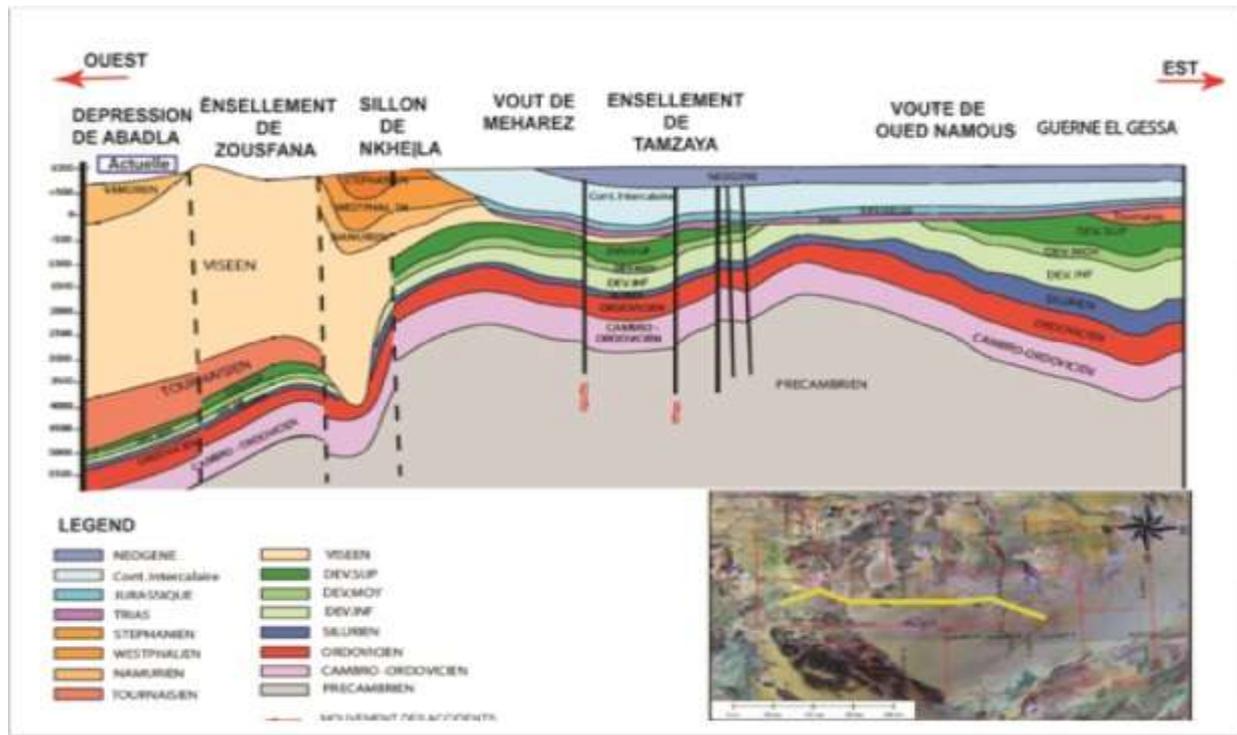


Fig. 03 : Coupe Géologique Est-Ouest à travers le bassin de Bechar
(Document SONATRACH DES 2017).

I.4.2. Remplissage des formations géologiques Bechar Oued-Namous :

La direction des failles NO SE et NE SO dans le bassin de Bechar, lui donne une forme triangulaire, le remplissage est turbiditique au début et molassique à la fin, une forte dissymétrie et une forte subsidence par flexion lithosphérique qui se voit progressivement amortie par un cisaillement plat migrant vers l'extérieure confirme le caractère d'avant fosse du bassin de Bechar (Kazi Tani et al, 1991), ce dernier présente une série en affleurement déposée sur la plateforme Saharienne par l'orogénèse Alpine (A.Nedjari, 1991).

D'après la carte géologique à l'échelle de 1/500 000 et sa notice explicative éditée en 1951-1952 par la Cartographie Géologique de l'Algérie (CGA), nous décelons les formations du paléozoïque qui sont constituées par des dépôts allant du cambrien au carbonifère, le Permien étant absent. (Fig03.)

Pour la description lithologique elle sera décrite en détail dans le chapitre suivant

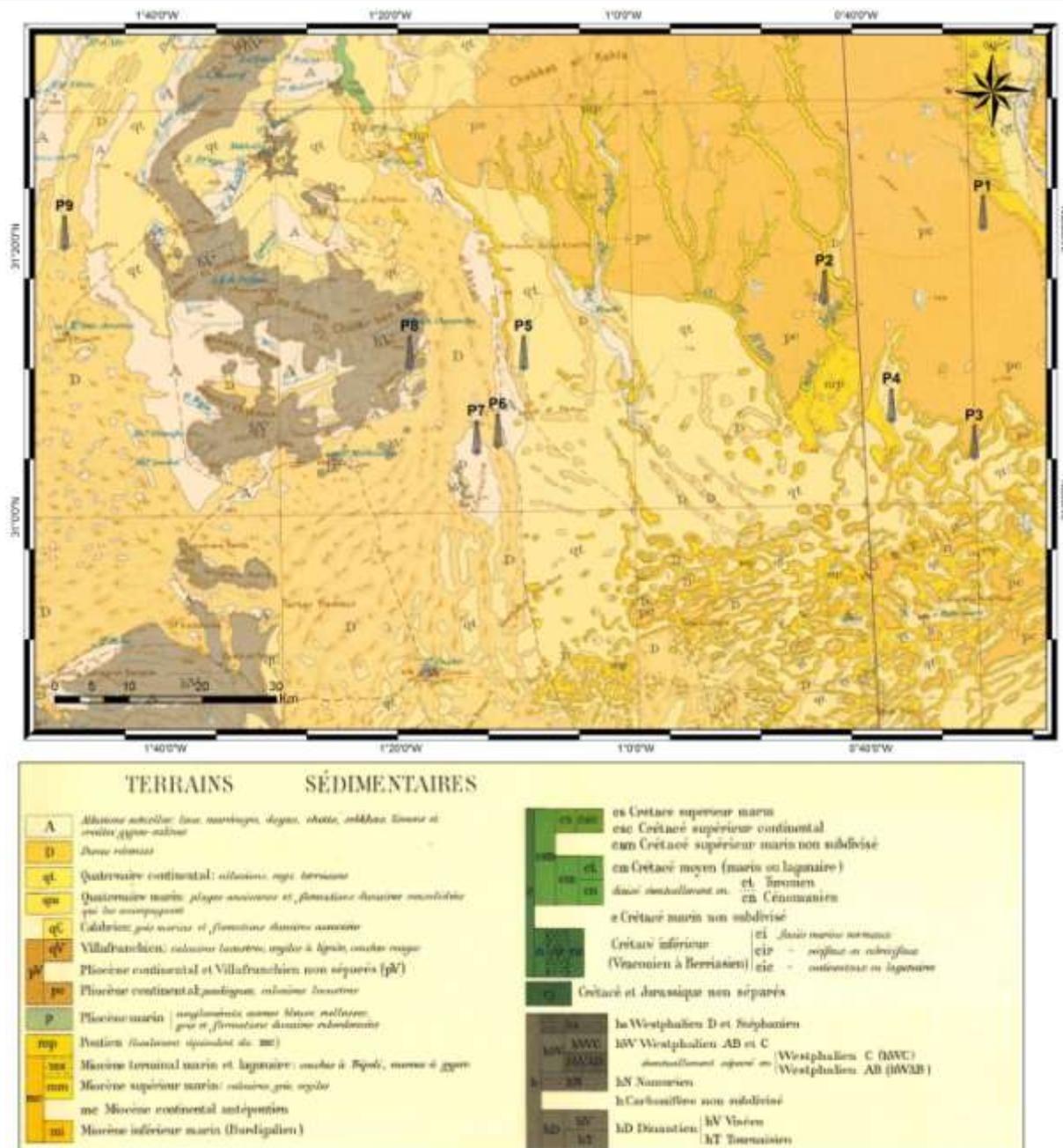


Fig. 04 : Carte géologique montre la position des puits (extraite de la carte géologique de l’Algérie 1/500 000) (positionnement des puits par : M. Maghni et H. Khennache 2017).

I.4.3. Cadre structural

La structuration actuelle de la région d’étude est le résultats de surimposition de plusieurs phases d’instabilité tectonique, les structures sont d’âge anté-hercynien et elles sont rejoué pendant le mésozoïque la complexité de son architecture structurale est héritée des différentes phases orogéniques (A. Nedjari , 1991) ,les phases calédonienne et Hercynienne ont été guidé par la phase panafricaine , qui a été à l’origine du modelage des différentes structures existantes par le jeu des accidents Nord Sud , Nord-Ouest Sud Est et Nord Est, Sud-Ouest qui sont d’âge panafricain (A. Boudjemaa,1986) .

I.4.3.1. Les phases tectoniques

La tectonique paléozoïque et mésozoïque a affecté la région d'étude. La complexité de son architecture structurale héritée de la succession de plusieurs phases tectoniques mise en évidence à partir des anciens travaux de terrains, de géophysique et des forages fait ressortir sept (07) phases orogéniques qui ont affecté la région sont

a. Phase Panafricaine

La plateforme saharienne est structurée par la collision des deux cratons Ouest africains très tectonisés et cristallin, stable depuis 180 millions d'année, plus connu sous le nom de Bouclier Reguibat, le bouclier Est africain plus connu sous le nom de bouclier Touareg, situé au Sud Est, stable depuis près de 550 millions d'années. Les traits structuraux du bouclier Touareg résulte de l'événement thermo tectonique panafricain vers 600 millions d'années, cette phase est interprétée par Black et al, 1970 ; Beuf et al, 1971 comme le résultat d'une collision entre les deux blocs l'un plastique l'autre rigide, le résultat des grandes failles subméridiennes décalées par des failles de direction Nord-Ouest Sud Est et Nord Est Sud-Ouest. C'est une phase de distension survenues au précambrien, et a créé des accidents du socle subméridiens, qui ont rejoué lors des phases ultérieures.

b. Phase Calédonienne

La phase Calédonienne finale. Ce sont des phases tectoniques survenues depuis le début du Cambrien jusqu'au Dévonien inférieur. Ce cycle a créé des accidents et des structures d'orientation NW – SE. Les accidents subméridiens jouant alors en décrochement dextres (KOSTENKO 1988).

c. Phase Bretonne

Une partie du Dévonien supérieur est tronquée par la discordance Bretonne, le Strunien est érodé par l'effet de la phase Varisque (anti Atlas).

d. Phase Intra Viséenne

Cette phase intervenant à la fin du Viséen inférieur ; il en résulte la chaîne de l'Ougarta d'orientation N-W ; S-E (J. Canrad ; y, Lemosquet, 1984 ; Kazi Taniet al 1991). Elle traduit l'effet d'un premier choc du Gondwana avec Laurentie et l'Eurasie occidentale. Il est évident que ces continents possédaient ces configurations.

La première rencontre des plaques s'est effectuée par les chocs de la partie Sud-Est de Laurentie avec la partie occidentale du vieux Craton Ouest-Africain.

La partie occidentale du Vieux Craton Ouest Africain (C.O.A) porte encore les traces de cette rencontre des plaques qui se traduit dans les directions de la structuration hercynienne.

Le vieux C.O.A a transmis le choc intravisséen vers le nord est dans la zone intracratonique. L'effet de cette transmission est le plissement de dépôts de la zone intra cratonique et aulacogène de l'Ougarta Tabelbala Azzel Matti.

Ainsi ce premier choc intravisséen a été amorti par la formation des chaînes plissées convergentes (compressionnelles) et transgressionnelles (transtensionnelles) de direction nord-ouest – sud est.

e. Phases Intra Namurien

Moins importante que celle citée avant, la discordance qui en découle suit l'allure de la phase intra Viséenne créée précédemment.

f. Phase Hercynienne finale

La phase compressive de l'hercynien final provoque l'arrêt complet de la sédimentation au cours du carbonifère. La direction des contraintes est N120° - N160°.

C'est la phase qui modèla la série paléozoïque définitivement en maintenant en position haute.

g. Phase Alpine

Le terme Mésozoïque très restreints au Nord de Ben Zireg par une limite Est Ouest à l'Est de Meharez par une limite Nord Sud, les dépôts Mésozoïques forment un monoclinale avec pendage NE l'épaisseur de la série Mésozoïques varie de 200 à 1400 mètres, la phase Alpine n'affecte pas le bassin de Bechar contrairement à la région d'Oued Namous par le jeu de failles et de plis paléozoïque.

Partant de la route d'Oued Namous et en allant vers l'Est (dépression de Gourara) les dépôts mésozoïques sont de plus en plus affectés par les phases tectoniques post-hercynien.

I.4.3.2. Les différentes discordances rencontrées :

Grace aux vingt-deux puits 22 réalisés par la Sonatrach dans la région ; ont permis de recenser les discordances suivantes :

a. Discordance Calédonienne

Partiellement érodées et bien matérialisées dans les puits avec 13 mètres d'épaisseur.

b. Discordance Hercynienne finale

Sépare les dépôts Paléozoïques de ceux du Mésozoïques, la limite d'extension du Mésozoïque forme une limite N S jusqu'à l'Est de la route de Meharez et le sillon à la dépression de Terfas, au Nord du Bechar, la limite Est Ouest où on rencontre du jurassique et du crétacé dans le bassin houiller de Bechar.

I.4.3.3. La tectonique cassante

La cartographie de la région et la sismique font ressortir des failles normales et inverses dans les quatre directions.

- Failles de direction NS : ce sont de failles de direction subméridiennes qui sont héritées du socle ont rejoué durant le paléozoïque en affectant la couverture, elles sont d'âge Panafricain.
- Failles de direction NO – SE : ces failles sont le résultat de compression de direction de contrainte N 40° qui a fonctionné durant le Viséen, cette phase est à l'origine de la surrection de la chaîne de l'Ougarta.
- Failles de direction NE SO : Ces failles sont le résultat de la phase fin Hercynien de direction de contraintes Nord 120°.
- Failles de direction EO : cette direction sublongitudinale est le fruit de compression NS au début de l'orogénèse alpin qui a affecté la plateforme saharienne par des failles qui longent l'anti Atlas Algérien, dépression de Benoud et le bassin de Bechar.

I.4.4. Cadre géodynamique

Le bassin de Béchar Oued Namous est très peu étudié sur le plan géodynamique, le bassin présente une structure synclinale en sillon allongé EW localisé entre deux domaines géodynamique différent. Au Nord l'Atlas Saharien représentant le domaine Alpin au Sud de la Plateforme Saharien déjà structuré depuis l'Hercynien.

D'après Hamdidouche 1997, la bordure Nord de ce bassin, est l'Accident Sud Atlasique qui en contrôle la subsidence et le fonctionnement, ce qui explique, que le bassin soit plus subsident dans la marge Nord.

I.4.4.1. Evolution de la région Bechar-Oued Namous dans la géodynamique des plaques

➤ Le continent du Gondwana

Avant le Carbonifère, l'Afrique faisait partie du grand continent Gondwana. Celui-ci à l'ère primaire englobait l'Afrique, l'Amérique méridionale avec la Floride, l'Antarctique, l'Inde, l'Australie, l'Arabie avec l'Iran, l'Anatolie et l'Ibérie.

À l'ère primaire la région de Béchar-Oued Namous est située sur la marge Nord-Ouest du jeune craton Cambrien et la partie Nord - Ouest du continent Gondwana. Au Sud - Ouest cette région se situait au voisinage de la zone intracratonique et aulacogène d'Ougarta-Tabelbala - Azzel Matti.

➤ Rift de la partie frontalière Nord-Ouest du Gondwana

Pendant le façonnement de la pédiplaine du jeune craton Cambrien la zone intracratonique et aulacogène de l'Ougarta constituait un fossé où se déposaient en continuité les sédiments du Cambrien inférieur. Vers le Nord, ce fossé se prolongeait en une zone d'un rift qui a créé dans la partie frontalière de la plaque de Gondwana un bassin de type intraplaque mais tout près de la frontière de plaque.

➤ Bassin intraplaque de la partie frontalière NW du Gondwana

Au Cambrien et à l'Ordovicien la région de Béchar-Oued Namous est située sur la marge Nord – Ouest du jeune Craton Cambrien. Celle-ci constituait en même temps une vaste marge orientale d'un très large bassin de la frontière de la plaque Gondwana créée par le rift ci-dessus mentionné.

➤ Subduction de la lithosphère océanique

Vers le début du Dévonien supérieur se rapprochait du Gondwana, du côté Nord-Ouest la plaque Laurentie et Laurasia occidentale.

La région de Bechar - Oued Namous a été soumise aux chocs des deux plaques étant située aux extrémités Nord - Ouest du Gondwana. Toutefois, au Dévonien cette région a été séparée du domaine subsident par un large bassin de plateforme (intraplaque) qui est devenu un bassin d'arrière arc, dont sa marge orientale faisait partie d'un arc volcanique et un bassin d'avant arc.

La lithosphère océanique subissait une subduction profonde sous le bassin d'avant arc et sous l'arc volcanique. Pour la marge orientale du bassin intraplaque, alors pour la région de Béchar -Oued Namous, c'était une période relativement calme, période de scellement de l'architecture des blocs faillés.

Vers la fin du Dévonien le Gondwana a rencontré dans le domaine de subduction un obstacle dans la lithosphère océanique. Certainement c'était un seuil océanique qui, à la rencontre du front de Gondwana a provoqué le premier paroxysme hercynien (phase bretonne). Cette phase a provoqué dans la région de Bechar et Oued Namous une forte divergence (distension) qui a fait rejouer d'anciennes failles devenues par la suite des voies de migration pour les hydrocarbures.

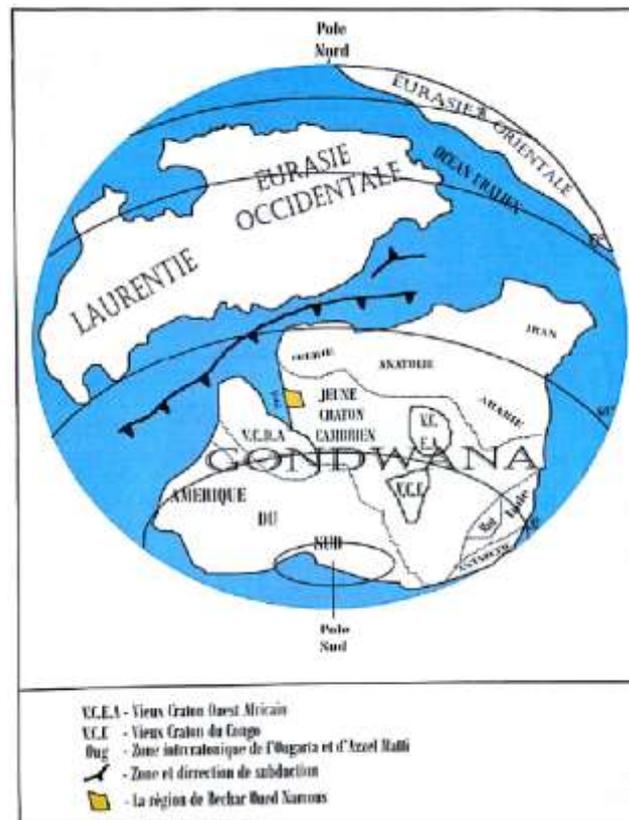


Fig. 05 : Situation de la région d'étude dans le Gondwana (Sonatrach 2017).

I.4.Conclusion

La région de Béchar-Oued Namous est située sur la bordure Nord-Ouest de la plateforme saharienne, à environ 1000 km au sud-ouest d'Alger et elle appartient partiellement aux wilayas de : Bechar, El-Bayed au Nord, Béni Abbes au Sud-Ouest et Adrar au Sud-Est et les hautes montagnes, les regs, les ergs les vallées et les cordons sableux, ce sont ses principaux éléments géomorphologiques.

Située dans la province Ouest ou province occidentale de la Plate-forme Saharienne, qui par l'effet conjugué de la tectonique et de la sédimentation, plusieurs éléments structuraux sont ressortis parmi lesquels : la route de Meharez, route de l'Oued Namous, la dépression d'Abadla, le sillon de Nekheila et le flanc Ouest de la dépression de Gourara.

Le bassin de Béchar Oued Namous présente une structure synclinale en sillon allongé EW et il est affecté par les sept (07) phases orogéniques suivante : la panafricaine, calédonienne, bretonne, intra Viséenne, intra namurienne, hercynienne finale et alpine. Les anciennes études et récentes ont mise en évidence deux principales discordances : discordance calédonienne et hercynienne finale.

Chapitre II :
Stratigraphie du dévonien inférieur
Du bassin de Bechar Oued Namous

Chapitre II : Stratigraphie du bassin de Bechar Oued Namous

I.1. Introduction

Dans ce chapitre nous avons utilisé les résultats obtenus dans quelques travaux réalisés par nos prédécesseurs, qui ont traité de la stratigraphie et de la sédimentologie dans la région Bechar-Oued Namous. En effet, l'étude de la détermination des séries stratigraphiques du paléo-mésocénozoïque, a été identifiée par les travaux de Payerne en 1961, qui avait principalement étudié vingt-deux (22) forages repartis sur la région de la, Timimoune, Saoura et Ougarta.

La subdivision Lithostratigraphique utilisé, a été effectuée par Gustavson en juin 2000. Il est basé sur l'utilisation de données diagraphiques, paléontologiques, palynologiques et lithologique obtenues par des analyses de carottes et des échantillons d'affleurements.

Nous allons aussi présenter les conclusions antérieures concernant les découpages et le milieu de dépôt du dévonien inférieur dans la région, réalisés principalement par ; PH. Legrand, 1970, Manseur, 1993, Gustavson 2000...etc., que nous utiliserons à titre de comparaison avec nos résultats dans le troisième chapitre (III).

II.2. Cadre paléogéographique du Dévonien inférieur du bassin de Bechar (Fig.01)

La position actuelle du bassin de Béchar et Oued Namous est à la limite du grand Accident Sud Atlasique, cet accident a joué un rôle important dans l'évolution structurale, sédimentaire et paléogéographique du bassin.

Durant le Lochkovien supérieur-Praguien, la Saoura-Ougarta est occupée par une plateforme marine boueuse "Mud-dominated platform" (Boreen & James 1995) dominée par les tempêtes et les houles avec une dérive littorale active, momentanément bloquée lors des tempêtes (épisodes calcaires du Dkhissa). Cette plateforme évolue ensuite à l'Emsien en accrétion sous contrôle tectono-eustatique.

En effet, le travail de Wendt et al. (2006) met en évidence l'absence de dépôts de la majeure partie de l'Emsien dans l'Ahnet-Bled el Mass et l'axe de Foum Belrem-Dj. Azzaz. Cette lacune (hétérochrone) est induite par une exondation sur Ahnet-Bled el Mass et même vers la partie orientale des Tassilis

En un seul endroit, à Dj. Aberraz (bordure orientale du bassin de Reggane, une formation argilo-grésocalcaire à brachiopodes, signalée par Biju-Duval et al. En 1968, montre le passage du Praguien à Emsien inférieur surmonté directement par l'Emsien terminal.

La partie supérieure de l'Emsien inférieur et la partie inférieure de l'Emsien supérieur seraient absentes (Ouali Mehadji A. (2009, 2011). Le mécanisme par « effet Haug » serait responsable de ce découplage tectono-eustatique (émersion à la bordure nord du craton et approfondissement du/des sillons).

Les travaux de Beuf et al. (1971) et Ouali Mehadji et al.(2009), permettent d’entrevoir, au Lochkovien supérieur-Praguien un système deltaïque en position méridionale (Ahnet, Azzel-Matti, Bled el Mass et Tidikelt), un système silicoclastique-carbonaté (Gourara-Saoura-Ougarta-Grand Erg occidental) et une plateforme carbonatée (Ben Zireg-Anti-Atlas) Ce n’est qu’à partir de l’Emsien inférieur que les détritiques envahissent Ben-Zireg (talus argilo-gréseux) (Massa et al.1965 et Hollard 1967) mais cette fois-ci par l’Ouest à partir des reliefs du Tamlelt et de la partie centrale du Draa (Lubeseder et al.2009).

À la fin Praguien à Emsien inférieur, le sillon de la Saoura Ougarta se creuse encore plus par une subsidence tectonique.

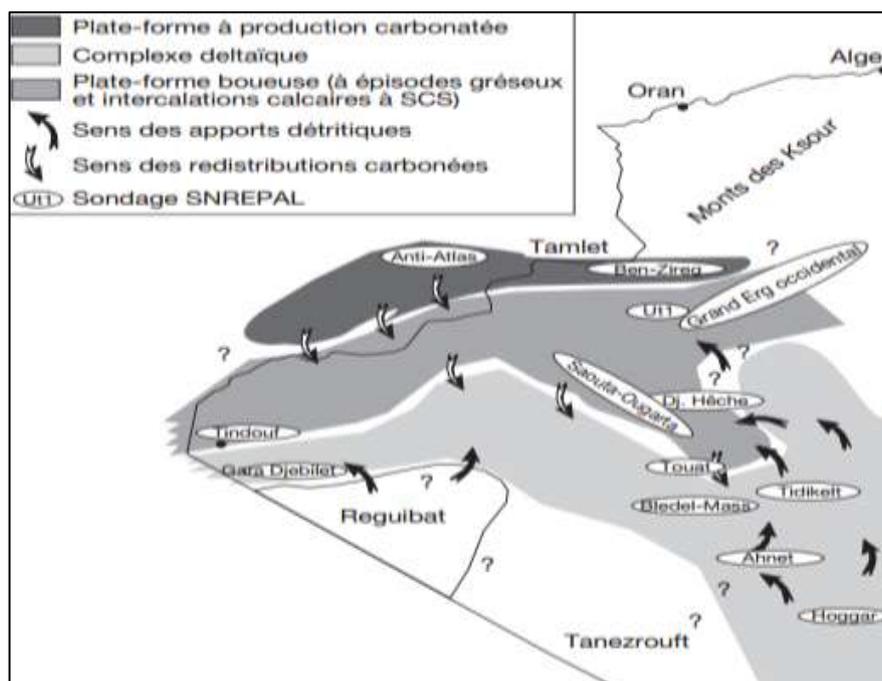


Fig. 06 : Paléogéographie de la plateforme saharienne occidentale au Praguien (Ouali Mehadji et al.2009).

II.3. Le Dévonien inférieur dans le Sahara algérien

Les dépôts du dévonien inférieur sont largement développés dans le Sahara algérien. Leur formation est liée à un régime tectonique instable qui a donné une accumulation de dépôt argileux gréseux à facies très variable, on le rencontre sous trois étages Siéginien, Gédinnien et Emsien.

II.3.1. Gédinnien On le rencontre dans les régions suivantes :

II.3.1. 1. Dans les affleurements de l'Ougarta connus sous deux principales formations : les grès de Zeimlet (partie inférieure), d'épaisseur de 150 m et les argiles de Saheb El-Djir (partie supérieure), d'épaisseur de 200 m.

II.3.1. 2. Dans la synclise de Tindouf et Reggane : identifiées par des dépôts, dans les zones les plus subsidentes. Ils sont représentés par une partie inférieure au nord de Tindouf, constituée par des argiles à des passées de calcaire. Au nord de Reggane représentée par des argiles à rare passées de grès de siltstone et de calcaire. Son épaisseur varie de 300 à 100 m.

II.3.1. 3. Dans la dépression de Timimoune, représentée par des dépôts qui se subdivisent en grès de Zeimlet et en argile de Saheb El-Djir. Son épaisseur est de 200 à 300 m.

II.3.1.4. Dans l'Ahnet : connu comme une zone d'alternance d'argile et de grès à tigelites et oolithes ferrugineux. Dans cette région les grès sont plus épais contrairement à l'Ougarta. L'épaisseur dans la dépression va de 50 à 300 m.

II.3.1.5. Dans la dépression de Mouydir : il est essentiellement grèso-argileux avec une épaisseur de 100 à 80 m.

II.3.1. 6. Dans la dépression d'Oued Mya : considéré comme le plus épais de l'ordre de 687 m à 754 m. il est constitué par des sédiments argileux attribués au terme supérieur des formations de Mahaiguene.

II.3.1. 7. Dans la synclise d'Illizi-Gadamese : représentative seulement au Nord-Ouest de cette région par une série de grès d'épaisseur de 200 m.

II.3.2. Siéginien : on le rencontre dans les régions suivantes :

II.3.2. 1. Dans l'Ougarta : connu dans la série de Dkhissa constitué par trois membres : inférieur gréseux, moyen argileux, supérieur gréseux. L'épaisseur de cette formation est de 350 m à 400 m.

II.3.2.2. Dans la dépression de Tindouf : représentée par ; une partie supérieure à argilite, à passées grès argileux, avec une épaisseur de 340 m à 400 m. une partie inférieure formée de sédiments essentiellement gréseux d'épaisseur de l'ordre de 80 m à 170 m.

II.3.2.3. Dans la dépression de Timimoune : représenté par la formation de Dkhissa : argileux gréseuse (inférieure) et gréseuse (supérieure). L'épaisseur est de 15 m à 300 m.

II.3.2.4. Dans la dépression de Reggane : constituée par des sédiments argileux gréseux. L'épaisseur est de 80 m à 160 m.

II.3.2.5. Dans la dépression de l'Oued Mya : représentée par la formation des grès et des argilites de l'Oued Namous. L'épaisseur varie de 220 m à 320 m.

II.3.2. 6. A l'est du Sahara algérien : représentée par : les grès de Hassi Tabenkort dans le bassin d'Illizi, dans les formations de Tadrart dans la dépression de Gadamese.

II.3.2.7. Dans la dépression de Berkine ; représentée par des dépôts argileux gréseux de 200 m d'épaisseur.

II.3.3. L'Emsien : on le rencontre dans les régions suivantes :

II.3.3.1. Dans l'Ougarta et la Saoura Correspond à un ensemble calcaire-argileux de la formation de Tiferguente, d'épaisseur de plus de 300 m. Riche en orthocères, trilobites et brachiopodes.

II.3.3.2. Dans la synclise de Tindouf et de Reggane : forme de terrains argileux gréseux, et à la base continue par la barre calcaire dite muraille de Chine au nord de Tindouf. L'épaisseur va jusqu'à 230 m.

II.3.3.3. Dans la dépression de Timimoune : représenté par les argilo-carbonate type de l'Ougarta et par les argiles de Tiferguente. L'épaisseur passe de 200 m à 220 m.

II.3.3.4. Dans l'Ahnet : ce sont des terrains gréseux et l'épaisseur va de 130 m au Sud-Ouest à 30 m au Nord Est.

II.3.3.5. Dans la dépression de Mouydir, représenté par des formations argileuses gréseuses d'une épaisseur de 30 m.

II.3.3.6. Dans les régions orientales du Sahara algérien : généralement argileux gréseux dans l'Illizi avec une épaisseur de 120m et dans les formations nord du Hoggar.

II.3.3.7. Dans la dépression de Berkine : il est argileux d'épaisseur de 200 m.

II.4. Stratigraphie du bassin de Bechar-Oued Namous

Le log lithostratigraphique (**fig. 06**) et la coupe (**fig. 07**) font ressortir les éléments suivants :

II.4.1. Bechar-Oued Namous au paléozoïque

II.4.1.1. Infra Cambrien : Observé au Nord de Béchar près de Boukais, et au Nord-Ouest de l'Ougarta sous forme de massifs rhyolitiques de couleur brune, rouge et violacé (Chikhaoui et al, 1974). Il est représenté par une épaisseur de 55 à 60 m de conglomérats et de grès grossiers. Ces niveaux sont alternés de grès quartzitiques fin à grossier avec des argiles vertes, rouge, et des roches éruptives porphyroïdes, rhyolites et andésites.

II.4.1.2. Cambrien : Le Cambrien retrouvé en surface dans l'Ougarta à Kheneg Thlaia avec une épaisseur de 1000 m à l'Anti Atlas marocain, en absence de faunes caractéristiques la terminologie adoptée est celle de Beicip, 1972, basée sur l'analogie des faciès fait ressortir deux membres qui sont :

A- Les grès du Djorfa (membre inférieur) : Ce sont les grès de base du Cambrien de couleur brune, verte, et gris clair, fin à grossier à grain subarrondi vers la voute de Meharez.

B-Grès de Hassi Menkel (membre supérieur) : Ce sont des grès quartzitiques blancs à brun, fin à grossier, ils ont une épaisseur de 306 m.

II.4.1.3. Cambro-ordovicien : Plus connu sous le nom des grès d'EL Ariche EL Megta, caractérisés par des grès quartzitiques à des quartzites à tigitiles ; à granulométrie fin à moyenne à grain sub-anguleux à sub-arrondis avec des passées d'argiles silteuse gris foncée.

II.4.1.4. Ordovicien : Il débute par un niveau franchement gréseux passant à un complexe d'argiles vertes et de grès quartzitiques et calcaires, son épaisseur varie de 127 à 490m. Subdivisée en trois unités d'après des critères lithologiques :

A- Argile d'Oued Rharbi : Leur épaisseur varie de 170 à 240 m, ces argiles repose en discordance sur le Cambro-Ordovicien, sont de couleur foncé à noir silteuse micacée avec de minces intercalations de grès et de calcaires, un banc de grès surmonte cette unité dans la région d'Oued Namous et El Djorfa, caractérisé par des grès gris foncé à calcaire quartzitiques, perytisé, à granulométrie fin à moyen à intercalation d'argiles gris noire micacé équivalent à des argiles de Ouargla.

b- Les argiles de Tifereouines : Ce sont des argiles grise noire, indurées, silteuse, micacées, très fin à fin à grains anguleux à ciment argileux à siliceux leur épaisseur varie de 20 à 112 m, leurs équivalents latéraux sont les argiles d'Azzel de la province Orientale.

II.4.1.5. Silurien : Appelé la série d'Oued Ali, caractérisée par un ensemble argiles noire, charbonneuse, perytisé, micacée, indurée avec des passés de marnes noire son épaisseur varie de 51 m a Meharez a 186 m a Oued Namous, il atteint un maximum à l'Ougarta. Celui-ci est représenté à sa base par une alternance de grès fins et de siltstones argileux micacées azoïque et une série importante et homogène d'argiles noir finement litées, dans sa partie sommitale le Silurien est représenté par une alternance de marne et de calcaires argileux noir a orthocers, son épaisseur est d'environ 300m.

II.4.1.6. Carbonifère : Au Carbonifère le bassin de Béchar et Oued Namous comprend un certain nombre d'ensemble ; au Nord : un domaine compartimenté par des failles et a sédimentation variée ; à l'Est : la plateforme récifale du grand erg ; à l'Ouest : les bordures du bassin du Béchar semblent se relever une communication avec Tafilalt, le carbonifère y montre des argiles a Goniatites (Hollard 1970). Au Sud-ouest : dans les monts de l'Ougarta, l'absence des dépôts carbonifère a réduit a des supposition : dépôts marins érodés, zone haute a l'origine des corps gréseux Fulvio-deltaïque (Conrad et Lemosquet 1985, Kazi Tani 1986).

II.4.2. Mésozoïque : est constitué par un ensemble d'argile gypseuse, et d'argile brunes rouges plastiques il présente des coulées dolomitiques au centre de la voute d'Oued Namous. Son épaisseur atteint 55 m.

II.4.3. Cénozoïque : Cette formation atteint sa puissance maximale a Oued Rhabi avec 328 m, puis elle se diminue dans une direction Sud-Sud-Est, elle est formée d'alternance de sables fins argileux et d'argiles rouges et des grès fins à grossiers.

II.5. Description du Dévonien dans la région de Bechar-Oued Namous

Le système Dévonien est subdivisé en trois (03) époques :

- Le Dévonien inférieur
- Le Dévonien moyen
- Le Dévonien supérieur.

II.5.1. Le Dévonien inférieur : Il est subdivisé en trois (03) étages qui sont successivement : Emsien, Siéginien et Gédinnien. Toutefois de nouvelles subdivisions attribuent au Dévonien inférieur les étages suivants :

- **Praguien (Prague.Bohem) :** anciennement Siéginien. Le Coblencien regroupait le Siéginien, Emsien.
- **Lochkovien (Bohème) :** il correspond au Gédinnien plus le Siéginien inférieur, le Dévonien est fixé à la première apparition du *Monograptus uniformis*.
- **Emsien (Ems.massif Rhenan) :** sa base a été récemment fixée par une zone de conodonte, cet étage voit l'apparition des goniatites et la disparition des graptolites au Dévonien en générale et au Dévonien inférieur en particulier deux.

L'attribution stratigraphique de certaines formations du Dévonien inférieur reste jusqu'à présent imprécise. Les problèmes de limites stratigraphiques restent posés malgré de nombreux efforts. D'une part entre le Silurien et le Dévonien, d'autre part entre le Siéginien et le Gédinnien, en raison d'absence de données de datations palynologiques et paléontologiques comme les fossiles caractéristiques et les repères pour séparer le Gédinnien du Siéginien.

Plusieurs tentatives pour la résolution de ce problème ont été menées, par les équipes du CRD en essayant d'interpréter des courbes de Gamma-Ray en termes de cortèges eustatiques, mais le calage stratigraphique n'est pas sur et les outils d'enregistrement du gamma ray semblent des plus vieux, d'où leurs imprécisions.

Et donc nous étudierons ces deux étages en une seule unité argileux-gréseuse. Ainsi que les limites stratigraphiques utilisées dans cette étude sont celles élaborées dans les rapports de fin de sondage.

II.5.1.1. Gédinnien-Siéginien : Considéré comme une seule unité argilo gréseuse, en absence de critères paléontologiques pour un découpage les études ont recours aux critères lithologiques. L'épaisseur de la série Gédinnienne -Siéginienne va de 242 m à 400 m à l'Est de la région d'étude et atteint une épaisseur de 1000 m à Gourara et 1181 m dans la voute de Allal.

Il en ressort deux parties :

A-Partie inférieure du Gédinnien : Elle est Argilo-gréseuse plus connue sous le nom de zone de passage datée Gédinnien (Magloir et al, Planchon, Ph. Legrand, 1966). Ces limites restent incertaines, son épaisseur varie de 92 m à 136 m, il atteint un maximum de 600 m à l'Ougarta et il est subdivisé en deux séries :

➤ **La série de Zemleit :** Caractérisé par des grès fins à très fins carbonatés et des siltstones à ciment argilo-carbonaté et a passées d'argiles noir perytisé et charbonneuse, son épaisseur varie de 34 m à 122 m.

➤ **Série de Saheb El Djir :** Caractérisé par des argiles gris foncé silteuses, passées de siltstones et des grès fins, à Oued Namous. Ces deux séries forment une seule unité argilo – gréseuse qui indique une sédimentation peu profonde son épaisseur varie de 52 m à 122m.

b-Partie supérieure du Siéginien : Cette partie supérieure est gréseuse carbonatée datée conventionnellement Siéginienne, caractérisée par des grès gris blanc, gris beige, fins à moyens avec intercalation de calcaire souvent gréseux.

➤ **Dkhissa argilo-gréseux de :** c'est un ensemble formé d'argile gréseuse parfois silteuse, présentant parfois de rares débris de coquilles, et des grès très fins à fins, à rares intercalations de niveaux fins à fins carbonatés avec d'autres rares intercalations de niveaux dolomitiques. Cet ensemble s'étend sur l'ensemble de la région avec une épaisseur variant de 58 m à 187 m.

➤ **Dkhissa gréseux :** formée d'un ensemble homogène de grès fin à moyen à ciment argilo-calcaires lumachéliques. On note la présence fréquente de niveaux d'oolithes à la base et au sommet.

II.5.1.2. L'Emsien : Il est totalement érodé par l'orogénèse hercynienne. Au-dessus de cette barre jusqu'au calcaires du Dévonien moyen on trouve une zone d'argile noir peu silteuse, finement litée, dans sa partie sommitale l'Emsien est présenté par quelque passés carbonatées et des grès gris blanc fins à très fins feldspathiques souvent altérés.

II.5.2. Dévonien moyen : Rencontré en affleurement à l'Ougarta (30 km au sud de Marhouma), ce terme peut être partiellement ou totalement érodé sur la route d'Oued Namous, on distingue ainsi deux ensembles :

II.5.2.1. Couvinien (Eifélien) : L'ensemble est caractérisé par un complexe argilo détritique, évoluant de grès à siltstones vers des calcaires à passées d'argiles aux sommets, son épaisseur atteint 93 m à Meharez.

II.5.2.2. Givétien Cet ensemble est caractérisé par une alternance de calcaire argileux, gris foncé et de siltstones, il est érodé sur la voute d'Oued Namous et partiellement érodé a la voute de Meharez.

II.5.3. Dévonien supérieur : Les dépôts argilo carbonatés prédominent, leur épaisseur atteint un maximum au Sud et Sud Est avec 850 m - 1100 m à Gourara et s'amincissent au Nord Est et à l'Ouest.

II.5.3.1. Frasnien : Caractérisé par des alternances d'argiles noires et de calcaire gris clair compact et de marne dolomitique, leur épaisseur varie de 25 m - 75 m et atteint 125 m à L'Ougarta.

II.5.3.2. Faminien-strunien : Le doute demeure sur les limites des deux ensembles, la série est érodé sur la voute d'Oued Namous et en partie à Meharez et dans le sillon de Benoud.

II.5.3.3. Faminien : Caractérisé par des calcaires, argiles grises alternées avec des silts et des grès, vers le sommet du terme Faminien.

II.5.3.4. Strunien : Caractérisé par une alternance d'argile noire et des grès clair, à la dépression de Terfas l'épaisseur du terme est de 55 m après avoir été érodé par l'orogénèse Bretonne et Hercynienne.

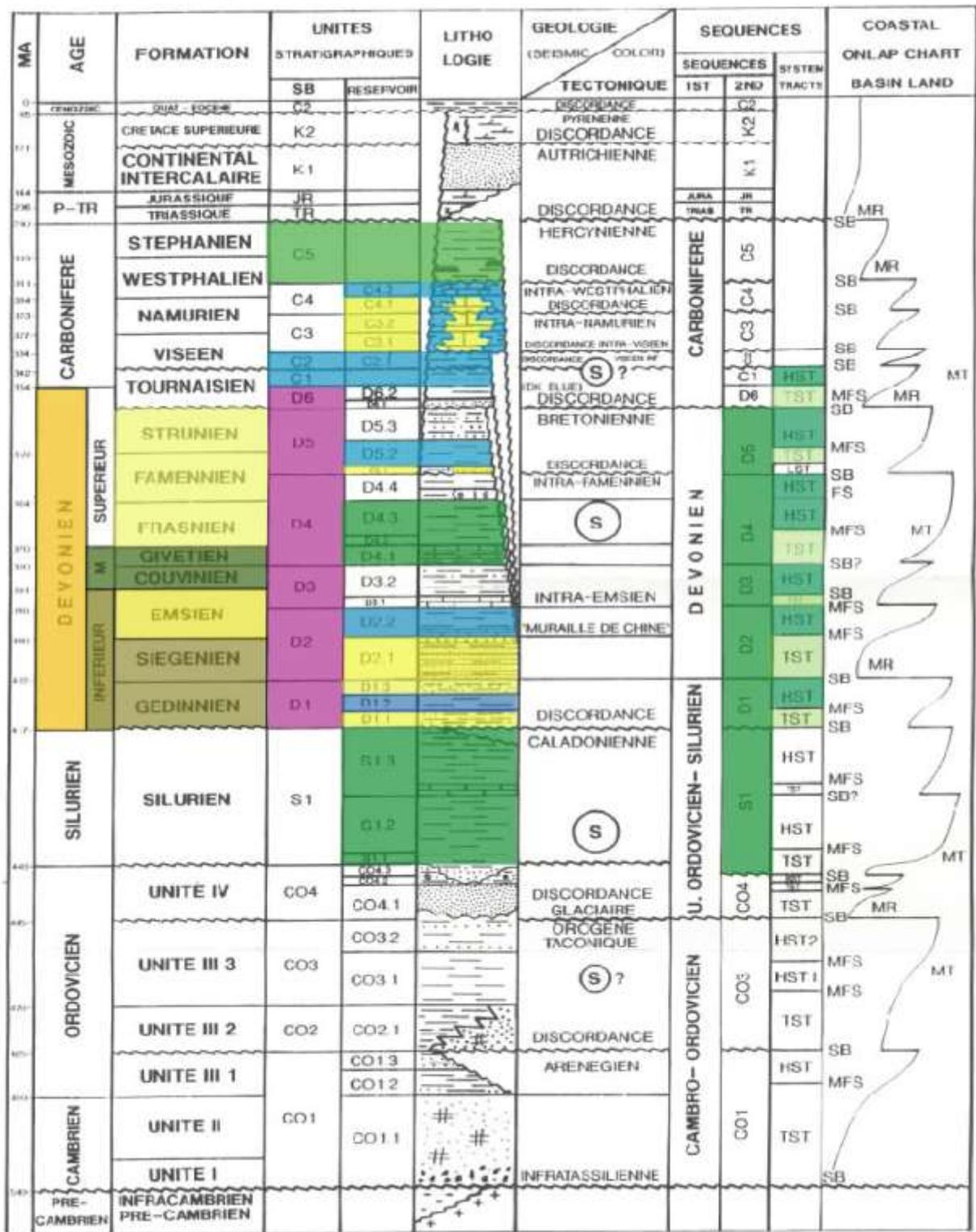


Fig. 07 : log lithostratigraphique synthétiques de la région de Béchar et ses marges (Gustavson, June 2000).

II.6. Subdivision lithostratigraphique du dévonien inférieur dans le Bassin Bechar-Oued Namous (Tableau 01)

Le dévonien inférieur a été étudié en affleurement sur la chaîne de l'Ougarta au voisinage de l'Oued Saoura par (PH. Legrand, 1970 ; in N. Maache-1987). Cette étude a abouti à une subdivision lithostratigraphique en quatre formations.

II.6. 1. En surface : Quatre (04) formations ont été décrites, ce sont :

II.6.1.1. Formation de Zeimlet : Elle débute par immédiatement au-dessus du dernier banc calcaire de la formation d'Oued Ali et s'étend jusqu'à, sous la barre calcaire à Orthocères marquant la base de la formation de Saheb El-Djir.

II.6.1.2. Formation de Saheb El-Djir : Débute par une barre calcaire à Orthocères et se termine sous le premier niveau de grés de la formation de Dkhissa.

II.6.1.3. Formation des Grés De Dkhissa : Date Gédinnien-Siéginien terminale, correspond aux premiers niveaux gréseux individualisés, son sommet se place sous la barre calcaire appelée « muraille de chine » barre A, constituée de bas en haut par un membre inférieur silteux à intercalation calcaire et grés, un membre médian essentiellement gréseux et un membre supérieur silteux à intercalation gréseuses et calcaire.

II.6.1.4. Formation de Tiferguente : correspond à l'ensemble Emsien, Eifelien et Givétien, elle débute par la barre calcaire « muraille de chine » ou barre A et se termine sous le terme Calcaire marneux et grés calcaire connue sous le nom de « banc coralligène » ; elle est essentiellement argileuse.

Tableau 01 : Subdivision Lithostratigraphique du Dévonien dans la chaîne de l'Ougarta (Ph. Legrand 1970).

Formations	Étages	Époques
Formation des grés de Marhouma	Strunien	Dévonien Supérieur
Formation des argiles de Temertasset	Fammenien-Frasnien	
Formation argilo-calcaire de Tiferguente	Givétien-Efelien	Dévonien Moyen
Formation des grés de Dkhissa	Emsien	Dévonien Inférieur
Formation argilo-calcaire de Saheb El-Djir	Siéginien	
Formation argilo-gréseuse du Zeimlet	Gédinnien	

II.6.2. En subsurface :

Le Dévonien Inférieur a été étudié antérieurement dans le puits OR-1 qui se situe à Oued Rharbi par (A. Manseur, 1993) et le puits GK-1 par (Benaziza.A et Tebbakha. F, 1999). Les Différentes unités sont :

II.6.2.1. La formation de Zeimlet : Elle est constituée par deux mésoséquences transgressives, qui sont désignées par les lettres « a et b ». Ces deux Mésoséquence sont marquées par des grés très fins silico-carbonaté riche en brachiopode, ptéropode, ostracode. Elles sont séparées par des niveaux lumachéliques.

II.6.2.2. La formation de Saheb el Djir : Représentée par une seule unité appelée « c » marquée par un ensemble argileux silteux à passer de grés calcaires.

II.6.2.3. La formation de Dkhissa argilo-gréseuse : Elle est représentée par deux unité « d et e » ; l'unité « d » est constitué de grés à la base, passant à des siltes au sommet, l'unité « e » se présent par une alternance d'argile silteuse à fin passées dégradés.

II.6.2.4. La formation de Dkhissa gréseuse : Sept unités ou mésoséquences constituent cette formation qui sont désignées par les lettre « f, g, h, i, j, k et l ». C'est un ensemble homogène de grés fins à moyens à nombreux niveaux calcaire lumachéliques à brachiopodes, entropodes, bryzoaire, trilobite et rares gastéropode et des niveaux oolitique.

Le tableau suivant résume déjà quelques informations, concernant l'environnement de dépôts et la lithologie de chaque formation, définie au sien du Siéginien et Gédinnien.

Tableau 02 : Subdivision Lithostratigraphique du Dévonien et environnement de dépôts en subsurface (rapport interne).

Étage	Formation	Mésoséquence/ Unité	Environnement de dépôts	
Siéginien	Dkhissa Gréseux	L	Marin	Subtidale
		K		Intertidal
		J	Marin peu profond(Tidal)	
		I		
		H	Barre d'embouchure	
		G	Remplissage de chenaux dans une zone medio deltaïque	
	F			
	Dkhissa Argileux – Gréseux	E	Pro delta	
	F	Front de delta		
Gédinnien	Saheb El Djir	C	Plaine deltaïques	
	Zeimlet	B	Front de delta	
		A		

II.6.3. Description des mésoséquences des formations du dévonien inférieur

Décrites par (A. Manseur, 1993) dans le puits qui se situe à Oued Rharbi et nous résumons ce qui suit :

II.6.3.1. La Mésoséquence 'a' et 'b' : ces Mésoséquences sont marquées par des grès très fins silto carbonatés à fines passées d'argile silteuse assez riches en brachiopodes, ostracodes qui sont séparées par des niveaux lumachéliques, déposés dans un environnement de plateforme de front de delta. Sur les profils de corrélation les courbes des diagraphies représentent des mésoséquences 'a' et 'b' qui ont la forme d'une cloche qui correspond à des séquences d'affinement et qui pourrait être interprétée comme des remplissages de chenal destructeur et en forme de cylindre qui montre une certaine dérive vers la droite ce qui détermine et témoigne d'une faible énergie du milieu de dépôts.

II.6.3.2. La Mésoséquence 'c' : marquée par un ensemble argilo-silteux à passés de grès à calcaires dolomitiques qui est pauvre en microfaciès. Les limites inférieure et supérieure de cette séquence sont marquées par un décrochement des diagraphies du point de vue lithologie, les discontinuités qui sont à la base sont marquées par un contacte ravinant matérialisé par un passage brusque d'argiles et grès, au sommet la discontinuité est marquée par l'accumulation de galets gréseux.

Sur les diagraphies sont représentées par une succession de micro-électroséquences qui ont la forme d'une cloche qui sont plus accentuées au sommet qu'à la base, dans sa partie médiane se trouve une électroséquence qui a une forme d'œuf, cette succession forme dans son ensemble un mésoséquence qui est en forme 'cylindre'.

II.6.3.3. La Mésoséquence 'f' : elle est constituée de grès fins, limitée à sa base et au sommet par deux niveaux lumachéliques (accumulation de bioclastes), son niveau supérieur est oolithique. Elle est représentée par une portion de courbes en forme 'cylindre' traduisant des dépôts de chenaux distributaires, elle détermine une zone médio-deltaïque à faible tranche d'eau. (Oserra, 1985).

II.6.3.4. La Mésoséquence 'g' : elle est constituée de grès fins à quelque intercalation de grès à calcaire et grès argileux au sommet, elle est limitée à la base et au sommet par un niveau lumachéliques et oolithique, ces oolithes sont ferrugineux. Sur les diagraphies les électroséquences sont représentées par des courbes en entonnoirs à la base et en œuf vers le sommet.

II.6.3.5. La Mésoséquence 'h' : elle est constituée de grès fins à quelques intercalations marneuses qui sont au sommet, à la base elle est limitée par un niveau lumachéliques et au sommet par une surface nette des bancs argileux gréseux. Sur les profils de corrélation sont

représentée par des courbes en forme d'entonnoir et en cylindre ce qui indiquant des dépôts distributaires de chenaux.

II.6.3.6. La Méso-séquence 'i' : elle est constituée par des grès fins à la base, passant à des grès calcaires et des grès marneux calcaires et termine au sommet par des grès argileux.

En diagraphie elle est représentée par une succession d'électroséquences qui ont la forme d'une cloche avec un contact abrupt à la base, progressive au sommet.

II.6.3.7. La Méso-séquence 'j' : elle est constituée par des argiles à la base passant à un grès et grès argileux, elle est composée en deux électroséquences en forme de cloche pour la partie supérieure et en entonnoir pour la moitié inférieure le contact est progressive à la base et au sommet.

II.6.3.8. La Méso-séquence 'k' : elle est représentée par des argiles micacées à la base passant à un grès fins marneux-calcaires puis à des grès fins. Elle est représentée par deux électroséquences de forme en entonnoir dont le contact inférieur est progressif et le contact supérieur est abrupt traduisant une séquence de grossissement de remplissage de chenal distributaire.

II.6.3.9. La Méso-séquence 'l' : elle passe d'un grès fin à la base et à des argiles au sommet. Elle est limitée au sommet par la 'muraille de chine' qui est un excellent repère limitant le Siéginien et l'Emsien. En diagraphie elle est représentée par des courbes en forme d'œuf témoignant d'une migration latérale de chenaux distributaire et marquant le passage d'un milieu marin peu profond à un milieu marin franc qui est à l'origine du dépôt de la 'muraille de chine' pendant la transgression Emsienne.

II.7. Séquence stratigraphique du Dévonien inférieur

Que ça soit en surface ou bien en subsurface, le dévonien inférieur, présente deux types de séquences en appliquant le concept des séquences « Transgressive-régressives » (séquence T-R) (Johnson et al. 1984, 1985 et 1992, Catuneanu et al.2009).

II.7.1. En surface

II.7.1.1. Dans la Formation du Dkhissa : Le contraste lithologique entre le faciès rétrogradant et les faciès progradant permet, de distinguer des combes argileuses du cortège transgressif (CT) et des crêtes sablo-calcaires du cortège régressif (CR). L'éloignement des crêtes, dans le paysage, permet de repérer des phases de rétrogradation dominantes et donc les cortèges transgressifs alors que le rapprochement et le développement en épaisseur des crêtes, grésocalcaires, illustrent une prédominance des phases de progradation dans un cortège régressif.

II.7.1.2. La Formation du Tiferguenite : Montre trois épisodes calcaires assimilés donc ici à des épisodes transgressifs (CT) intercalés par des phases silicoclastique régressives. Ainsi, selon Schlager (1992) et Catuneanu et al. (2009), les épisodes calcaires surmontés par les ensembles argilo-gréseux sont séparés par des surfaces d'inondations (Drowning unconformities). Elles séparent des carbonates, en phase de transgression rapide, des dépôts silicoclastique en haut niveau marin (HST). Ces épisodes calcaires ne se rencontrent que dans la Saoura Ougarta.

Les faciès identifiés, telle que les grès fins à moyens, calcaires lumachéliques (accumulation de bioclaste) à brachiopodes et bryozoaires, niveaux à oolites à la base et au sommet avec intercalation d'argiles silteuse, dans les formations du Dkhissa et du Teferguenite expriment une sédimentation mixte silicoclastique-carbonatée. Ils ont été regroupés en deux séquences modèles (séquence I silicoclastique et séquence II carbonatée) représentant l'évolution verticale à deux pôles.

II.7.1.3. Séquences argilo-gréseuses : Ce type de séquence comprend un CT argileux qui montre des épaisseurs variables (10 à 50 m) et un CR gréseux.

Le CT est intercalé généralement vers sa base et son sommet par des passées de silts et de grès fin. Ces filets et plaquettes silto-gréseux comportent des structures de type litages de ride et HCS. De ce fait, nous admettons un milieu calme, au-dessous de la limite d'action des vagues de tempêtes (offshore à offshore transition) pour le terme argileux, perturbé par des arrivées épisodiques de silts et grès en échos de tempêtes (remaniements sous-aquatiques) sans apports frais.

Le CR est constitué de faciès à galets et à lumachelles (tempestites). Les HCS sont bien exprimés et leurs amalgamations traduisent la récurrence des tempêtes. Vers la partie médiane du membre supérieur, on peut observer quelques SCS dans des calcaires ; les « swales sontremplies » par des sables calcaires à brachiopodes.

II.7.1.4. Séquence argilo-grèsocalcaire : Elle correspond à la séquence argilo-gréseuse intercalée par un terme calcaire. Ce type de séquence est plus répandu à la base de la Formation du Dkhissa et au sommet de la Formation du Tiferguenite. Sur un CT argileux, se superposent directement des grès et calcaires grainstones bioclastiques à HCS et/ou à SCS. Les épisodes calcaires correspondent à un hydrodynamisme assez fort permettant une accumulation avec fragmentation et calibrage de matériaux biologiques (tiges et articles de crinoïdes, coquilles de brachiopodes, de bivalves...) par des courants de vagues de tempêtes. Le faciès calcaire constitue les « tempestites » proximales. Cette séquence traduit une progradation rapide. C'est le seul caractère d'émersion connu dans le Dévonien inférieur de la Saoura.

La fin de la séquence se traduit par le développement d'une surface d'arrêt de sédimentation «by-pass » ou une surface de maximum régressif (MRS) correspondant ici au pic du minimum bathymétrique qui sera amalgamée par la surface de transgression de la nouvelle séquence. Le développement du faciès calcaire n'a aucune position préférentielle dans ce cycle.

Ces deux types de séquence (argilo-gréseuse et argilo-gréso-calcaire) se superposent et/ou s'alternent dans la Formation du Dkhissa. Séquence calcaire de rampe moyenne et argilo-gréseux de plateforme. La séquence est constituée de calcaires bioclastiques massifs surmontés d'un ensemble argilo-gréseux.

La barre A (Muraille de Chine) correspond à un CT rapide, suivi par des dépôts silicoclastique en CR. La surface qui sépare ces deux ensembles constitue une surface de type 3 Schlager (1992) et Catuneanu et al. (2009). Cette barre a pu constituer une barrière littorale, d'où l'installation d'un système de vasière tidale (épisodes d'argiles ocre à silts et Grès à flaser bedding) à forte empreinte de marées (barre A et argilo-gréseux).

II.7.2. En subsurface :

L'empilement sédimentaire est essentiellement contrôlé par les variations globales. L'analyse sédimentologique faite par le groupe "Beicip Fran Lab" dans le rapport N° 12/ODS de l'année 2013, la région de Béchar sur les puits (P1 ; P2 ; P3 et P4, P5, P6). Et les travaux de (A. Manseur,1993) sur les puits P1. P2, P3, P7, ont montré l'organisation de quatre séquences sédimentaires traduisant la progradation et l'aggradation de l'appareil deltaïque.

II.7.2.1. Séquence « A » : La séquence-type de succession de faciès dans l'unité inférieure du Dévonien Inferieur s'apparente pour beaucoup à des paraséquences classiques (Van Wagoner et al, 1988), où les faciès passent de façon verticale et progressive du domaine marin franc (plate-forme) Au domaine d'avant-plage inférieur / pro delta proximal. Ce niveau défini par le groupe Beicip, correspondent respectivement aux unités « a, b, et c » définie précédemment par (A. Manseur, 1993), ces unités représentent respectivement en termes d'environnement, un front de delta à la base surmonté par un pro delta.

II.7.2.2. Séquence « B » : Du point de vue séquentielle, la Séquence B correspond à la partie latérale la plus proximal de la séquence A, et équivalent aux unités « d et e ». Traduisant comme la première un processus d'aggradation passant d'un front de delta à un pro delta.

II.7.2.3. Séquence « C » : Constitué par les unités « f, g, et h », la discontinuité basale entre la deuxième et la troisième est nette, passant à des argiles aux grés. Cette séquence caractérise Les dépôts de la plaine deltaïque.

II.7.2.4. Séquence « D » : Elle est constituée par les unités « i, j, k et l », elle traduit l'amorce de la remontée du niveau marin. Elle passe des dépôts de la plaine deltaïque, à des dépôts marins au sommet. Cette séquence est couronnée par la muraille de Chine.

II.8. Conclusion :

Le bassin de Béchar-Oued Namous est situé à la limite de l'Accident Sud Atlasique, qui a joué un rôle dans l'évolution structurale, sédimentaire et paléogéographique.

Les dépôts du dévonien inférieur sont développés dans tout le Sahara algérien, argileux gréseux à faciès très variable et on les rencontre sous trois étages Siéginien, Gédinnien et Emsien.

Ils sont décrits, en surface et en subsurface, dans les formations des séries de Zeimlet, Saheb El-Djir, Dkhissa, et Tiferguenite. Le Gédinnien-Siéginien **Considéré** comme une seule unité argilo-gréseuse, subdivisée en deux parties, la partie inférieure datée Gédinnienne et elle est argilo-gréseuse connue sous le nom de zone de passage, reconnue dans les séries de Zeimlet et Saheb El-Djir. La partie supérieure datée Siéginienne et elle est grès-carbonatée dans les séries de Dkhissa. Pour l'Emsien, il est érodé à la base par l'orogénèse hercynienne, la partie sommitale est argileuse noire, silteuse à quelques passages carbonatés dans les séries Tiferguenite.

Les études antérieures ont subdivisé ses formations en douze (12) mésoséquences désignées par les lettres A, B pour les formations de Zeimlet, de C pour celles de Saheb El-Djir, de F et E pour les Dkhissa argilo-gréseuse et ce sont F, G, H, I, J, K, L pour les Dkhissa gréseuse du Siéginien.

Plusieurs puits, ont montré l'organisation en quatre séquences sédimentaires ; séquence A, qui correspond à l'unité inférieure, constituée par les unités a, b, et c. Séquence B partie latérale, continuée par les unités d et e. Séquence C, constituée par les unités f, g et h. Séquence D, constituée par les unités i, j, k, et l.

Les problèmes de limites stratigraphiques restent posés malgré de nombreux efforts. D'une part entre le Silurien et le Dévonien, d'autre part entre le Siéginien et le Gédinnien, en raison d'absence de données de datations palynologiques et paléontologiques.

Chapitre III:
Sédimentologie et interprétations
diagraphiques

Chapitre III: Sédimentologie et interprétations diagaphiques

III.1.Introduction

Pour nous permettre d'effectuer une approche Sédimentologique concernant les réservoirs Gédinnien-Siéginien il est nécessaire de se baser sur les données diagaphiques. Cette approche concerne l'utilisation de la stratigraphie séquentielle avec l'interprétation des profils de corrélations, donc ça consiste en premier lieu l'identification des électrofaciès, qui caractérisent l'intervalle du Siéginien- Gédinnien et permet de le différencier de ceux qui l'entoure et aussi de déterminée l'organisation et la polarité des séquences à différente échelles (séquences élémentaires, Mésoséquence ou de Mégaséquence, négative ou positive),et cela dans le but d'avoir un aperçu sur les milieux de dépôts de réservoirs argilo-gréseux du Siéginien-Gédinnien dans la région de Béchar Oued Namous.

Pour cela nous avons utilisé les résultats diagaphiques réalisés par la Sonatrach dans la région d'étude, sur les puits ; P8, P7, P6, P5, P2, P1et aussi la description des carottes des puits P2 et P7 sachant que P2 sera pris comme puits de référence. Les puits sont positionnés sur une image satellitaire les figure (Fig. 08) et sur la carte géologique 1/500 000 (Fig. 03).

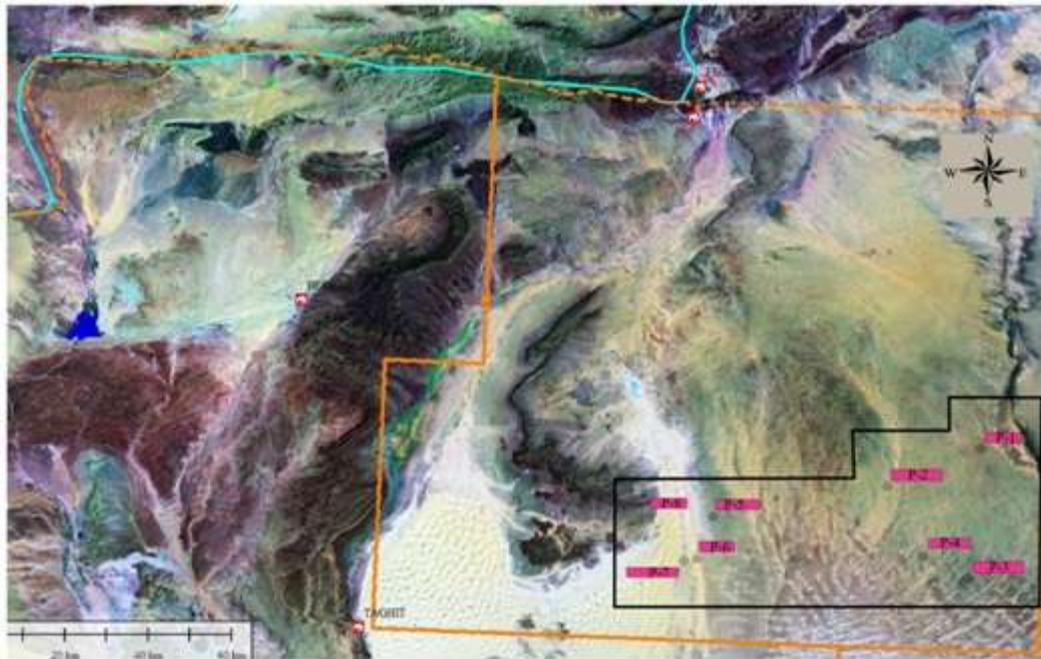


Fig 08: Image satellitaire montre la position des puits dans la région Bechar Oued Namous.(Document Sonatrach 2017).

III.2.Sédimentologie du Dévonien Inférieur Gédinnien-Siéginien (Béchar Oued Namous)

III.2.1.Nomenclature utilisée

L'analyse sédimentologique nécessite l'emploi d'un vocabulaire commun et l'usage d'une nomenclature précise pour désigner les faciès rencontrés , étant donné que les formations

étudiées sont à prédominance détritique admettant des niveaux carbonatés et des éléments figurés, la nomenclature adoptée dans ce domaine sont inspirées de celle proposées par la chambre syndicale de la recherche et de production du pétrole et du gaz naturel en (1961, 1965, 1966, 1974) par **G.Scolar**, dont l'origine est la classification de **Grabau**,1913. Cette nomenclature a été utilisée par **Menchikoff (1930)**, **Alimen et al. (1952)**, **Le Maître (1952)**, **Legrand (1967)** et **Boumendjel et al. (1997)**. Elle est basée sur la nature lithologique, le contenu biologique, la qualité granulométrique (fin, moyen, grossier), la stratonomie (géométrie, extension, épaisseur des bancs) et l'organisation interne des litages.

Concernant la faune dans le dévonien inférieur du Sahara algérien et à Bechar Oued-Namous en particulier, est représentée par d'importants marqueurs biostratigraphiques comme : Les coraux, les tabules (Favocites, pleurodictyum) et les tertracorallières (zaphrentis, cyathophyllum...etc.), les stratoïdes, les bryozoaires (fenestrelles), les échinodermes, leurs débris forment une masse importante de calcaire. Les spirifères (spirimaevus), les trilobites, des débris de conodonte, les graptolites, on trouve aussi dans les calcaires de la muraille de Chine des orthocères de grande taille.

III.2.2. Description des faciès sédimentaires par observation sur carottes

Le faciès c'est une Catégorie dans laquelle on peut ranger une roche ou un terrain, et qui est déterminée par un ou plusieurs caractères lithologiques (lithofaciès) ou paléontologiques (biofaciès). La description de carottes a été réalisée, sur les deux puits P2 et P7, en comptant huit(08), décrivant les faciès suivants :

III.2.1.1. Les calcaires :

Il représente généralement dans les puits P2, et P7 ainsi que dans d'autres puits qui se situent à l'Est de ce périmètre, l'épaisseur des bancs est très variable (centimétrique à métrique) intercalé par des niveaux argileux. Ces niveaux correspondent à la base de l'Emsien dans les carottes Cr 02(A et B) et 02 du puits P7. Et des bancs métriques Cr 01 du puits P2 dans le niveau Siéginien. Ce faciès peut être subdivisé en trois sous faciès :

A. Les calcaires bioclastiques / lumachelliques:

A.1.Description: On rencontre ce sous-faciès dans le Siéginien du puits P2 (Cr=01, 02), et P7 (Cr2 A). Ces bancs de calcaires sont d'épaisseurs cinématique ou métriques dans le puits P2, de couleur gris sombre à beige, Ce faciès ne montre aucune figure sédimentaire, il est riche en faune diversifiée, correspondant souvent à des débris de faune benthique (des brachiopodes, des polypiers, des bryozoaires...etc.).

A.2.Interprétation : Ce sous faciès correspond à un milieu de dépôt plus ou moins agité combiné de temps en temps par des décharges détritiques. Celles-ci sont attestées par la

présence des grains détritiques et des bioclastes. Les caractères sédimentologiques et faunistiques de ce dépôt caractérisent un milieu de fort hydrodynamisme et faible profondeur.

B. Les calcaires massifs :

B.1.Description : Ce sous faciès est représenté dans la "Formation de la muraille de chine " correspond à la base de l'Emsien, cette formation se présente par un banc métrique de calcaire d'aspect massif, dans un puits qui se situe à l'Est. C'est un faciès de calcaire sombre avec des cristaux de calcite intercalé par des fin niveaux d'argile noire, ce banc de calcaire présente quelque fracture subverticale et des stylolites.

B.2.Interprétation : Ces calcaires sont sédimentés dans un environnement à hydrodynamisme faible et peut être rencontré sur l'ensemble de la plateforme.

III.2.1.2.Les Argile :

A. Argile à lenticulaires bedding :

A.1. Description : Il s'agit d'argiles d'aspects schisteux, Ce faciès ce rencontre dans le puits P7 (Cr1, Cr2 B), d'épaisseur métrique ou sous forme d'interdits millimétriques intercalés entre les bancs gréseux.

A.2.Interprétation: Le dépôt de ce sédiment est mis en place par décantation (empilement lent et vertical) de particules fines en suspension, pendant des périodes de calme relatif ou après la diminution de la vitesse du flot hydrodynamique (correspondant aux temps de repos qui sépare deux apports gréseux responsable au dépôt des particules grossières).

B-Faciès Hétérologique bio turbé :

B.1. Description :

Ce sous faciès a été décrit dans des puits analyse P7, d'épaisseur centimétrique à métrique. Ce faciès contient des bioturbations de type Zopyros.

B.2.Interprétation :

Le caractère bimodal très marqué dans la granulométrie de ce faciès indique deux processus distincts, mais contemporains. Les argiles noir composant la matrice caractérisée un dépôt par décantation des sédiments fins en suspension dans un environnement calme. Les grès fins à moyens à rides et HCS alternants avec des argiles et parfois des silts noirs, peut correspondre à des dépôts influence tidal (lower shoreface) ou franchement marin.

III.2.1.3.Les grès :

Elles sont présentes sous forme des passées en alternance avec des argiles. Selon la couleur, la nature des éléments, granulométrie, et leur structures sédimentaires ce faciès et subdivisé en :

A. Grès fin à flaser bedding :

A.1. Description : Les grès à flaser bedding présente la majorité des épaisseurs des carottes décrit dans l'intervalle Siéginien-Gédinnien de puits P7.

A.2. Interprétation: Ces structures sont engendrées par l'alternance de sédiments fins (argile) et plus grossiers (sable, silt). Ces structures sédimentaires se forment dans des environnements littoraux où des périodes de calme alternent avec des périodes où l'action des vagues ou des courants se manifeste.

B. Grès fin bioturbé :

B.1. Description : La présence de la bioturbation dans les niveaux gréseux a été décrit par des Planolites et Scolithos dans le puits P7 (Cr-01,02, 03) et par des Theichichinus dans la carottes 03 et Astérosoma au sommet de la carotte 05. Ces échinofaciès sont présentent dans faciès de grès très fin à fin et très propre.

B.2. Interprétation :

Chaque type d'échinofaciès est interprété séparément selon le la charte d'extension des échinofaciès cité ci-dessous, En allons d'un milieu côtier jusqu'au marin profond.

C. Grès à ride de courant :

C.1. Description : Ce faciès est aussi présent dans la carotte 03 et 02 du puits P7 ; ou ilse présente en alternance avec des mince bancs de calcaire bioclastique.

C.2. Interprétation : Ce faciès est souvent associé avec des grès à litages horizontaux et obliques en mamelons. Il peut correspondre à un courant unidirectionnel à régime de flot supérieur, ou un courant oscillatoire, ou encore un flot combiné (Harms et al., 1982 in Boutera, 1999).

D. Grès à litage oblique ou mamelons ou HCS :

D.1. Description: Ce faciès a été décrit dans le puits P7 et dans P2 ; il se présente dans des bancs stratocroissant et dans des lentilles de Grès fin à très fin.

D.2. Interprétation : Grès à litages obliques en mamelon «HCS » est le résultat direct de forts courants de tempêtes (érosion et resédimentations) (Harms, 1975 ; Aigner, 1982; 1986 ; Brencheley, 1986). Il est formé au-dessus de la limite d'action des vagues de tempêtes. Le niveau à rides de vagues et à litages de rides forme avec ce faciès une séquence complète des tempêtes de type distales (Brencheley et al, 1986), et qui était déposée dans la partie distal de la plate-forme « offshore supérieur ».

E. Grès à litages obliques en creux « SCS »

E.1. Description: Ce faciès a été rencontré dans un seul puits qui se trouve à l'Est de notre région dans des lentilles de grès très fin et dans un banc de grès fin à moyen à quelque galet d'argile.

E.2. Interprétation : La présence de structures d'emboîtement (SCS ou Swaley Cross Stratification) indique un Écoulement rapides et érosifs dans un milieu de Shoreface ou une barre littorale

F. Grès à stratification plan litage horizontal :

F.1. Description: Ce sous faciès a été observé au sommet de la carotte 03 du puits P7, l'épaisseur des bancs varie entre ces deux puits ; ou il est métrique dans le puits P7 et centimétrique dans le puits les puits avoisinants.

F.2. Interprétation: Ce sous faciès traduit un dépôt laminaire de moyenne à basse énergie déposé lors d'un régime d'écoulement rapide (Harms et al., 1982 ; Cojan et Renard, 1997). Il atteste également un milieu relativement calme.

G. Grès à stratification en auges :

G.1. Description : Il a été décrit à la base de la carotte 03 du puits P7 ; ce faciès se présente dans un banc métrique de Grès blanc, fin à très fin, compacte avec des convolutes.

G.2. Interprétation : Les stratifications entrecroisées correspondent à la migration des rides de vagues liés à la zone de balancement des marées (Cojan et Renard, 1997). Ces structures sédimentaires sont interprétées comme étant le résultat des variations survenues au cours du temps dans la vitesse et la direction des courants qui déterminent une troncature souvent oblique des rides sous-jacentes (**Charley, 2000**). Est formé sous l'effet d'un courant tidal dans un milieu peu profond.

H. Grès massif :

G.1. Description: Il présente la totalité de l'épaisseur de la carotte 02 du puits P7 ; ou il est surmonté par un banc de calcaire bioclastique.

G.2. Interprétation: Les grès massif correspondent à une sédimentation rapide des matérielles détritiques en suspension avec destruction des structures primaire antérieures (Simpson, 1987 ; Simpson et Eriksson, 1990) in Boutera, 1998). L'existence des traces de terriers semble le mieux développé dans les zones peu profondes (Seilacher, 1967).

Tableau. 03 : Classification des electrosequences (Shell-Pecten).

Couleur	Lithologie et structures sédimentaire /échinofaciès	Environnement de dépôt/ Association des faciès	Occurrence des Lithofaciès
	Calcaires bioclastiques	Plateforme	Siéginien
	Calcaires massifs	Plateforme	Emsien
	Argile à lenticulaire bedding	Environnement calme	Siéginien-Gédinnien
	Hétérologique bioturbé	Milieus calme	Siéginien-Gédinnien
	Grés fins à flaser bedding	Plaine côtière	Siéginien
	Grés à ride (G.lr)	Courant oscillatoire	Siéginien
	Grés à litage oblique ou mamelons ou « HCS »	Partie distale de la plate-forme « offshore supérieur ».	Siéginien
	Grés à litages obliques en creux « SCS »	Plage à avant plage supérieur	Siéginien
	Grés à stratification plan ou litage horizontal	Milieu relativement calme	Siéginien
	Grés massifs à bioturbation	Zones peu profondes	Siéginien

III.3. Détermination des électroséquences

Pour déterminer les électroséquences on s'est basé sur l'analyse séquentielle. Qui consiste à décrire les séries traversées par les sondages à travers leurs repenses diagaphiques. Ainsi on peut reconnaître les électrofaciès fondamentaux et leurs agencements en électroséquences, ce qui nous permettant d'interpréter leurs milieux de dépôts. (IFP, 1986). Pour ainsi faire nous avons utilisé :

III.3. 1.Utilisation des résultats de Gamma ray GR :

Il enregistre la Radioactivité naturelle totale émise par les formations traversées, reflète donc bien l'argilosité, mais aussi toute la radioactivité non liée à l'argile, celle que l'on retrouve dans les différents minéraux, dans la matière organique, ainsi que dans les débris d'organisme sous forme d'Uranium (U), de Potassium (K) et Thorium (Th), que le spectromètre gamma ray NGS, mesuré mais pas celle des sels de potasse.

Dans notre étude le gamma ray est la diagraphie la plus utilisée afin analyser, les types de contact (abrupt ou progressif) entre les grès et les argiles dans l'ensemble Siéginien-Gédinnien, et ainsi la forme (finning up ou coarsening up) et le caractère de la courbe (lisse ou dentelée).

Ainsi, ces courbes seront analysées et interprétées en vue de faire une analyse électroséquentielle en premier lieu et pour déterminer l'environnement de dépôt en seconde lieu, en illustrant les différentes électrofaciès. (PIF, 1986).

Pour l'interprétation des courbes on s'est basé sur la classification des géologues (Shell-Pecten), qui donnèrent quatre courbes (en œuf, en cylindrique, en cloche et entonnoir) basées sur la nature et la position du contact interséquentiel. Fig.15 :

- La forme en cylindre constitue en réalité : soit un électro-banc, soit une succession d'électroséquences élémentaires. Et correspond à une séquence neutre et caractérise les lits de rivières en tresse ou le domaine de la playa.
- La forme en œuf constitue un cycle, position d'une séquence négative ou positive et donc sa polarité.
- La forme en cloche : correspond à une séquence positive et caractérise, les chenaux fluviaux méandriques ou encore les grès de transgression.
- Forme en entonnoir : correspond à une séquence négative et caractérise, le fond de delta progradant

Pour le type de contact l'interprétation est la suivante :

- Passage progressif (graduel) : se produit par une rampe ou électroséquences élémentaire sur une ou plusieurs diagraphies à la fois.
- Passage abrupt : correspond à un changement brutal de valeur et s'observent sur une ou plusieurs diagraphies simultanément.

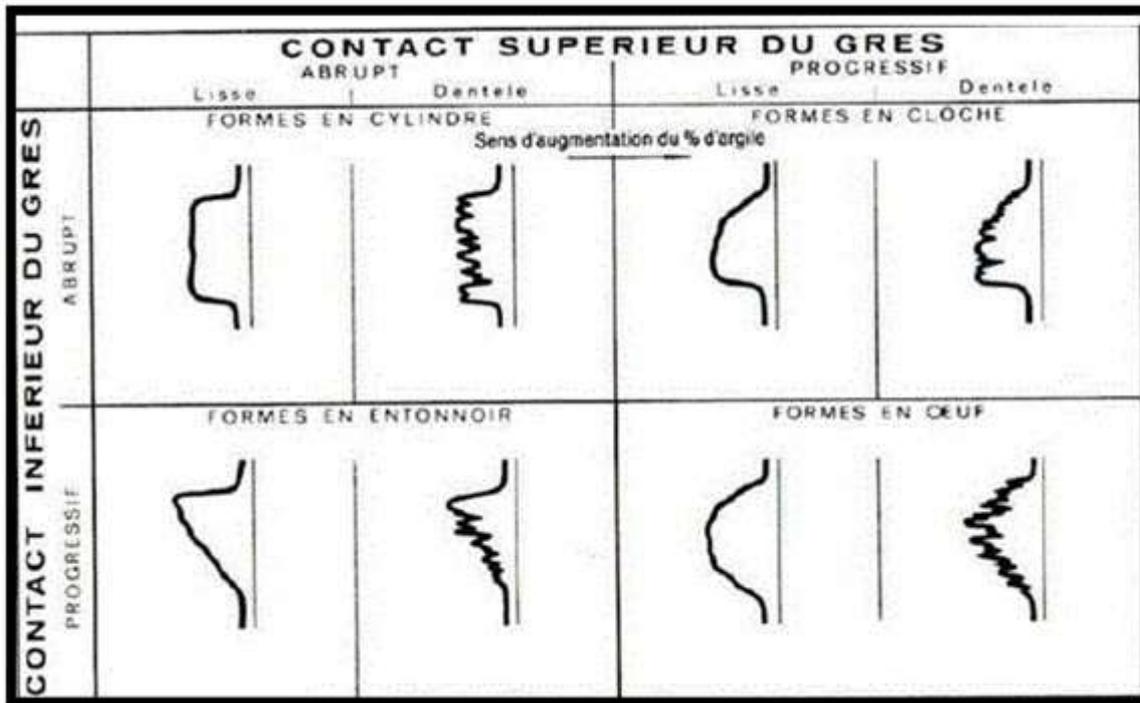


Fig.09 :Classification des electrosequéquences (Shell-Pecten).

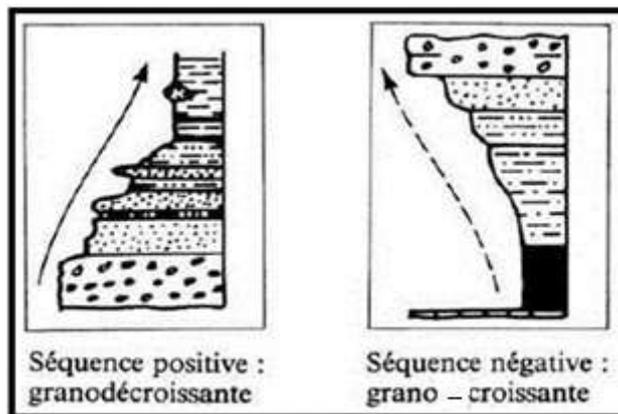


Fig.10 : Exemple d'interprétation de Séquences lithologiques en série argilo-gréseuse (I.F.P. 1986).

L'utilisation des diagaphies en vue de la description des électrosequéquences est indispensable du fait de l'absence d'un carottage continue donc on procède à une analyse électroséquentielle avant d'aborder l'analyse séquentielle.

Ça consiste à analyser en premier lieu la transition d'un électrofaciès à l'autre (passage progressif ou abrupt), et en deuxième lieu à l'organisation verticales des séquences à différentes échelles (élémentaires, mésoséquences ou mégaséquences).

III.3. 2. Analyse des électroséquences sur puits et carottes

Différents types de faciès et séquences diagaphiques sont observées dans la région de Béchar Oued Namous, dans les puits suivants P8, P7, P6, P5, P2, P1 et aussi la description des carottes des puits P2 et P7 :

III.3.2.1. Le Siéginien gréseux Au sein de cette formation, on a pu observer quatre formes de courbes gamma-ray :

A. Courbes gamma-ray en forme de ‘cloche’ : elles correspondent à des séquences d’affinement vers le haut qui peuvent être interprétées comme des remplissages de chenaux distributeurs (Osera 1985), ces électro- séquences sont souvent coiffées par des faciès carbonatés vers le sommet (P8), leurs épaisseurs varient de 15 à 20 m. Ce type d’électro séquences caractérise la base du Siéginien gréseux.

B. Courbe en forme d’entonnoir : ces courbes peuvent être observé dans les barres d’embouchures ou les dépôts de débordements, elles peuvent indiquer la progradation d’un corps sédimentaire sur une pente de glacis.

Ces formes de courbes caractérisent des séquences régressives, qui se déposent lorsqu’une rivière chargée de sédiments pénètre dans une eau dense de la mer ou d’un lagon. Les sédiments sont fins à la base et deviennent plus grossiers au sommet. Ces séquences ont une épaisseur d’environ 20 m et elles caractérisent la base et le sommet de la formation du Siéginien gréseux, ces courbes sont séparés par des courbes en ‘œuf’ ce qui témoignent des variations rapides des sous-environnements sédimentaires.

C. Courbes en forme de ‘cylindre’ : qui correspondre à des dépôts de chenaux de marée, à des dépôts de glissement sous aquatique, a des dépôts de chenaux a réseaux en tresse (Osera 1985). ces courbes caractérisent la partie médiane de la formation du Siéginien gréseux , sont limitées à leurs bases et leurs sommets par des faciès carbonatés a des épaisseurs qui atteints les 60 m .ces courbes ont une tendances montrer un granoclassement croissant vers le haut, parfois suivie d’un affinement sans limites bien définies, ces courbes sont associées à des courbes en ‘œuf’ ou en ‘entonnoir’.

D. Courbes en ‘œuf’ : ces courbes indiquent une influence littorale, dans le Siéginien gréseux on les trouve entre deux électroséquences qui ont une forme en ‘entonnoir’.

D’une manière générale les électroséquences au sein du Siéginien gréseux est représenté à la base des séquences des formes en ‘entonnoir’ et au milieu formes en ‘œuf’ et au sommet en formes de ‘cloche’ et en ‘entonnoir’.

Ainsi on peut conclure qu'à la base le Siéginien gréseux, l'évolution de bas en haut de ces électroséquences suit l'évolution générale d'un cycle deltaïque, entrecoupé à la base par des influences littorales.

III.3.2.2. Le Siéginien argilo-gréseux

Dans la partie supérieure de cette formation on trouve des électro-séquences qui ont une forme en 'cylindre' qui montre une dérive vers la droite au sommet, et on trouve aussi un autre forme d'électro-séquence en forme de 'cloche' a la base, ces deux électroséquences sont séparées par une courbe en 'œuf' qui montre l'influence d'un littoral.

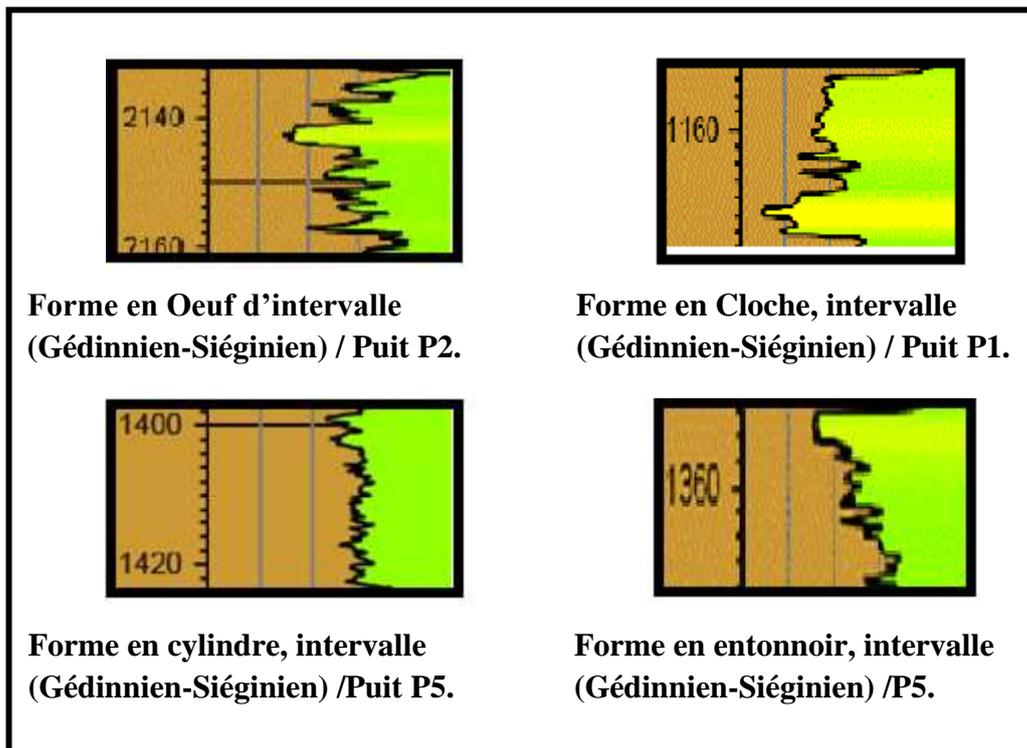


Fig. 11 : Type de forme du Gamma Ray rencontré au sien de Siéginien- Gédinnien.

III.3.3. Interprétation des électroséquences et environnement de dépôt dans les formations du dévonien inférieur (Bechar Oued Namous)

Différentes types électroséquences diagaphiques observées dans le dévonien inférieur de la région de Béchar Oued Namous.

Le puits P2 est pris comme référence pour la région, on rencontre ainsi dans :

Dans Siéginien gréseux qui correspond à la formation de Dkhissa gréseuse, rencontre généralement les types de courbes de GR suivantes :

- courbe de diagaphie en forme de « cloche »
- courbe en « entonnoir »
- courbe en « cylindre »

- courbe en « œuf ».

Le Gédinnien qui correspond à la formation de Saheb El-Djir et à la formation du Zeimlet, on rencontre les types de courbe de GR suivantes :

-courbe de diagraphie en « cloche »

- courbe diagraphique en « cylindre » et en « cloche ».

III.3.3.1. La formation de Zeimlet (Gédinnien):

A. Description: Cette formation est représentée par des argiles silteuses à passées de silts très micacés, elle passe à des grès fins à très fins blancs friables et à des rares calcaires et des calcaires microcristallins. Dans la partie médiane elle est représentée par un grès blanc fins et argiles silteuses à orthocères puis elle passe au sommet des grès fins gris-blanc finement micacés à ciment argilo dolomitique très dur et compactes à stratification entrecroisées et obliques et des rippel marks, soulignée par des lits de quelque centimètres d'argiles qu'on trouve parfois très mince.

B. Types de courbe des diagraphies GR :Les diagraphies reflètent à la base des variations rapides du Gamma-Ray et du potentiel matérialisé par des petites électroséquences en forme de « cloche » la partie médiane et sommitale de la formation est représentée par une électroséquences en forme de « cylindre » qui montre une certaine dérive vers la droite.

C. Interprétation :Ces caractéristiques témoignent d'un dépôt de plateforme du front de delta à énergie faible à modérée, croissante de bas en haut, ils peuvent se former dans un milieu marin peu profond calme à la base et de plus en plus agité vers le haut dans la tranche d'eau contrôlé par les vagues.

III.3.3.2. La formation du Saheb El-Djir (Gédinnienne)

A. Description : Elle est représentée par un ensemble d'argiles silteuse, sa limite inférieure est mal définie à cause de son évolution lithologique d'une série franchement argileuse à une série d'argile silteuse. Elle débute à la base par des argiles à quelque passé de marne et de grès noirs très compacts. Dans la partie médiane elle est représentée par des grès calcaires dolomitiques un peu silicifiés, puis elle passe au sommet à une série d'argile silteuse indurées finement litées puis à des argiles silteuses micacées à base érosive, des stratifications lenticulaire, entrecroisées et obliques.

B. Types de courbes du GR: Au sein de cette formation on trouve dans sa partie sommitale une électroséquence en 'cloche', à la base et au milieu on trouve deux électroséquences en 'cylindre' séparées par une électroséquence en 'œuf'.

C. Interprétation: La prédominance d'argiles silteuses a passés d'argiles gréseuses, et la présence de courbe en forme de cylindre dans les diagraphies GR et la constante finesse de

bas en haut indiquant un régime hydrodynamique faible, sont des arguments en faveur d'un milieu de dépôts de la plaine deltaïques.

III.3.3.3. La formation de Dkhissa (Siéginien, argilo-gréseuse)

A. Description : Est représenté à la base par des galets gréseux a ciment carbonaté surmonté par des niveaux de grès lumachelliques, la base de cette formation est constituée d'argile indurées finement micacées noir à passées quartzitiques, dans sa partie médiane elle est représentée par des argiles silteuse gris noires compacts et des silts à passer de grès gris blanc, se termine par des argiles silteuses indurées gris noirs coiffée par un banc de calcaire à lumachelle. Les structures sédimentaires rencontrées des stratifications obliques des rides de courant et des rippel marks.

B. Les courbes de Diagraphies GR: Les réponses diagraphiques, GR et PS représenté par une éléctrosequences de forme en « cloche » à la base de l'argilo-gréseux, cette séquence est surmontée par une autre de forme en « cylindre ».

C. Interprétation: Les sédiments sont marqués à la base par des structures sédimentaires d'origine mécanique, ce qui indiquerait un dépôt dans un domaine à faible profondeur. Ces sédiments sont plus grossiers à la base et s'affinent vers le sommet ce qui indique une sédimentation rapide dans un milieu à forte énergie à la base, puis décroissante vers le sommet, dans une tranche d'eau de plus en plus profonde.

La formation de Dkhissa argileux gréseuse représente une zone de front de delta à sa base et une zone pro deltaïque au milieu et au sommet, ce qui traduirait une progradation des dépôts marins.

III.3.3.4. La formation de Dkhissa gréseux (Siéginien gréseuse)

A. Description : Le Siéginien gréseux est un ensemble de grès fins friable à moyen à nombreux calcaires gréseux et des intervalles de grès carbonatés à bioblastes et calcaires lumachelliques à intercalation de silts et d'argiles silteuse à trace de bioturbation et des terriers, il passe à des calcaires gréseux puis à des calcaires lumachelliques à crinoïdes et des argiles noires à tendance quartzitique.

B. Types de courbes des diagraphies GR :

Divers types de formes des diagraphies ont été observées traduisant des variations rapides des sous-environnements, de forme en cylindre à la base en entonnoir au milieu en œuf au sommet.

C. Interprétation: Les intervalles de grès et de grès carbonatés à bioblaste à la base fins et homogène résultant d'une sédimentation lente et régulière dans un milieu calme au-dessous de l'action des vagues ; relativement profond. L'évolution verticale granostrato-

croissante et les structures sédimentaires confirment l'énergie croissante du milieu de dépôt et par conséquent le niveau bathymétrique passant de subtidale à l'intertidal, ce qui caractérise la zone de front de delta c'est-à-dire un milieu marin faible profondeur influencé par les vagues (lamination ondulées) et ou par de faible courant (structures entrecroisées), les bioblastes sont des indicateurs de faible profondeur.

III.4. Application de la stratigraphie séquentielle :

L'évolution vertical des dépôts de notre série d'étude sera abordé en appliquant le concept de l'analyse séquentielle telle que définie par Lombard (1956), Delfaud (1973 ; 1974) et Kazi-Tani (1986). Le découpage séquentiel sera fait à partir de l'évolution vertical des faciès étudiées, ainsi nous déterminons trois principales séquences :

III.4.1. Séquence argile/grès :

Cette variété de séquence caractérise le Siéginien vers l'Est du périmètre d'étude. Il s'agit des petite séquences d'ordre 1, qui débutent par des argiles dominantes déposées en eau calme et se terminent par des grès en bancs minces parfois continu. L'épaisseur de ces séquences négatives (énergie croissante) varie de quelques centimètres à quelques mètres. Le passage entre ces termes est généralement net traduisant deux phases de sédimentation : la première argileuse mise en place par décantation. La deuxième période est beaucoup plus brève induisant une accumulation détritique plus grossière (grès) déclenchée par un flot hydrodynamique fort et rapide. D'une façon générale cette organisation séquentielle produit des séquences de dépôt en périodes de comblement.

III.4.2. Séquence argilo-calcaire-grès :

Ce type de séquence est rencontré au niveau du puits P2 dans la formation Siéginien-Gédinnien. Elle est constituée par trois terme, un terme Gréseux, surmonté par un terme de calcaire, et enfin Argileux. Elle est d'épaisseur métrique où les argiles sont surmontées par les calcaires lumachelliques formés essentiellement par des concentrations de coquilles de brachiopodes de différentes tailles. Et enfin, le dernier terme est matérialisé par les argiles bioturbé, qui indiquent un milieu agité sous l'action des courants de vagues et de marées.

III.4.3. Séquence calcaires/argiles :

Cette séquence caractérise le niveau Emsien décrit dans un puits qui se situe à l'Est du périmètre d'étude et aussi dans le Siéginien du puits P2. Elle est représentée par un terme supérieur argileux dominant mis en place par le phénomène de décantation. Le deuxième terme inférieur matérialisé par un pôle chimio-détritiques (calcaires gréseux) ou biochimique (Calcaires bioclastiques). L'organisation de ces faciès suggère une évolution régressive d'un

dépôt carbonaté (chimique) d'un milieu plus ou moins agité à un matériel détritique fin reflétant un milieu calme.

III.5. Découpage Séquentiel et corrélation lithologique dans le Siéginien-Gédinnien

Pour ce découpage séquentiel, nous avons été contraints à utiliser le découpage de la classe Américaine d'Exxon (Vial, Wagner) qui a définie des séquences en 3^{ème} ordre et mis l'accent sur les niveaux à MFS et HST TST et SB.

Ainsi, dans le Dévonien inférieur et plus exactement dans le Siéginien-Gédinnien, plusieurs unités ont été définies. La limite inférieure est marquée par une discontinuité majeure qui est la discordance Calédonienne, et la limite supérieure matérialisée pour le toit de l'unité D.2.2. (Fig. 06)

Les résultats du découpage et des corrélations ont défini un cycle sédimentaire de 3^{ème} ordre, qu'on peut diviser en trois cycles, comme bien montrer dans les puits sur le profil de corrélation, ou un découpage type a été réalisé, et qui se résumant comme suit (**Fig. 12.**) :

III.5. 1. Le premier cycle : On définit la présence de :

Un Intervalle Transgressif (IT) : Ce cortège à prédominance argileuse, mais il est constitué aussi par des argiles très silteuses, la base dans le puits P8 le cortège transgressif correspond au troisième cycle, et formé à la base par des grès très fins à silteux ou argileux et présentant des rides chevauchantes. L'ensemble est couronné par un grès grossier à stratification entrecroisée indiquant un milieu à haute énergie. Les paraséquences de ce cycle sont en fining-up, transgressives et en tendance à s'épaissir. Le Prisme de Haut Niveau (PHN) ou I : Les sédiments de cette unité régressive et sont constitués par des argiles brun rouges, des silts et de rare bancs gréseux, d'épaisseur très réduite ; il est à noter, l'enrichissement remarquable en huile et quelque indice a hydrocarbures vers le sommet.

III.5. 2. Le second cycle : dans ce cycle on rencontre

- **Un intervalle Transgressif (IT) :** Ce cortège est essentiellement Argileux, mais il renferme quelques bancs de silts et même des grès. Les paraséquences sont de type fining-up, transgressives, rétrogradationnelles.
- **Un Prisme de Haut Niveau (PHN II) :** correspond à une série argilo-gréseuse et parfois silteuse à dolomitique, caractérisant des sédiments régressifs et progradant. Ces dépôts de comblement sont le résultat d'empilement de paraséquence granodécroissante répétitive plurimétrique.

III.5.3. Le troisième cycle :

Constituée d'un ensemble Argilo-gréseux et parfois Silteux, caractérisé par des dépôts transgressifs et progradant. Le PHN (Prismes de Haut Niveau Marin) commence par une

« Séquence Boundary » (SB), matérialisée par la discordance Calédonienne (DC) et marquant le début du PHN1.

La courbe du Gamma Ray montre une brusque déflexion à la base de la paraséquence (DC). Ces dépôts de comblement constituent le cortège de haut niveau marin et résultent de l'empilement de plusieurs paraséquences répétitives (du 3ème ordre qu'elle est généralement plurimétrique d'ordre de 05 à 25 mètres).

Les enregistrements de GR indiquent que ces paraséquences sont subdivisées en deux parties à savoir :

- **Une partie inférieure argilo-gréseuse** : caractérisant des paraséquences à tendance progradant (progradation modérée), et forme le PHN1 qui est présenté par des alternances de grès, d'argiles et de silts.
- **Une partie supérieure Argilo-gréseuse** : (la partie gréseuse est plus dominante que celle des argiles) caractérisant des paraséquences à forte progradation, c'est le HST tardif (PHN2), constitué de grès, d'argiles et des calcaires au top de la série ou bien la formation.

La paraséquence du cycle 1est représentée de bas en haut par des grès grossiers vers le sommet, un passage grèso-argileux et des argiles silteuses pures.

III.6. Les faciès diagénétiques observée dans un réservoir Siéginien-Gédinnien, région Bechar Oued Namous :

L'étude des faciès diagénétiques dans la région de Bechar-Oued Namous, a été effectuée par A. Menseur en 1993. Ce qui nous a permis de synthétiser les résultats comme suit :

Les sédiments détritiques du Siéginien-Gédinnien de la région de Béchar et Oued Namous ont subi après leurs dépôts des transformations diagenitque notable et d'intensité variable, certaines sont manifestées précocement juste après le dépôt des sédiments d'autres se sont produites tardivement au cours de l'enfouissement de ces formations sédimentaires.

Parmi ces phénomènes diagenitque observé on note :

- Le nourrissage des grains de quartz par une cimentation siliceuse.
- Corrosion des grains de quartz
- Altération des feldspaths.
- Remplacement du ciment siliceux par un ciment carbonaté.

Le quartz secondaire se développe en auréole autour des grains de quartz, le développement de cette silice est plus intense au sommet qu'à la base du Siéginien, par contre l'intensité de la corrosion semble être de sens inverse, c'est-à-dire qu'elle est plus accentuée à la base qu'au sommet.

L'origine précoce de la cimentation siliceuse de la cimentation ne pourrait être envisagé étant donné que la teneur en silice dissoute de l'eau est faible, inférieur à 1 ppm pour l'eau de mer et voisine de 13ppm pour l'eau des fleuves (H. Chamley, 1987), alors que la silice demeure sous forme dissoute, sous des conditions normales de température, tant que sa teneur dans l'eau interstitielles n'atteint pas 120ppm. (H. Chamley.1987).

La synthèse des différentes transformations nous permet de reconstituer la séquence des transformations diagénétiques suivantes :

- Compaction au fur et à mesure de l'enfouissement.
- Dissolution de la silice
- Nourrissage des grains de quartz par la silice secondaire.
- Mise en place du ciment siliceux inter granulaire.
- Mise en place du ciment carbonaté celui-ci est postérieur au ciment siliceux du fait qu'il remplace ce dernier parfois, il arrive à corroder même les grains de quartz.
- Dissolution du ciment siliceux
- Corrosion des quartzs.

Interprétation permet de déduire alors les effets conjugués des phénomènes diagenitque ont fait que les grès du Siéginien-Gédinnien présentent de mauvaises qualités de réservoirs. Les différentes transformations diagénétiques citées précédemment auraient contribuées en seconde lieu à la détérioration des propriétés pétro physiques, après que celles-ci étaient régies par l'environnement et milieu de dépôts

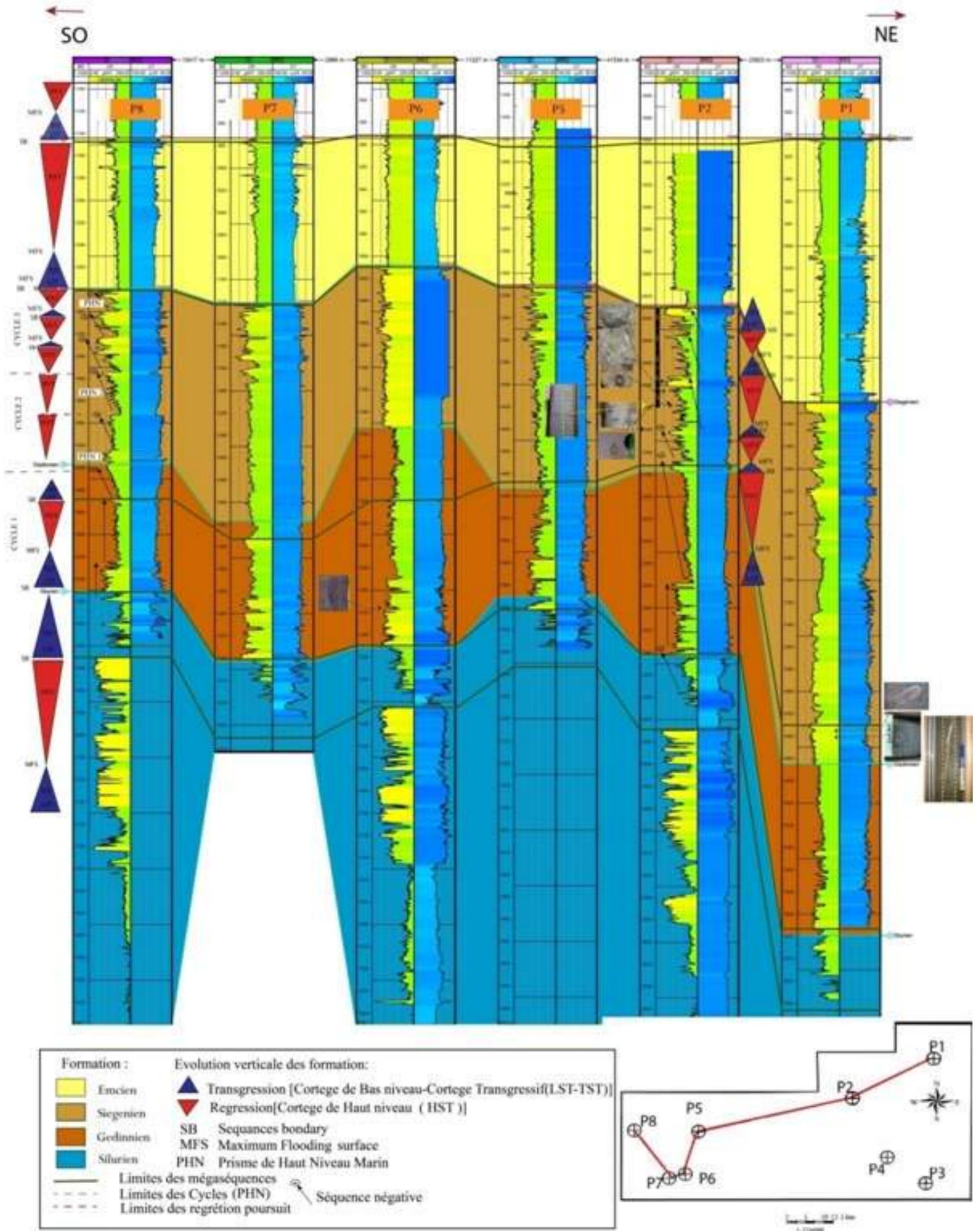


Fig 12 : Corrélation entre les puits de Périmètre montrant l'évolution latérales des Formations diagaphiques, données de carottes accompagner de quelques photos concernant la structure et la faune (réalisées par M.Maghni et H. Khennache en collaboration avec la DES ; Sonatrach ; 2017).

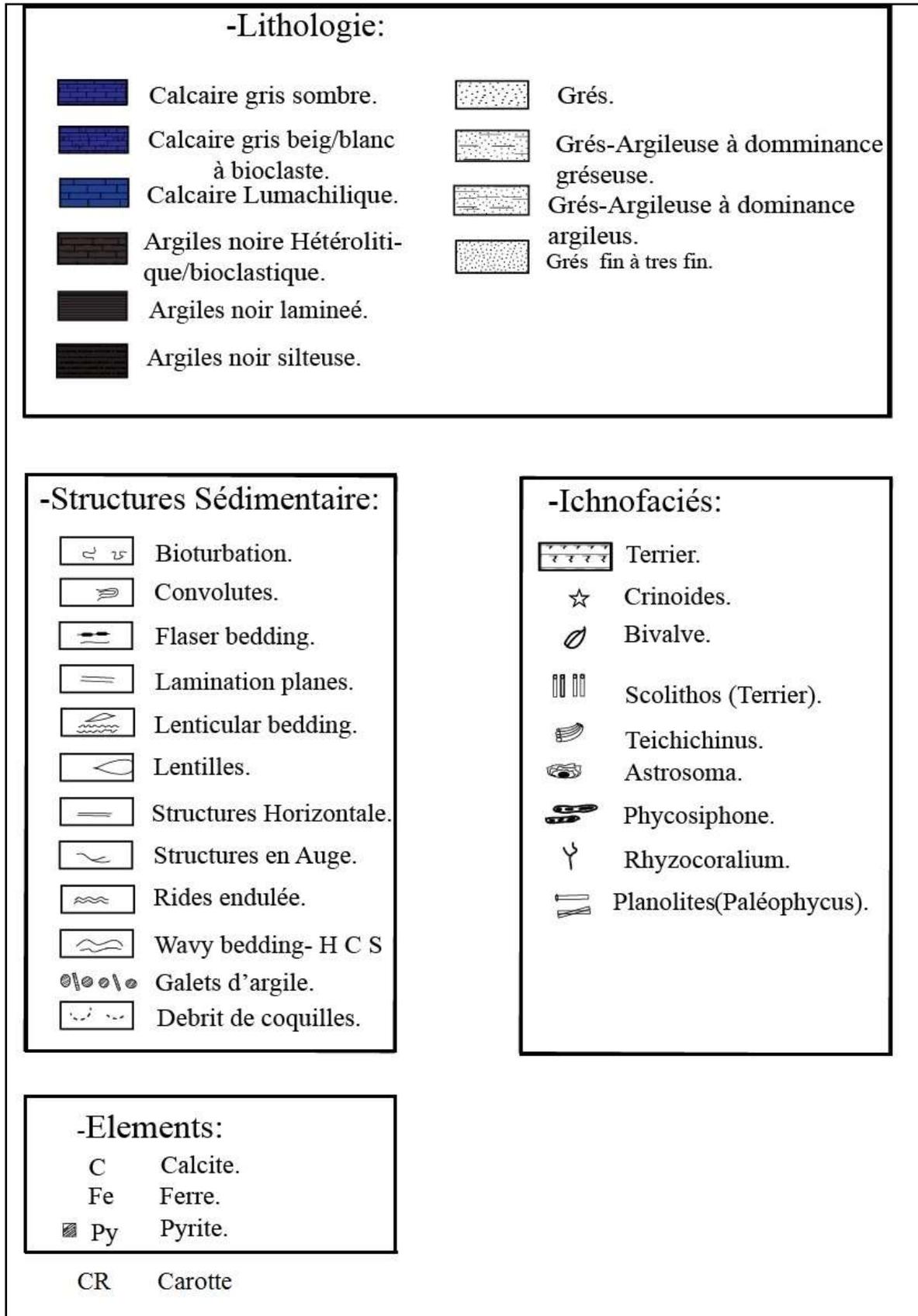


Fig. 13 : Charte des faciès.

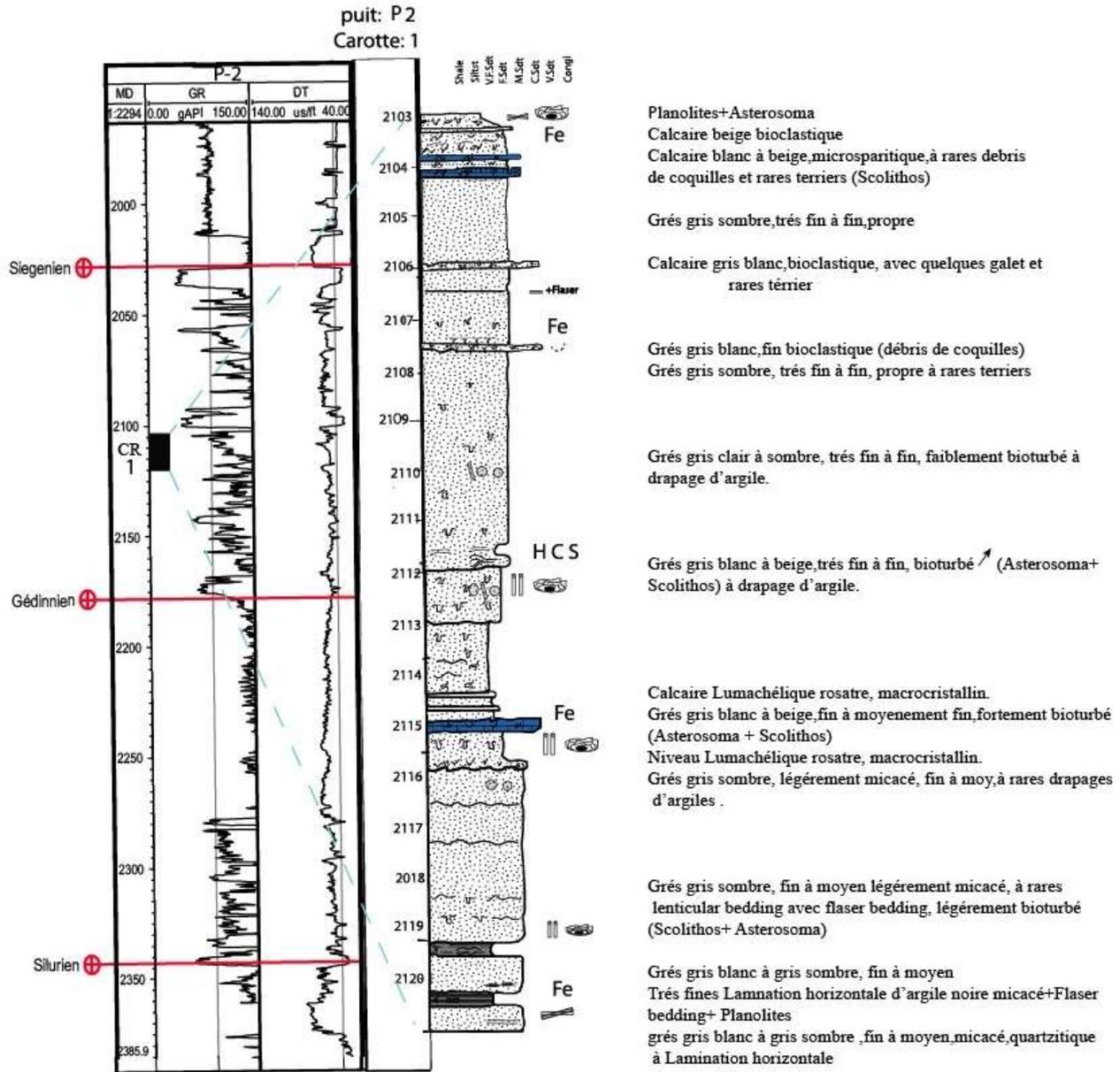


Fig. 14 : description de la carotte 01 prise au niveau de puits P2.

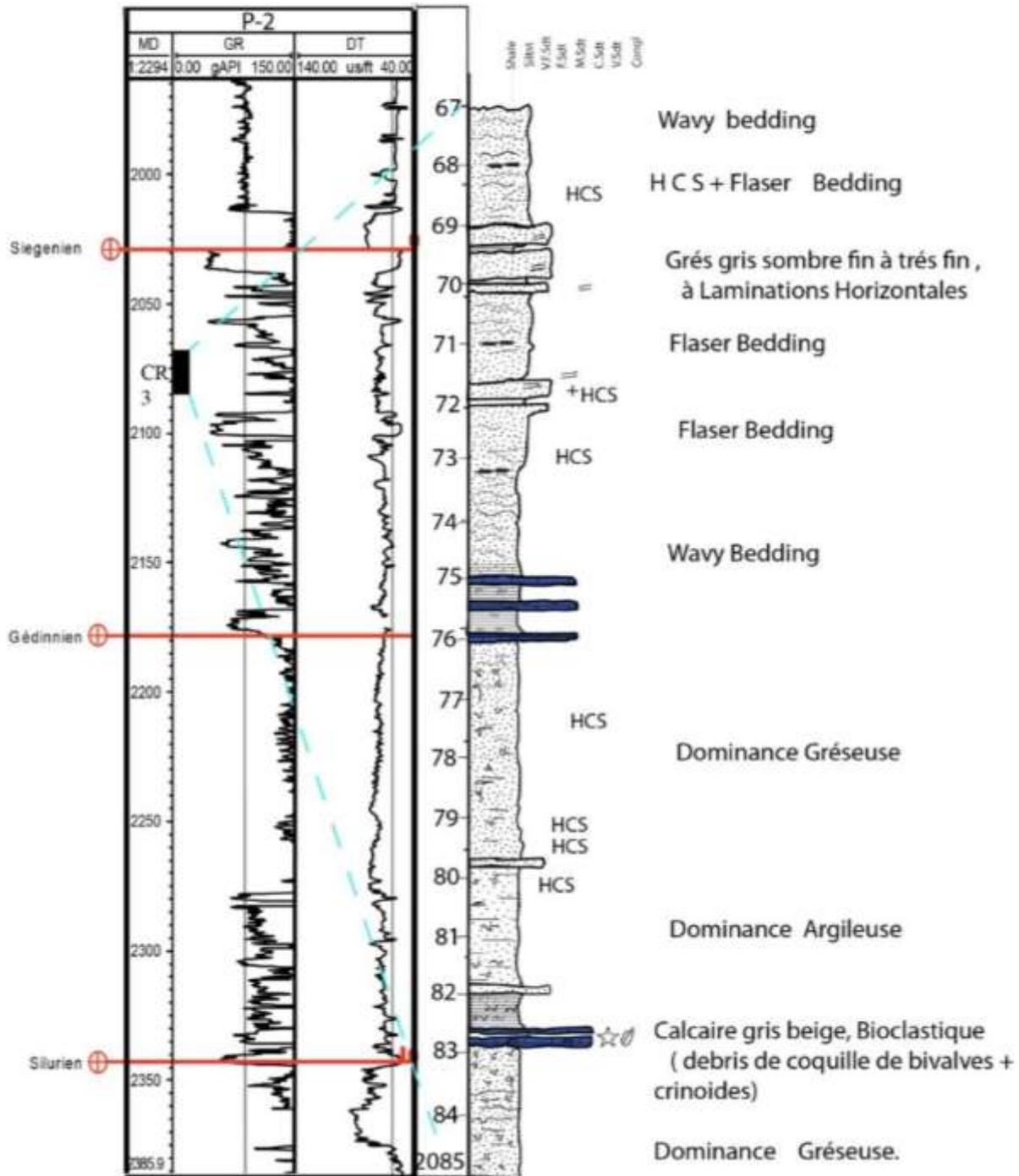
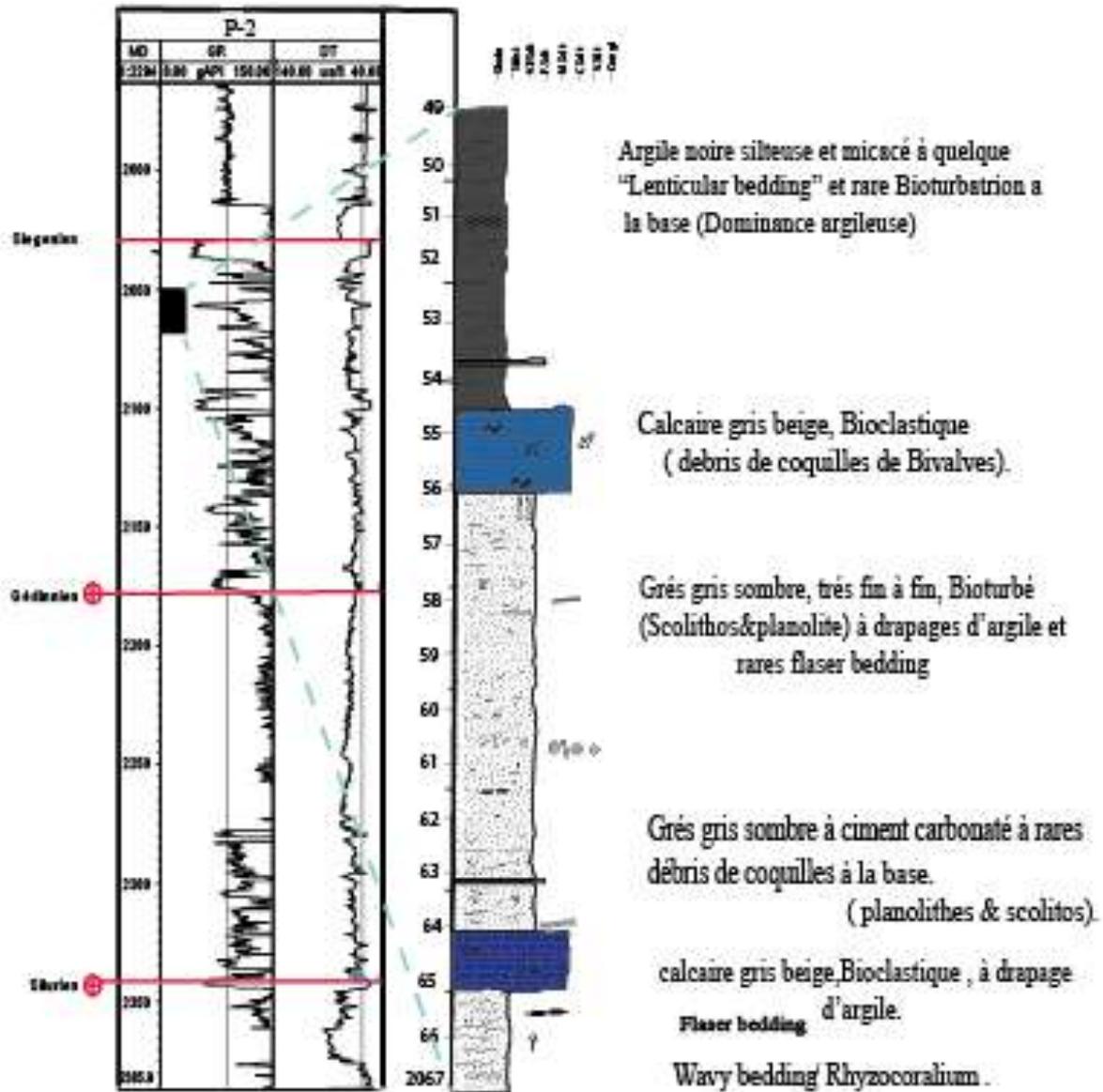


Fig. 16 : description de la carotte 03 prise au niveau de puits P2.



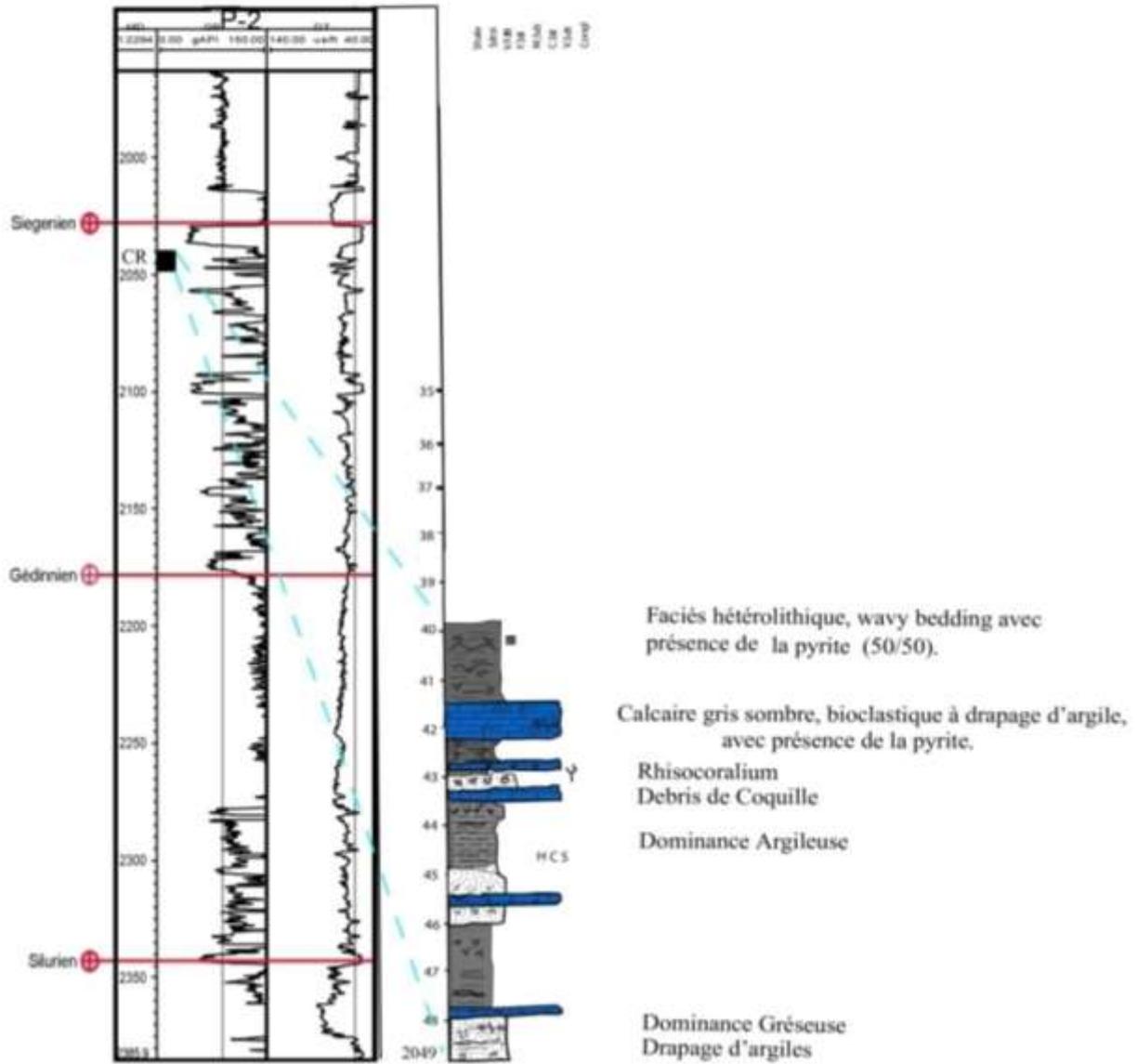


Fig. 18 : description de la carotte 05 prise au niveau de puits P2.

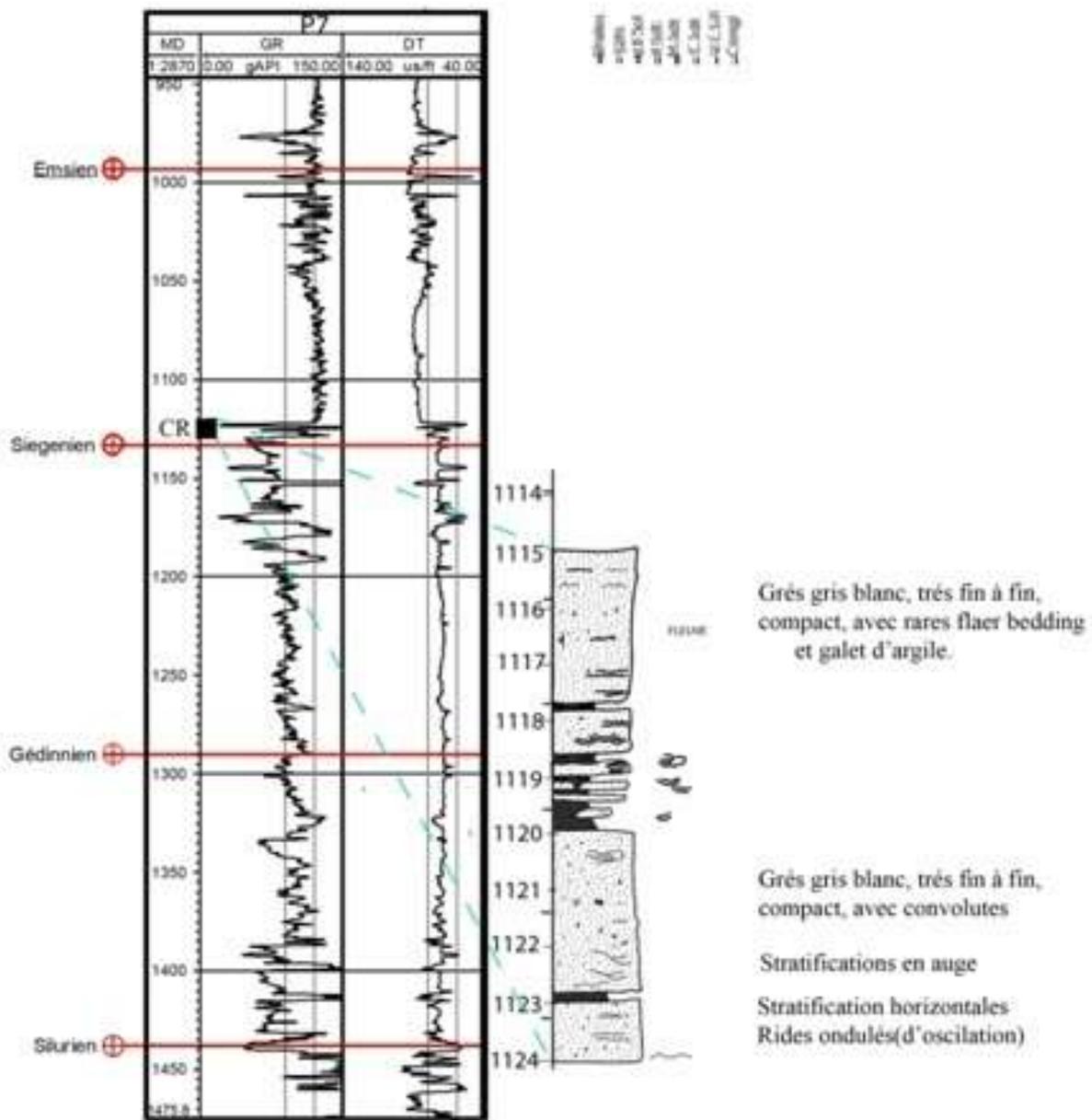


Fig. 19 : description de la carotte 01 prise au niveau de puits P7.

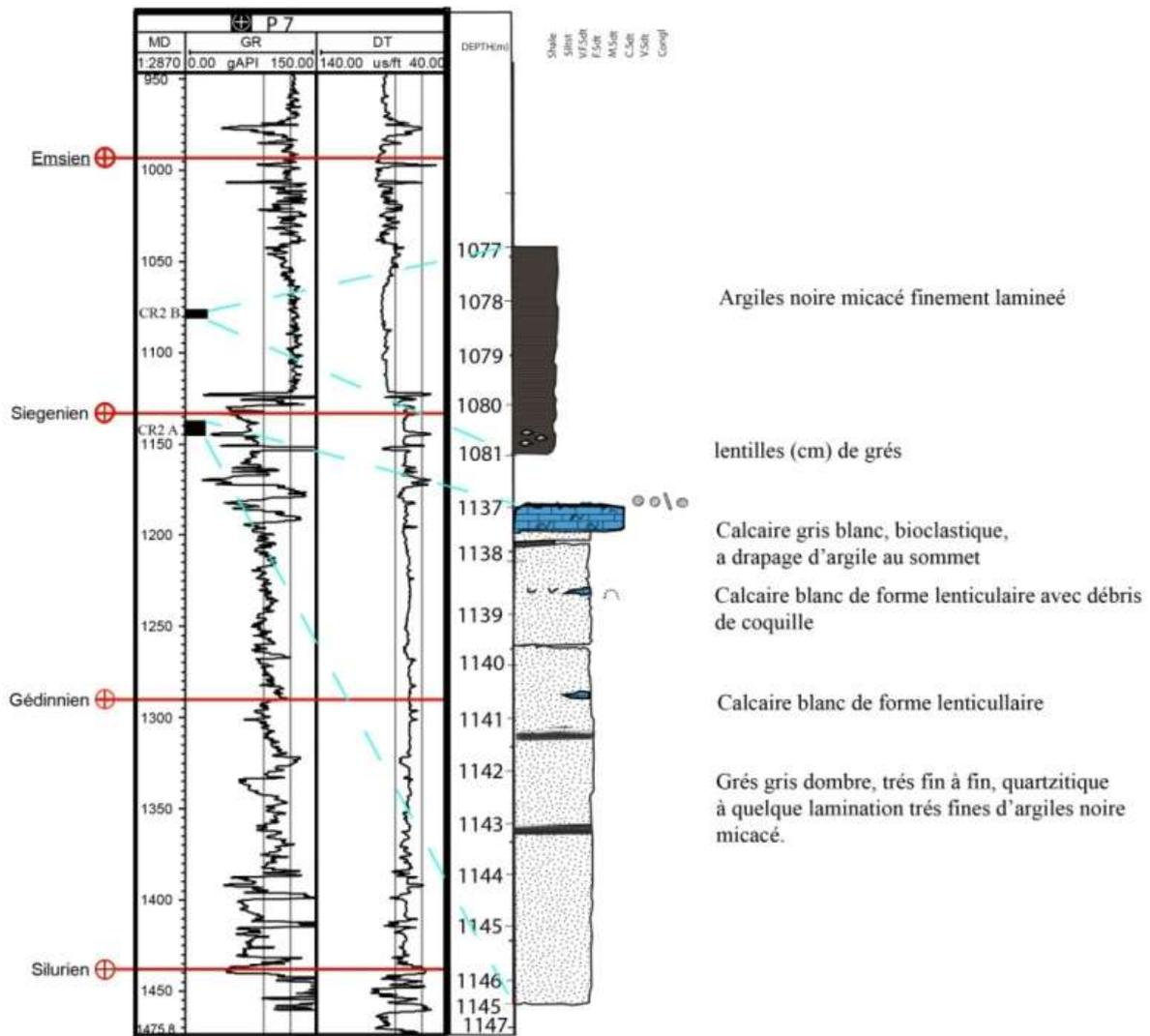


Fig. 20 : description de la carotte 02 prise au niveau de puits P7.

III.7. Conclusion :

Les résultats diagaphiques obtenus sur les puits ; P8, P7, P6, P5, P2, P1 réalisés par la Sonatrach et la description des carottes, ont permis l'étude sédimentologique du dévonien inférieur dans le bassin de Bechar Oued Namous.

Ainsi la description des faciès sédimentaires dans ces sondages montre, un contenu calcaire présentant des sous faciès de calcaire bioclastiques / lumachéliques, calcaire massifs. Des argiles à sous faciès d'argile lenticulaires bedding, hétérologique bioturbé. Les grès dont épaisseur est importante, présente plusieurs sous faciès, Grès fin à flaser bedding, grès bioturbé, Grès à ride de courant, Grès à litage oblique ou mamelons, Grès à litages obliques en creux, Grès à stratification plan litage horizontal, Grès à stratification en auges, Grès massif.

Les réponses diagaphiques sont matérialisées, dans Siéginien gréseux qui correspond aux formations de Dkhissa gréseuse et Dkhissa argilo-gréseuse, par les courbes de GR suivantes : en forme « cloche », « entonnoir », « cylindre » et « œuf ». Cela atteste d'un milieu front de delta c'est-à-dire un milieu marin faible profondeur influencé par les vagues pour les formations gréseuse, et représente une zone de front de delta à sa base et une zone pro-deltaïque au milieu et au sommet pour les formations argilo-gréseuses. Dans le Gédinnien qui correspond à la formation de Saheb El-Djir, argilo-silteuses à passés d'argilo-gréseuses et à la formation du Zeimlet, on rencontre les courbes de GR suivantes ; courbes en « cylindre » et en « cloche », qui témoignent d'un milieu de dépôts de la plaine deltaïques pour les formations de Saheb El Djir et d'un dépôt de plateforme du front de delta à énergie faible à modérée

Un le profil de corrélation et un découpage type, réalisé sur (06) puits (P1, P2, P5, P6, P7 et P8), défini un cycle sédimentaire de 3ème ordre diviser en trois cycles, dont la limite inférieure est la discordance Calédonienne et la limite supérieure et le toit de la formation Siéginien.

Le premier cycle caractérise les formations Siéginien et forme un Intervalle Transgressif (IT), qui correspond à un cortège à prédominance argileuse, à quelques passages d'argiles silteuses. Le deuxième cycle caractérisé par des dépôts transgressifs et progradant, représenté de bas en haut par des dépôts transgressifs et progradant

Le troisième cycle renferme, un intervalle transgressif, rétrogradationnelles (IT), représenter essentiellement des argiles et un prisme de haut niveau qui correspond à une série argilo-gréseuse, silteuse dolomitique, qui est régressive et progradant.

CHAPITRE IV
SYSTEME PETROLIER DU DEVONIEN INFERIEUR
BECAHR –OUED NAMOUS

IV. Système pétrolier du dévonien inférieur, Bechar oued Namous

IV.1. Introduction

Les associations d'échinofaciès, les structures sédimentaires la texture fine des sédiments ainsi que l'évolution verticale des faciès montrent une succession de séquence argilo-gréseuses d'une avant cote progradant allant de l'offshore a la base jusqu'à avant cote supérieur au sommet , les caractéristiques pétro physiques sont montrées d'abondante indices de gaz sont obtenus sur les puits P1 , P2 ,P5, P4, P8 ,P7 , et aussi sur des carottes que dans la boue de forage à travers toute la région allant de la voute de Meharez a l'Ouest jusqu'à a la voute d'Allal à l'Est.

La salinité des eaux de formation diminue de l'Est (380g/l) sur la voute d'Allal vers le Ouest ou elle n'est que de (60g/l) sur la voute d'Oued Namous et (80g/l) a Meharez. (WEK 2007).

IV.2. Caractéristiques du réservoir du Dévonien inférieur

IV.2.1. Siéginien-Gédinnien

En absence de données paléontologiques fiables et de repère stratigraphique, le Siéginien et le Gédinnien sont regroupés en une seule unité argilo-gréseuse, elle est subdivisée litho stratigraphiquement en deux partie inférieure et supérieure.

- La partie inférieure : elle est argilo-gréseuse, et connue sous le nom de la zone de passage datée Gédinnien (Magloire 1966), néanmoins les limites inférieure et supérieure restent difficiles à préciser, ou les séries sont similaires, le Gédinnien est constitué par 02 séries (In Maache 1987) :
- La série de Zeimlet : elle est représentée par des grès compactes fins, des siltstones à ciment argilo carbonaté et à passer d'argiles noirs pyriteuses et charbonneuses.
- La série de Saheb El Djir : elle est représentée par une alternance d'argile noirs silteuses et de grès fins.
- La partie supérieure : elle est attribuée au Siéginien par une seule unité gréseuse connue sur le nom de grès de Dkhissa. Les grès de Dkhissa sont de couleur gris clair, fins à moyenne avec intercalation de calcaires blanc souvent gréseux.

IV.2.2. Roches mère

Les principales roches mères dans la région, susceptible d'alimenter ces réservoirs en hydrocarbures, sont les argiles noires du Dévonien moyen et supérieur et la série argilo carbonatée du Carbonifère. Les différentes études géochimiques réalisée dans le bassin de Béchar Oued N'mous, montre que les principales roches mères sont représentées par :

IV.2.2.1. Silurien : argile noire à Graptolithes qui est une roche mère par excellence et sont les plus perspectives, la teneur en matière organique dépasse les 5% dans les puits P2, P4, P6.

IV.2.2.2. Dévonien : argiles noires dans le Dévonien moyen et supérieur.

Les roches mères potentielles dans la région sont celles du dévonien inférieur et surtout celles du Dévonien moyen et supérieur. Cette dernière fait défaut à Oued Namous suite à l'érosion hercynienne. Les intervalles transgressifs, sont connus par leur grand potentiel et roches mères d'autant plus ici ces niveaux sont du même âge que les réservoirs.

IV.2.3. Roches réservoir

IV.2.3.1. Siéginien-Gédinnien

Les couvertures de ce réservoir sont assurées par les couches argileuse intra-dévonienne et les série argilo-carbonatée de dévonien moyen et supérieur.

Le Siéginien est caractérisé par des niveaux réservoirs avec relativement de bonne perméabilité (environ 3,47 md) et de bonne porosité 12 à 13%, les tests effectués dans le Siéginien ont donné un débit d'eau salée d'une concentration supérieur à 500 g/l avec indice de gaz au niveau de puits P8, P7, P6.

Les réservoirs propres se situent à l'Ouest de la voute de Meharez, à l'Est de la voute d'Oued Namous et au sud- Est de celle-ci. (Rapport Sonatrach).

IV.2.4. Roche couverture

La couverture du réservoir Siéginien est assurée par les séries argileuses de la même formation et les calcaires microcristallins de la base de l'Emsien. Les argiles séparant les grès de la base de Fammenien moyen et supérieur, jouent le rôle de couverture pour les réservoirs gréseux de cette formation.

Les couvertures de réservoirs paléozoïques sont les argiles de l'ordovicien, silurien, dévonien, et de carbonifères ainsi que les Salifère de Trias. Les gisements pétroliers ont comme caractéristiques communes d'être située dans la zone. (Rapport Sonatrach).

IV.2.4.1. Les argiles du Silurien

Les argiles du Silurien d'une épaisseur moyenne de 300 m assurant une couverture pour les réservoirs de l'Ordovicien supérieur, En raison de ces caractéristiques pétro physiques et d'imperméabilité.

IV.2.4.2. Les argiles du l'Emsien

La base de l'Emsien ainsi que le Mésozoïque assurent une bonne couverture pour le réservoir. Les argiles de l'Emsien dont l'épaisseur varie de 100 m couvrent les réservoirs Siéginien et Gédinnien mais, l'Emsien se trouve érodée à l'ouest de la région à l'environs des puits P1, P2, P4, P5, P8, P6 et P7.

IV.3. Intérêt pétrolier

IV.3.1. Roches mères

La priorité est réservée aux roches mères siluriennes Dévonien moyen et supérieur
b/roches réservoirs

Les formations pouvant être considérées comme réservoirs : les grès du Dévonien inférieur.

c/ les roches couvertures des différents réservoirs dans la région d'Oued Namoussont assurées par les différentes séries argileuses du paléozoïque.

- Argile de l'Ordovicien
- Argile du Silurien
- Argile de l'Emsien.

IV.3.2. Types de Piège

Les types de piège sont essentiellement structuraux et stratigraphique (au-dessous de la discordance hercynienne). (Rapport d'interprétation sismique, DES, avril 1992).

Sur la section sismique d'orientation Nord Est-Sud-Ouest(**Fig. 25**),montre l'évolution d'électro faciès des formations qui présentent une épaisseur élevée au Sud-Ouest du puits P1, s'émincis au Nord Est à la bordure Sud-ouest et sur le côté Nord-Est. Les dépôts représentent des épaisseurs presque constantes.

Le décalage entre ces deux compartiments est de l'ordre de 20m d'environ crient une faille normale qui joue un rôle d'étanchéité.

Le forage P1 traversé par Le sommet de cette structure en horst et qui est encadré par deux accidents subverticaux qui assure le piégeage des réservoirs ou de la porosité secondaire

La troncature érosionel hercynienne(DH) à éroder la formation sus-jacente de l'horizon Gévicien dans cette région qui semble disparaître dans sa partie Nord-Est.

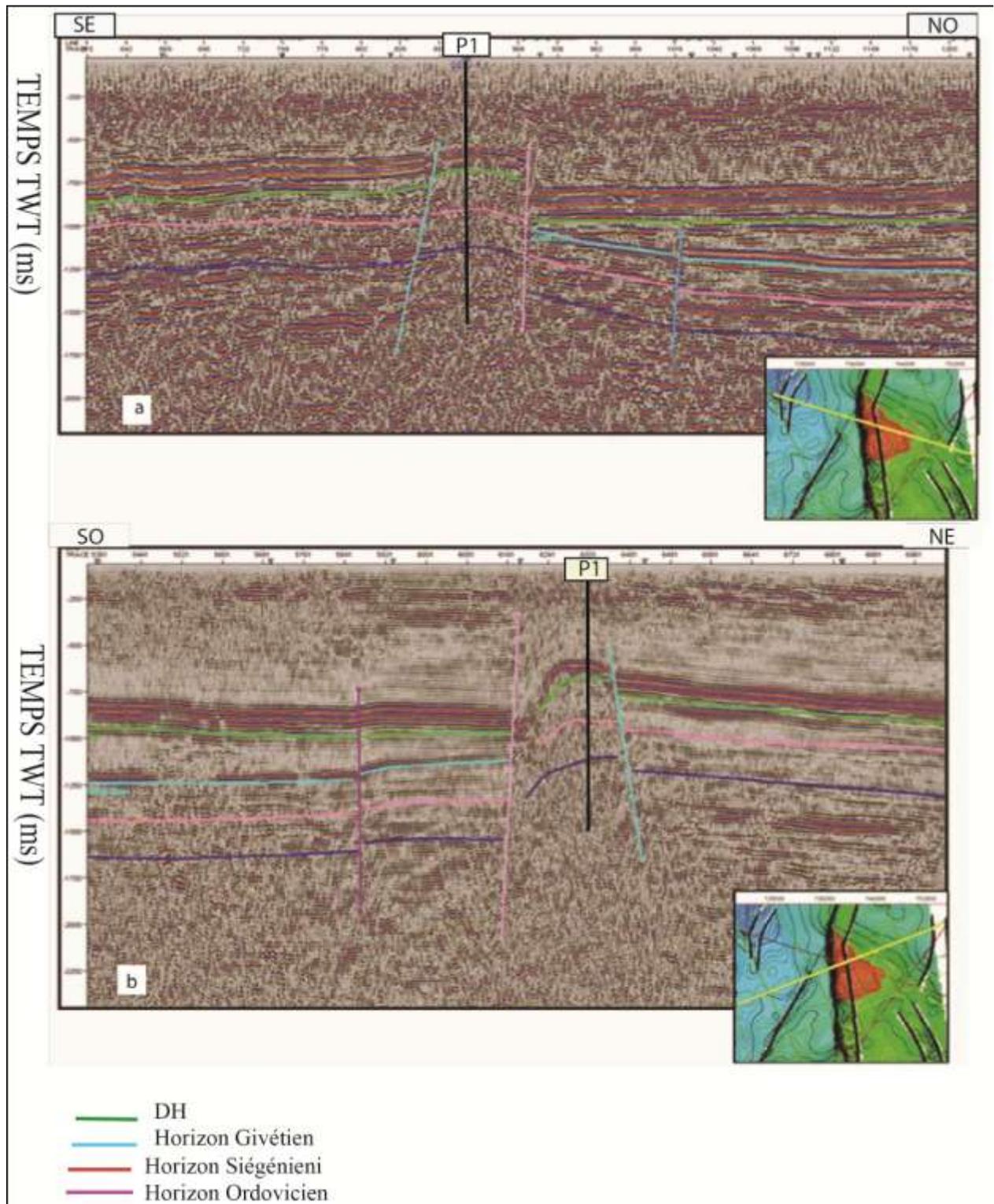


Fig. 21 : coupe sismique à travers la région de Béchar et Oued Namous.
(Document Sonatrach.2017)

IV.4. Étude de quelques caractéristiques pétro physiques des carottes du dévonien inférieur (tableau 04) :

Pour pouvoir comprendre et déterminer les caractéristiques du réservoir Gédinnien Siéginien l'étude de quelques paramètres pétrophysiques concernant les porosités, perméabilité et saturation en eau sur des carottes des puits P1, P2 P3, P4, P5, P6 et P7, serait aborder. Cela nous permet aussi de comprendre les variations verticales et horizontales dans le milieu physique.

Une carotte de 9.5 m a été prélevée dans la partie sommitale de ce réservoir Siéginien-Gédinnien

Les moyennes pondérales des caractéristiques pétro physiques de la carotte n°02 sont reportées dans le tableau suivant, qui présente une porosité moyenne de l'ordre de 11.46 % avec une perméabilité de l'ordre de 0.11 (md) :

Tableau 04 : Les caractéristiques pétro physiques de la carotte n°02 (Sonatrach, 2017)

Intervalle (m)	Porosité (%)		Perméabilité (Md)	
	MINI	MAXI	MINI	MAXI
1137 - 1146	2.86	14.18	≤ 0.1	0.26
Moyenne	11.46		0.11	

L'interprétation du tableau de la carotte n°02 précédent, montre des porosités médiocres à moyennes (2.86 – 14.18%). Tandis que les perméabilités sont très faible ≤ 0.26 md.repa

IV.4.1.Corrélation des paramètres pétrophysiques

Les paramètres choisis sont: la porosité, la perméabilité et la saturation en eau.

La corrélation a été réalisée sur les échantillons de carottes du puits de référence P2. Le choix d'échantillons a été porte en fonction de la profondeur afin d'expliquer la variation verticale et horizontale des ce paramètres dans le milieu réservoir.

Nous avons choisi de corrélér entre trois carottes de notre puits de référence : les échantillons de la carotte situer a la base (Cr7), les échantillons de la carotte prélevées au milieu (Cr5) et ainsi ceux situés au sommet (Cr2)

Les colorations sont faites entre la porosité et la perméabilité et étudier les variations entre les deux paramètres en fonction de la profondeur, ensuite expliquer les variations de la saturation en eau et enfin l'interprétation.

En sachant que la profondeur de Cr2 est dans l'intervalle (1317.07 - 1333.28), Cr5 (1402.05 - 1410.90) et Cr7 (1556.05-1573.78).

IV.4.1.1.Corrélation la porosité et de la perméabilité (Fig.24)

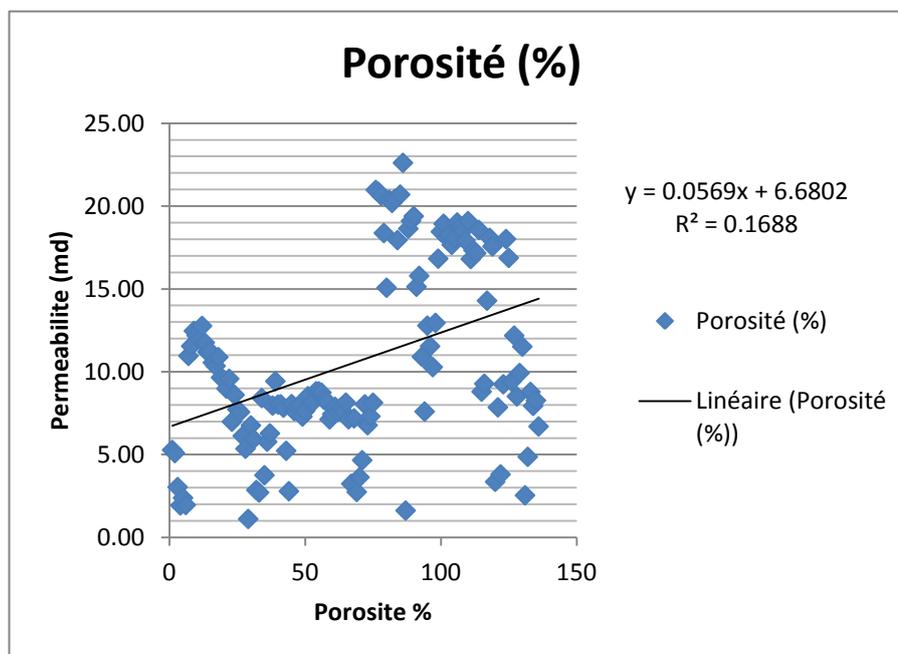


Fig. 24 : digramme de variations de la porosité en fonction de la profondeur.

Ce diagramme (Fig.24) montre une courbe de la variation de perméabilité en fonction de porosité qui apparait sous une fonction $y = 0.569(x) - 6,6802$ avec un coefficient de corrélation faible

$$R^2 = 0,16802.$$

La corrélation entre ses deux variables est faible, à partir de valeur minimale la porosité est égale à 1.12 % avec une perméabilité qui atteint 0.009 md dans la carotte Cr2, de 2.74% pour des perméabilités de 0.0016 md pour la carotte Cr5 et de 1.26% pour des perméabilités de 0.0017 md.

Pour les valeurs maximales la carotte Cr2 est présenté par 12.77 % de porosité et de 0.0077 md pour la perméabilité la carotte Cr5 est caractérisée par 8.82 % et 0.0156 md et pour la Cr7 on rencontre une porosité de 22.61 % pour une perméabilité de 8.5408 md

Cette interprétation nous permet de déduire que ces deux paramètres restent faibles au sommet et au milieu ensuite ils changent progressivement en profondeur pour atteindre des valeurs moyennement élevées.

Cette interprétation est confirmée le diagramme (Fig.25) réalisé ci-dessous.

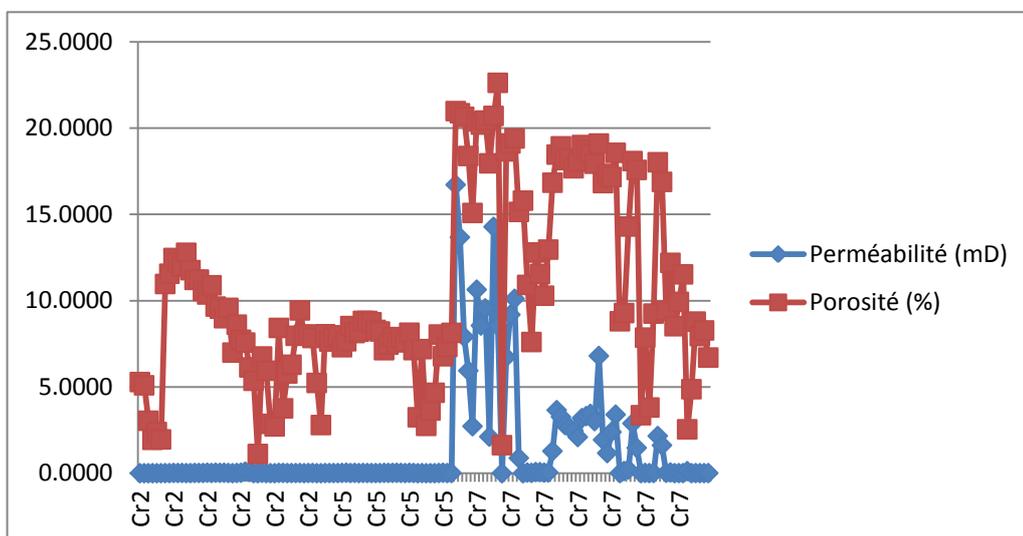


Fig. 25 : variation de la perméabilité et porosité en fonction des carottes (Cr2, Cr5 et Cr7).

IV.4.1.2. étude de la saturation en eau :

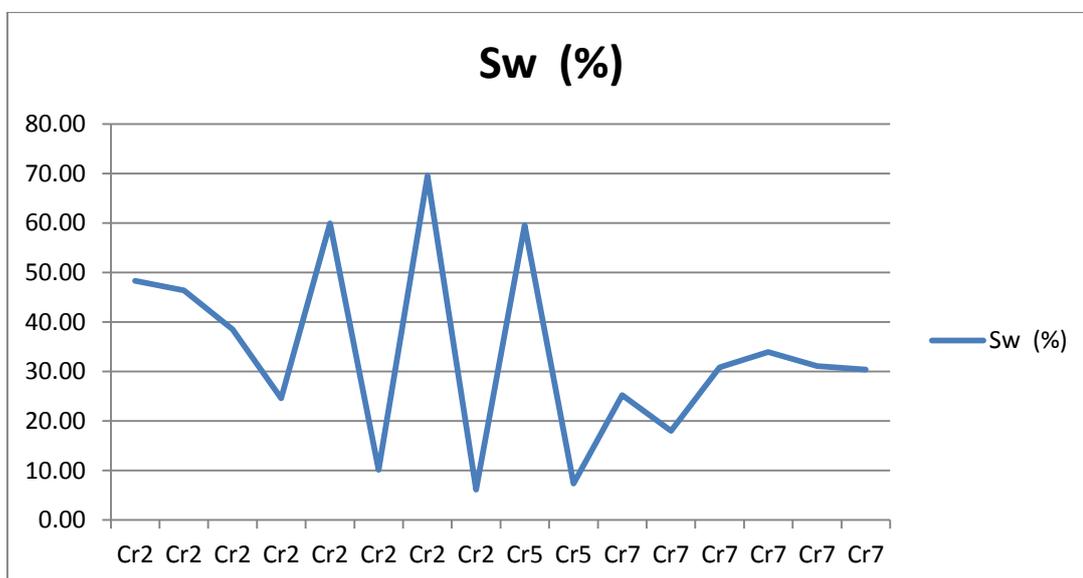


Fig. 26 : variation de la saturation en eau en fonction des profondeurs Dans les carottes (Cr2, Cr5 et Cr7).

Le diagramme de variation de la saturation en eau en fonction de la profondeur montre des valeurs variables en entre les échantillons des trois carottes.

Elles varient entre 6.15 % et 69.57 % dans la Cr2, entre 7.35 % et 59.51 % pour la Cr5 et entre

18.01 % et 33.91% pour la carotte du niveau profond Cr7.

Pour comprendre la répartition spatiale des paramètres pétrophysiques nous avons réalisé les cartes suivantes :

IV.4. 1. La carte en iso-porosité moyenne du réservoir Gédinnien Siéginien (Fig. 22)

La carte en iso-porosité du réservoir Siéginien Gédinnien a été réalisée à partir de données d'analyses pétro physiques des carottes des sondages P1, P2 P3, P4, P5, P6 et P7 sur lesquels et essentiellement basée notre étude. Ce sont des analyses réalisées par la Sonatrach.

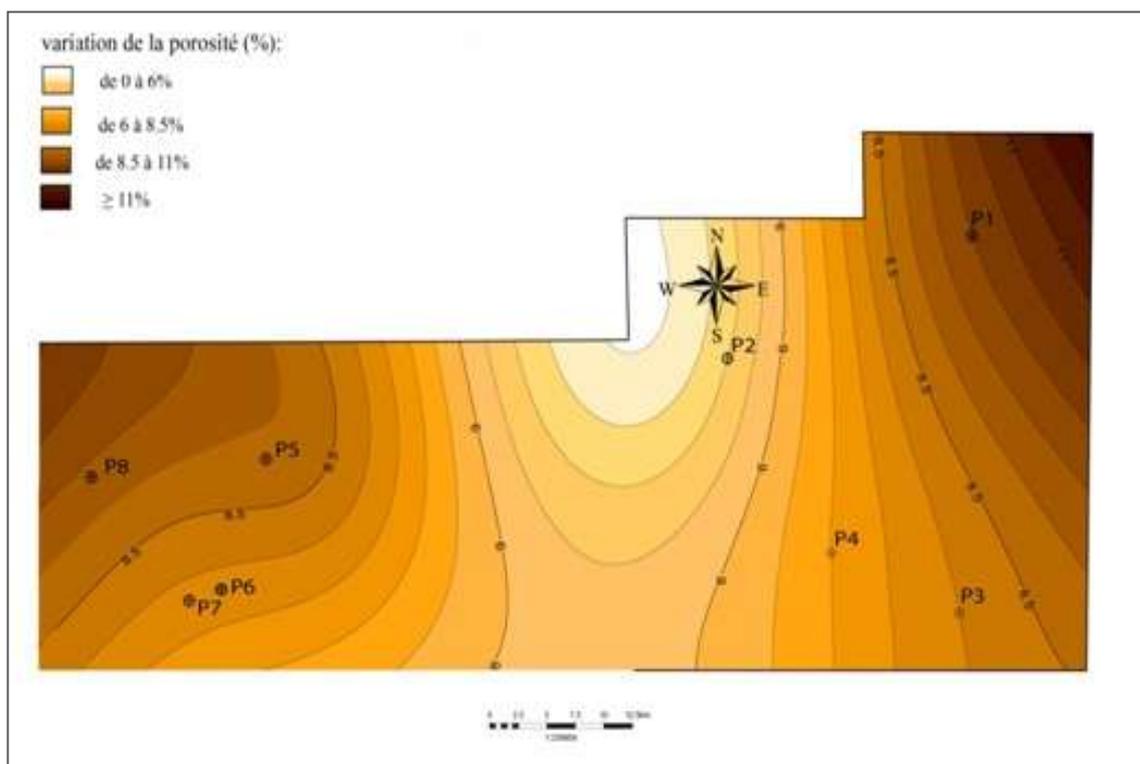


Fig.22: carte en iso-porosité moyenne des formations du réservoir Gédinnien Siéginien Bechar-Oued Namous, réalisée à partir des données de la DES, Sonatrach.

IV.4. 2. Interprétation des cartes iso-porosité des carottes (Fig. 22.).

Cette carte montre une augmentation graduelle des valeurs de porosité allant de 1.5% au niveau de puits P2 vers des valeurs de l'ordre de 8.5 dans la partie Est et 11% au niveau des puits P2, P3, P4, P5, P6, P7 vers la partie Ouest.

D'autre part, on remarque que les plus grandes valeurs de porosité sont enregistrées aux alentours des puits P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 qui se situent au Sud, avec une maximale de 20% enregistré au niveau du puits P1 situé au Sud de la région d'étude. Cette augmentation est étroitement liée à l'Argilosité.

IV.4.3. La carte en iso-perméabilité du réservoir Siéginien-Gédinnien :

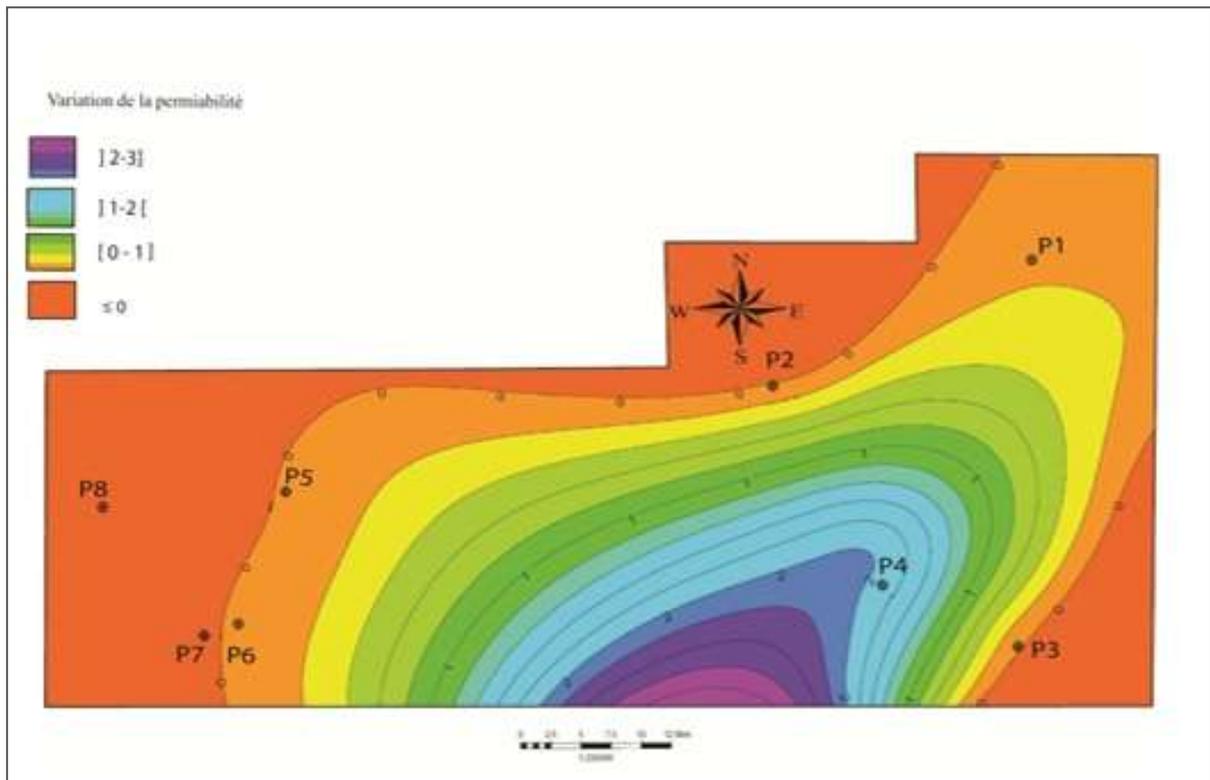


Fig. 23 : Carte en iso-perméabilité moyenne des formations du réservoir Gédinnien Siéginien Bechar-Oued Namous, réalisée à partir des données de la DES, Sonatrach.

IV.4.4. Interprétation des cartes iso perméabilité des carottes (Fig. 23) :

Selon cette carte, on remarque qu'on n'a pas de valeurs importantes de perméabilité, et elles se focalisent dans la zone d'étude, au niveau des puits, P1, P4, P8, respectivement elles sont de 4.2md situant dans la partie centrale. Nous décelons que les valeurs diminuent graduellement jusqu'à atteindre une perméabilité minimale de 0.1md au niveau des puits P2, P3, P5, P6, P7.

IV.5. Résultats pétroliers dans le dévonien inférieur

Les résultats pétroliers de la région on s'est basé sur les résultats de diagraphies, et les résultats de rapports de fin de sondages et de chacun des puits qu'on a comme donnée dans la zone d'étude, et les cartes en iso-porosité et iso-perméabilité pour déterminer les caractéristiques pétro physiques de chaque puits réalisés par des et ADB, Sonatrach.

Le Siéginien Gédinnien 1281-1560 : ce réservoir se présente comme suit :

- 1284 – 1287 m : à hydrocarbures avec une saturation en eau de 38 % et une porosité moyenne de 7.5 %.
- 1302 – 1304 m : à hydrocarbures avec une saturation d'eau moyenne de 32 % et une porosité moyenne de 70.5 %.
- 1306 – 1507 m : a hydrocarbures avec un net pay de 1 m et une saturation d'eau de 42 % et une porosité de 12 %.
- 1507 – 1511 m : a hydrocarbures avec une saturation d'eau moyenne de 48 % et une porosité de 7.5 %.
- 1532- 1538 m : a hydrocarbures avec une saturation moyenne de 42 % et une porosité de 15 % et net pay de 04 m.
- 1583 – 1552 m : à hydrocarbures avec une saturation moyenne de 25 % et porosité très faible ne dépasse pas 05 %.

Aucun test n'a été effectué au droit de ce réservoir, à l'exception du puits P4 qui a donné un débit de 138000 m³/j de gaz et le puits P3 qui est testé au niveau du Siéginien à l'intervalle de 1449-1610 m.

L'interprétation des diagraphies montre que le réservoir Siéginien Gédinnien présente un intérêt pétrolier sur un net pay cumulé de 0.5 m, avec une porosité variante de 12 à 15 % et une saturation en eau moyenne de 42 % en profondeur Le reste des bancs gréseux présente aussi des saturations en hydrocarbures mais avec des faibles paramètres pétrophysiques.

Sur le niveau supérieur du Siéginien marqué par des argiles et les calcaires, des intervalles similaires ont été rencontré au niveau de puits P3 dont les mesures ont montré tight (pas de perméabilité).

Tableau 05 : Résumé des résultats des tests pétroliers sur quelques puits dans le réservoir Siéginien Gédinnien à Bechar-Oued Namous

Puits	Top de réservoir (m)	Base du réservoir (m)	Épaisseur totale (m)	Porosité (%)	Perméabilité (md)	Saturation en eau SW (%)	Résultat de test
P8	1314	2585 m	266 m	Net pay de 5m : 12 à 15% (mesure sur carotte)	Nul	<ul style="list-style-type: none"> • 42% sur une net pay cumulée de 5 m (mesure de carotte) réservoir Siéginien Gédinnien. • 50% (mesure diagraphique) Dévonien inf.H7 	Dévonien inf. : eau salée 100g/l - S.G : faible cheminement de gaz à 0.25% à travers tampon d'eau.
P7	1133	1524 m	305 m	Moya : 11.46% (mesure sur carotte)	Moya : 0.11md (mesure de carotte)	>67% (mesure de diagraphie)	Siéginien : compacte avec niveau aquifère (eau salée 80g/l). Emsien : trace de gaz (20 m ³ /h) Non testé
P6	/	/	/	Moya : 7.84 % (mesure sur carotte)	Moy : 0.02 md (mesure de carotte).	/	Siéginien : productif de gaz (débit non mesurable).
P5	1314	2322 m	276 m	Moy : 15% (mesure sur diagraphie)	Moy : 10.67 md (mesure sur carotte)	30.57% (mesure sur carotte).	Faible indice de gaz (0.14 et 2.26%).

IV.6. Carte qui montre le résultat pétrolier

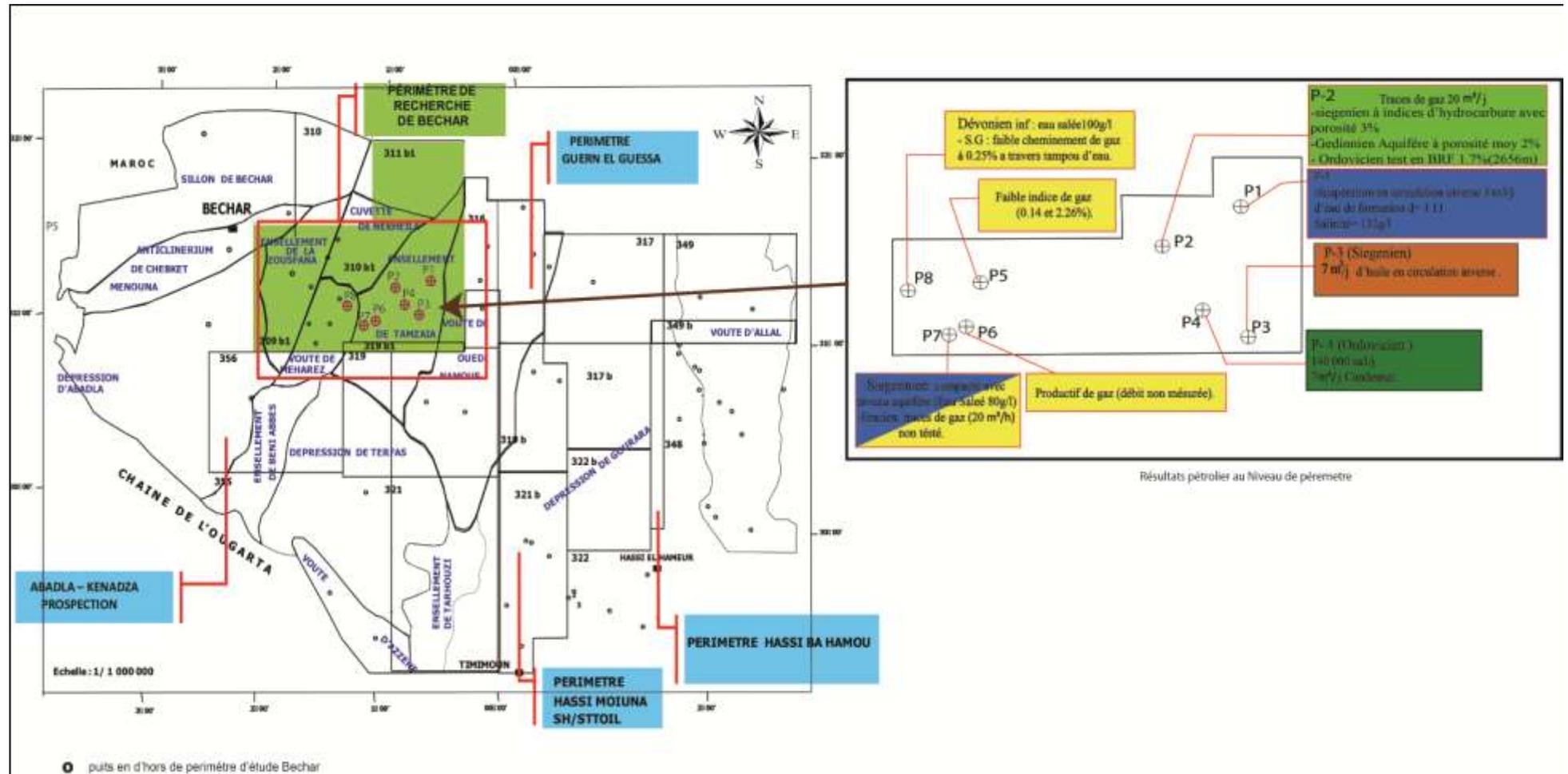


Fig.25 : carte des résultats pétroliers (Document SONATRACH 2017, Modifié).

IV.8. Conclusion :

Malgré la réunion des conditions de génération, d'accumulation et de conservation des hydrocarbures, les grès du Dévonien inférieur se sont avérés des magasins médiocres à cause d'une très faible perméabilité.

Les caractéristiques pétro-physiques sont relativement meilleures au Nord de la dépression de Gourara et à Oued Namous qu'à Meharez.

Des indices de gaz et d'hydrocarbure et de l'eau salée ont été enregistrés pendant la formation des puits, mais l'ordre de la grandeur de ces indices reste faible voire insignifiant dans certains intervalles (voir tableau ci-dessous).

Les réservoirs du Dévonien inférieur possèdent des porosités acceptables $10\% \leq \emptyset \leq 20\%$ et des perméabilités très faibles à l'exception de quelques puits, ce sont des réservoirs à caractère tight.

CONCLUSION GENERALE

La région de Béchar-Oued Namous est située sur la bordure Nord-Ouest de la plateforme saharienne et à l'Ouest de la province occidentale, à environ 1000 km au sud-ouest d'Alger et elle appartient partiellement aux wilayas de : Bechar, El-Bayed au Nord, Béni Abbes au Sud-Ouest et Adrar au Sud-Est et les hautes montagnes, les regs, les ergs, les vallées et les cordons sableux, ce sont ses principaux éléments géomorphologiques. La tectonique et de la sédimentation, font ressortir plusieurs éléments structuraux parmi lesquels : la voute de Meharez, voute de l'Oued Namous, la dépression d'Abadla, le sillon de Nekheila et le flanc Ouest de la dépression de Gourara.

Le dévonien inférieur de la région de Bechar Oued Namous, est constitué par des dépôts qui sont développés dans tout le Sahara algérien, à caractère argileux gréseux, à faciès très variable et on les rencontre sous trois étages Siéginien, Gédinnien et Emsien.

Ils sont décrits, en surface et en subsurface, dans les formations des séries de Zeimlet, Saheb El-Djir, Dkhissa, et Tiferguenite. Le Gédinnien-Siéginien Considéré comme une seule unité argilo-gréseuse, Subdivisée en deux parties, la partie inférieure datée Gédinnienne et elle est argilo-gréseuse connue sous le nom de zone de passage, reconnue dans la série de Zeimlet et Saheb El-Djir. La partie supérieure datée Siéginienne et elle est grès-carbonatée dans les séries de Dkhissa. Pour l'Emsien, il est érodé à la base par l'orogénèse hercynienne, la partie sommitale est argileuse noire, silteuse à quelques passés carbonatés dans la série Tiferguenite.

Les problèmes de limites stratigraphiques restent posés malgré de nombreux efforts. D'une part entre le Silurien et le Dévonien, d'autre part entre le Siéginien et le Gédinnien, en raison d'absence de données de datations palynologiques et paléontologiques.

L'étude sédimentologique dévonien inférieur dans le bassin de Bechar Oued Namous a été réalisée grâce aux résultats diagrapiques obtenus sur les puits ; P8, P7, P6, P5, P2, P1 réalisés par la Sonatrach. L'interprétation, l'analyse et la description des faciès sédimentaires dans ces sondages montre, un contenu calcaire présentant des sous faciès de calcaire bioclastiques / lumachéliques, calcaire massifs. Des argiles à sous faciès d'argile lenticulaires bedding, hétérologique bioturbé. Les grès dont l'épaisseur est importante, présente plusieurs sous faciès, Grès fin à flaser bedding, grès bioturbé, Grès à ride de courant, Grès à litage oblique ou mamelons, Grès à litages obliques en creux, Grès à stratification plan litage horizontal, Grès à stratification en auges, Grès massif.

Les réponses diagrapiques sont matérialisées, dans le Siéginien gréseux et qui correspond aux formations de Dkhissa gréseuse et Dkhissa argilo-gréseuse, qui atteste d'un milieu de dépôt front de delta à sa base et une zone pro-deltaïque au milieu et au sommet pour les formations argilo-gréseuses. Le Gédinnien à la formation de Saheb El-Djir, argilo-silteuses à passés

d'argilo-gréseuses et à la formation du Zeimlet, témoigne d'un milieu de dépôts de la plaine deltaïques pour les formations de Saheb El Djir et d'un dépôt de plateforme du front de delta à énergie faible à modérée.

Les résultats de corrélation et de découpage type, réalisé sur (06) puits (P1, P2, P5, P6, P7 et P8), définissent un cycle sédimentaire de 3ème ordre diviser en trois cycles, dont la limite inférieure est la discordance Calédonienne et la limite supérieure et le toit de la formation Siéginien.

Le premier cycle caractérise les formations Siéginien et forme un Intervalle Transgressif (IT), qui correspond à un cortège à prédominance argileuse, à quelques passages d'argiles silteuses.

Le deuxième cycle caractérisé par des dépôts transgressifs et progradant, représenté de bas en haut par des dépôts transgressifs et progradant

Le troisième cycle renferme, un intervalle transgressif, rétrogradationnelles (IT), représenter essentiellement des argiles et un prisme de haut niveau qui correspond à une série argilo-gréseuse, silteuse dolomitique, qui est régressive et progradant.

Le réservoir du dévonien inférieur est matérialisé par le Siéginien-Gédinnien gréseux. Les résultats de l'étude des paramètres pétrophysiques montre que ce réservoir se sont avéré des magasins médiocres à cause d'une très faible perméabilité.

Les caractéristiques pétrophysiques sont relativement meilleures au Nord de la dépression de Gourara et à Oued Namous qu'à Meharez. Des indices de gaz et a hydrocarbure et de l'eau salé ont été enregistré pendant la formation des puits, mais l'ordre de la grandeur de ces indices reste faible voir insignifiant dans certains intervalles. Le réservoir possède des porosités acceptable $10\% \leq \emptyset \leq 20\%$ et des perméabilités très faibles à l'exception de quelque puits, ce sont des réservoirs à caractère tight.

RECOMMANDATIONS

A partir des informations obtenues sur les puits, les caractéristiques des ensemble sédimentaire au niveaux du Siéginien Gédinnien et leurs répartition verticale est mieux connue, malgré nos résultats qui ne sont pas encourageant mais nous pourront dire il est indispensable de préciser l'architecture et l'évolution pétrographique spatiale de ces réservoirs ,pour cela il faut faire les mêmes études que celles-ci sur d'autre puits dans la région et procéder à des corrections rhytmostratigraphique , diagraphique granulométrique et aussi géochimique qui permettrait de vérifier la présence de barrière de perméabilité qui est très réponde dans les environnements deltaïques. toutefois la présence de réservoirs potentiels est une hypothèse indéniable.

Bibliographie

- Alain Raoult. 2010.** Dictionnaire de Géologie, 7^{ème} édition, Masson, Paris, France
- Amar. Manseur.** (thèse d'ingénieur d'état 1993) : pétrographie sédimentaire, diagenèse et milieux de dépôt du Gédinien – Seigenien de la région de Oued Rahabi (sud ouest Hassi R'mel) Université Boumerdes INHC. (SONATRACH, exploration).
- BEICIP, 1972.** Etude géologique et leviers cartographique au 1/200 000 de l'Ahnet et du Mouydir (S. centrale). Rapport interne Sonatrach.
- BEICIP, 1979,** Synthèse du bassin de l'Ahnet Tidikelt (structure actuelle du bassin) Rapport interne Sonatrach.
- BEICIP.1986.** Corps sédimentaires exemples sismiques et diagraphiques (par la chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel- comité des techniciens - 1986).
- Bessa. 1995.** Mémoire d'ingénieur d'état en géologie ; étude sédimentologique et évolution des réservoirs gréseux du Famenien-Strunien de la région de Béchar Oued Namous.
- Beuf, Biju- Duval, B. 1971.** Les grès du paléozoïque inférieure au Sahara, publication de l'institut Français du pétrole.
- Bonnet, A., Fabre, J., Feys. R., 1960.** Le Carbonifère post-tassilien du bassin de Reggane (Sahara occidental). Bull. Soc.géol.de FR., 7^{ème} série, t.II, p. 534-539.
- Boumendjel, K. 1986.** Les chitinozoïres du Silurien inférieur et du Dévonien du Sahara Algérien ; université de Rennes ; 1987.
- Chamley.H (1987).** Sédimentologie. Revue scientifique.
- Conrad, J.1972.** étude sur les couches de passage dévonien carbonifère au Sahara central et le problème du Strunien.
- Deleau, P.1952.** la monographie régionales, la région de Colomb-Bechar, XIX Congrès international, série n° 8 Algérie.
- Fabre, J. 1976.** Introduction à la géologie du Sahara Algérien et des régions
- Fabre, J.1971.** Structure de l'Algérie saharienne. Eléments pour une carte tectonique. Bull SCG Algérie nouvelle série n 41p.
- Fabre, J.1976.** introduction a la géologie du Sahara algérien. Ed. SNED. Alger.
- Flamand, G.RM.1911.** recherche géologique et géographique sur les haut pays de l'Oranais et sur le Sahara (Algérie territoire du sud). Ed. Rey et Cie Lyon Service géologique du gouvernement général de l'Algérie
- Gautier, E.F.1906.** étude géologique du Sahara (Saoura-Gourara-Touat). BSGF (4) VI.
- Gustavson, June 2000.** Béchar basin study , definition and evolution of the petroleum potential of the Bechar basin , volume : I , stratigraphy and sedimentology ,annex 2 : core description , volume IV .
- Hamdidouche, R. 1997.** thèse de magistère : le bassin salifère de Béchar-Kenadsa, étude sédimentologique et dynamique.
- Hamdidouche.R (1997** thèse de magister) le Béchar-Kenadsa : Etude sédimentologique et dynamique.
- Hamidouche.K** (Mémoire d'ingénieur d'état) : interprétation sismique et évolution paléo structurale du périmètre Guern el Guessa (SONATRACH).
- Hammali, M. Déc 2016.** rapport final, projet ; étude du dévonien inférieur dans la région de Mami et Béchar, Guern Cheikh.
- Hareche et Mamani 1994:** le bassin salifère de Béchar, étude de la structure, analyse de la subsidence.
- J.Conrad, 1971.** La synthèse sur l'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algériens. Bull.SCG.Algerie. Nouvelle série N5 41 p.
- Kazi Tani,N., 1986.** Evolution géodynamique de la bordure nord africaine : domaine intra-plaque nord algérien. Approche megasequentielle. Thèse de doctorat. univ. Pau.

- Khalidi, M.Y., El Moumen, N. 2008.** Etude lithostratigraphiques et environnementale du Dévonien inférieur du secteur d'Ain Echikh (bassin Reggane; Sahara algérien). Mém. Ing, 75 p.27 fig
- Khoudjaoui, A.2008.** Le Dévonien inférieure du bassin de Reggane (Sahara occidentale Algérien : sédimentologie, biostratigraphie, et stratigraphie séquentielle) .
- Kostenko.A (1989).**Tectonique de la région de Béchar – Oued Namous.
- Lamara, M.** (superviseure de la région Béchar Oued N'Amous). rapport sismique du carbonifère et Dévonien supérieure au Sud du périmètre Abadla-Kenadsa. Rapport interne Sonatrach.
- Le maitre, D. 1952.** La faune du dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'erg El-Djemel (sud oranais) bulletin SCG Algérie 1° série paléontologique n°12.
- Legrand, PH. (1962).** Nouvelle connaissances acquises sur les limites des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara septentrional.sym.Silur.Dévon.greuz, Bonn, 1960.
- Maache , N.1987.** Etude sédimentologique des séries du dévonien de la Saoura, mont de l'Ougarta, Sahara nord occidental, Thèse 3eme cycle. université de paris.
- Machinkoff , M. 1936.** description géologique des confins Algéro-Marocains du sud, BSGF (5), T.VI.
- Magloire (1968-1987).** Synthèse palynologique du Silurien Dévonien inférieur du bassin de polymac de Béchar.
- Nedjari .A.1994.** image et événements fini hercyniens de l'ouest du Maghreb (Algérie, Maroc) Mémoire service géologique de l'Algérie.
- Nedjari. A.1991.** Dynamique du remplissage Moscovo-Permien du bassin de l'avant fosse de Bechar (Algérie), électroséquence, modèle sédimentaires. Paléopédogenèses. Thèse de docte tat USTHB, Alger, 289p
- Ouali et Mehadj.A.(2009.2011)** . Paléogéographie de la plate forme saharienne occidentale au Praguien.
- Ourzik.H** (Thèse d'ingénieur d'état en géologie1998). perspective pétrolière de la région de Bechar et Oued Namous, réalisé à Division Exploration Département Association.
- Perrodon, A. 1980.** Géodynamique pétrolière, genèse et répartition des gisements d'hydrocarbures. 2ème édition. Ed elf aquitaine 381p.
- Perrodon, A. 1985.** étude géologiques des bassins néogène sublittoraux de l'Algérie occidentale (essai d'interprétation paléogéographique), SONATRACH.
- Rapport interne Sonatrach, décembre 2004.,** division exploration : Analyse séquentielle, milieu de dépôts et répartition des faciès gréseux du Dévonien inférieur et supérieur dans le périmètre Bechar.
- Rapport interne Sonatrach, division exploration.2005.** étude géologique des réservoirs du Dévonien inférieur de la région Bechar Oued –Namous.
- Rapport interne Sonatrach. 2004.** Pétrographie et diagenèse des réservoirs Siéginien et Faminien de la région de Bechar Oued -Namous
- Rapport Sonatrach /Shlumberger, subdivision exploration-** Département d'Illizi.
- Sonatrach / Beicip-Franlab 2013.** Rapport interne ODS N° 12/ODS 26.
- Sonatrach. 1993.** Etude de la structuration hercynienne sur le système pétrolière de bassin de Tindouf. Thèses d'ingénieur d'état en géologie Subdivision exploration Sonatrach.
- Ziad.F.** (thèse d'ingénieure d'état 1999). Dévonien inférieure de la région Voute d'Allal, sédimentologie, paléogéographies, évolution des réservoirs. (Université USTHB).

ANNEXE



Photo.0.1. : Photo de carottes 05 prélevé au sein de puits P2, l'intervalle 2040 – 2050 m.



Photo de la carotte 01 prélevée au sein de puits P2, l'intervalle 2103 – 2110 m.