



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**DEPARTEMENT DES
SCIENCES GEOLOGIQUES**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : GEOLOGIE

Spécialité : Bassins sédimentaires

THEME

**DECOUPAGE SEQUENTIEL PAR DES METHODES
DIAGRAPHIQUES DU RESERVOIR EIFELIEN DE
LA REGION DE MENZEL LEDJMET ET EL
HAIAD DU BASSIN DE BERKINE**

Réalisé Par :

MEGDOUD Nabila et AMARA Assia

Soutenu le 23/12/2017, devant le jury composé de :

Mr. AMROUCHE. F	MAA/UMMTO	President.
Mr. KARDACHE. R	MCA/UMMTO	Promoteur.
Mr. MEDAOURI. M	Derecteur Berkine Ouest, Sonatrach	Co-promoteur.
Mr. AHMED ZAID. I	MCA, FSBSA/UMMTO	Examineur.

Promotion 2016/2017

Remerciements

Merci pour Dieu qui nous a donné la force, la volonté et la patience durant ces longues années pour achever nos études en pleine forme et santé.

Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans l'assistance et le soutien de plusieurs personnes qui étaient toujours disponibles pour nous donner l'information et le conseil. Nous saisissons cette occasion pour leur exprimer notre profonde gratitude tout en leur témoignant notre respect.

En premier lieu, nous tenons à exprimer, notre profonde reconnaissance à notre Co-promoteur Mr. REZZOUG.S et Promoteur, Mr. KARDACHE.F.

Tous nos vifs et profonds remerciements à Mr. MEDAOURI M. qui nous a proposé et a accueilles au sein de la société SONATRACH. De plus, il a supervisé et mis à notre disposition les moyens et les données dont ils disposaient.

Un grand remerciement à tous les ingénieurs du Département de géologie du Berkine Ouest.

Notre immense reconnaissance à tous les enseignants du département des sciences géologique de l'ummo.

En fin, nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidées de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.



Dédicace

A ma Mère

**Toi qui n'as jamais cessé de me témoigner tout L'amour et le dévouement
maternel Toi qui as déployé tout pour faire de moi une femme instruite et
Responsable dans la vie**

A mon adorable Père qui m'a toujours aidée et conseillée

A mes sœurs *SANANE* et *LYNDA*

A mon frère *LYES*

A mon chère Amie *NADJIB* qui m'a toujours encouragée.

A mes chers amis *Mounia, Nabila, Radouan, Yasmine, Fatima, Siham,*

Amine et Walid

ainsi que tous mes amis qui m'ont toujours encouragée



MEGDOUD NABILA



Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

A mes parents ma mère et mon père pour
la patience leur amour, leur amour, leur soutien,
leur encouragements.

A mes frères Rabah, Ahmed, Khaled,
Ibrahim, et Kaci qui m'ont assisté dans ces
moments difficiles.

A ma sœur Fadhila qu'a cessé d'être pour
moi un exemple de persévérance, de courage,
et de générosité.

A mes amis et amies et mes camarades
surtout Hamza et Amina, Naoual, Mounia, Zhour,
Zakia qui n'ont cessé de m'encourager.

ASSIA.A

Sommaire

Avant-propos

Introduction générale

1. Introduction générale

2. Objectif d'étude

Chapitre 1 :

Généralités sur le bassin de Berkine

1.1.Introduction	01
1.2. Présentation du bassin de Berkine	01
1.2.1. Situation géographique et géologique du bassin de Berkine	01
1.2.1.1. Situation géographique du bassin Berkine.....	01
1.2.2.2. Cadre géologique.....	03
1.2.2. 1.2.2. Stratigraphie du bassin de Berkine	04
A. Socle.....	04
B. Paléozoïque.....	04
a) Cambrien.....	04
b) Ordovicien.....	04
c) Silurien.....	04
d) Dévonien.....	04
e) Carbonifère.....	05
C. Mésozoïque.....	05
a) Trias.....	05
b) Jurassique	05
d) Crétacé.....	05
D. Cénozoïque.....	05
a) Mio- Pliocène.....	05
b) Quaternaire.....	05
1.2.3. Cadre structural.....	07
1.2.3.1. Les phases tectoniques	08
a. Phase Panafricaine.....	08
b. Phase Taconique.....	08

c. Phase Calédonienne.....	09
d. Phase Hercynienne.....	09
e. Phase de Rafting Trias-Jurassique.....	09
f. Phase Autrichienne.....	09
g. Phase Alpine.....	09
1.2.4. Historique de l'exploration	10
1.3. Présentation de la région de Menzel Ledjmet et El Haïad	11
1.3.1. Situation géographique de la zone d'étude	11
1.3.2. Cadre stratigraphique	12
A. Paléozoïque.....	12
a) Cambrien.....	12
b) Ordovicien.....	12
c) Silurien.....	12
d) Dévonien.....	12
e) Carbonifère.....	12
B. Mésozoïque.....	12
a) Trias.....	12
b) Jurassique.....	13
c) Crétacé.....	13
C. Cénozoïque.....	13
a) Mio-pliocènes.....	13
b) Quaternaire.....	13
1.3.3. Système pétrolier.....	15
1.3.3.1. Définition	15
a) Roche mère	15
b) Roche réservoir	15
c) Roche couverture	15
d) Les pièges	15
1.3.3.2. Système pétrolier de la région d'étude	16
A. Roches réservoirs	16
B. Roches mères	17
C. Roches couvertures	17
1.3.3.3. Résultats pétroliers.....	17

Chapitre 2 :

Données et méthodologies

2.1. Données utilisées dans d'étude	19
---	----

2.1.1. Données des carottes	19
2.2.2. Données diagaphies	21
2.2. Méthodologie de travail	23
2.2.1. Généralités sur sédimentologie	23
3.2.1.1. Rappel sur les environnements dépôt	23
A. Dépôts continentaux	23
B. Dépôts marins	24
C. Dépôts mixtes	25
3.2.2. Rappel sur les paramètres de l'identification de milieu dépôt	27
A. Structures sédimentaires	27
a) Structures liées à l'action des courants	27
- Stratifications horizontales	27
- Stratifications obliques ou entrecroisées	27
- Stratifications obliques et les stratifications en auge	27
- Starifications en mamelon (Hummocky Cross Stratification)	27
- Stratifications lenticulaires (lenticular bedding)	28
- Litage en flaser (flazer bedding)	28
- Litage ondulé (wavy bedding)	28
b) Structures liées à l'activité des organismes	29
1) Traces fossiles	29
2) Terriers	29
2.2.2. Généralités sur les diagaphies	31
A. Méthodes d'analyse séquentielle diagaphique	31
a) Gamma Ray	31
b) Sonique	32
c) Polarisation spontanée (PS)	32
d) Résistivité	32
2.2.3. Généralités sur la stratigraphie séquentielle	34
2.2.3.1. Notion de séquence stratigraphique selon les deux modèles	34
A. Selon le modèle d'EXXON	34
B. Selon modèle de Galloway (1988)	34
4.2.3.2. Types de séquences	34
2.2.3.3. Discontinuités stratigraphiques de la séquence	35
A. Discordance de (Unconformity SB)	35
B. Surface de transgression (flooding surface FS ou ST)	35
C. Surface d'inondation maximale (maximum flooding surface MFS ou SIM)	36

2.2.4. Méthodologie suivie dans l'étude	37
---	----

Chapitre 3 :

Résultats de l'étude sédimentologie

3.1. Introduction	38
3.2. Description des carottes	38
a) Carotte N°1	38
b) Carotte N°2	45
c) Carotte N°3	47
d) Carotte N°4	49
3.3. Modèles de dépôt	51
3.4. Conclusion	54

Chapitre 4 :

Résultats de Stratigraphie séquentielle

4.1. Introduction	55
4.2. Découpage séquentielle.....	55
4.2.1. Identification des discontinuités d'Eifélien.....	55
4.2.2. Identification les unités séquentielles d'Eifélien.....	56
A. Puits S-1.....	56
B. Puits S-2.....	58
C. Puits S-3.....	59
D. Puits S-4.....	60
4.3. Corrélations.....	62
4.3.1. Corrélations séquentielles.....	62
4.3.2. Interprétation lithostratigraphique et séquentielles des profils de corrélations.....	63
A. Profil de corrélation Nord /Sud	63
a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifélien F3	63
b) Corrélation séquentielle	63
B. Profil de corrélation Ouest/Est	65
a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifélien F3	65
b) Corrélation séquentielle	65
C. Profil de corrélation Nord-Est / Sud-Ouest	67
a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifélien F3	67
b) Corrélation séquentielle	67
D. Profil de corrélation Nord-Ouest / Sud-Est	69
a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifélien F3	69

b) Corrélation séquentielle	69
4.4. Cartes en iso-Sand de réservoir d'Eifelien F3	71
A. Carte en iso-sand de la séquence 01.....	71
B. Carte en iso-sand de la séquence 02.....	72
4.5. Conclusion	73

Conclusion Générale

Références Bibliographiques

Liste des figures

Liste des figures

Figure.1 : Situation géographique du bassin de Berkine.....	02
Figure.2 : Carte présente les structures géologiques du bassin de Berkine	03
Figure.3 : Coupe stratigraphique du bassin de Berkine	06
Figure.4 : Les axes structuraux du bassin de Berkine	08
Figure.5 : Carte de situation géographique de la zone d'étude Menzel Ledjmet-El Haïad ...	11
Figure.6 : Colonne stratigraphique synthétique de la zone d'étude	14
Figure.7 : Carte des limites d'extension de la roche mère et des réservoirs à l'intérieur du bassin de Berkine	18
Figure.8 : Photo de carottes	19
Figure.9 : Exemple de fiches de description des carottes scannées utilisé dans l'étude.....	20
Figure.10 : Carotte calibrée	21
Figure.11 : Stratigraphie séquentielle de la carotte N°2.....	22
Figure.12 : Situation des puits.....	22
Figure.13 : Principaux types de barres fluviales, (1) chenal droit, (2) chenaux en tresse.....	23
Figure.14 : Zonation bathymétrique du littoral et de la plate-forme continentale	24
Figure.15 : Principales composantes morphologique et sédimentaire communes à tous les deltas.....	25
Figure.16 : Structures et les figures sédimentaires	28
Figure.17 : Divers types de litage en flaser, ondulé et lenticulaires rencontres dans les alternances argilo-gréseuse	29
Figure.18 : Répartition des traces d'activité, en milieu Marin, selon SEILACHER. Dans la zone tidale, les organismes fouisseurs, creusent des terriers en U	30
Figure.19 : Classification de Shell	33
Figure.20 : Succession progradante, rétrogradante et aggradante par rapport à la paléo ligne de rivage	35
Figure.21 : Terminologie séquentielle	36
Figure.22 : Faciès de chenaux distributaires	38
Figure.23 : Faciès de chenaux deltaïque dominé marée	39
Figure.24 : Faciès Shoreface inférieur /Offshore supérieur	40
Figure.25 : Carotte N°1	41
Figure.26 : Carotte N°1	42
Figure.27 : Carotte N°1.....	43

Figure.28 : Carotte N°1	44
Figure.29 : Faciès de chenaux deltaïques à influence des marées	45
Figure.30 : Carotte N°2.....	46
Figure.31 : Faciès de chenaux distributeurs	47
Figure.32 : Carotte N°3	48
Figure.33 : Faciès des chenaux deltaïques et de l'Offshore supérieur à Shoreface inférieur...	49
Figure.34 : Carotte N°4.....	50
Figure.35 : Modèles de dépôt et position relative des puits au sein des systèmes	53
Figure.36 : Stratigraphie séquentielle d'Eifelien du sondage S-1.....	57
Figure.37 : Stratigraphie séquentielle d'Eifelien du sondage S-2.....	58
Figure.38 : Stratigraphie séquentielle d'Eifelien du sondage S-3.....	59
Figure.39 : Stratigraphie séquentielle d'Eifelien du sondage S-4	61
Figure 40 : Corrélation séquentielles et diachronisme des facies	62
Figure.41 : Profil de corrélation Nord / Sud passant par les puits S-10, S-6, S-1 de La zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad)	64
Figure.42 : Profil de corrélation Ouest / Est passant par les puits S-10, S-4, S-3 et S-8 de La zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).....	66
Figure.43 : Profil de corrélation Nord-Est /Sud-Ouest passant par les puits S-10, S-6, S-2 de la zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad)	68
Figure.44 : Profil de corrélation Nord-Ouest /Sud-Est passant par les puits S-10, S-6, S-2 de la zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad)	70
Figure.45 : Carte iso-sand de la séquence 01 de La zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad)	71
Figure.46 : Carte iso-sand de la séquence 02 de La zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).....	72
Figure.47 : Nomenclature proposé pour l'Eifelien de Menzel Ledjmet et El-Haïad	73

Liste des tableaux

Tableau.1 : Correction des profondeurs des carottes.....	22
---	----

Résumé:

Le secteur d'étude, constitué par les régions de Menzel Ledjmet et El Haïad, se situe dans la partie méridionale du bassin de Berkine.

L'objectif visé à travers cette étude est de visualiser la géométrie tridimensionnelle des séquences sédimentaires constituant le réservoir Eifélien F3, et la distribution latérales et verticales des corps sédimentaires, en particulier les corps gréseux constituant la roche réservoir.

A cet effet, deux types de données de puits ont été utilisés, données de carottes et données de diagraphies. La description des carottes combinées au découpage séquentiel des séquences stratigraphiques obtenu par les méthodes de diagraphies, ont permis la détermination des faciès et des environnements de dépôt du réservoir Eifélien, ainsi que l'établissement des corrélations et des cartes en iso-sand.

Dans les régions de Menzel Ledjmet et El Haïad, le réservoir Eifélien F3 est constitué par trois faciès : (1) faciès fin à grossier gréseux, (2) faciès fin à très fin gréseux hétérolithiques et (3) faciès très fins et argileux sombres. Les faciès (1) et (2) correspondant respectivement aux chenaux distributeurs et aux chenaux à l'influence de marée, appartiennent au milieu deltaïque alors que le faciès (3) est marin correspondant au dépôt de Shoreface à l'Offshore.

Par ailleurs, deux séquences ont été obtenues au niveau du réservoir Eifélien F3, l'épaisseur de la séquence 2 des corps sédimentaires plus développée au Sud par rapport à la séquence 1 entre 62 m à 85m.

Les grès deltaïques au sommet du réservoir Eifélien F3 plus développés dans la partie sud du secteur d'étude, sont constitués de grès propre ce qui leur confère un potentiel en hydrocarbures à explorer.

Les mots clés : le réservoir Eifélien, Menzel Ledjmet et El Haïad, dépôt deltaïque, découpage séquentielle, les grès, Berkine.

Introduction générale

1) Introduction générale :

La dernière décennie a été marquée par un événement majeur qui est la découverte du champ de Berkine. Ce bassin est de la province orientale, grâce à son importance pétrolière, compte le plus grand nombre de partenaires étrangers opérant dans le cadre de la coopération avec la Sonatrach.

Le thème, proposé par le Département du bassin de Berkine Ouest, porte sur le découpage séquentielle par des méthodes diagaphiques du réservoir Eifelien F3 de la zone de Menzel Ledjmet et l'El Haïad du bassin de Berkine.

2) Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude est de faire une approche des caractéristiques sédimentologiques et analyse séquentielle du réservoir d'Eifelien F3 dans la région de Menzel Ledjmet et El Haïad, et ce dans le but de visualiser la géométrie tridimensionnelle des séquences constituant le réservoir Eifelien F3 et la distribution latérales et verticales des corps sédimentaires, en particulier les corps gréseux constituant la roche réservoir.

Cette étude est répartie sur quatre parties :

- _ **La première partie :** Expose l'aspect géologique général du bassin de Berkine et de la région de Menzel Ledjmet et l'El Haïad.
 - _ **La deuxième partie :** A pour le but de déterminer l'environnement de dépôt du réservoir sur la base de description des carottes puis concevoir un modèle de dépôt possible à l'échelle de la région d'étude.
 - _ **La troisième partie :** Comporte des données et méthodologie de travail de cette étude.
 - _ **La quatrième partie :** Application de la stratigraphie séquentielle au niveau des puits de la région d'étude se basant sur la description des carottes et les réponses diagaphiques, et l'établissement des corrélations pour obtenir la variation latérale et verticale du réservoir Eifelien F3.
-

Chapitre 1 :

Généralités sur le bassin de Berkine

1. Généralités sur le bassin de Berkine

1.1. Introduction :

Le bassin de Berkine-Ghadames est un bassin intracratonique, représente la partie la plus affaissée de la synclise Est, où le socle est rencontré à la cote absolue de 7500m. Il s'étend sur une superficie de 350.000Km², couvrant trois pays,

- L'Algérie orientale : environ 103.000 Km² à l'Ouest.
- La Libye occidentale : environ 200.000 Km² à l'Est.
- Le Tunisie au Sud : environ 47.000 Km².

Il est limité au Nord par le môle de Dahar-Naffusah, au Sud-Est par le soulèvement de Qarquaf (Libye), au Sud par le bouclier du Hoggar (Algérie). La limite occidentale est représentée par le môle Amguid El Biod (Algérie), tandis que la limite orientale n'est pas bien définie.

1.2. Présentation du bassin de Berkine

1.2.1. Situation géographique et géologique du bassin de Berkine

1.2.1.1. Situation géographique :

Le bassin de Berkine occupe la partie Nord-Est du grand Erg oriental de la plate-forme saharienne algérienne. La superficie globale du bassin de Berkine est de l'ordre de 102.395,86 Km², il est limité:

- A l'Est par les frontières tunisiennes et libyennes.
- Le bassin d'Illizi au Sud.
- Le dôme de Dahar au Nord.
- Hassi-Messaoud à l'Ouest.

Ce bassin est limité par les coordonnées géographiques suivantes :

- Latitude 1 : 29° 30' N.

Et :

- Longitude de 5° 55' E.

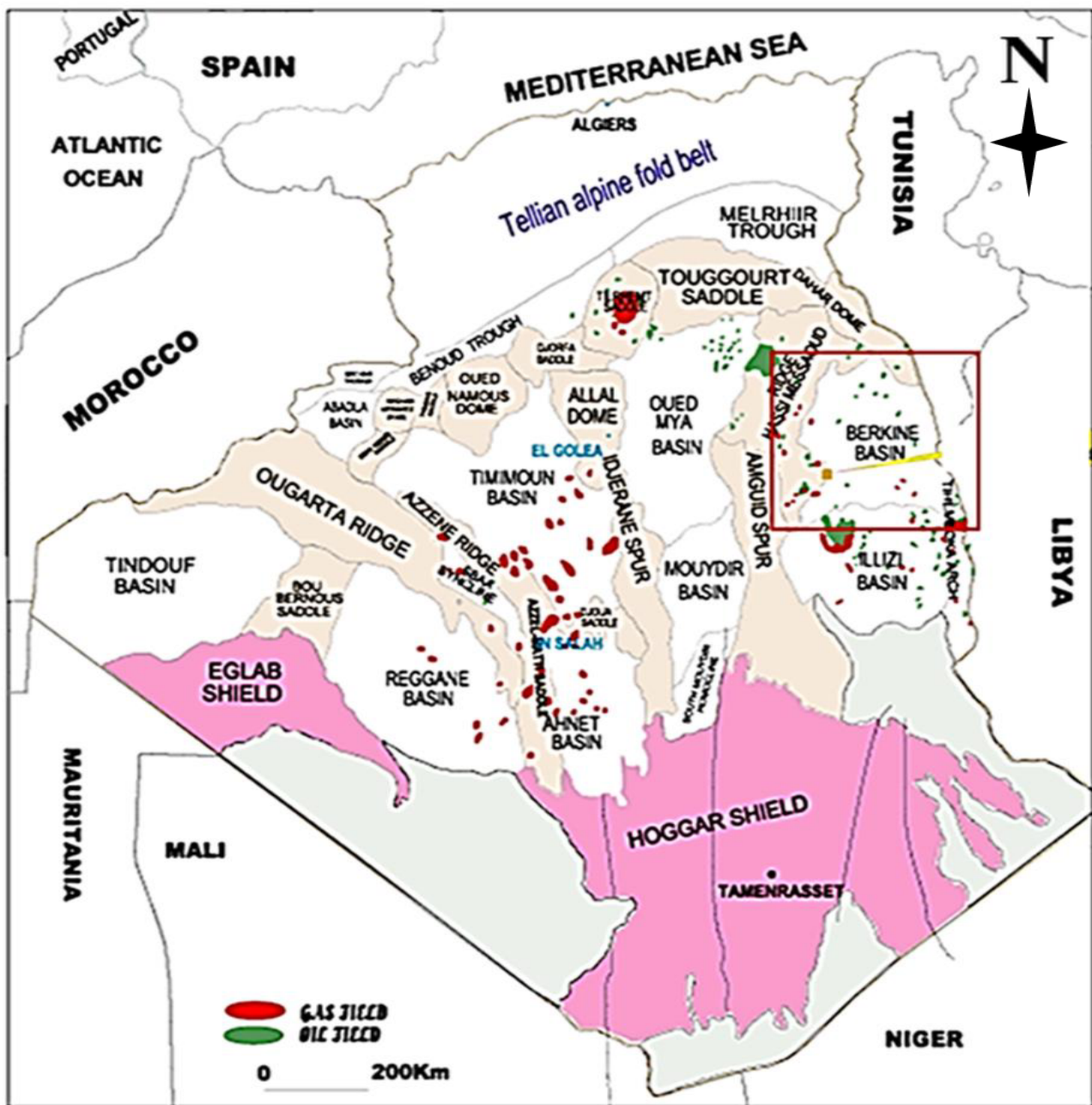


Figure n°1: Situation géographique du bassin de Berkine (Sonatrach, 2003).

1.2.1.2. Situation géologique :

De point de vue géologique, le bassin de Berkine, est de type intracratonique. Les limites du bassin de Berkine sont :

Au Nord par les structures Est-Ouest Djemaa Touggourt et le môle de Dahar,

Au Sud par le môle d'Ahara et la zone haute d'El Ouar d'orientation Est-Ouest,

À l'Est par, le bassin de Syrte entre la Tunisie et la Libye, avec une série de failles de direction NO-SE.

À l'Ouest par, le môle d'Amguid El Biod-Hassi Messaoud.

Ce bassin est le résultat des différentes phases tectoniques depuis le Précambrien jusqu'au Tertiaire.

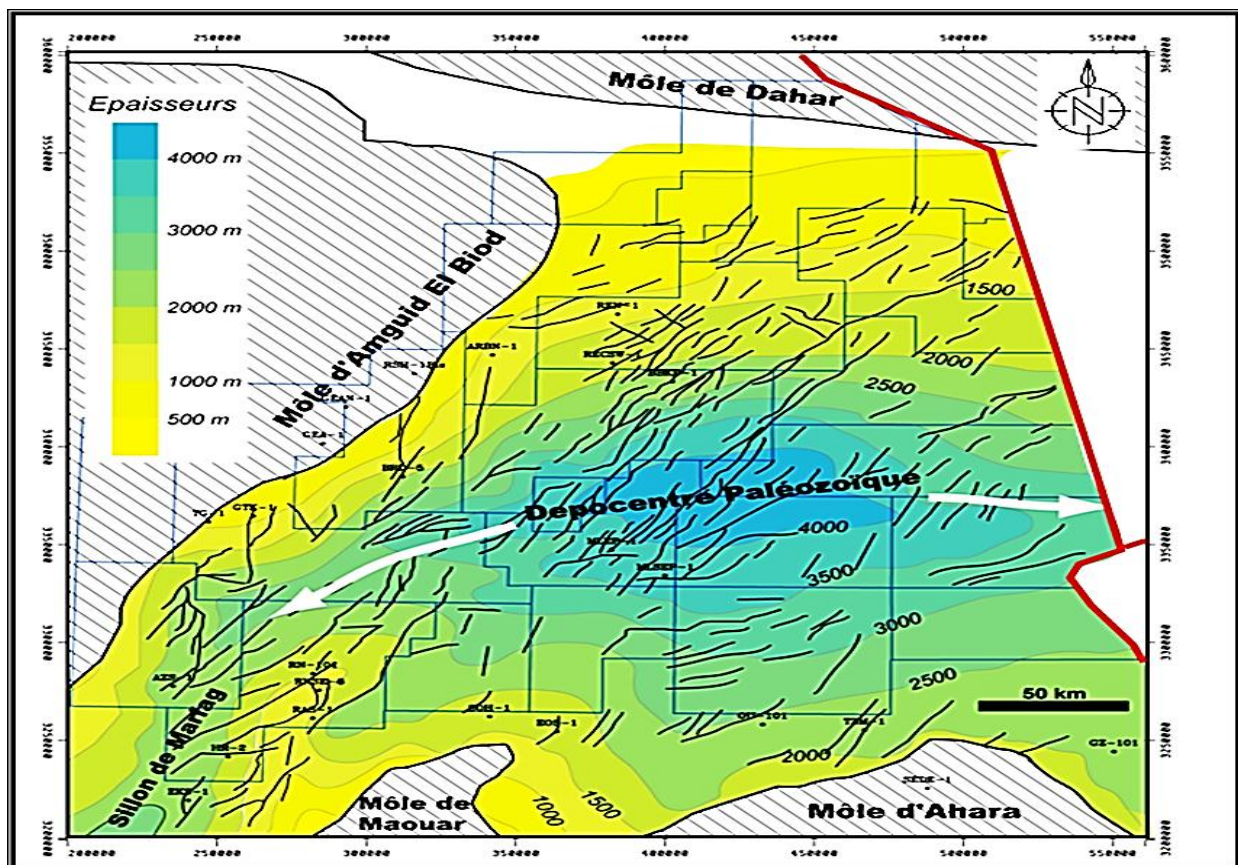


Figure n°2: Carte des structures géologiques du bassin de Berkine (Etude Beicip, 2012).

1.2.2. Stratigraphie du bassin de Berkine

La série stratigraphique du bassin de Berkine est essentiellement composée de dépôts Mésozoïques reposant en discordance sur des formations du Paléozoïque. En fin, un épandage détritique repose en discontinuité sur le Mésozoïque. La série lithostratigraphique du bassin est constituée des formations suivantes:

A. Socle :

Le socle composé de roches précambrien sur lesquelles reposent en discordance les formations paléozoïques.

B. Paléozoïque :

a) Cambrien :

Ces dépôts reposent sur un socle Précambrien, il est représenté par des grés et des quartzites à passées conglomératiques. L'épaisseur moyenne de cette formation est de 300, environ.

b) Ordovicien :

Ces dépôts sont représentés par un ensemble de sédiments détritiques. Du bas en haut, on distingue les unités lithologiques suivantes:

- Les argiles d'El Gassi.
- Les grés d'El Atchane.
- Les Quartzites de Hamra.
- Les grés d'Ouargla.
- Les argiles d'Azzel.
- Les grés d'Oued Saret.
- Les argiles micro conglomératiques
- Les grés de Ramade.

c) Silurien :

Cette période est caractérisée par une sédimentation terrigène, fine, argileuse en milieu marin d'une épaisseur moyenne de 600 m. Elle est composée essentiellement par des argiles noires fossilifères sur lesquelles, reposent des grés argileux. Les Argiles noires forment un repère stratigraphique connu sur l'ensemble de la plateforme saharienne.

d) Dévonien : Le dévonien est formé de trois époques à savoir :

- **Dévonien inférieur** : Composé d'une alternance argilo-gréseuse.
- **Dévonien moyen** : Caractérisé par un dépôt argileux comporte des intercalations de niveaux carbonatés.
- **Dévonien supérieur** : Représenté par des argiles à passées de marne, calcaire et dolomie, au sommet on trouve des grès et des silts.

e) Carbonifère : Les formations carbonifères sont formées de bas en haut par :

- **Carbonifère inférieur :** Représenté par une alternance d'argiles, de silts et de grès avec des passées de roches carbonatées.
- **Carbonifère supérieur :** Représenté par une alternance de grès et des argiles à la base, et on observe aussi des carbonates dans la partie centrale.

C. Mésozoïque :

a) Trias : Le trias est subdivisé comme suit :

- **Trias Argilo-Carbonaté (TAC) :** Constitué d'argile brun rouge, rarement grise verte à éléments fins à moyens devenant grossiers vers le bas avec intercalation d'argile gris vert et brunâtre indurée, siliceuse et feuilletée.
- **Trias Argilo- Gréseux inférieur (TAGI) :** Constitué de grès gris blancs à blancs et gris vert, fins à moyens parfois grossiers sub-arrondis à sub-anguleux, siliceux à silico-argileux, localement pyriteux, friables à moyennement consolidés avec intercalations d'argile brun rouge parfois gris-vert tendre à indurée silteuse.
- **Trias Argilo- Gréseux supérieur (TAGS) :** Constitué de grès gris blancs, très fins, siliceux à silico-argileux, durs avec intercalations d'argile brun rouge et gris vert, tendre à indurée, silteuse.

b) Jurassique :

Les formations du Jurassique ont une épaisseur de 770 m, elles sont composées de sédiments marins lagunaires.

d) Crétacé :

Le Crétacé est partout présent, sur la plateforme saharienne. Il est caractérisé par une épaisseur de 1250 en moyenne. Les formations du Crétacé sont composées d'alternances des grés, d'argiles, de dolomies et de calcaires ainsi que de quelques passées d'anhydrites, gypses et de sels. Il devient essentiellement carbonaté vers le sommet.

D. Cénozoïque:

a) Mio- Pliocène :

Les formations du Mio-pliocène sont constituées de sable blanc à translucide, jaunâtre, localement rougeâtre, rarement rosâtre fin à moyen, parfois grossier subarrondi à arrondi avec des intercalations d'argile brun rouge sableuse, avec la présence parfois de banc de calcaire argileux.

b) Quaternaire :

Ce sont des sables dunaires.

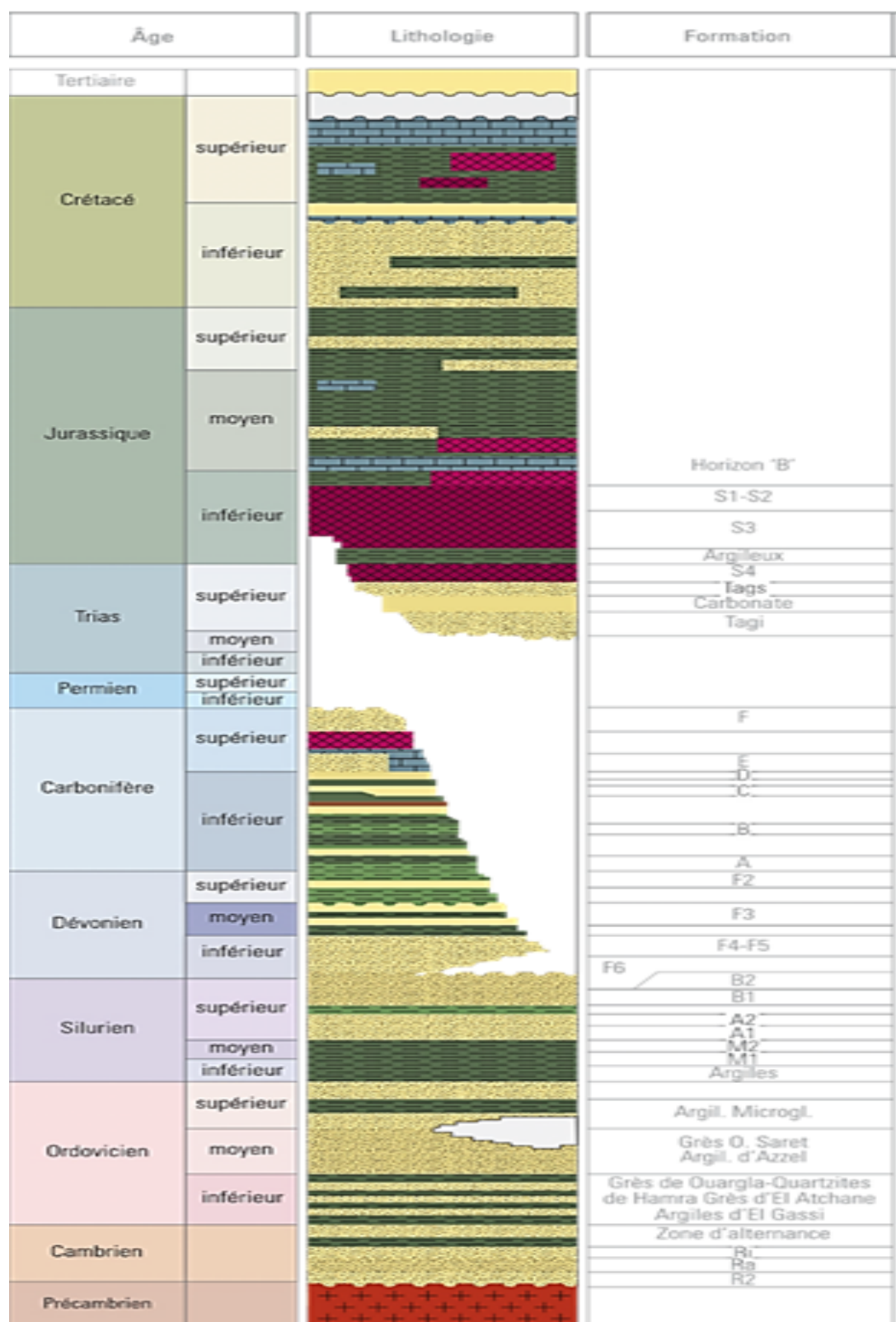


Figure n°3 : Coupe stratigraphique du bassin de Berkine (Sonatrach / Schlumberger, 2007).

1.2.3. Cadre structural du bassin de Berkine

Le bassin de Berkine est classé comme un bassin intracratonique, où la déformation se propage sur de vastes surfaces. Le bassin est caractérisé par deux domaines principaux :

- **Domaine Ouest** : Domaine très structuré, où les accidents présentent des rejets importants et les structures sont de grandes amplitudes.
- **Domaine centre** : Domaine où les structures sont relativement moins prononcées avec une remontée monoclinale vers le Nord au niveau de Dahar pour les formations paléozoïques.

Les failles qui résultent de la tectonique cassante, ayant affectée les deux domaines sont multidirectionnels. Les études structurales ont montré que les accidents Nord-Est /Sud-ouest seraient dus principalement aux mouvements distensifs à la fin Trias-début Jurassique.

Les failles régionales ont défini des trends structuraux majeurs sur lesquels viennent se greffer les pièges et gisements d'huile et de gaz dans le bassin.

Plusieurs axes structuraux ont été mis en évidence dans le bassin de l'Ouest vers l'Est :

- L'axe structural de Zemoul Kbar-Rec (ZEK-REC).
- Les axes structuraux Oued El Teh-Bir Berkine (WT-BBK) et El Borma.
- L'axe structural d'Ourhoud-Sif Fatima.
- L'axe structural Rhourd Kerma-Rhourd yakoub (RKE-RY).
- Le complexe structural Menzel Ledjmet Sud-Est/El Merk Nord (MLSE-EMN).
- L'axe structural Akfadou Zemlet cherguia-El Merk Est (ZCH-EME).

Les principales orientations des failles observées sont:

- **Direction subméridienne** : Les failles subméridiennes se caractérisent par de forts rejets, pouvant atteindre 200m comme dans le cas de la faille de Ramade, et 500m et plus dans la région de Rhourde Nouss, avec des structures de grandes amplitudes (la structure de Rhourde Nouss atteint 900m de fermeture structurale).
- **Direction Nord-Est / Sud-Ouest** : Les failles N-E/S-W sont caractérisées par une composante de décrochement important avec ramification dans la partie supérieure. Les structures associées sont des blocs basculés ou des structures « en fleur ». Cette direction interfère avec la direction subméridienne. Sur la majorité des rejeux tectoniques à caractère inverse (faille inverse) s'appuient des structures anticlinales.

En plus il y'a d'autres orientations secondaires de failles qui existent localement :

- **Direction Nord 70 :** Elle se retrouve dans la région de Rhourde Nouss, au niveau de la structure Taouil et dans la région de Menzel Ledjmet.
- **Direction subéquatoriale :** Au Sud-Est d'Ahara et à l'Ouest sur le trend Tartrat.

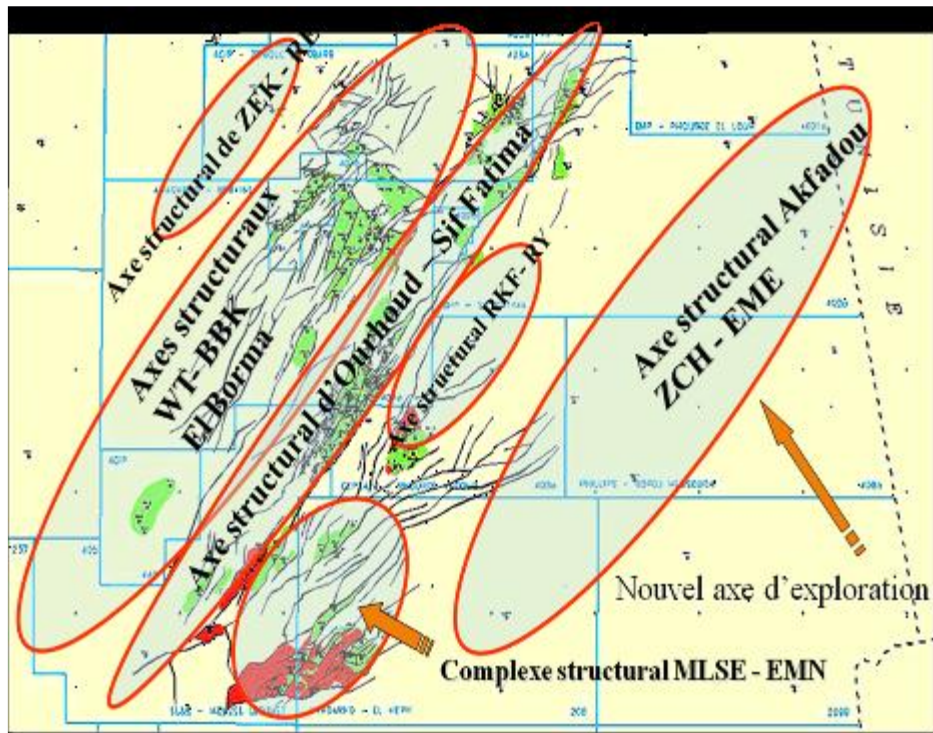


Figure n°4 : Les axes structuraux du bassin de Berkine (Sonatrach, 2006).

1.2.3.1. Les phases tectoniques :

L'image structurale actuelle du bassin est le résultat de nombreuses phases tectoniques compressives et dispersives qu'a connu la plate-forme saharienne. Ces différentes phases se traduisent par la déformation et l'érosion de la sédimentation.

a. Phase Panafricaine :

C'est une phase compressive, elle résulte d'une collision continentale entre le Craton Ouest Africain rigide et le Craton Est Africain plus plastique qui a engendré des failles subméridiennes et des reliefs Précambriens.

b. Phase Taconique :

Il s'agit d'un mouvement compressif, ressenti le long des accidents subméridiens accompagnés de soulèvements régionaux, en particulier Reguibat et Touareg. Ces soulèvements ont été suivis d'une érosion atteignant parfois l'Ordovicien inférieur.

c. Phase Calédonienne :

C'est une phase compressive, elle est à l'origine du passage brutal du milieu marin vers l'installation d'un milieu plus continental, prédominé par un faciès gréseux.

d. Phase Hercynienne :

C'est l'événement majeur qui termine le cycle sédimentaire du Paléozoïque, deux directions serrage majeur se font manifester, suivies d'une érosion importante et progressive des séries Paléozoïque du Sud-Est vers le Nord-Ouest. On distingue deux phases :

- La phase secondaire précoce ou régime de contraintes correspond à une compression de direction 40°N.
- La phase principale tardive de direction 120°N.

Le bassin de Berkine a été basculé vers le Sud-Est sous l'effet de cette phase, ce qui a engendré une érosion intense au Nord-Ouest et la préservation au Sud-Est.

e. Phase de Rifting Trias-Jurassique :

A cause d'importantes variations d'épaisseur de part et d'autre des failles Nord-Est/Sud-Ouest.

f. Phase Autrichienne :

Elle est caractérisée par des mouvements compressifs (E/W), elle est à l'origine de la plupart des pièges localisés dans l'Ouest du bassin. Ces mouvements sont traduits par :

- Le jeu inverse des accidents subméridiens, avec création des plis de même orientation.
- Le jeu en décrochement dextre avec création des plis d'enchaînement des accidents d'orientation N-E/S-W.

g. Phase Alpine :

Son effet c'est surtout traduit par des réajustements et des inversions structurales sur les accidents NE-SW.

1.2.4. Historique de l'exploration :

L'exploration du bassin Berkine a commencé les années 60, sur ses bordures dans les régions Rhoude-Nouss, Gassi Touil (à l'Ouest), El Borma au (Nord-Est) et sur le môle d'Ahara (au Sud). Les objectifs pétroliers étaient l'exploration des structures mises en évidence par la sismique acquise dans les années 56.

Des résultats pétroliers probants sont obtenus, à partir des réservoirs du Trias, du Dévonien, du Silurien et du Cambro-Ordovicien dans la partie Ouest du bassin de Berkine.

Toute la partie centrale du Bassin de Berkine avait été délaissée pour deux raisons majeures, durant cette époque.

Accès très difficile dans l'Erg Oriental et étant dans la partie centrale laissant comprendre un maximum d'enfouissement avec génération de gaz sec et migration des hydrocarbures vers les bordures.

En 1962, la compagnie ESSO a pénétré dans l'Erg oriental pour forer RE-1 (bloc 403).

Dix puits ont été forés durant les années 1960, six durant la décennie suivante et six autres durant les années 1980.

Les objectifs assignés à ces puits étaient le Dévonien inférieur et le Cambro-Ordovicien.

La compagnie TOTAL, avec les forages BBK, BBKN a mis en évidence des accumulations jugées non commerciales dans le trias, classé alors comme objectif secondaire.

La première découverte commerciale d'huile dans le Siégénien, dans le bassin de Berkine date de 1991, réalisée en association avec la société AGIP (Gisement de BRN).

A partir de 1991, plusieurs découvertes vont se succéder (RKF, EMK, BK ,etc.) pour rendre le Bassin de Berkine très attractif et lui donné le rang de « province pétrolière » grâce aux réserves en place dans le Trias devenu objectif primaire.

Le Carbonifère comme objectif pétrolier dans le Bassin de Berkine a été évoqué après la mise en évidence de l'huile dans le « Upper RKF ».

Plusieurs sondages, forés entre 1995 et 1997, ont montré la possibilité d'extension de ce Play Carbonifère vers MLE, MLN, EME.

A l'exception de l'association Sonatrach / SEPSA qui produit à partir du Carbonifère, les autres associations ne semblent pas être déterminées à développer les hydrocarbures contenus dans le Carbonifère, peut-être à cause de :

- La nature des Hydrocarbures contenus dans celui-ci (Gaz).
- La profondeur (supérieur à 4000 m).
- Les volumes récupérables. La méconnaissance, au stade actuel, des potentialités de ce réservoir et l'extension réelle des grés (inter connectivités des barres gréseuses).

1.3. Présentation de la région de Menzel Ledjmet et El Haïad

1.3.1. Situation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude est définie par les périmètres de recherche de Menzel Ledjmet et d'El Haïad, situés dans la partie méridionale du bassin de Berkine.

Elle présente une superficie totale de 9501.91 km², est limitée au Nord par le périmètre Zettah II, au Sud par le périmètre El Ouar et à l'Ouest par le périmètre de Timissit Ouest.

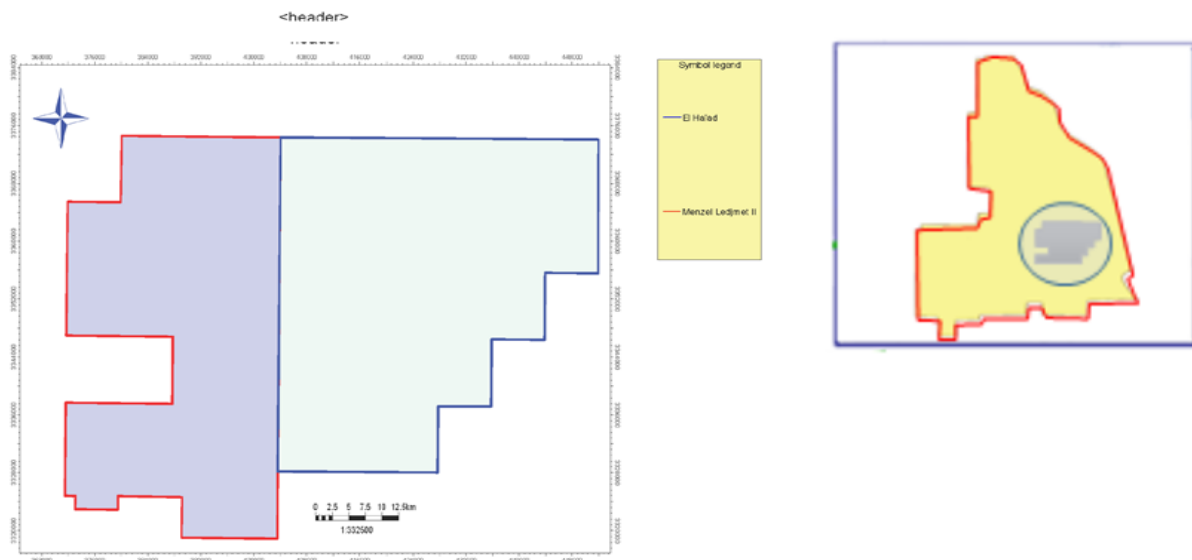


Figure n°5 : Situation géographique de la zone d'étude Menzel Ledjmet-El Haïad.

1.3.2. Aspect stratigraphique :

La région d'étude est constituée par une série lithostratigraphique d'âge Paléozoïque - Mésozoïque et Cénozoïques.

A. Paléozoïque :

a) Cambrien :

Les dépôts du Cambrien reposent sur un substratum, composé des grès et des quartzites à passées conglomératiques de la formation de Hassi Leïla, constituant le socle du bassin de Berkine d'âge Précambrien. L'environnement de dépôts de ces grès quartzitiques à passées conglomératiques interprétés par les différentes études sédimentologiques antérieures correspond à un milieu alluvial, à pente très faible débouchant dans un milieu marin peu profond à forte influence de marées.

b) Ordovicien :

La coupe de l'Ordovicien est formée de la base au sommet par les argiles de la formation d'El Gassi, et les grès de la formation d'El Atchane, déposés dans un environnement marin mixte à fluviale, les grès quartzitiques des formations d'El Hamra et de Ouargla d'origine marine à marin côtier à influence tidal.

c) Silurien :

La coupe lithostratigraphique du Silurien est formée essentiellement à la base par des argiles à graptolithes relativement radioactives et dans sa partie sommitale par un ensemble argilo-gréseux.

d) Dévonien : Il est très développé, est subdivisé en trois étages :

- **Dévonien inférieur :** Composé par des dépôts argilo-gréseux d'âge Emsien inférieur, au-dessous des grès massifs apparaissent une succession des cycles régressifs/transgressifs d'âge Siégénien et Gédinien.
- **Dévonien moyen :** Il est composé par des dépôts argileux à passées des calcaires fossilifères, au-dessous des grès massifs avec intercalation argilo-carbonatée moyennement dure et d'argile gris foncé à noir d'âge Eifelien-Givétien.
- **Dévonien supérieur :** Il est caractérisé par une série argileuse très épaisse d'âges Frasnien Faménien. Ces argiles matérialisent le développement d'une transgression.

e) Carbonifère :

Il se trouve directement sous la discordance hercynienne défini par la variation d'épaisseur des formations d'âge Tournaisien-Viséen, constituée par des grès, des argiles et des passées carbonatées.

B. Mésozoïque :

a) Trias :

Les dépôts du Trias caractérisés par des faciès argilo-gréseux continentales et lagunaires, reposent en discordance angulaire sur ceux du Paléozoïque, essentiellement d'origine marine.

La coupe lithostratigraphique du Trias est subdivisée selon l'origine et le contexte environnemental des dépôts en trois formations différentes :

- Le complexe basal dit Trias Argilo-gréseux inférieur (TAGI).
- Le complexe médian dit Trias Carbonaté ou Trias intermédiaire (TC).
- Le complexe supérieur dit Trias Argilo-gréseux supérieur (TAGS).

b) Jurassique :

Formé par des alternances d'argiles carbonatées avec des passées des grés à ciment argileux et silico-carbonatés au sommet.

c) Crétacé :

Composé d'alternances des grés, d'argiles, dolomies et des calcaires, il devient carbonaté vers le sommet.

C. Cénozoïque :

a) Mio-pliocène :

Il est constitué de sable avec des passées de calcaire, localement crayeux et de rares à passées de grés, fins à moyens, bien consolidés.

b) Quaternaire : représenté les dépôts de surface, qui sont des sables.

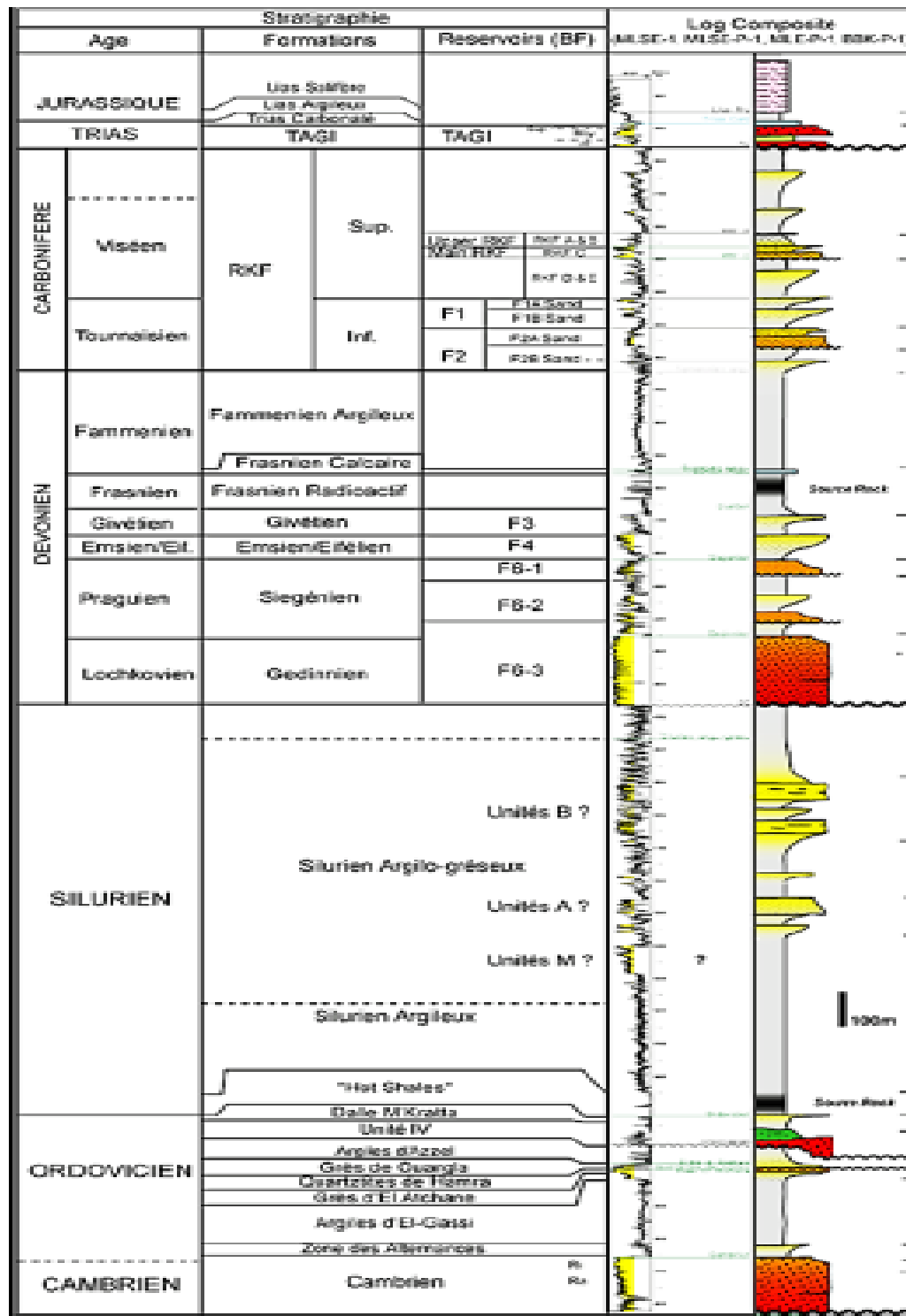


Figure n°6 : Colonne stratigraphique synthétique de la zone d'étude (Etude Beicip, 2012).

1.3.3. Système pétrolier

1.3.3.1. Définition :

a) Roche mère :

Désigne la roche où se forment des hydrocarbures. Ceux-ci sont issus de la transformation de sédiments riches en matière organique qui se déposent généralement sur les fonds océaniques. À l'échelle des temps géologiques, les sédiments marins s'enfoncent et se solidifient tandis que la matière organique (sous l'effet de l'enfouissement et de la température géothermique) se décompose en hydrocarbures liquides et gazeux.

b) Roche-réservoir :

Se définit comme une roche où des hydrocarbures s'accumulent. De densités plus faibles que l'eau, les hydrocarbures de la roche-mère migrent vers la surface à travers les strates de roches sédimentaires. Au cours de cette migration, les hydrocarbures peuvent rencontrer une couche imperméable. Ils se retrouvent piégés en dessous de ce « toit » (appelé roche-couverture), au sein d'une roche poreuse et perméable qui devient la roche-réservoir. Celle-ci est capable de concentrer de grandes quantités d'hydrocarbures, aboutissant à des gisements de pétrole et/ou de gaz.

c) Roche couverture :

« Une barrière imperméable », une fois que les hydrocarbures commencent à traverser un réservoir, il faut une barrière pour les arrêter, cette barrière est une roche imperméable au-dessus du réservoir, qu'on appelle la couverture.

Pour que le système pétrolier fonctionne, les roches doivent avoir des propriétés pétrophysiques particulières :

- Pour la roche-mère, il faut une roche riche en matière organique (Total Organic Carbon > 3 % et une maturation thermique adéquate).
- Pour les roches de réservoir et de couverture, ce sont les propriétés pétrophysiques de la porosité et de la perméabilité qui sont importantes.

d) Piège :

L'ensemble roche-réservoir/roche-couverture forme une structure dite de « piège à pétrole ». Plusieurs types de pièges sont décrits, principalement en fonction de la déformation des roches au cours de phénomènes géologiques.

- Pièges structuraux :

Le plus courant est le piège anticlinal, structure où les roches ont été plissées en forme de voûte par les mouvements terrestres. Pour le géologue, la présence d'un anticlinal est un indice en faveur de la présence de gisements. En effet, environ 80% des gisements de pétrole sont de ce type. Lors de la

création d'une faille, un bloc terrestre peut également glisser vers le haut ou vers le bas au niveau de la cassure. Une couche imperméable peut alors venir obstruer une couche perméable et arrêter le pétrole dans sa migration.

- **Pièges stratigraphiques :**

Les dômes de sel (appelés diapirs) sont des masses de sel formées en profondeur qui remontent sous l'effet de la température et de la pression. En s'élevant, ils traversent des couches perméables et subdivisent les réserves de pétrole. En surplombant les roches réservoirs, les dômes de sel imperméables constituent des roches-couvertures.

1.3.3.2. Système pétrolier de la région d'étude :

Le système pétrolier de la zone d'étude est déterminé par les objectifs pétroliers du Trias argileux gréseux inférieur (TAGI) et du Dévonien inférieur. L'alimentation des réservoirs du Trias et du Dévonien est assurée par les roches mères du Silurien, formée par les argiles radioactives à graptolithes et les argiles du Dévonien supérieur, Faménien. Le rôle de roche couverture pour les réservoirs du Dévonien inférieur est assuré par la série argileuse de l'Emsien, pour le réservoir du Trias argilo-gréseux inférieur par les argiles du Trias carbonatés. Les pièges sont de types structuraux et parfois dans certains endroits stratigraphiques notamment pour les réservoirs du Trias, associé aux changements latéraux des faciès.

A. Roches réservoirs :

- **Le réservoir du Trias argileux gréseux inférieur :**

La formation du Trias argilo-gréseux (TAGI) est formée par des dépôts essentiellement continental de type fluviatile. Il constitue l'un des principaux objectifs pétroliers du bassin de Berkine avec une épaisseur moyenne de 100 m. Il est caractérisé par des porosités variant entre 7 à 26 % et par des fortes perméabilités. De nombreuses découvertes d'huile et du gaz ont été mises en évidence dans la région d'El Merk (EME, EMK, EMN, EKT).

- **Le réservoir Carbonifère :**

Les grès du Viséen et de Tournaisien, caractérisés par des porosités variant entre 8 à 17 % et des fortes perméabilités, sont productifs d'huile, de condensât et du gaz sec au niveau de la zone d'El Haïad (EMN-1) et de Menzel Ledjmet (MLW-1, MLNW-1, MLN-1).

- **Les réservoirs du Dévonien inférieur :**

Les réservoirs du Dévonien inférieur, considérés comme objectifs secondaires, correspondent à des dépôts de type fluviatile pour les grès du Gédinien et marin pour ceux du Siégénien et de l'Emsien. Ils sont caractérisés par des porosités variant entre 8 à 20 % et par fortes perméabilités.

- Le réservoir du Dévonien moyen :

Ce réservoir est traversé pour la première fois par le forage EME-1, où il a mis une importante découverte d'huile et de gaz. Actuellement il constitue l'un des réservoirs du gisement El Merk, exploité par l'association Sonatrach-Anadarko, vers l'Est le puits NAH-1 a aussi produit dans le réservoir des grès de l'Eifélien. Cet intervalle a été interprété comme étant un prisme de bas niveau marin (LST), dont l'extension se limite seule à la région d'El Merk.

- Le réservoir du Dévonien supérieur :

Il est représenté par les niveaux gréseux Saturnien, productifs de gaz dans la région d'El Merk (EME-1, EMK-3 et EMN-1).

- Le réservoir Silurien argileux gréseux (SAG) :

Le complexe du Silurien argilo-gréseux (SAG), formé des dépôts essentiellement marins, constitue l'un des principaux objectifs de recherche actuelle dans la partie centrale du bassin. Les niveaux gréseux potentiels sont caractérisés par des porosités de 8 à 18 % et des perméabilités bonnes.

Ces unités gréseuses constituent les principaux objectifs notamment à l'Ouest du bassin de Berkine, dans la région de Gassi Touil.

B. Roches mères :

Elles sont représentées par les niveaux des argiles radioactives riches en matière organique du Silurien, d'épaisseur varie de 300 à 400 m, et les argiles noires radioactives du Dévonien supérieur, Frasnien-Faménien, d'épaisseur de 150 à 300 m. L'état de maturation a atteint la fenêtre à gaz pour la roche mère du Silurien et à huile pour celle du Faménien.

L'alimentation, des différents réservoirs potentiels du bassin de Berkine, se fait en huile et gaz des roches mères du Silurien argileux et des argiles radioactives du Frasnien soit par voies directes, de la roche mère vers le réservoir par contact direct, ou par les surfaces des failles.

C. Roches couvertures :

Les roches couvertures des réservoirs du Trias sont déterminées par les épais intervalles des argiles du Trias carbonaté équivalent du Trias intermédiaire. Les roches couvertures pour les réservoirs du Dévonien inférieur et du Carbonifère est assuré par les niveaux argileux du Frasnien - Faménien, du Tournaisien et du Viséen.

1.3.3.3. Résultats pétroliers

L'exploration dans le bassin de Berkine a révélé plusieurs découvertes des réserves, qui ont permis de mettre en évidence des réserves respectivement à :

- Menzel Ledjmet Est (MLE).
- Menzel Ledjmet Nord (MLN).
- Menzel Ledjmet Nord Est (MLNE).

- Menzel Ledjmet Sud Est (MLSE).
- Menzel Ledjmet Ouest (MLW).
- Menzel Ledjmet centre (MLC).
- El Merk (EMK).
- El Merk Est (EME).
- El Merk Nord (EMN).

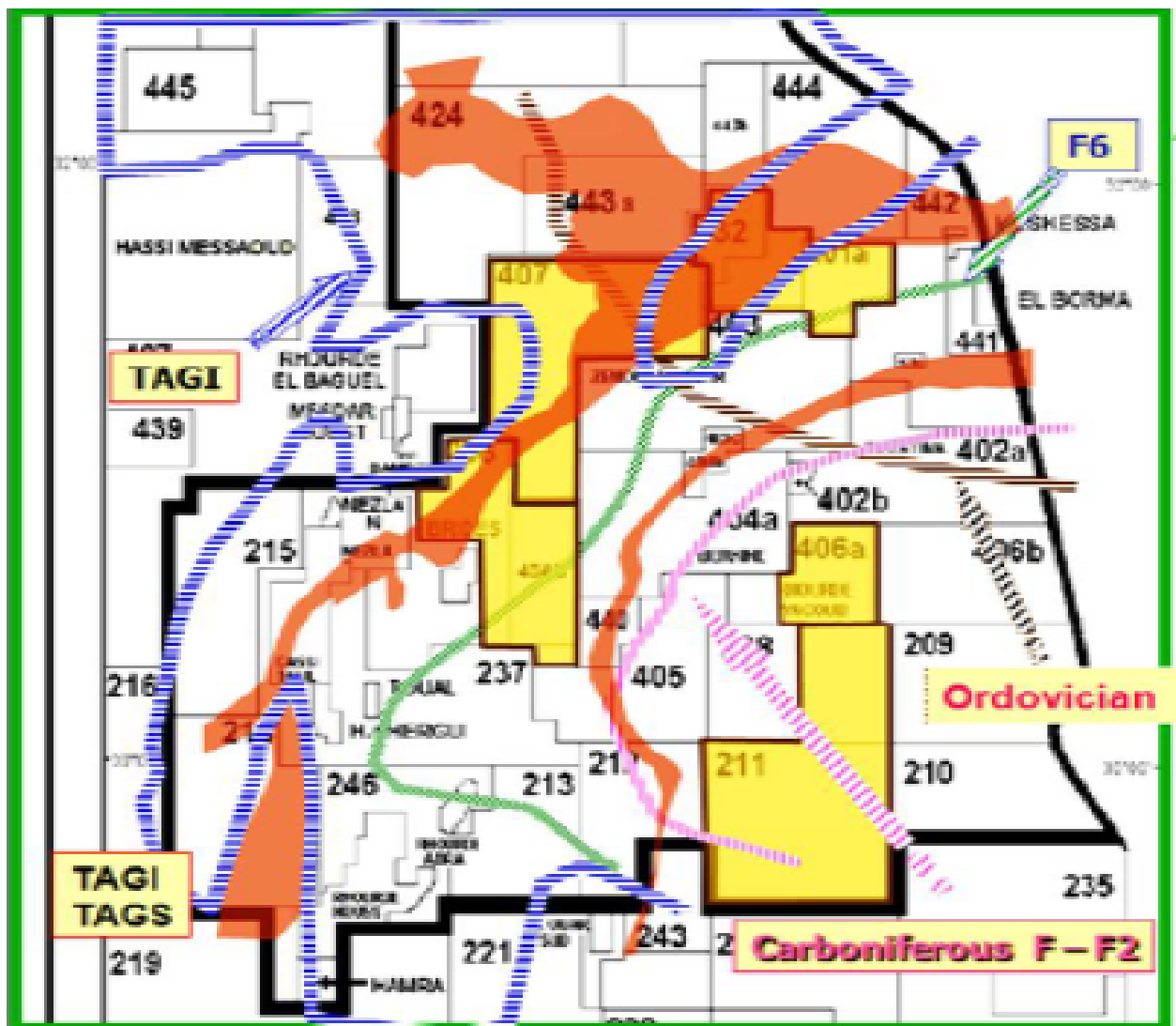


Figure n°7: Carte des limites d'extension de la roche mère et des réservoirs à l'intérieur du bassin de Berkine (Sonatrach, 2000).

Chapitre 2 :

Données et méthodologie

2. Données et méthodologie :

2.1. Données utilisées dans l'étude :

Deux types de données de puits ont été utilisés dans le cadre de ce mémoire :

- Données de carottes.
- Données de diagraphies.

2.1.1. Données de carottes :

Les données de carottes consistaient en des photos de carottes et en des fiches de description scannées de quatre (04) puits. Cette description a été réalisée dans le cadre d'une étude faite par le Beicip ,2012 pour le compte de la Sonatrach. Ces fiches établies initialement à la main, ont été numérisés et digitalisés grâce au logiciel Illustrator, dans le but de réduire l'échelle (de 1/50 à 1/100) et afin d'améliorer leurs résolutions et leurs qualités.

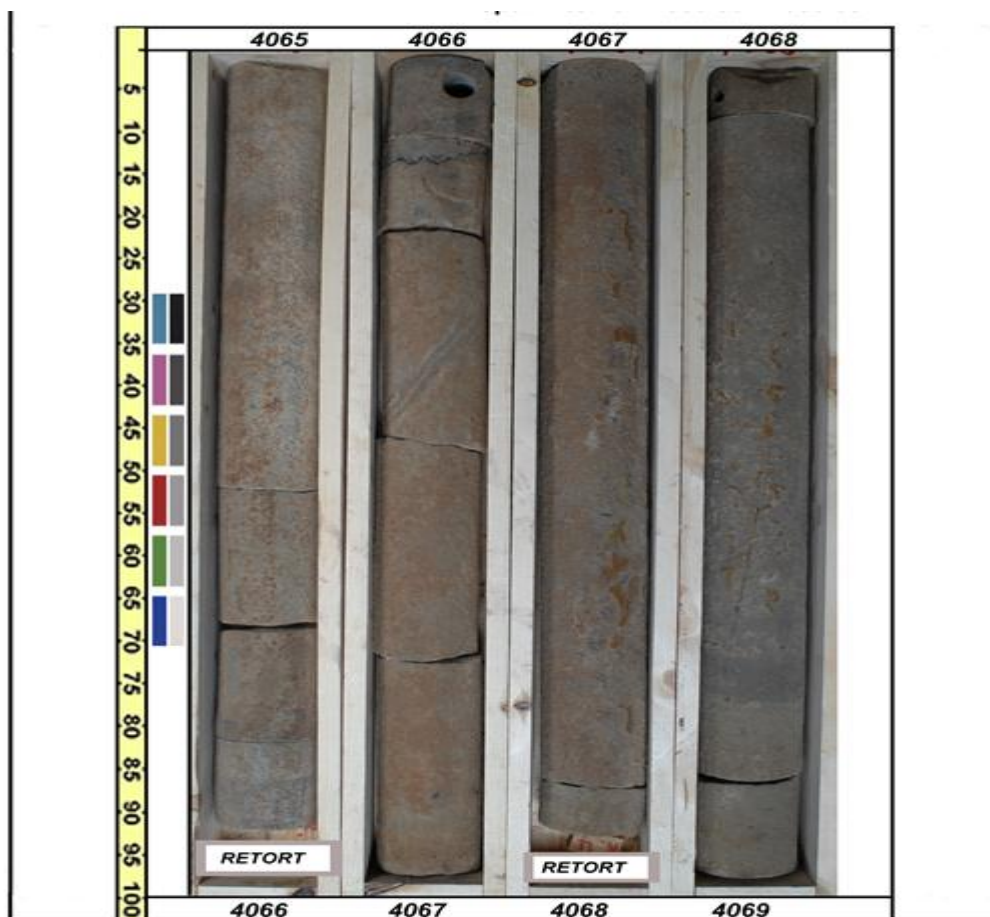
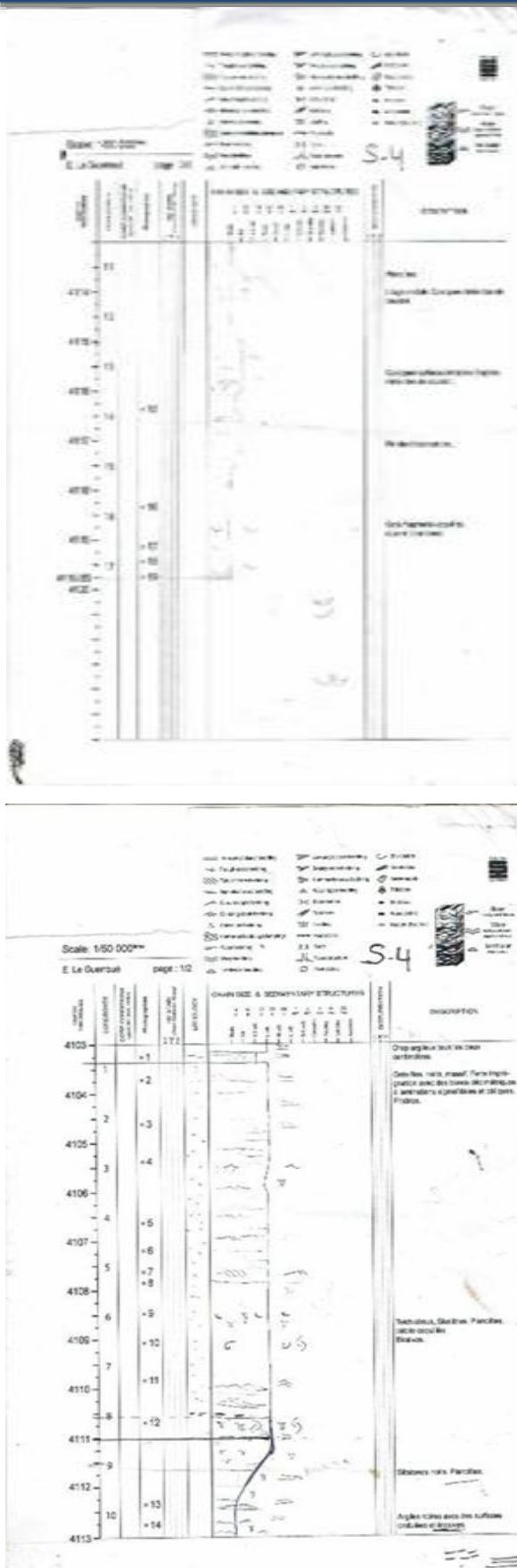


Figure n°8 : Photo de carottes (Beicip, 2012).



Description de carotte			Puits : S-4		Echelle : 1/100
Champ : Menzel Ledjmet et El Haiad			Feuille: 1		
		Trough cross bedding Planar cross bedding Epiclinal cross bedding Current ripple bedding Climbing ripple bedding Wavy bedding Horizontal planar bedding Concentric bedding Wave ripple bedding	Sigmoidal bedding Dolomitic nodules Evaporitic nodules Mud clast Siderite nodules Wood debris Mud cracks Roots Plant debris		Algal mats Bioturbation Mottling Silicified Carbonate Dolomite Anhydrite Gypsum Halite
FORMATION PROFONDEUR		LITHOLOGIE	Description de lithofaciès		
NUMERO DE LA CAROTTE		Fractures cimentation (Natural fractures only)			
		Oyes Circled cemented			
		Diagram relative to core			
		Diagram relative to core			
Eifelien F3	Carotte N°04		Drap argileux tous les deux centimètres		
			Grès fins, noire , massif . Forte imprégnation avec des bancs décimétriques à lamination obliques friable.		
			Teichichnus, Skolithos, Planolites,débris coquillés bivalves.		
			Siltstones noire , Planolites		
			Argiles noires avec des surfaces ondulées et érosives . planolites.		
			Litage ondulé.Quelques mini rides de courant.		
			Quelque surfaces érosives drapées et mini rides de courant.		
			fin des bioturbations		
			Gros fragments coquillés (lamellibranches)		

B) Fiche obtenue après traitement.

a) Fiche originale scannée.

Figure n°9 : Exemple de fiches de description des carottes scannées utilisé dans l'étude

2.2.2. Données de diagraphies :

Des données de diagraphies de dix (10) puits, ont été mises à notre disposition sous format las, contenant plusieurs courbes d'enregistrement aux puits, mais dans le cadre de ce mémoire seules, le Gamma ray (GR) et Sonique (DT) ont été utilisés et charger sur le logiciel Pétrel.

Le découpage séquentiel du réservoir Eifelien (F3) a été réalisé sur l'ensemble des puits, seuls quelques puits (S-1, S-2, S-3, et S-4), contenant des informations de carottes, ont été décrits dans le détail après calibration des données de carottes avec celles des diagraphies (GR) dans ce travail.

Le puits S-3, situé à l'Est de la zone d'étude, a été choisi comme puits de référence en raison de la qualité des réponses diagraphiques (Gamma ray et le Sonique) disponibles, ainsi que la récupération totale des carottes.

Puits	N° carotte	Intervalle	Epaisseur(m)	Shift
S-1	1	4043-4111.5	68.5	30
S-2	2	4029-4049	20	10
S-3	3	4023-4043	20	/
S-4	4	4103-4120	17	10

Tableau.1 : Correction des profondeurs des carottes.

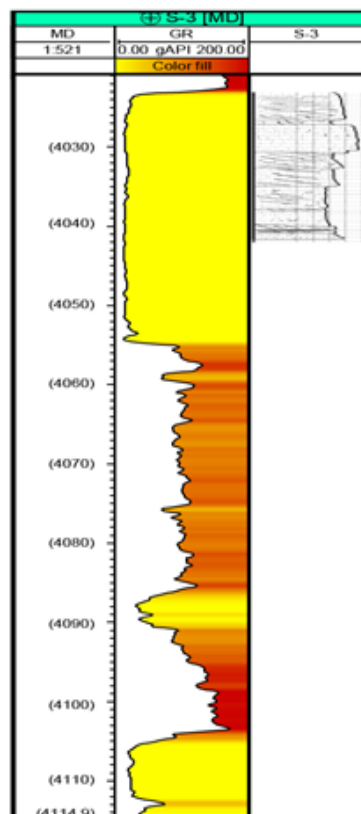


Figure n°10 : Exemple de carotte calibrée par rapport au Gamma Ray.

L'application des concepts de la stratigraphie séquentielle consiste à identifier les discontinuités (SB, ST, MFS) et les unités séquentielles (HST, LST, TST) des dépôts sédimentaires.

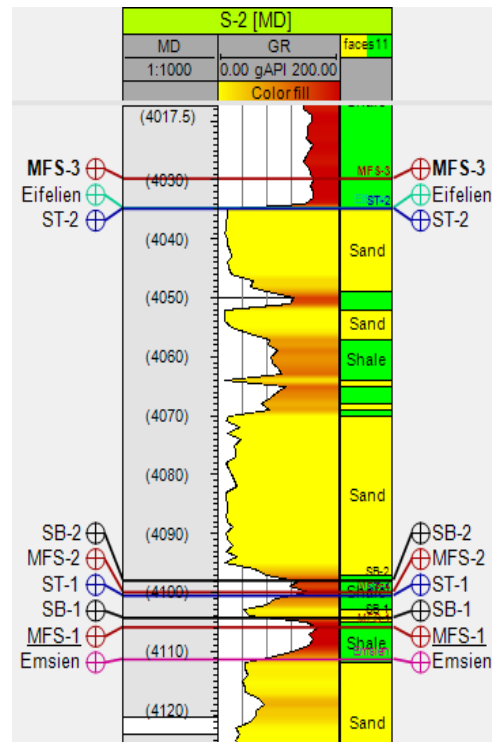


Figure n°11 : Stratigraphie séquentielle de la carotte N°2.

Des corrélations entre puits (S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6, S-8, S-9, S-10 et S-11), ont été établies. Quatre profils de corrélations et deux cartes en iso-sand pour déterminer la distribution spatiale des séquences obtenues.

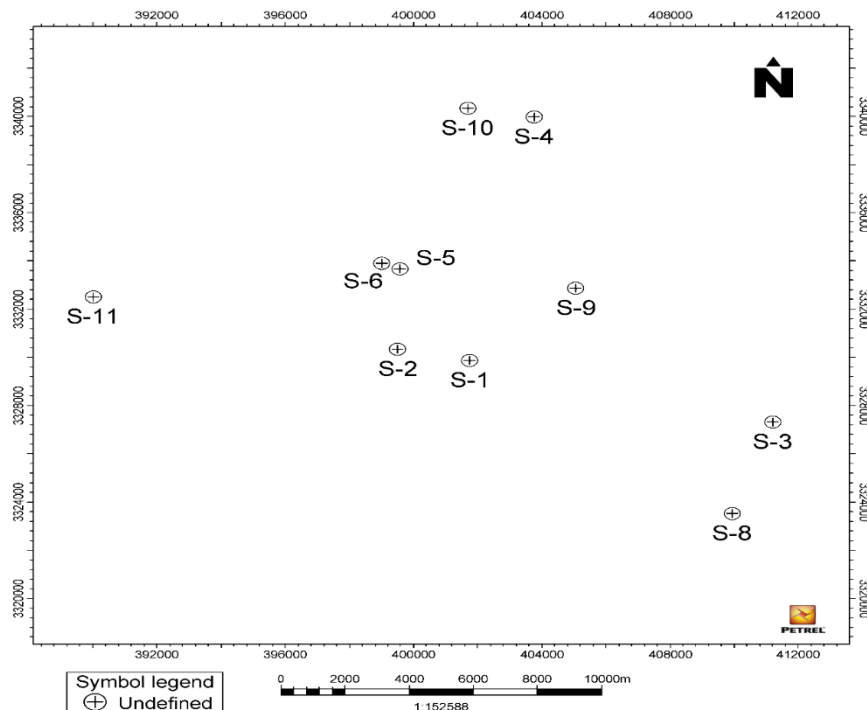


Figure n°12 : Situation des puits utilisés dans cette étude.

2.2. Méthodologie de travail :

2.2.1. Généralités sur la sédimentologie :

3.2.1.1. Rappel sur les environnements de dépôt

A. Dépôts continentaux

- Dépôt fluviatile :

Les rivières sont surtout des agents de transport. Elles déposent néanmoins aux endroits, où la vitesse diminue, c'est-à-dire : le long de leur cours et finalement à leur embouchure, où peuvent s'ajouter des phénomènes de floculation des argiles et de précipitation de corps en solution.

Le type de réseau dépend essentiellement de la pente, de la charge transportée, de la stabilité des rives (rôle stabilisant de la végétation). Tous les intermédiaires existent. Une même rivière change de type de sa source à son embouchure. Le réseau est généralement en tresse en amont et à méandres en aval. Les réseaux droits sont rares. Les réseaux anastomosés sont observés dans les zones subsidentes de climat humide. Les réseaux en tresse et méandriformes sont plus fréquents.

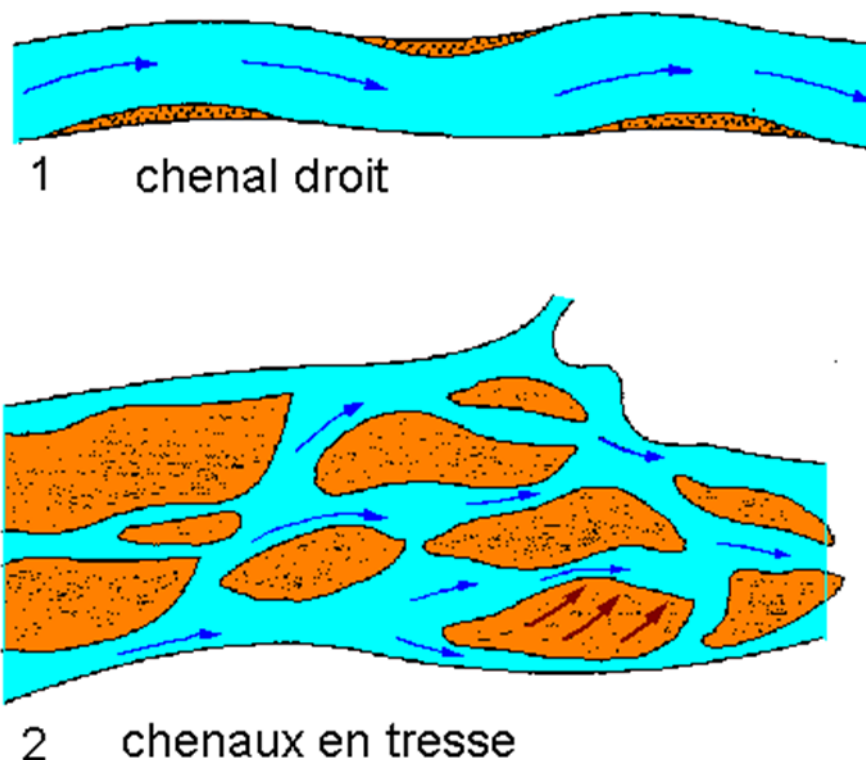


Figure n°13 : Principaux types de barres fluviales, (1) chenal droit, (2) chenaux en tresse.

B. Dépôts marins :

- Système littoral :

Ce système regroupe tous les environnements qui se situent dans la zone transitionnelle, entre le domaine fluvial et le domaine marin franc. Ils sont conditionnés par un nombre important de facteurs : quantité et nature du sédiment arrivent à la mer, caractéristiques du bassin marin récepteur (notamment la salinité relative des eaux, courants, morphologie, bathymétrie, taux de subsidence, activités tectoniques, fluctuations du niveau de la mer, etc.).

• La géomorphologie du littoral :

Le domaine littoral avec plage comprend plusieurs zones :

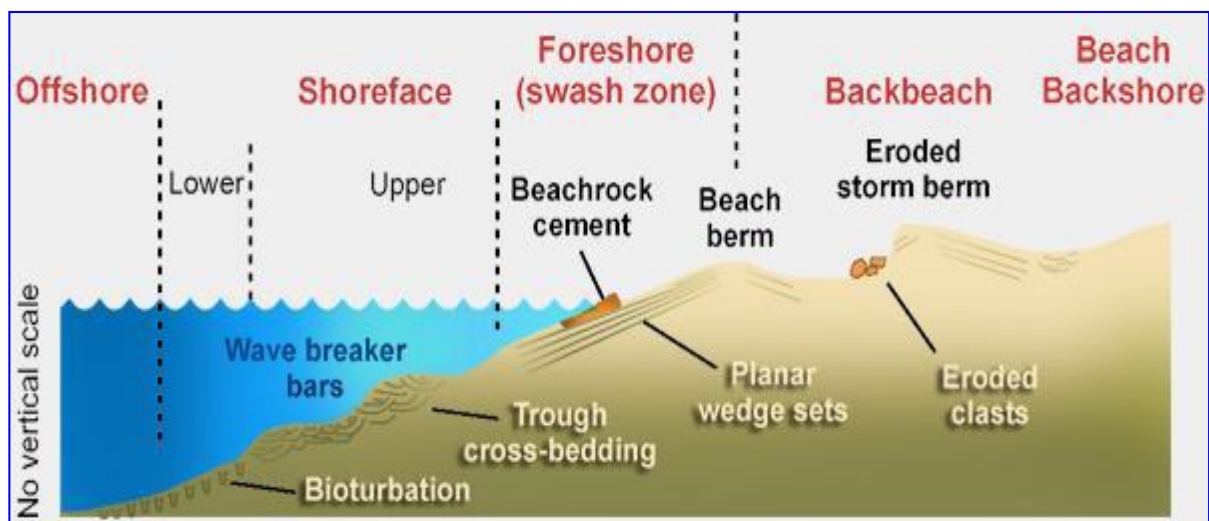


Figure n°14 : Zonation bathymétrique du littoral et de la plate-forme continentale.

- 1. Cordon dunaire** : La limite entre cette zone et la plage correspond au niveau marin atteint lors des marées exceptionnelles et les marées d'équinoxe.
- 2. Backshore (la zone supra-tidale)** : Ou encore l'arrière-plage, c'est la zone émergée, souvent formée de dunes éoliennes.
- 3. Foreshore (la zone intertidale)** : Ou l'avant-plage, située entre le niveau de la marée haute et celui de la marée basse.
- 4. Shoreface** : Ou zone pré littoral, il est subdivisé en :
 - **Shoreface inférieur**: Il correspond à la zone intertidale. C'est une zone, à haute énergie, caractérisée par une sédimentation lente plus ou moins calme, pendant laquelle se déposent des grès argileux, hétérolithiques, ondulés, moyennement, à fortement, bioturbé.
 - **Shoreface moyen**: Il correspond à la zone de transition intertidale, à infratidale. C'est une zone à énergie modérée caractérisée, par des grès fins, plus ou moins, argileux, à stratifications en mamelons (HCS), fortement bioturbé.

- **Shoreface supérieur** : Il correspondrait à la zone infratidale, soumis à une agitation permanente des eaux, les dépôts sont, donc, dominés, par l'action des vagues, ils sont caractérisés, par des grès fins à très fins, à laminations planes, drapages argileux, bioclastes et, une faible bioturbation, voire même rare.
- 5. **Offshore** : Il correspond au domaine marin ouvert (le large). C'est une zone à faible énergie, elle est caractérisée par une sédimentation fine, argileuse ou argilo-Silteuses, les structures sédimentaires sont rares à absente.

C. Dépôts mixtes :

- Dépôt deltaïque :

Le delta est de forme lobée, avec un développement en arc de cercle très régulier, un delta se décompose en 3 parties :

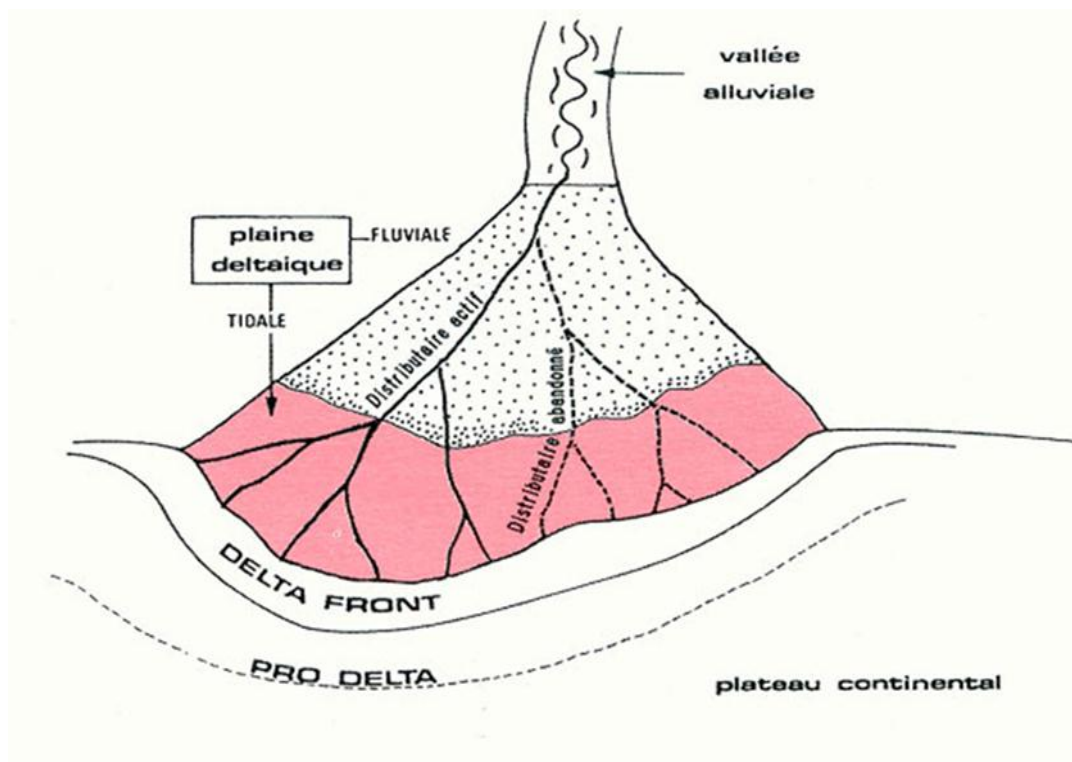


Figure n°15 : principales composantes morphologique et sédimentaire communes à tous les deltas.

a) Plaine deltaïque :

Est le prolongement de la plaine alluviale, elle est parcourue par un réseau de chenaux ramifiés, les distributaires entre les chenaux s'étendent des zones marécageuses et garnies de végétation sous climat humide.

La plaine deltaïque peut être divisée en une zone amont, ou plaine deltaïque « fluviale » et une plaine deltaïque plus distale ou plaine deltaïque « tidale ». L'ensemble de la plaine deltaïque est recouverte

d'argile, très riche en matière organique végétale, et bioturbé, et il est incisé par des distributaires fluviaux et des chenaux de marée.

Les sédiments des chenaux distributaires sont sableux, et dans les chenaux de marée sont surtout des argiles et des silts, riches en débris de végétaux.

b) Front de delta :

Est le prolongement de la plaine deltaïque sous la mer. C'est le lieu de rencontre des eaux douces chargées de sédiments et des eaux salées. La forme de sédimentation est différente selon la densité de l'eau du fleuve, fonction de la charge, et la taille des particules transportées. Si la densité de l'eau douce est voisine de celle de la mer, la charge se dépose rapidement en une barre de front de delta. Pour une densité d'eau douce plus grande, la charge forme un courant de densité qui suit le fond et gagne le large. Pour une densité plus faible, les particules en suspension forment un nuage qui se disperse à la surface de l'eau de mer.

b) Prodelta :

Est la partie la plus externe et la plus profonde du delta, il repose sur les sédiments marins de la plate-forme littorale.

Il s'y dépose des sédiments fins généralement bioturbé, car très riches en matière organique d'origine continentale.

L'accumulation deltaïque progresse sur la plate-forme et présente une forte épaisseur si la marge est subsidentes, ou lorsque la progradation atteint la bordure de la plate-forme et se poursuit sur le talus. Le fluage des argiles pro deltaïques écrasées par les sables sus-jacents et la pente entraînent la formation de diapirs, de slumps et de failles normales listriques, dispositif structural favorable au piégeage des hydrocarbures.

La morphologie de delta dépend de l'importance relative de 3 facteurs qui sont le volume des apports sédimentaires du fleuve, l'énergie de la houle et l'énergie de la marée.

3.2.2. Rappel sur les paramètres de l'identification de milieu dépôt

A. Structures sédimentaires : Les structures sédimentaires reflètent les conditions hydrodynamiques au moment du dépôt, les structures subdivisent en :

a) Structures liées à l'action des courants :

- Stratifications horizontales :

Dans les grés et les silts, la formation de ces stratifications est due à des courants tractifs en milieu de moyenne à haute énergie (upper fiat bed).

Pour les sédiments plus fins (argiles) elles se produisent sans mouvements des particules, et cela par simple décantation (lower plane bed), elles indiquent un milieu de dépôt calme.

- Stratifications obliques ou entrecroisées :

Les plans de ces stratifications sont orientés suivant les directions déterminées par les courants dominants au moment du dépôt, des plans sont obliques par rapport à l'horizontale.

C'est le transport d'un sable par saltation et roulement en milieu moyennement agité suite à l'action des vagues, ce phénomène est rencontré dans les faciès de plage et dans les talus deltaïques.

- Stratifications obliques et les stratifications en auge :

Créées par des courants, elles peuvent être distinguées d'après les caractéristiques des surfaces enveloppes, les unités dont les surfaces d'intersections sont planes, définissent des ensembles de forme tabulaire ou en coin alors que celles dont les surfaces limites sont incurvées définissent des formes en auge.

Les stratifications obliques se forment lorsque les crêtes des rides sont rectilignes, alors que les stratifications en auge témoignent de crêtes plus sinueuses (migration latérale du courant de dépôt).

- Starifications en mamelons (Hummocky Cross Stratification) :

Ces stratifications entrecroisées, généralement à l'échelle du mètre, sont caractérisées par de larges ondulations, faiblement inclinées (souvent moins de 15°). Ce type de stratification entrecroisée est généré par des vagues de tempêtes en milieu de plate-forme, ces structures sont associées à d'autres figures sédimentaires au sein des tempestites.

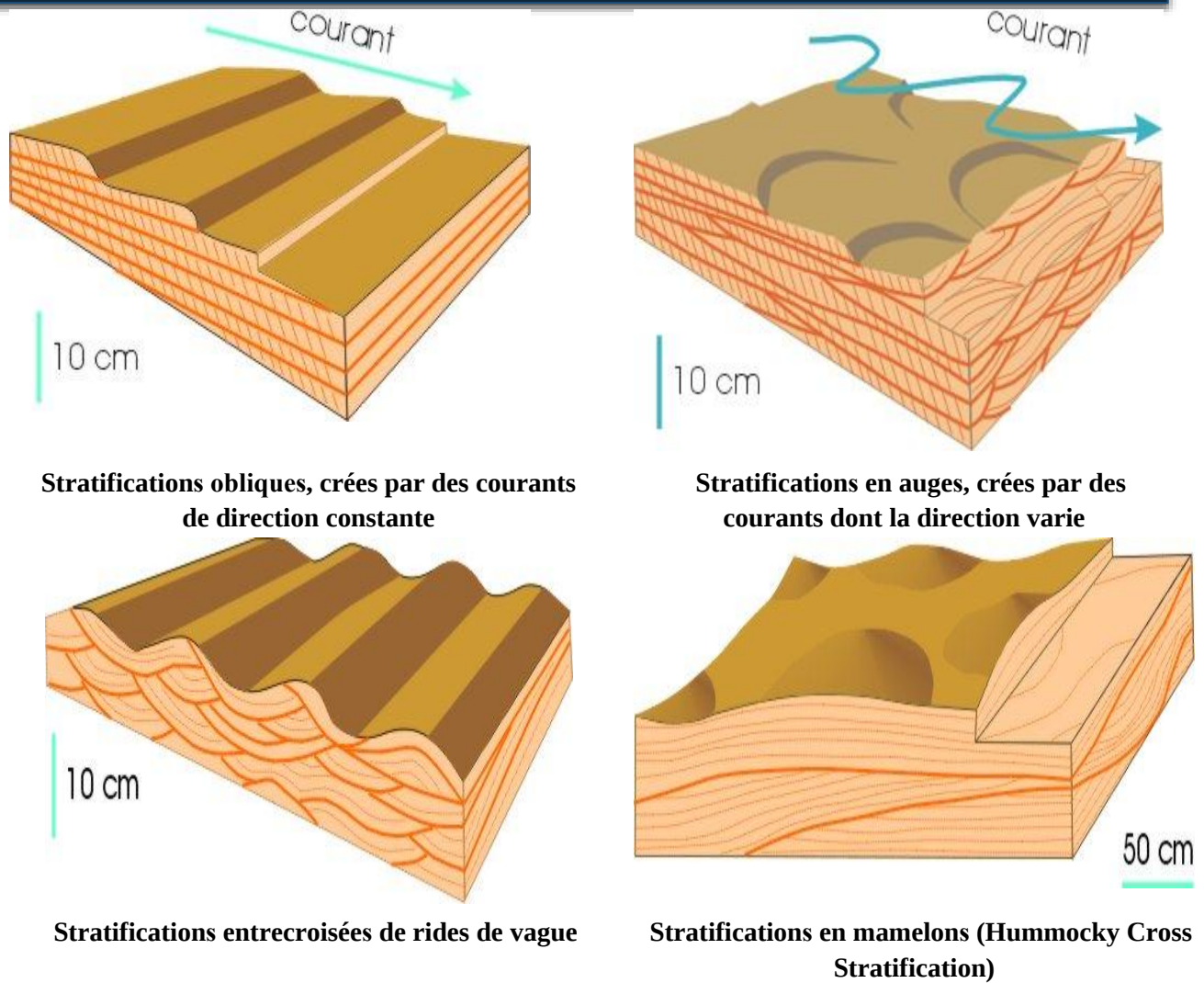


Figure n°16 : Structures et figures sédimentaires.

- **Stratifications lenticulaires (lenticular bedding) :**

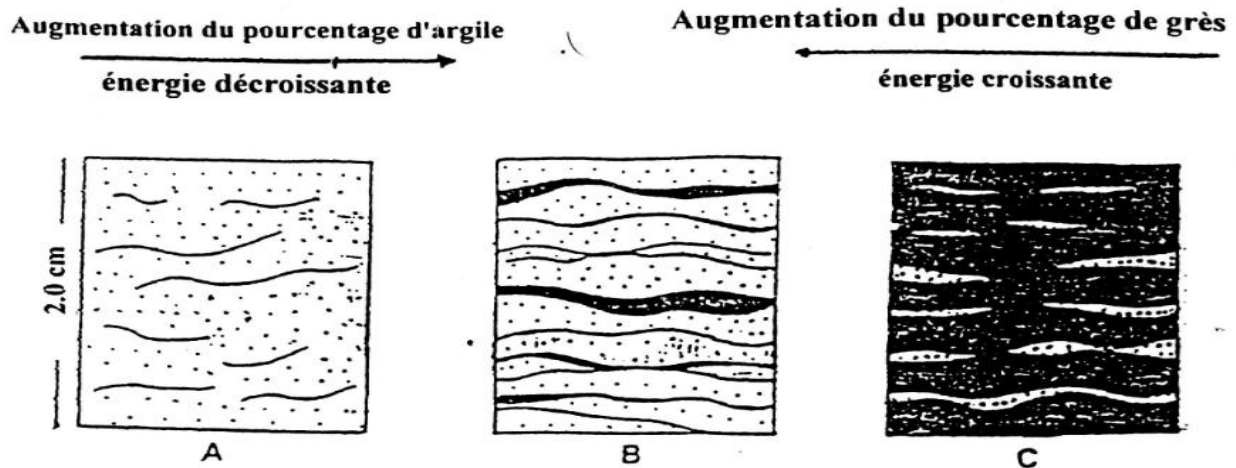
Lorsqu'une zone de dépôt est soumise périodiquement à un courant porteur de sable, les rides vont être isolées et former au sein d'un sédiment argileux des lentilles sableuses.

- **Litage en flaser (flaser bedding) :**

Ce sont des structures qui se forment par la préservation entière ou partielle des lentilles boueuses dans les creux des rides sableuses, elles résultent de l'alternance des périodes d'activité de courant avec des périodes calmes (absence de courants), l'existence de ces structures montre une influence tidale, on les retrouve dans les barres d'embouchures du front de delta.

- **Litage ondulé (wavy bedding) :**

Les stratifications ondulées sont dues aux variations d'énergie liées aux crues ou aux décrues lors des phases de flot ou de jusant et d'étale de la marée dans le domaine infratidal.



- A-Litage en flaser (flaser bedding).
 B-Litage ondulé (wavy bedding).
 C-Litage lenticulaire (lenticular bedding).

Figure n°17 : Divers types de litage en flaser, ondulé et lenticulaires rencontrés dans les alternances argilo-gréseuse.

- Ride :

Les rides représentent toutes structures ondulées et répétées de taille réduite qui s'observent en surface ou à l'intérieur des bancs, la grande majorité de ses rides se déplacent, dans le sens de courant elles sont dites :

- **Asymétriques** : Lorsqu'elles sont engendrées par un courant unidirectionnel, elles correspondent aux rides de courant.
- **Symétriques** : Lorsqu'elles sont engendrées par un phénomène périodique se traduit par les mouvements oscillatoires de la houle ou de courant ou de marée.

- Drapage argileux :

Ce type de figure se caractérise par une lamine Argilo-Silteuses millimétrique déposée durant le flot ou le jusant dans la zone intertidale.

b) Structures liées à l'activité des organismes : On peut donc distinguer :

- 1) **Traces fossiles** : en général les traces observées sont de type « bioturbations ».
 - 2) **Terriers** : généralement rattachés à des ichnofaciès.
- **Ichnofaciès** : un ensemble rocheux caractérisé par une lithologie, des traces fossiles, ainsi que, des structures biogéniques. L'étude de ces traces présente quelques gros avantages, à la détermination des milieux de dépôt. On a distingué :

- **Ichnofaciès à Planolites** : ce sont des tunnels non doublés qui sont remplis, de sédiments différents de ceux environnements.
- **Ichnofaciès à Skolithos** : ce sont des creusements, de profondeur modérée, dans un substrat mou soumis, à des courants, et obligeant l'organisme, à compenser les fluctuations, de hauteur du sédiment. Il se développe dans un milieu agité, peu profond, il caractérise, généralement, la zone intertidale.
- **Ichnofaciès à Teichichnus** : sont des traces de broutage, marqués d'une frontière ou d'un revêtement reconnu par le meniscate, en forme de « U de remblayage », dans les sédiments.

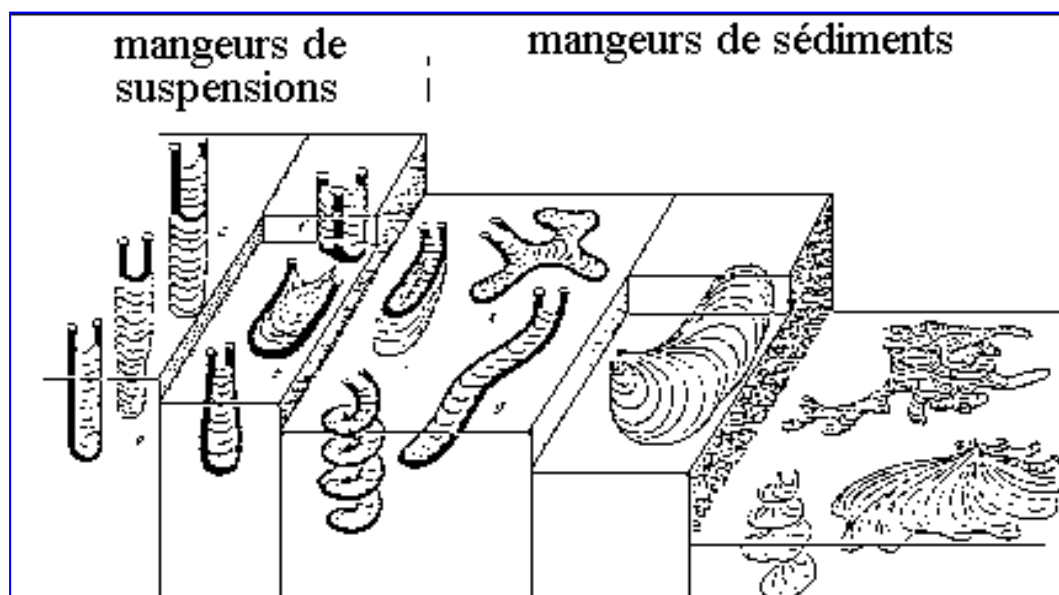


Figure n°18: Repartition des traces d'activité, en milieu Marin, selon Seilacher. Dans la zone tidale, les organismes fousseurs, creusent des terriers en U.

2.2.2. Généralités sur les diagraphies :

Les diagraphies sont des enregistrements contiennent des variations physiques (densité, porosité) et des roches traversées par un forage. Les diagraphies sont essentiellement employées à l'origine dans le domaine pétrolier, elles sont de plus en plus utilisées dans les domaines de la prospection et de la reconnaissance en hydrogéologie pour la recherche d'aquifère, en reconnaissance minière, et en reconnaissance en environnement.

A. Méthodes d'analyse séquentielle diagraphique :

La relation entre les gradients granulométriques ; l'évolution de l'argilosité d'une part, et le comportement des courbes comme le gamma Ray et la PS, d'une autre part, cette relation a été depuis longtemps établie. Les ingénieurs de Shell ont proposé dès 1958 une classification et maintenant elle est bien connue (courbes en cloche, en entonnoir, en cylindre) basée sur la morphologie de la courbe de PS.

Les travaux ultérieurs ont utilisé un jeu plus large de diagraphies en privilégiant néanmoins, le gamma ray dans les formations argilo- gréseuses à lithologie simple ; (matrice élémentaire stable, radioactivité liée seulement à l'argilosité).

Si ses courbes sont, le plus souvent un reflet d'évènement géologique, il convient cependant d'en rappeler les limitations d'emploi :

a) Gamma Ray :

C'est un enregistrement de la radioactivité naturelle totale des roches en fonction de la profondeur. L'analyse de sa courbe nous permet d'avoir une approche de l'argilosité des dépôts, et de la granulométrie, mais aussi toute la radioactivité non liée à l'argile que l'on retrouve dans des différents minéraux, dans la matière organique, dans des débris d'organismes sous forme d'uranium, de potassium et de thorium qui mesure le spectromètre gamma ray NGS.

En géologie, chaque type de séquence à son équivalente diagraphie et elle présente une forme bien déterminée.

Selon les gradients granulométriques, l'argilosité la forme de la courbe de polarisation spontanée et le gamma-ray, ainsi les ingénieurs de Shell en 1958, ils avaient reconnu l'existence de quatre types de forme :

- **La forme en cloche :** Elle correspond à une séquence positive et elle caractérise généralement les dépôts de chenaux fluviaux.

- **La forme en entonnoir** : Elle correspond à une séquence négative et au front de delta progradante ou aux dépôts de barres littorales.
- **La forme cylindrique** : Elle correspond à une séquence neutre, et elle caractérise le domaine de plage, les lits de rivières anastomosées et le domaine des dunes éoliennes (SERRA. 1987).
- **La forme en œuf** : Caractérise un dépôt tidal.

b) Sonique :

C'est un enregistrement continu en fonction de la profondeur, de la vitesse de son dans les formations. Il est utilisé pour déterminer les porosités des formations.

c) Polarisation spontanée (PS) :

Elle constitue un indicateur d'argilosité, mais elle enregistre avant tout le contraste des fluides en présence dans la formation, et dans le trou de sonde, elle est influencée par la porosité ou la compacité de la roche, et par la présence d'hydrocarbures (atténuation de la déflexion par le gaz).

L'amplitude et la forme de sa déflexion sont tributaires de l'épaisseur des bancs.

d) Résistivité :

Le contenu en fluide de la formation joue un rôle primordial dans l'allure de la courbe de résistivité. Ainsi la présence hydrocarbures peut créer de faux gradients et de fausses séquences. L'existence de la variation de salinité des eaux de formation peut perturber de façon sérieuse la courbe de résistivité.

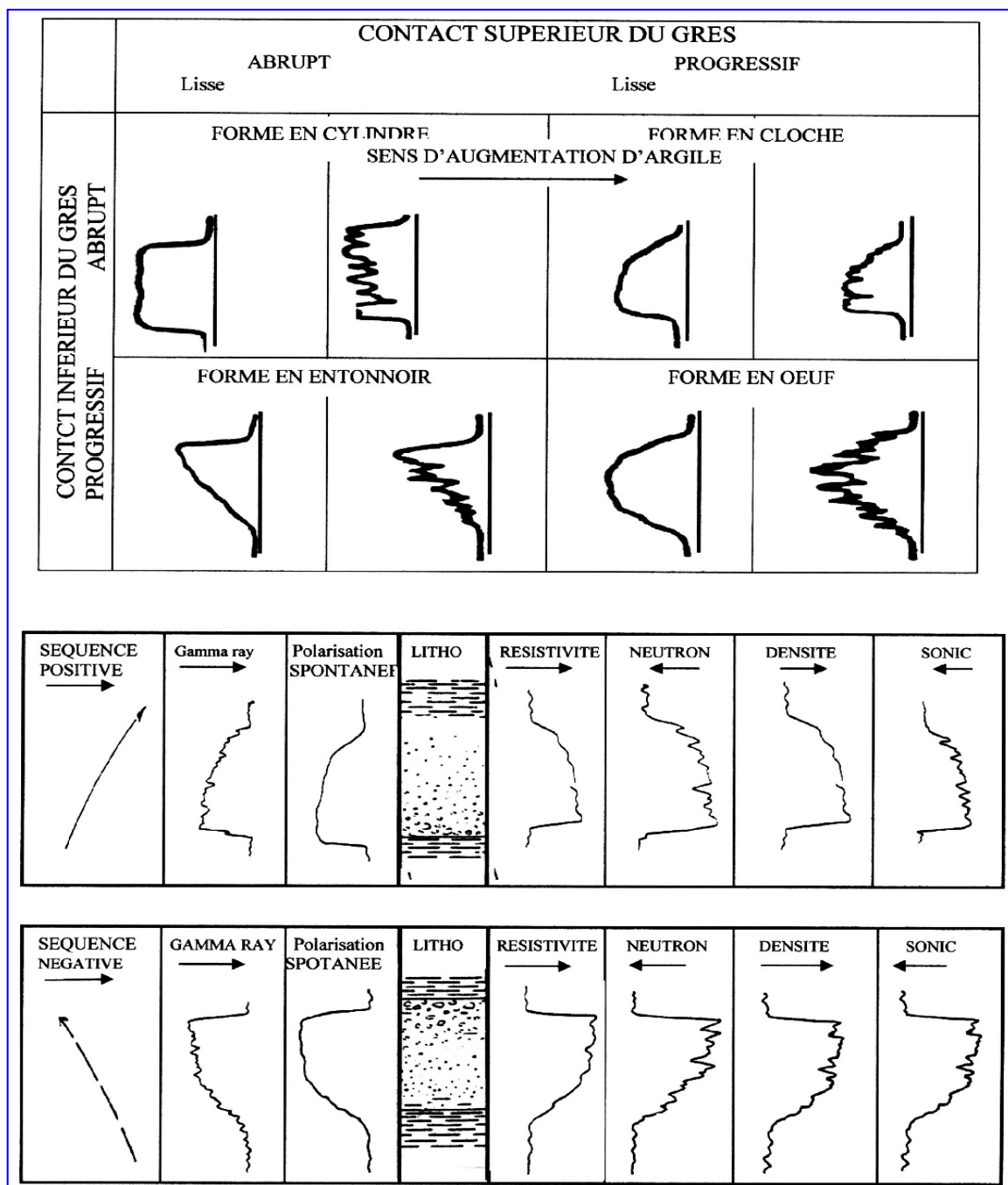


Figure n°19 : Classification de Shell.

2.2.3. Généralités sur la stratigraphie séquentielle :

La stratigraphie séquentielle est née à partir des idées dont les origines proviennent de deux écoles des géologues d'Amérique de Nord. La principale différence entre ces deux écoles réside dans la nature des limites à partir desquelles les séquences ont été définies.

Le modèle de séquence de dépôt (modèle d'EXXON) met l'accent sur les discordances (Unconformity ou SB) et leur relative conformité qui limite l'ensemble des strates génétiquement liées. Ainsi, cette conformité permet de marquer des hiatus importants dans les aires des bassins, généralement, ils sont bien repérés dans les secteurs sismiques.

Le modèle de stratigraphie séquentielle génétique (Galloway ,1989 a) de l'école de Gulf Coast met l'accent sur les surfaces d'inondations marines ou (MFS) qui sont considérées comme des limites importantes, parce qu'elles marquent des réorganisations majeures aux systèmes sédimentaires, aussi, elles sont les plus faciles à corréliser sur les logs et sur les affleurements.

2.2.3.1. Notion de séquence stratigraphique selon les deux modèles

A. Selon le modèle d'EXXON :

La notion de séquence stratigraphique est l'unité sédimentaire d'un bassin, elle est définie comme une succession conforme des couches qui sont génétiquement liées, et limitée par les limites de séquences (séquence boundary ou SB) qui se forment lors des maximums de chute du niveau marin relatif. Ces limites de séquences ou leurs équivalents corrélatifs peuvent être des discordances, ainsi cette notion est formée par 3 cortèges sédimentaires (le prisme de bas niveau ou LST, l'intervalle transgressif ou TST, le prisme de haut niveau ou HST) limités par des surfaces de transgression (MFS et TS).

B. Selon le modèle de Galloway (1988) :

La séquence est un ensemble de lithofaciès qui sont génétiquement liées, se succédant dans l'espace et dans le temps pendant un cycle sédimentaire complet de la variation des niveaux marins relatifs, elle est délimitée par deux surfaces d'inondations maximales (MFS).

4.2.3.2. Types de séquences :

Si l'on envisage l'évolution des séquences au sein d'un corps sédimentaire, toujours par rapport à la paléo ligne de rivage, il est possible de distinguer trois types de successions :

- Des successions rétrogradantes (rétrogradation) où les séquences sont en translation vers le domaine continental. Ces successions sont caractérisées généralement par un amincissement progressif et l'occurrence est de plus en plus fréquente de faciès distaux.

- Des successions progradantes (progradation) où les séquences sont en translation vers le bassin. Ces successions sont caractérisées par un épaissement progressif et l'augmentation des faciès proximaux.
- Des successions aggradantes (aggradation) où les séquences sont en empilement vertical, en position relative déplacée, soit vers le continent, soit vers le bassin.

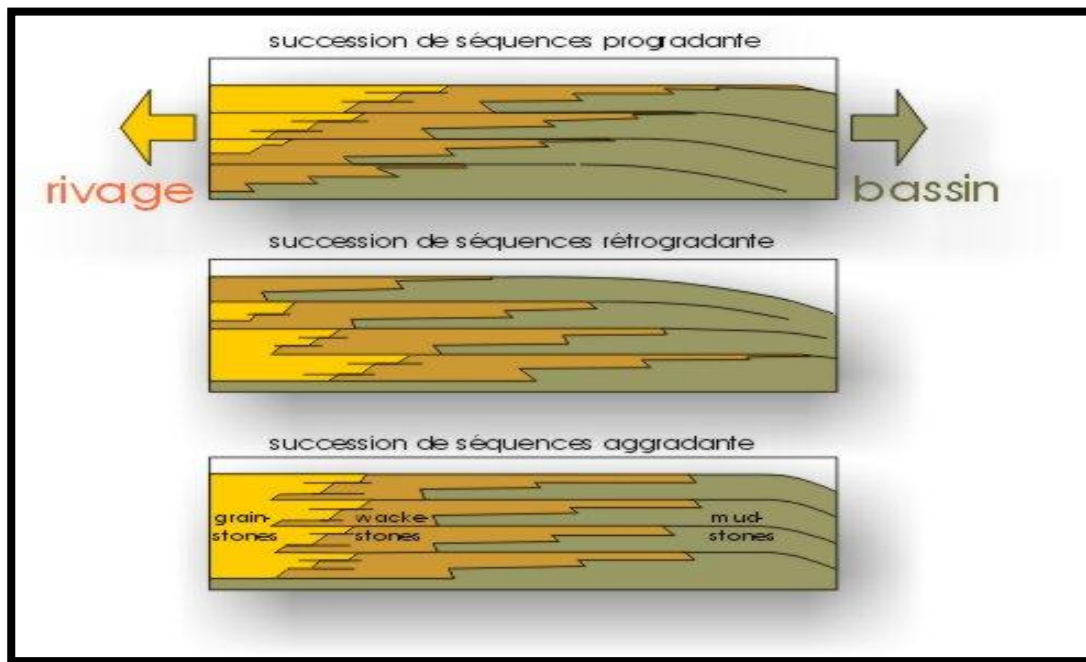


Figure n°20 : Succession progradante, rétrogradante et aggradante par rapport à la paléo ligne de rivage.

2.2.3.3. Discontinuités stratigraphiques de la séquence :

Ces dépôts sont séparés par des surfaces spécifiques qui sont :

A. Discontinuité ou Surface Bandary (SB) ou Unconformity :

Sur les continents, elles sont soulignées par une surface d'exposition aérienne et une érosion fluviale plus loin dans le bassin, elles correspondent à des surfaces de progradation sous-marin (down up surfaces), dans tous les cas, elles sont associées à des séries régressives progradantes par un développement maximum des grés.

B. Transgressive Surface (TS) ou Flooding Surface (FS) :

C'est une surface d'inondation, elle correspond à la première surface d'inondation par laquelle commence le dépôt de cortège rétrogradant de transgression au-dessus de cortège de bas niveau marin ou de la bordure de la plateforme.

C. Surface d'inondation maximale (SIM) ou (Maximum Flooding Surface (MFS)) :

C'est le maximum de transgression, cette surface marque la limite entre le cortège transgressif et le cortège de haut niveau marin, ce niveau se forme une surface de condensation (condense section) liée au piégeage de sédiments près de littoral, caractérisée par une sédimentation de décantation, un enrichissement faunistique, une abondante bioturbation et une néoformation minérale.

La séquence est formée par 3 cortèges sédimentaires :

- **Cortège de haut niveau (high system tract : HST) :** Ce cortège sédimentaire se forme lors de remontée eustatique, situé dans la partie supérieure de la séquence, il débute par des para-séquences aggradantes, il se termine par des para-séquences progradantes. Il se développe vers la fin de la montée eustatique durant la stabilité eustatique et pendant le début de la chute du niveau marin, les para-séquences sont grano-croissantes.
- **Cortège transgressif (transgressive system tract : TST) :** Il correspond à l'enregistrement sédimentaire de la montée eustatique maximale, il s'agit d'un cortège intermédiaire, caractérisé par des para-séquences rétrogradantes, et il présente une surface de transgression à son base. Le sommet de cortège correspond à une surface condensée qui est le témoin de l'étape maximale de transgression et à la surface d'inondation maximale (SIM ou MFS), cette surface fait le changement de disposition des para-séquence rétrogradantes vers des para-séquences progradantes.
- **Cortège de bas niveau (lower system tract : LST) :** Il est limité au sommet par la surface de transgression, il se développe lors d'une chute eustatique importante et par la suite, lors d'une remontée très lente du niveau marin.

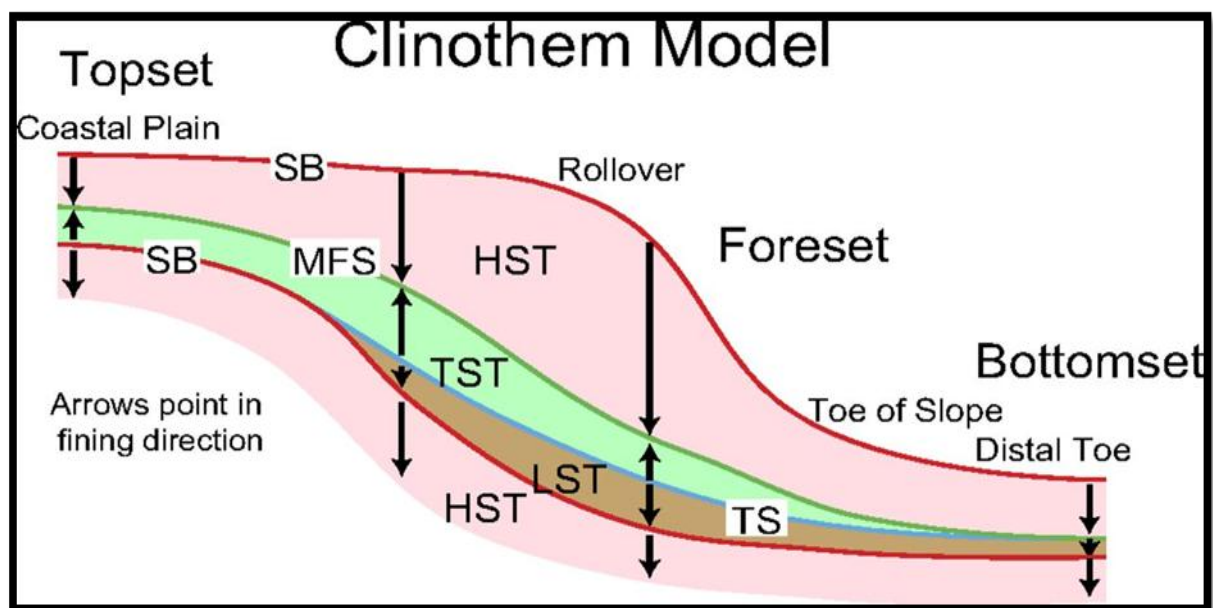


Figure n°21 : Terminologie séquentielle.

2.2.4. Méthodologie suivie dans l'étude :

Grace à ces données de puits une démarche d'étude a été adoptée comme suit :

- Traitement et description des données de carottes.
- Détermination des faciès et milieu de dépôt sur les données de carottes.
- Découpage séquentielle basé sur la description de carottes et l'interprétation de digraphies.
- Etablissement des corrélations entre les puits.
- Cartographie et établissement des cartes en iso-sand.

Chapitre 3 :

Résultats de l'étude sédimentologique

3. Résultats de l'étude sédimentologique

3.1. Introduction :

L'étude sédimentologie du réservoir d'Eifélien F3 de la région d'étude est basée sur la description de carottes dans les 04 puits, pour déterminer les faciès et leur environnement de dépôt.

3.2. Description de carottes :

Quatre puits ont été sélectionnés pour cette étude : S-1, S-2, S-3 et S-4. La description de faciès s'est faite selon plusieurs critères : la lithologie, la granulométrie, les structures sédimentaires, bioturbations, a été réalisée à l'échelle de 1/100.

a) Carotte N°1:

- (4043 - 4079 m) :

Les sédiments représentés par des grés, fins à grossiers de couleur grisâtres / blancs, massifs, mal triés à laminations obliques et parfois sigmoïdales avec des passages plus argileux.

Cet ensemble constitue le remplissage d'un empilement de chenaux au sein d'un système deltaïque à dominante rivière.



Carotte N°1 : 4052 m Sable, grossier mal trié, litage oblique de fort angle.



Carotte N°1 : 4046 m Sable moyen, mal trié, litage oblique en auge.

Figure n°22: Faciès de chenaux distributaires.

- (4079 – 4099 m) :

Les sédiments représentés par des grés moyens à granuleux gris, blancs, silicifiés, friables, massifs et mal triés, surmonté de faciès hétérolithiques bioturbés (sables fins et argiles) à Flazer bedding. Présence de mud clasts et des laminations planes et sigmoïdales qui révèle des faciès de chenaux deltaïques dominés marée.



Carotte N° 1 : 4098 m
Sable fin, lamines argileuses, ride
de courant.

Carotte N° 1 : 4089,75 m
Chenaux sableux, drapages
argileux bioturbé.

Carotte N° 1 : 4088,5 m
Alternances sable argiles
avec des rides de marée
bioturbé.

Figure n°23 : Faciès de chenaux deltaïques dominés marée.

- (4099 – 4111.5 m) :

Présence de sable très fin gris, brun finement laminé avec des lamines fines argileuses, avec des passages des hétérolithes bioturbé, à ride de courant et de vague, argileux au toit avec Teichichnus et Planolites. Ces faciès se sont déposés sous des conditions de Shoreface inférieur/Offshore supérieur en marge du système deltaïque.



Carotte N° 1 : 4108,5 m
Sable fin lité avec des laminés ridés argileux.



Carotte N° 1 : 4101,5m
Alternances sable argile avec des rides.

Figure n°.24 : Faciès Shoreface inférieur /Offshore supérieur.

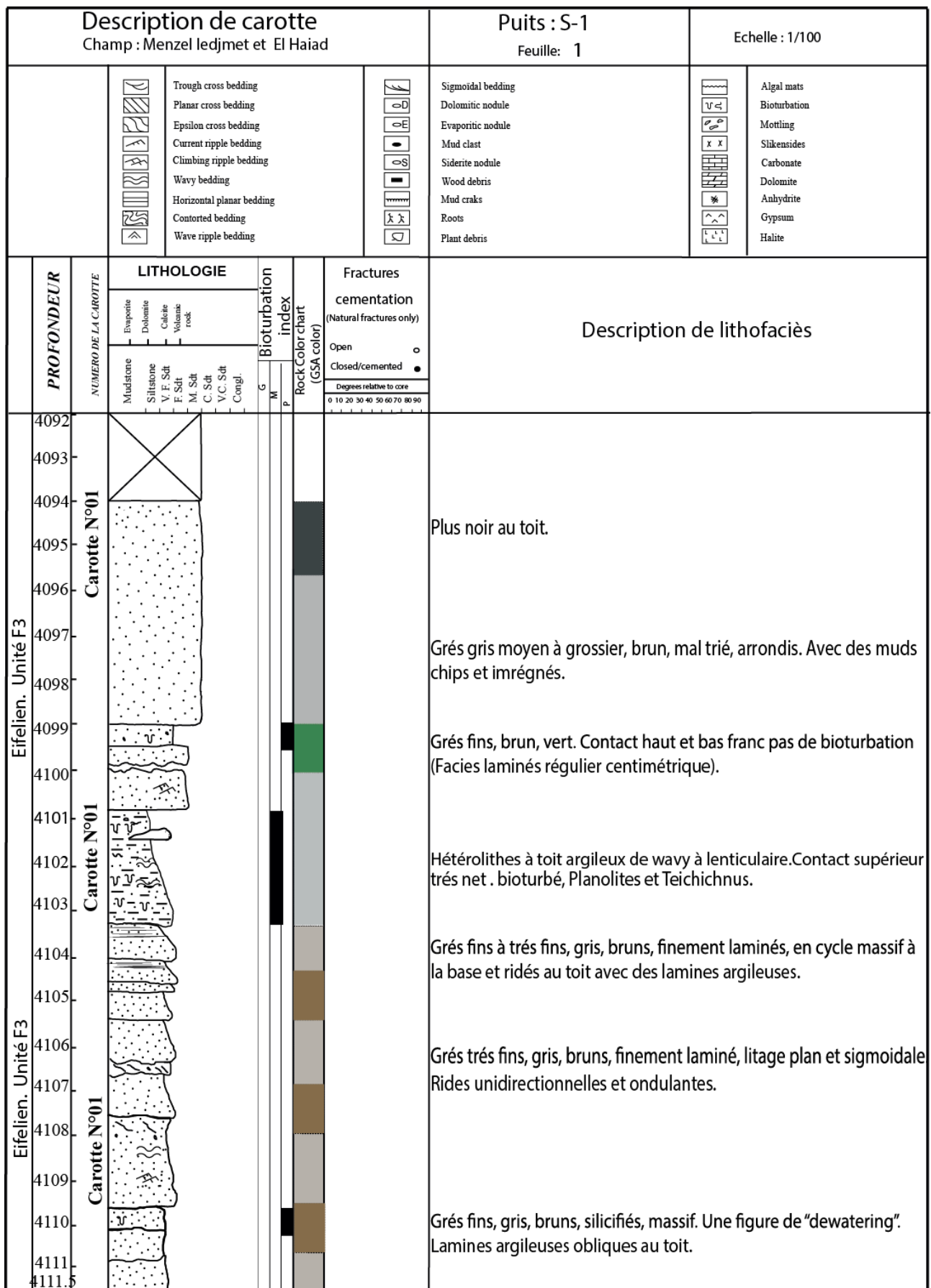


Figure n°25 : Carotte N°1 du puits S-1.

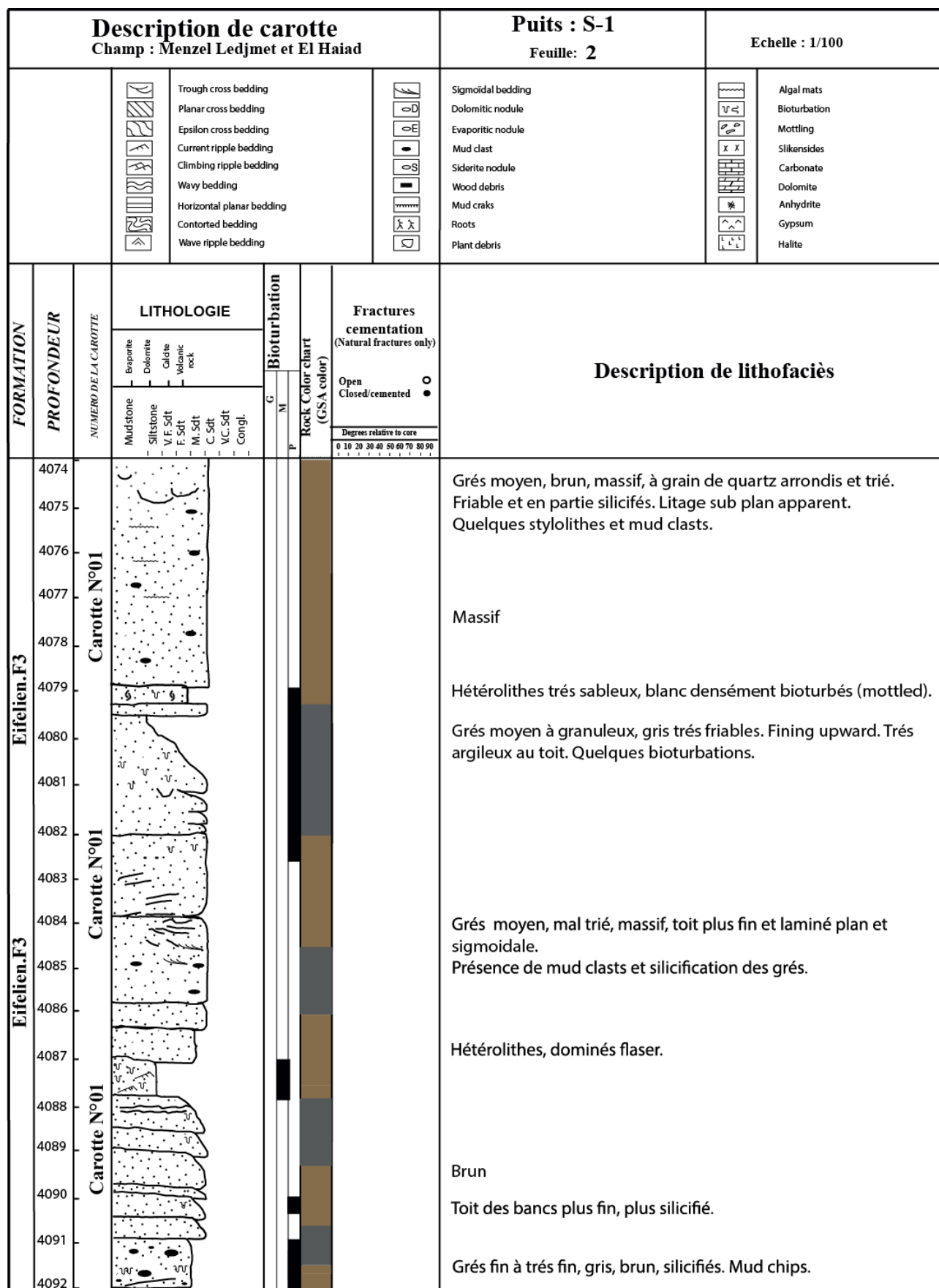


Figure n°26 : Carotte N°1 du puits S-1.

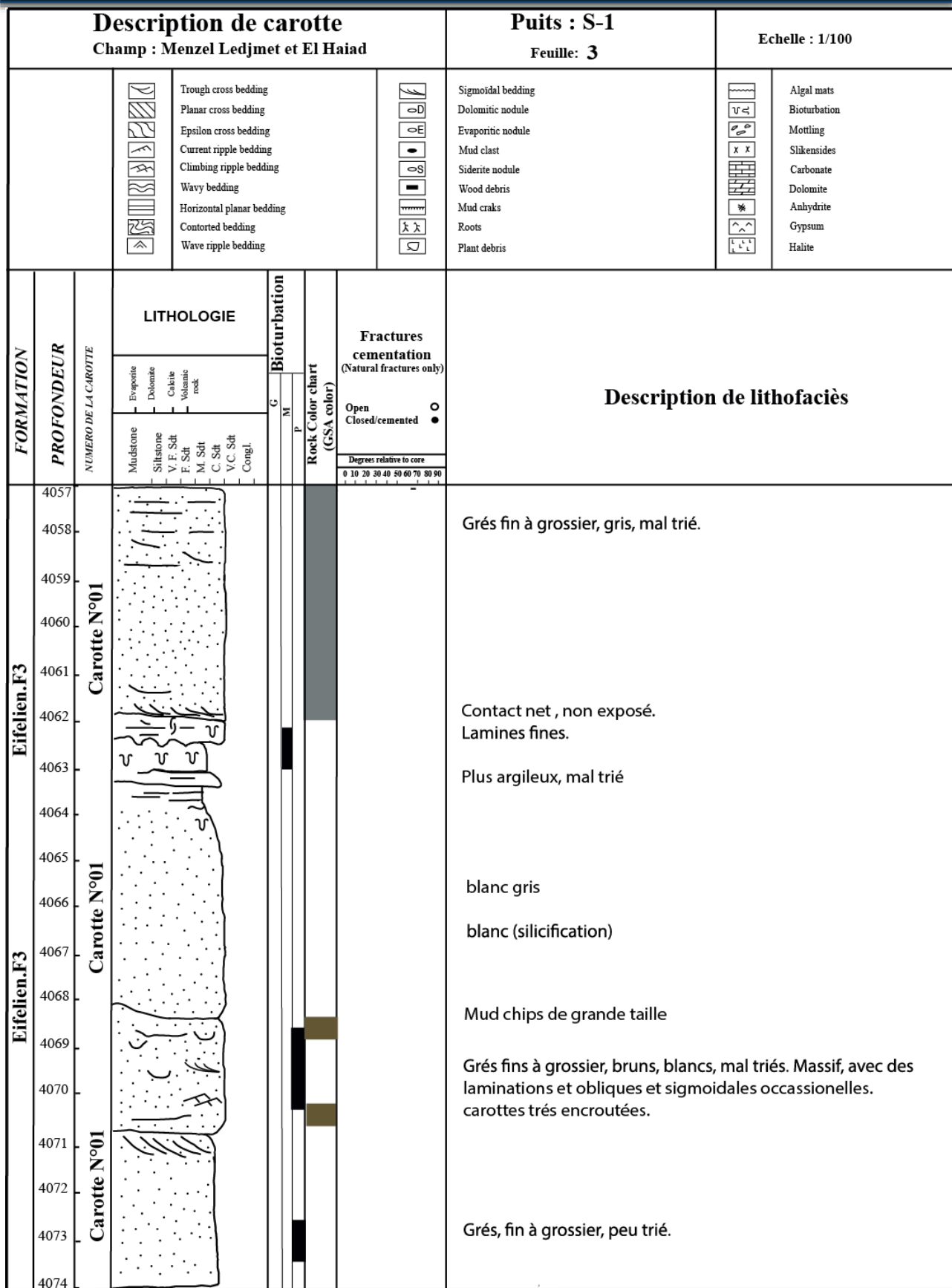


Figure n°27 : Carotte N°1 du puits S-1

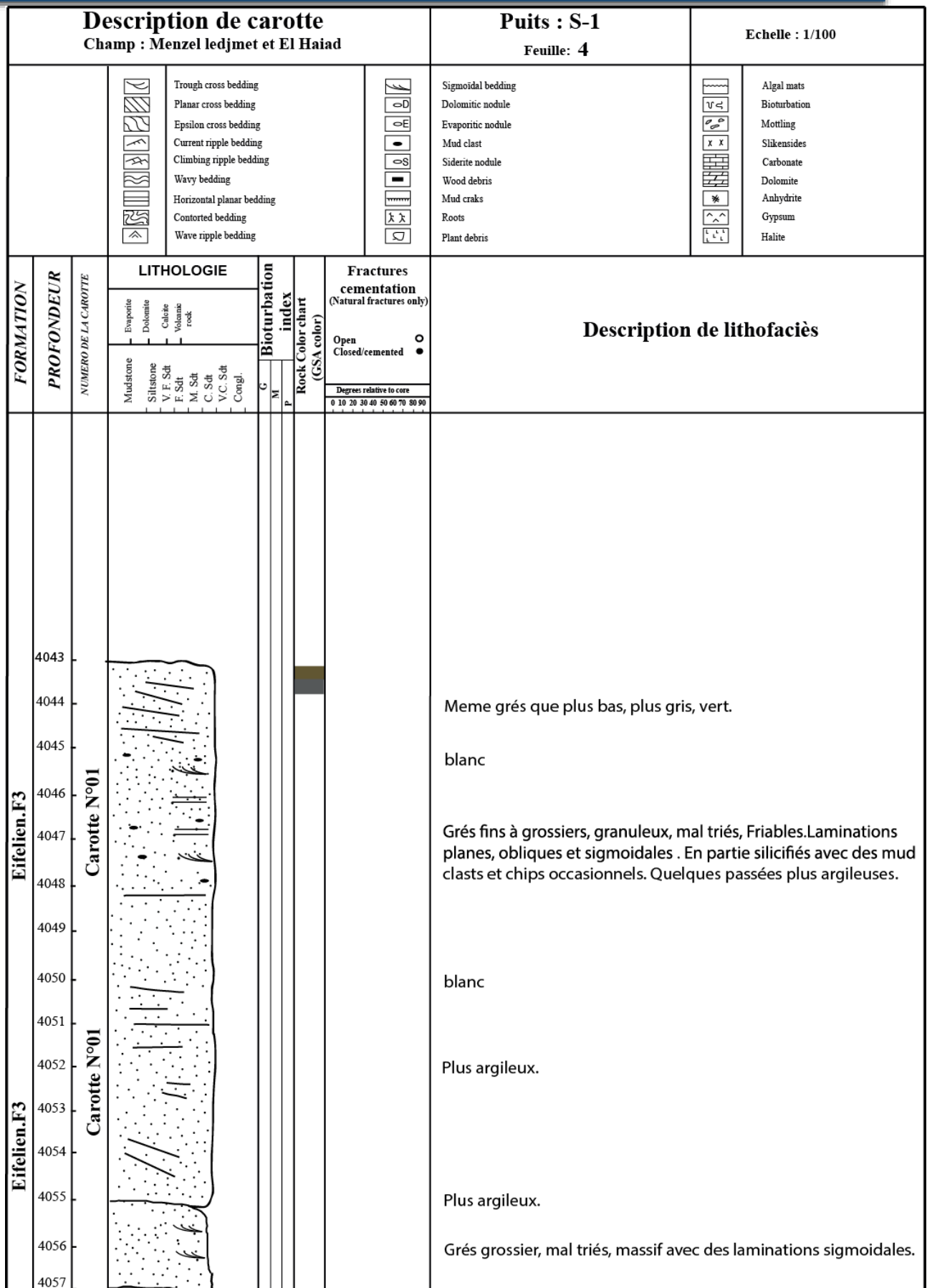


Figure n°28 : Carotte N°1 du puits S-1

b) Carotte N°2: - (4029 - 4049 m) :

Les faciès dominants sont représentés par des grès très fins à fins laminés, alterné avec des argiles sombres, ils sont fréquemment bioturbés (*Teichichnus*, *Skolithos*), avec des passages hétérolithes, lenticulaires passant à flaser bedding et à litage ondulant déposé dans un contexte globalement sub-tidal, à proximité d'un système deltaïque, dont l'influence pouvait être fortement marquée ces faciès encadrent un intervalle sableux de 4.5 m (4042m-4046.5m) massifs, compacts, localement des laminations planes et obliques à base érosive. Cet ensemble correspond au dépôt d'un chenal deltaïque dominé marée.



Carotte N° 2 : 4042,4 m
Grès fins à moyens, laminations obliques
et sigmoïdales.



Carotte N° 2 : 4040,4 m
Grès fins laminés, alternés avec des
argiles sombres, bioturbées.

Figure n°29 : Faciès de chenaux deltaïques à influence des marées.

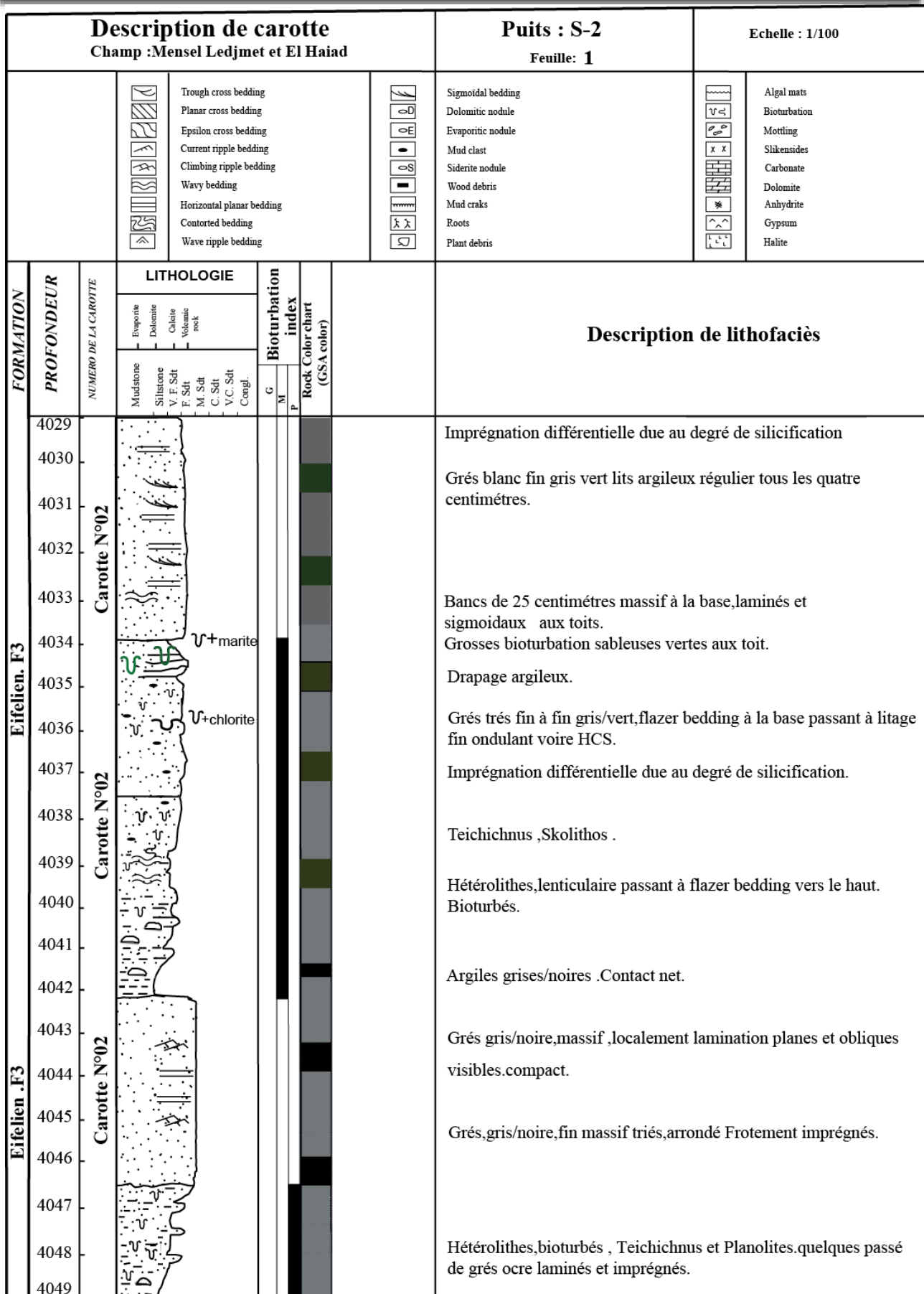


Figure n°30 : Carotte N°2 du puits S-2.

c) Carotte N°3:

- (4023 - 4042 m) :

Des grès moyens à grossiers massifs silicifiés mal triés, friables, et peut bioturbé avec quelque rare passage millimétrique argileux et un passage de grès ocre plus grossier et mal trié mouchetée. Présence de laminations planes avec des étages obliques et ridés, Stylolites, Mud chips et lamine boueuses. Ils correspondent à des dépôts deltaïques dominés par des chenaux distributeurs.



Carotte N° 3 : 4027 m
Sable moyen mal trié, litage
oblique et ridé.



Carotte N° 3 : 4040,5m
Grès fins à moyens, litages obliques
avec draps argileux.

Figure n°31 : Faciès de chenaux distributeurs.

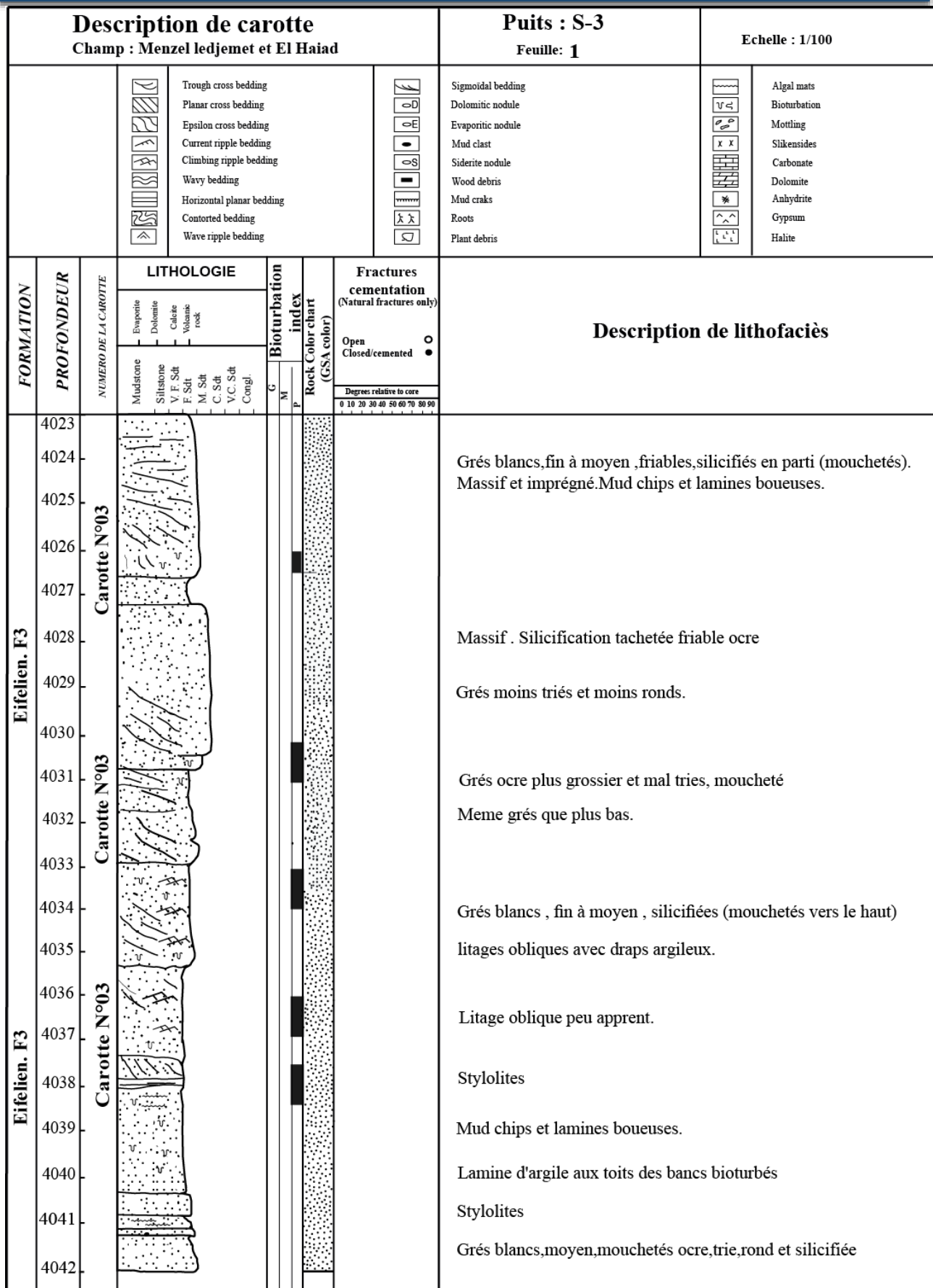


Figure n°32 : Carotte N°3 du puits S-3.

d) Carotte N°4 :**- (4103 - 4011.5 m) :**

Les sédiments sont représentés par des grés fins noirs massifs, organisés en bancs décimétriques à laminations sigmoïdales et obliques friables. Présence de Teichichnus, Skolithos, Planolites, débits coquillés et bivalve à la base.

Ils correspondent à des dépôts deltaïques dominés marée.

- (4111.5 - 4119.85 m) :

Des argiles noires avec des surfaces ondulées et érosives avec quelques mini rides de courant, à fragments coquillés.

Ce dépôt est déposé dans le domaine Offshore supérieur à Shoreface inférieur sous influence deltaïque.



Carotte N° 4 : 4112,5 m

Argile noire, rares passées silteuses ridées.



Carotte N° 4 : 4107,5 m

Sable fin, lamines planes et rides de courant.

Figure n°33 : Faciès des chenaux deltaïques et de l'Offshore supérieur à Shoreface inférieur.

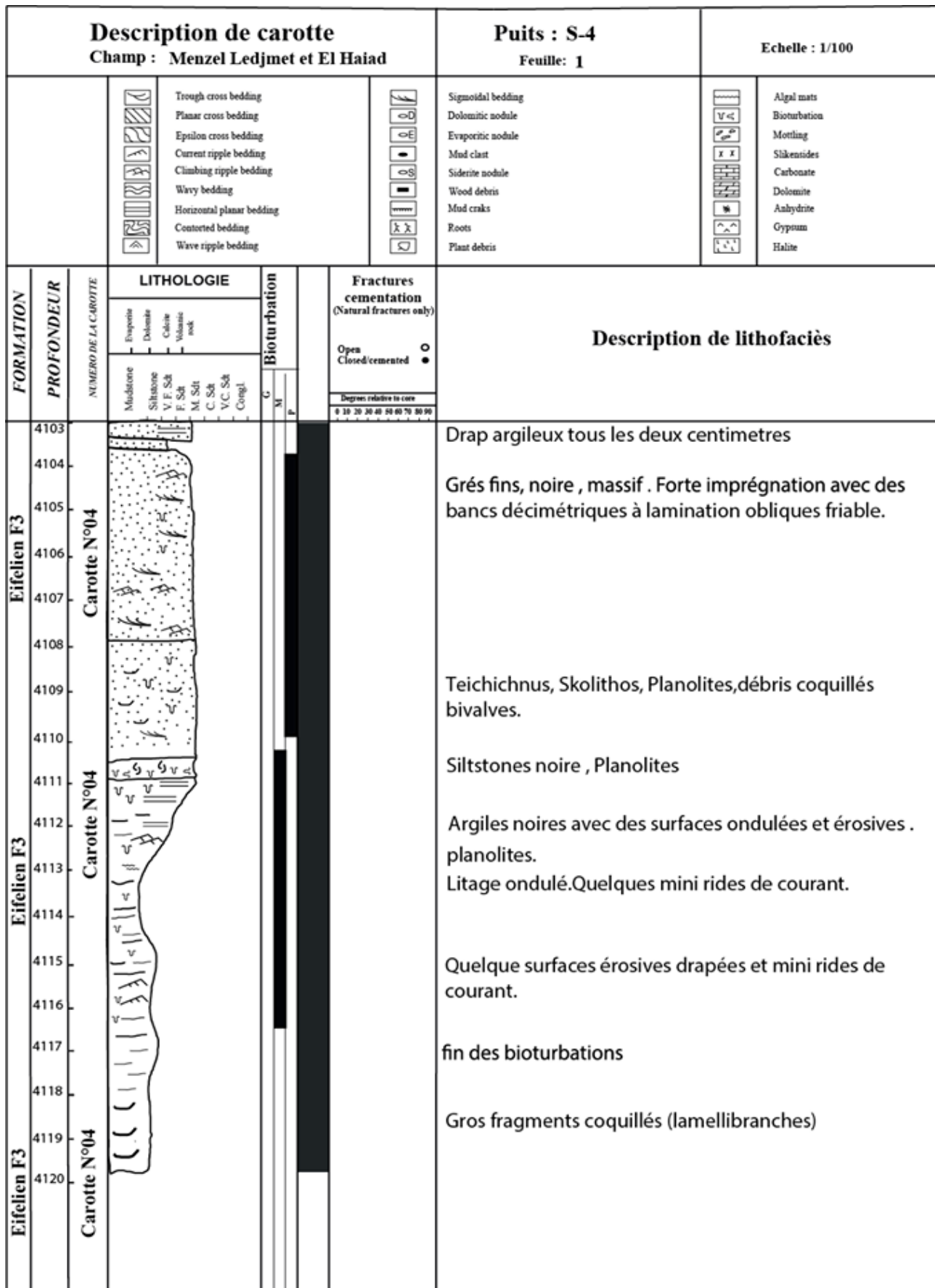


Figure n°34 : Carotte N°4 du puits S-4 .

3.3. L'environnement et modèles de dépôt :

L'examen de carottes a révélé la présence de plusieurs types de faciès, associés principalement aux environnements suivants :

- Des faciès de remplissage de chenaux dominé rivière (distributaire).
- Des argiles et sables fins hétérolithiques du domaine Sub-tidal.
- Des faciès de remplissage de chenaux à influence Tidal.
- Des argiles sombres du domaine marin franc (Offshore).
- Des sables très fins de bordure de lobe.

Généralement on note une croissance de la granulométrie des sédiments vers le haut, évoluant d'argiles Offshore depuis la base, à des séquences chenalisés de dépôt, influencés par les processus de marée puis les processus de rivières.

On note aussi que les variations latérales de faciès sont importantes à faible distance, en particulier dans la partie inférieure (le puits S-3 apparaissant le plus riche en sable, le puits S-1 apparaît dominé par les argiles et sables fins), en raison de la prédominance des corps chenalisés.

La partie sommitale Eifelien se distingue par un épandage sableux plus étendu et plus massif. Cet objet présente toutes les caractéristiques d'une géométrie en lobe d'embouchure.

Le modèle de dépôt retenu après étude de carottes d'Eifelien dans la zone de Menzel Ledjmet et el Haïad est celui d'un système deltaïque progradant vers le Nord. Une superposition de deux modèles de dépôt.

Un système deltaïque soumis principalement à l'influence de marée dans la partie inférieure, caractérisé par des variations latérales de faciès (du remplissage de chenaux tidaux aux argiles subtidales).

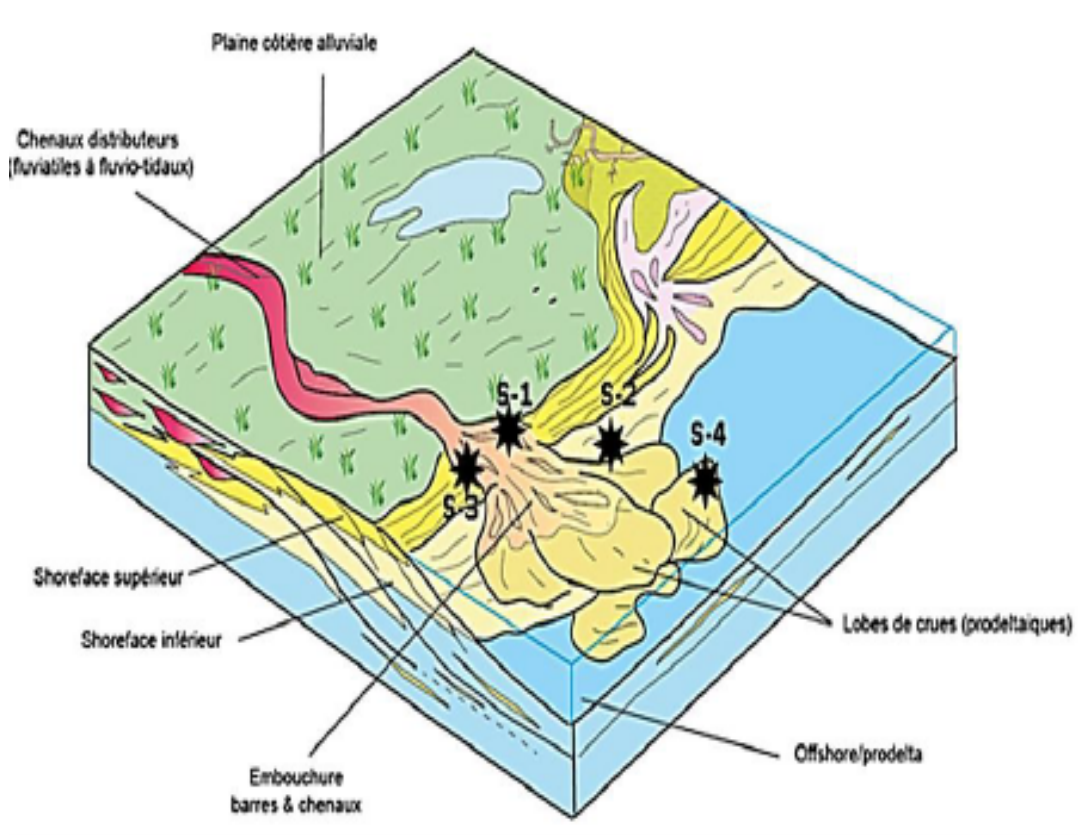
Un système supérieur plus tabulaire et plus étendu qui rappelle la formation de lobe d'embouchure suggérant le dépôt d'un système deltaïque dominé houle.

Ce système deltaïque c'est mise en place progressivement dans le contexte de sédimentation stable Shoreface/Offshore. Les premières influences deltaïques sont enregistrées dans les puits S-1 et S-3.

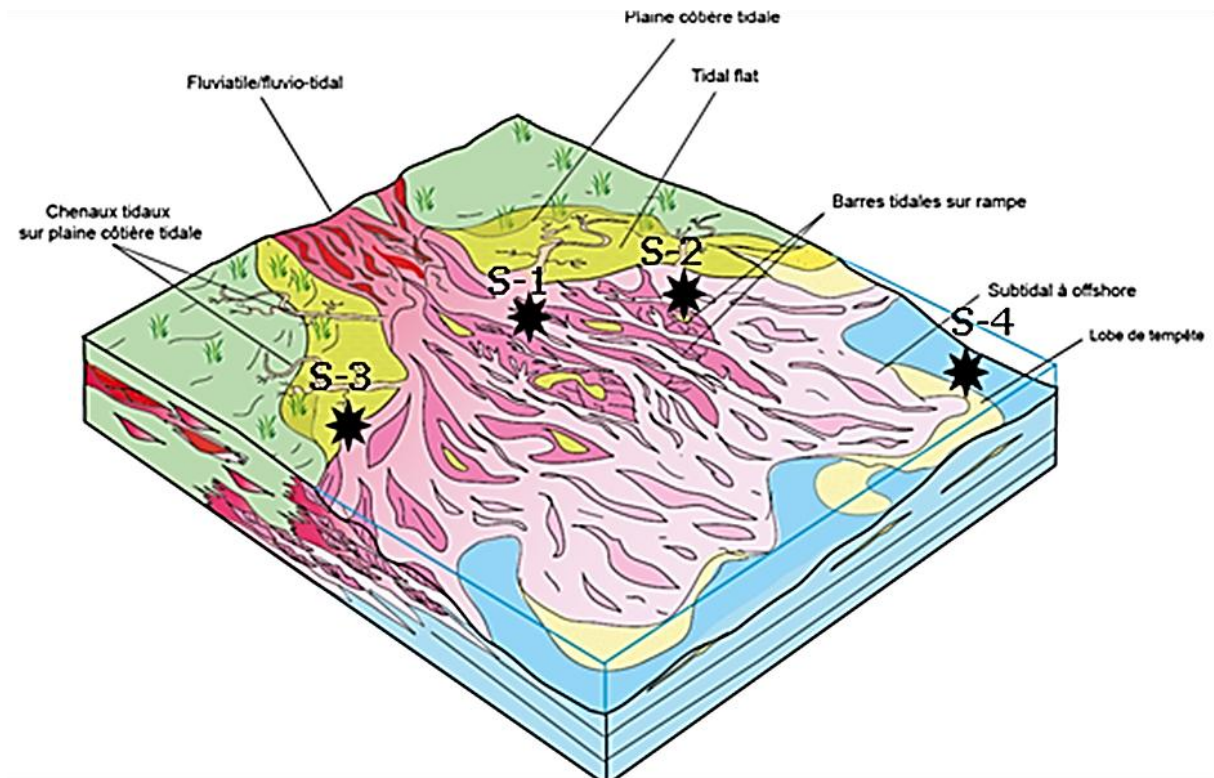
Au-dessus des faciès de Shoreface partiellement traversé sur S-1 qui doivent représenter les parties les plus proximales du système côtier. Un premier système de delta dominé rivière est noté dans les puits S-1 et S-3 avec probablement une extension limitée (ces deux puits étant très proches).

La mise en place du système deltaïque principal se trouve au toit de l'intervalle étudié, avec une forte épaisseur de dépôts de chenaux distributeurs sur S-1 se poursuivant sur S-3.

Latéralement ce faciès de chenaux distributeurs passe à des faciès plus fins, mieux triés de bordure de lobes avec une influence des processus de dépôt pérennes dans lesquels le système deltaïque se développe.



Système Deltaïque dominé Houle (vague) (partie supérieure de l'Eifélien)



Système Deltaïque dominé marée (partie inférieure de l'eifélien)

Figure n°35 : Modèles de dépôt et position relative des puits au sein des systèmes.

3.4. Conclusion :

L'objectif de cette étude sédimentologique sur le réservoir d'Eifélien F3 de champ Menzel Ledjmet et El Haïad à travers les sondages (S-1, S-2, S-3 et S-4) nous a permis de déterminer plusieurs environnements de dépôt à partir de la description de carottes basée sur la reconnaissance d'un certain nombre de faciès qui sont ensuite regroupés en trois principales associations caractéristiques de chaque environnement de dépôt. On distingue de bas en haut :

- Des grés fins à grossiers de couleur grisâtre/blanc, massif, silicifiés en structures sédimentaires laminaires obliques parfois sigmoïdales, affectés par des stylolites, des Mud chips et lamine boueuse signifiant un milieu de chenaux distributaires à dominance de rivières.
- Des grés très fins à fins et moyens à granuleux gris, blanc, silicifiés alternés avec des argiles sombres, et des passages hétérolithiques, fortement bioturbés (Teichichnus, Skolithos), caractérisés par des laminations planes, et flaser bedding, correspondant à un milieu de chenaux deltaïques dominés par la marée.
- Des sables très fins et des argiles noires avec des surfaces ondulées et érosives témoignant d'un environnement marin (l'Offshore supérieur / Shoreface inférieure).

Chapitre 4 :

Résultats de stratigraphie séquentielle

4. Résultats de Stratigraphie séquentielle

4.1. Introduction :

Les dépôts Deltaïques sont généralement difficiles à corréler, à cause des changements latéraux de faciès fréquent, ainsi, il est difficile de distinguer chaque banc dans une succession répétitive. Notamment, dans notre région d'étude, où l'espacement entre les puits est relativement important. Les séquences qui ont été déterminées au niveau des puits décrétés (S-1, S-2, S-3 et S-4) ont été choisies comme des puits de référence pour le découpage de reste des puits utilisés dans cette étude.

Dans le cas présent, les corrélations entre les puits sont faites sur la base de l'identification des SB, ST, et MFS définies au niveau des puits décrits.

4.2. Découpage séquentiel :

Nous avons appliqué le découpage séquentiel sur les puits suivants : S-1, S-2, S-3, et S-4, basé sur les données de carottes calibrées et ajustées par les diagraphies le Gamma-Ray et le Sonique comme des outils de base.

4.2.1. Identification des discontinuités du réservoir Eifélien F3 :

- Surface transgressive (ST) :

Elle recouvre les zones profondes de bas niveau et elle passe latéralement dans la plate-forme à la surface d'érosion, elle traduit une migration rapide de la ligne de rivage vers le continent et elle indique aussi un net approfondissement marquant d'une façon générale le passage d'une série régressive (progradante) vers une série transgressive (rétrogradante ou aggradante).

- Surface d'inondation maximale (MFS) :

La surface d'inondation maximale (MFS) est aisément identifiable, elle correspond à une forte radioactivité en (GR) qui traduit donc la période de sédimentation minimale de tout le système, elle se trouve sous les voies des systèmes de haut niveau marin (HST) et elle les sépare des dépôts rétrogradantes du cortège transgressif (TST).

Cette surface d'inondation maximale est marquée également par une surface ou un intervalle un peu épais d'accumulation de faunes marines, il s'agit d'un intervalle condensé.

- Séquence boundary (SB) :

Elle se reconnaît par le déplacement brusque de la sédimentation en direction du bassin, elle peut s'identifier par le passage d'une série progradante du HST vers une série rétrogradante du TST et/ou une série aggradante du LST.

4.2.2. Identification les unités séquentielles du réservoir Eifélien F3 :**A. Puits S-1 :****- Deux cortèges de haut niveau (HST) :**

Le premier est localisé dans l'intervalle 4139 m à 4142 m avec une épaisseur de 3 m, limité par MFS-1 à la base et par SB-1 au sommet, il s'agit d'une évolution progradante des grès très fins, gris, bruns. La courbe Gamma-Ray présente une forme en entonnoir et le type de para-séquence est grano-croissante.

L'environnement de dépôt de ce cortège correspond à l'Offshore supérieure à Shoreface inférieure sous influence deltaïque.

Le deuxième situé à l'intervalle 4131 m à 4133 m ayant une épaisseur de 2 m limité à la base par MFS-2 et au sommet par SB-2, il s'agit d'une évolution régressive des grès fins, bruns, verts, rarement bioturbé.

Ce prisme présente une courbe de Gamma-Ray de forme en entonnoir et de type de para-séquence grano-croissante (séquence négative).

L'environnement de dépôt de ce cortège correspond au l'Offshore supérieure à Shoreface inférieure sous influence deltaïque.

- Deux cortèges de bas niveau (LST) :

Le premier est à une épaisseur de 4 m notée dans l'intervalle 4134 m à 4138m, il est limité par SB-1 à la base et ST-1 au sommet, il est caractérisé par des grès hétérolithiques gris, bruns, fins, fortement bioturbé.

Ce prisme présente une courbe GR de forme en cloche.

L'environnement de dépôt de ce cortège correspond à l'Offshore supérieure à Shoreface inférieure sous influence deltaïque.

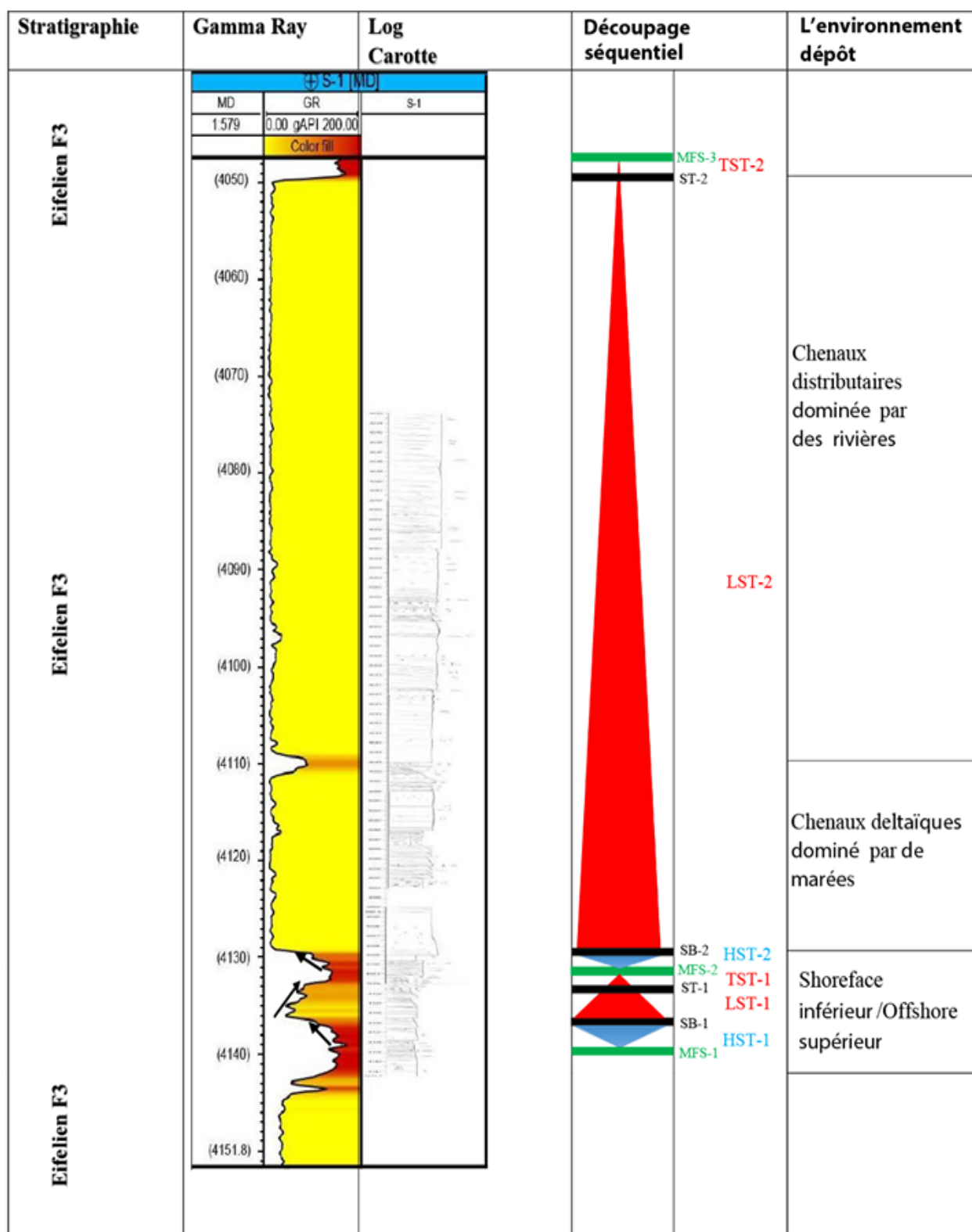
Le deuxième cortège est limité entre la profondeur de 4129 m à 4150 m, il est limité à la base par SB-2 et au sommet par ST-2, il est constitué par des grès fins à grossier avec des hétérolithes et quelques passages argileux.

Ce prisme présente une courbe Gamma-Ray de forme cylindrique qui correspond à une séquence neutre. L'environnement ce cortège correspond aux chenaux deltaïques (distributaires et tidaux).

- Un cortège transgressif (TST) :

Il correspond au système transgressif limité à la base par une ST-1 et au sommet par une MFS-2. Il s'agit de facies hétérolithiques bioturbé plus argileux.

Ce prisme présente une courbe de Gamma-Ray de forme en cloche qui correspond à une séquence positive. L'environnement de dépôt de ce cortège correspond à l'Offshore supérieure à Shoreface inférieure sous influence deltaïque.



↗ : Séquence positive.

↘ : Séquence négative.

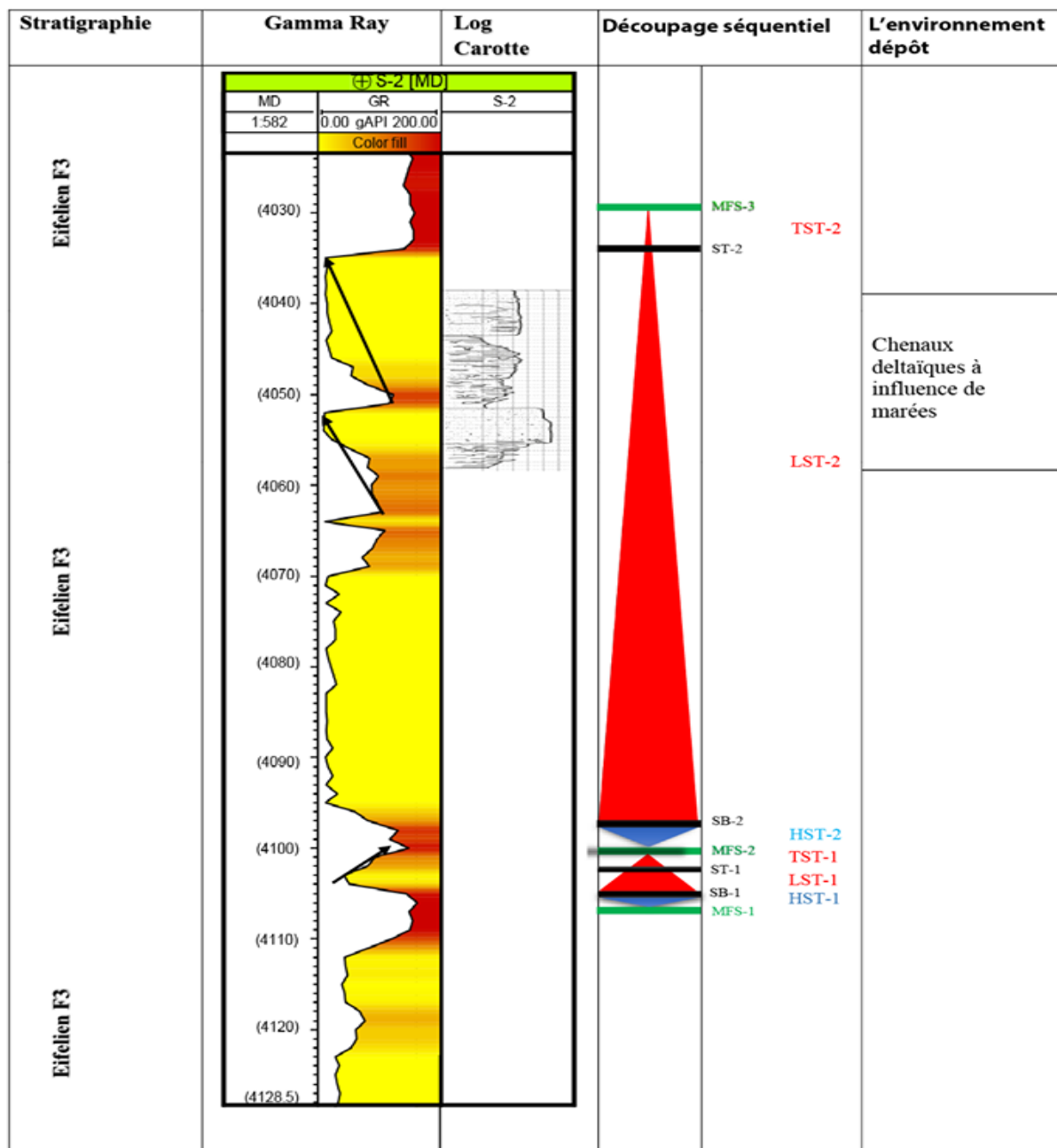
Figure n°36 : Stratigraphie séquentielle d'Eifelien du sondage S-1.

B. Puits S-2 :**- Un prisme de bas niveau (LST) :**

Il est limité par une (SB-2) à la base et (ST-2) au sommet avec une épaisseur de 20 m, il est constitué essentiellement par des grès très fins à fins, gris, verts, avec des passages hétérolithiques.

Ce prisme présente une courbe de Gamma-Ray de forme cylindrique qui correspond à une séquence neutre.

L'environnement de dépôt de ce cortège correspond au chenal deltaïque à l'influence de marée.



↗ : Séquence positive.

↘ : Séquence négative.

Figure n°37 : Stratigraphie séquentielle d'Eifélien du sondage S-2.

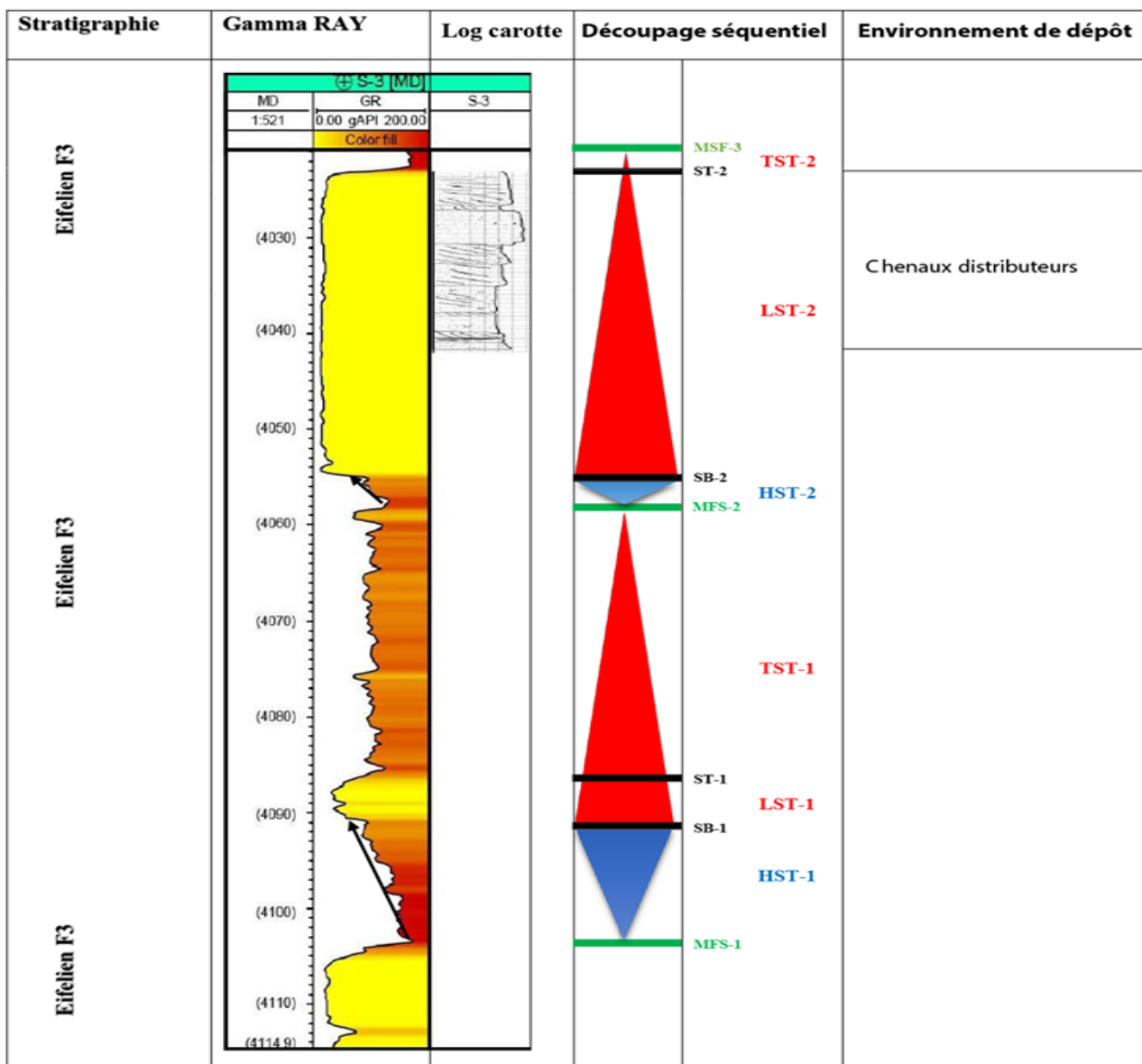
C. Puits S-3 :**- Un prisme de bas niveau (LST) :**

Le cortège de bas niveau marin ayant une épaisseur de 32 m, il est limité à la base par une séquence boundary (SB-2) à 4055 m et au sommet par la surface transgressive (ST-2) à 4023 m.

Il s'agit des grès moyens à grossiers silicifiés avec quelques passages argileux.

Ce prisme montre une courbe Gamma-Ray de forme cylindrique qui correspond à une séquence neutre.

L'environnement de dépôt de ce cortège correspond au chenal distributaire à dominance rivière.



↗ : Séquence positive.

↖ : Séquence négative.

Figure n°38 : Stratigraphie séquentielle d'Eifélien du sondage S-3.

D. Puits S-4 :**- Le prisme de haut niveau (HST) :**

Il est limité par une surface d'inondation maximale (MFS-2) à la base, et par la séquence boundary (SB-2) au sommet avec une épaisseur de 20 m, il s'agit d'une évolution régressive des argiles noires à fragments coquillés.

Ce prisme présente une courbe de Gamma-Ray de forme entonnoir avec des types para-séquences grano-croissantes.

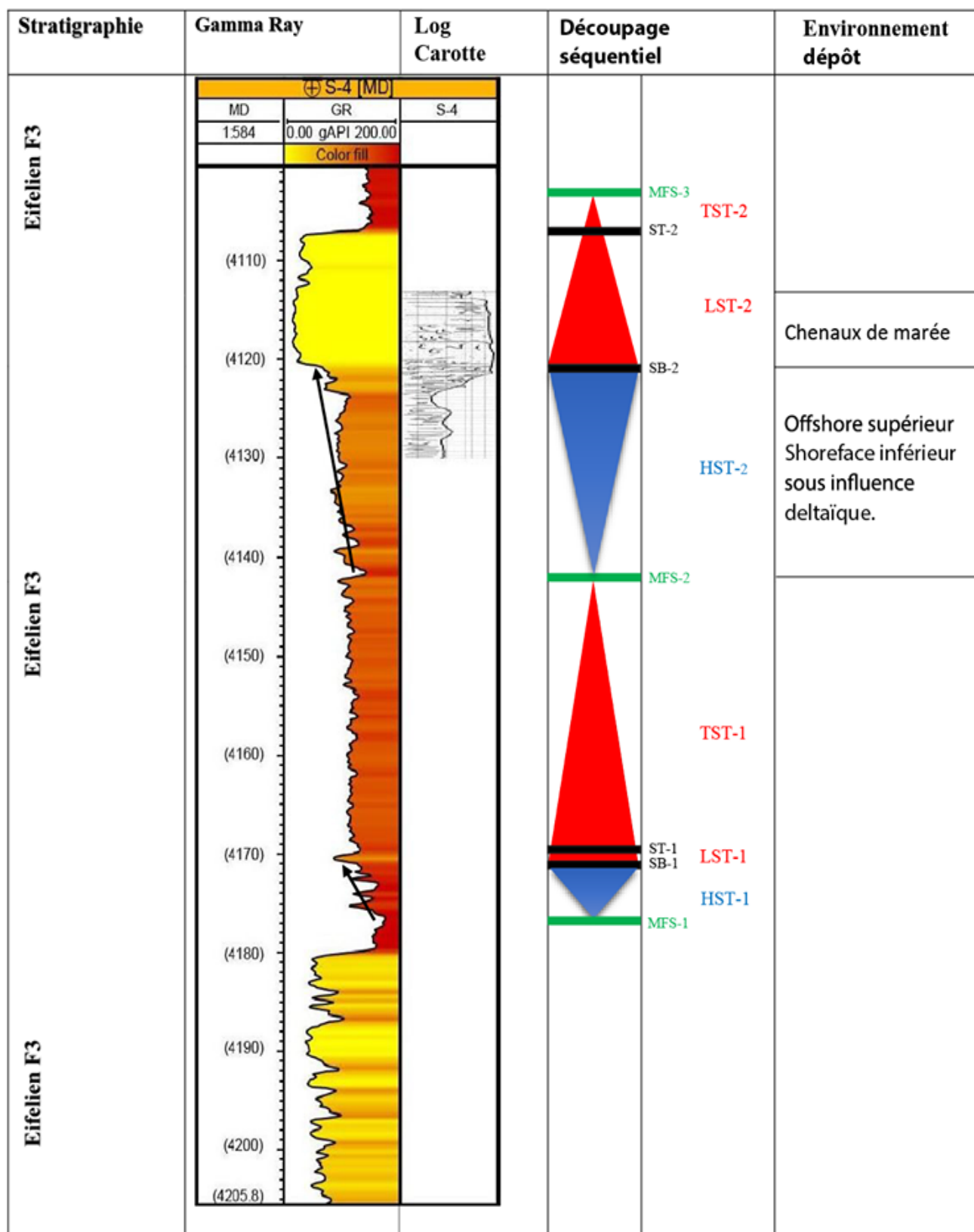
L'environnement de dépôt de ce prisme correspond à l'Offshore supérieur à Shoreface inférieur sous influence deltaïque.

- Prisme de bas niveau (LST) :

Le cortège de bas niveau marin (LST) faisant situer à une chute du niveau marin, il constitue essentiellement des grés, fins, noires, massifs, limité à la base par une séquence boundary (SB-2) et au sommet par une surface transgressive (ST-2) avec une épaisseur de 13 m.

Ce prisme présente une courbe de Gamma-Ray de forme cylindrique qui correspond à une séquence neutre.

L'environnement de dépôt de ce cortège correspond au chenal deltaïque à l'influence de marée.



↗ : Séquence positive.

↖ : Séquence négative.

Figure n°39 : Stratigraphie séquentielle d'Eifelien du sondage S-4.

4.3. Corrélations

4.3.1. Corrélations séquentielles :

La corrélation lithostratigraphique consiste à joindre les signatures diagraphiques semblables, c'est-à-dire : suivre latéralement les mêmes paquets de grés et d'argiles.

Par rapport aux corrélations lithostratigraphiques, les corrélations séquentielles ont l'immense avantage de s'affranchir des faciès et de représenter des lignes à un temps valable à l'échelle d'un bassin. Encore il faut s'assurer que les séquences que l'on observe résultent de phénomènes régionaux et non locaux, des séquences de comblement d'un chenal par exemple ne sont pas des phénomènes à l'échelle d'un bassin.

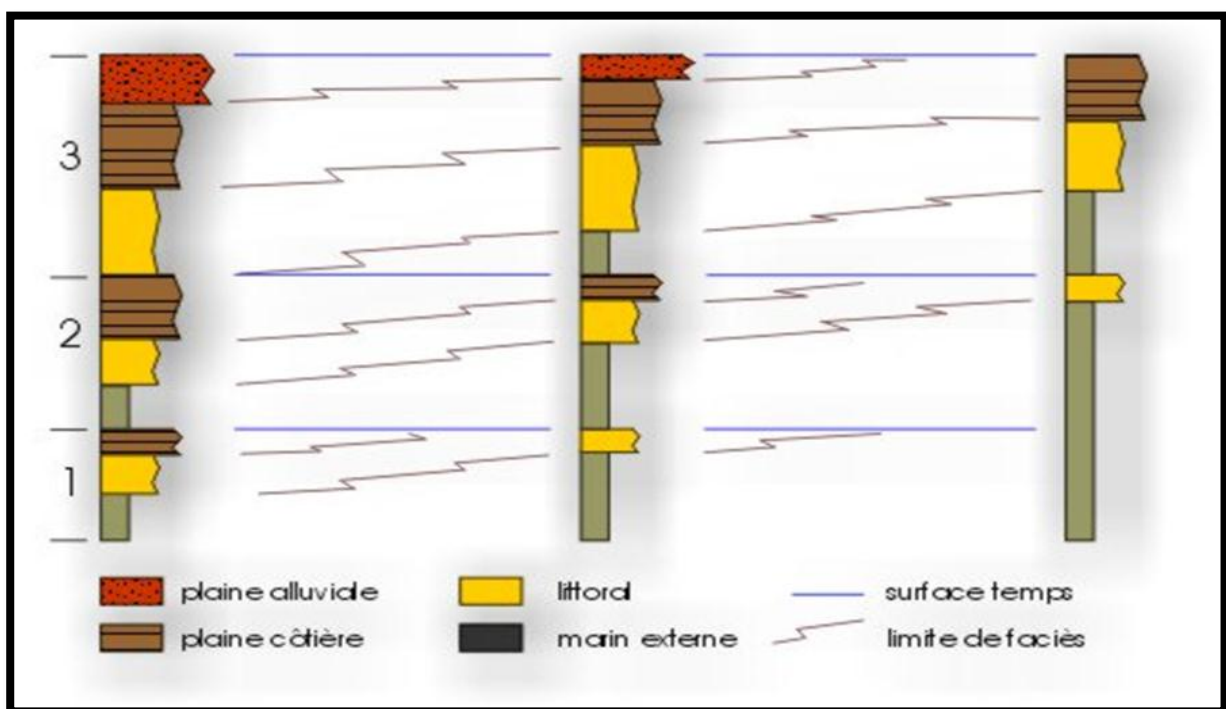


Figure n°40 : Corrélation séquentielle et diachronisme des faciès. (Proust, 1994).

Dans l'objectif de mettre en évidence les variations latérales et verticales des épaisseurs du réservoir F3, nous avons établi quatre profils de corrélations :

- A. Profil (1) d'orientation Nord / Sud.
- B. Profil (2) d'orientation Est/Ouest.
- C. Profil (3) d'orientation Nord-Est/ Sud-Ouest.
- D. Profil (4) d'orientation Nord-Ouest / Sud-Est.

4.3.2. Interprétation lithostratigraphique et séquentielles des profils de corrélations**A. Profil de corrélation Nord /Sud :****a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifelien F3 :**

Le premier profil traverse les puits S-10, S-6 et S-1 avec une orientation Nord/Sud. Le réservoir Eifelien est caractérisé par une dominance beaucoup plus gréseuse qu'argileuse dans sa partie Sud, son épaisseur varie entre 59 à 93 m.

Le maximum d'épaisseur est enregistré dans la partie Sud au niveau du puits S-1, puis elle diminue vers le Nord où l'épaisseur minimale notée au niveau du puits S-6.

b) Corrélation séquentielle :**- Séquence 1 :**

L'épaisseur de cette séquence est plus importante au niveau du puits S-10 avec une épaisseur de 27m, elle est caractérisée par un taux important des grés et parfois des intercalations silteuses. La répartition des cortèges sédimentaires sont définies comme :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** Le HST est représenté par des argiles intercalées par de silts, à une épaisseur de 2.5 à 5 m.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** Est plus développé au Sud, où son épaisseur est d'environ de 4 m.
- **Cortège transgressif (TST) :** Est représenté par des argiles et silts. Il est bien développé vers le Nord au niveau du puits S-10 où son épaisseur est environ de 19 m.

- Séquence 2 :

L'épaisseur de cette séquence est plus importante dans la partie Sud de profil, au niveau du puits S-1, avec une épaisseur de 86 m. On remarque un épaississement de Nord vers le Sud du profil.

Dans cette séquence la répartition des cortèges sédimentaires sont définies comme :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** Est plus développé vers le Nord.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** Est plus développé au Sud, où son épaisseur est d'environ 80 m, et moins développé au Nord.
- **Cortège transgressif (TST) :** Est le niveau transgressif de cette séquence. Il est développé vers le Sud, qui par la suite s'amincit au centre et au Nord du profil.

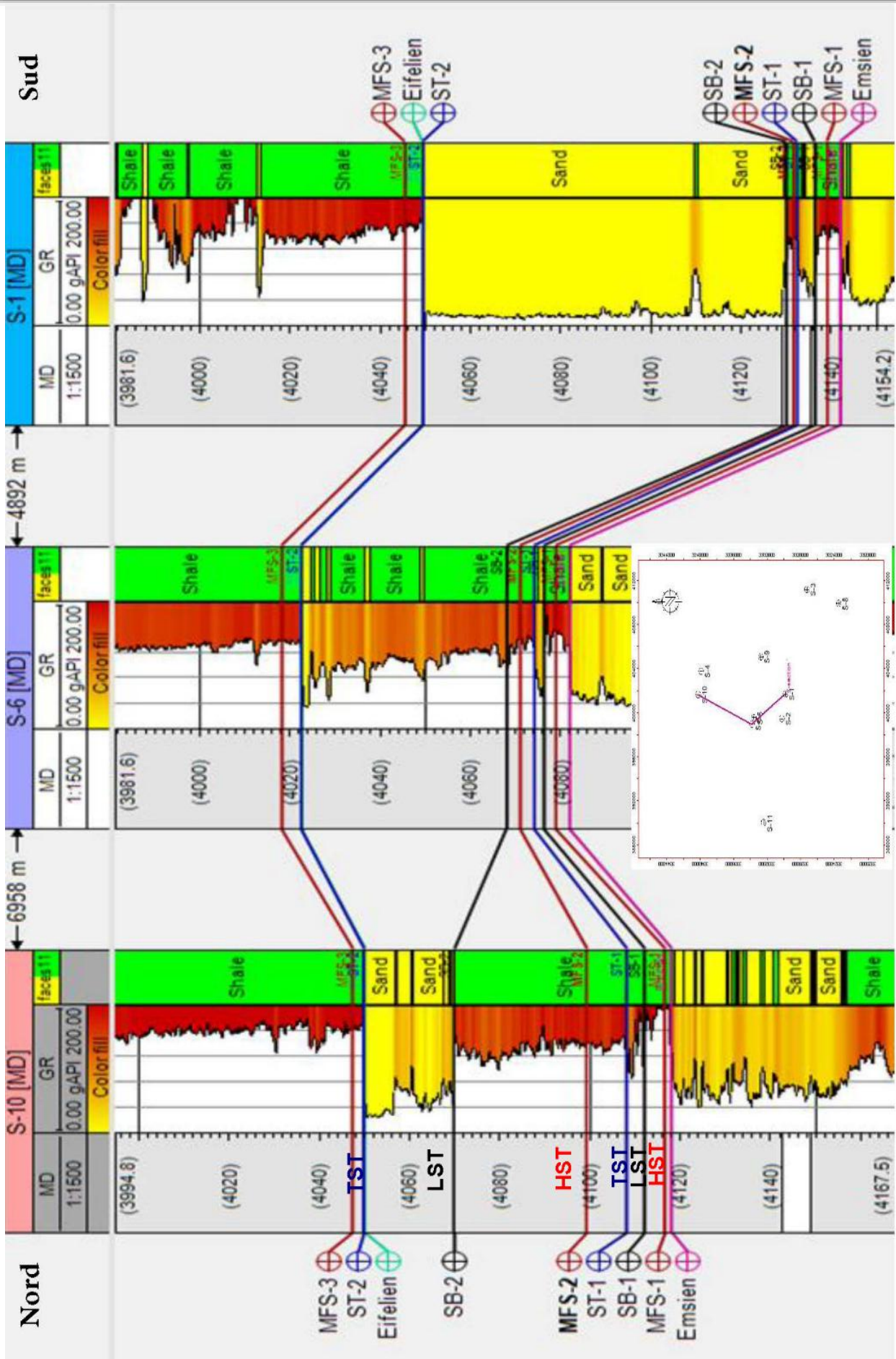


Figure n°41 : Profil de corrélation Nord / Sud passant par les puits S-10, S-6, S-1 de La zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).

B. Profil de corrélation Ouest/Est :**a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifélien F3 :**

Le deuxième Profil d'orientation Ouest / Est, passe par les puits : S-11, S-6, S-9 et S-3. Ce profil est caractérisé par une proportion argileuse importante dans la majorité des puits traversés.

D'après cette orientation, on voit un épaissement du réservoir d'Eifélien F3 vers la partie Ouest par rapport à la partie Est, où son épaisseur est relativement variable entre 56m à 87m enregistrée au niveau des puits S-11 et S-9.

b) Corrélation séquentielle :**- Séquence (01)**

La répartition des cortèges sédimentaires suivants :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** Est bien développé dans la partie Est. Son épaisseur est d'environ 12 m dans le puits S-3.
- **Cortège de bas niveaux (LST) :** Est essentiellement grasseux, son épaisseur moyenne est de 6 m environ, il est réduit dans le puits S-6.
- **Cortège transgressif (TST) :** Qui constitue l'intervalle transgressif de cette séquence à une épaisseur de 29 m dans la partie Est du profil.

- Séquence (02) :

La séquence 2 est caractérisée par un taux important de grès et parfois par des intercalations argilo-silteuses, son épaisseur maximum est de 77 m, elle diminue au niveau du puits S-3 avec à 63 m. La répartition des cortèges sédimentaires sont définies comme :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** Est plus développé vers l'Est avec une épaisseur environ de 40 m.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** son épaisseur moyenne de 35 m, il est corrélable sur toute la bordure du profil de corrélation.
- **Cortège transgressif (TST) :** est plus développé à l'Ouest du profil, il est réduit à l'Est. Ce qui implique que les effets de la transgression venant de l'Ouest vers l'Est du profil

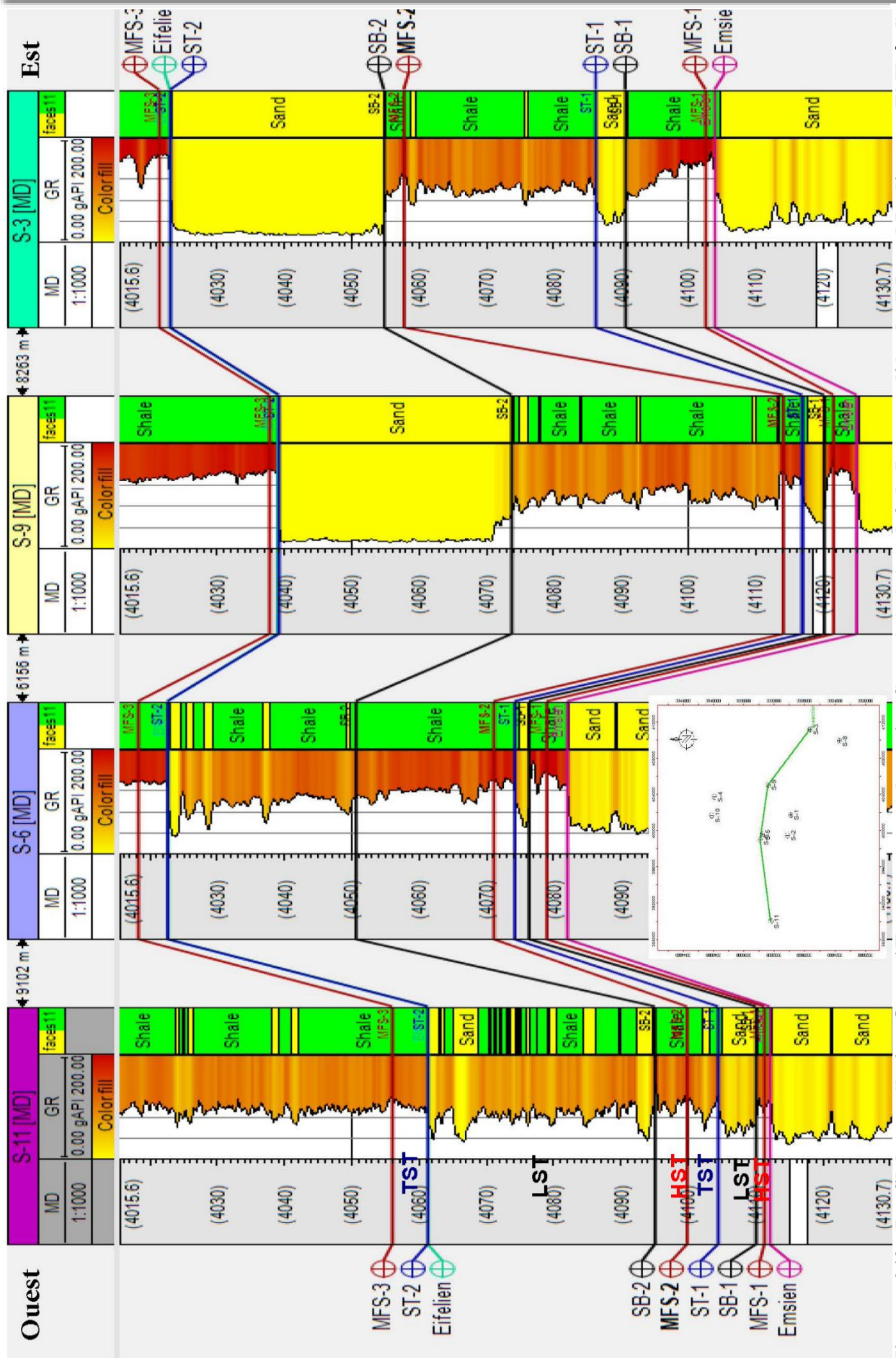


Figure n°42 : Profil de corrélation Ouest / Est passant par les puits S-11, S-6, S-9 et S-3 de La zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).

C. Profil de corrélation Nord-Est / Sud-Ouest :**a) Corrélation lithostratigraphique de l'Eifelien F3 :**

Le troisième profil est orienté Nord-Est/Sud-Ouest, il passe par les puits S-4, S-5 et S-2. Le réservoir d'Eifelien son profil est souvent caractérisé par une proportion gréseuse importante dans la partie Sud-Ouest. Le maximum d'épaisseur est enregistré au Sud-Ouest dans le puits S-2 avec une épaisseur de 82 m, puis elle diminue vers le Nord-Est, où l'épaisseur minimum est notée au niveau du puits S-5 avec 61 m.

b) Corrélation séquentielle :**- Séquence (1) :**

L'épaisseur de la séquence 1 est plus importante dans le puits S-4 avec 27 m et moins importante au niveau des puits S-5 et S-2 entre 6 m à 8 m.

La répartition des cortèges sédimentaires sont définies :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** Est développé au puits S-4, où son épaisseur est de 4 m environ, il est réduit au centre et au Sud-Est.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** Son épaisseur moyenne est de 2 m environ.
- **Cortège transgressif (TST) :** Qui est le niveau transgressif de cette séquence est bien développé au Nord-Est au niveau du puits S-4 avec une épaisseur de 28 m.

- Séquence (2) :

Cette séquence est caractérisée par un taux important de grès, leur épaisseur maximum notée dans le puits S-2 avec 70 m, elle diminue au niveau des puits S-5 et S-4 avec une épaisseur de 37 m à 52 m.

La répartition des cortèges sédimentaires sont définies comme :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** le maximum d'épaisseur de HST est enregistré dans le puits S-5 avec 37 m, puis elle diminue vers le Nord-Est.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** Est bien développé vers le Sud-Ouest, où son épaisseur atteint 63 m.
- **Cortège transgressif (TST) :** Est développé au Sud-Ouest, il est réduit vers le Nord-Est.

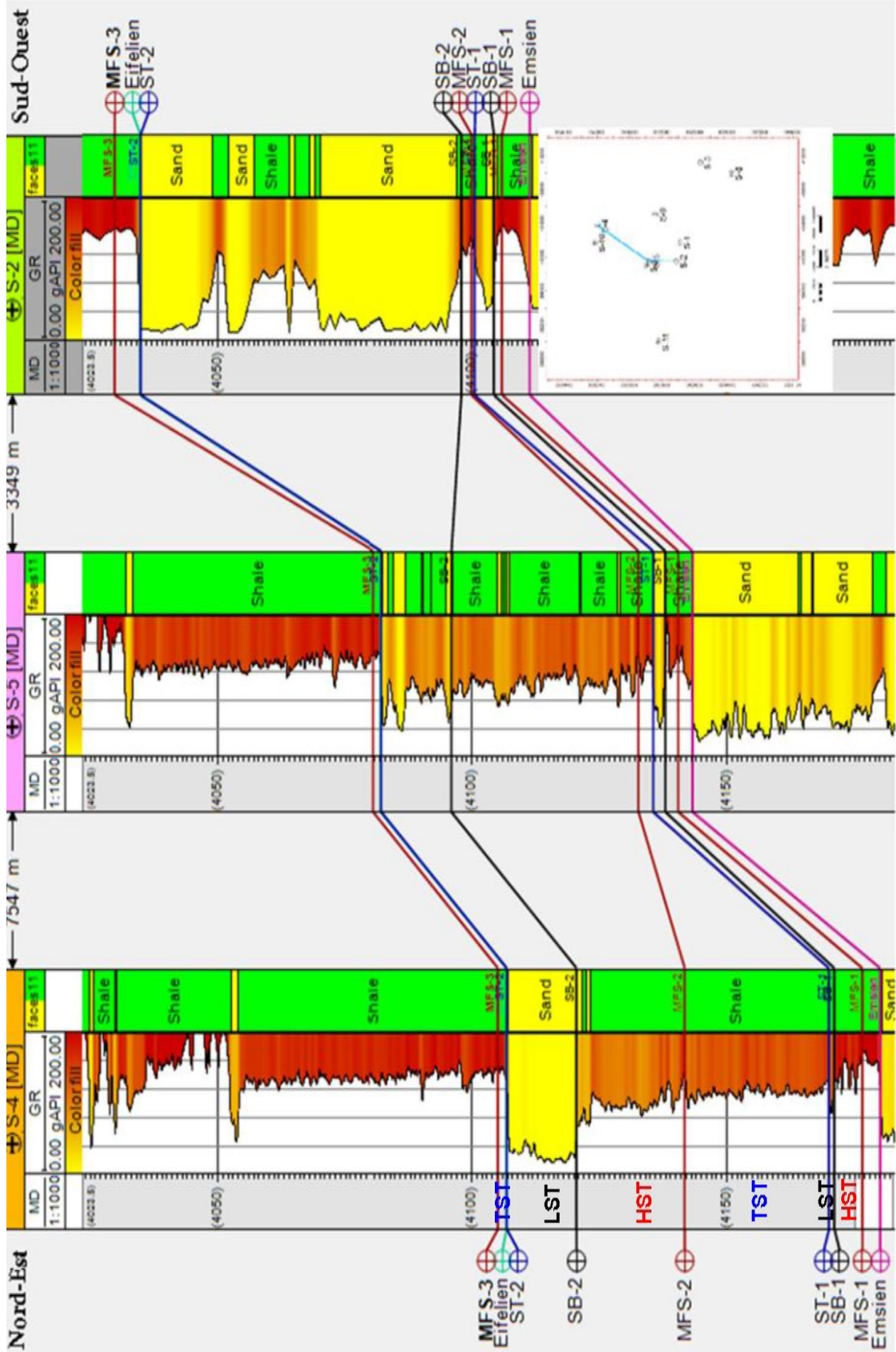


Figure n°43 : Profil de corrélation Nord-Est /Sud-Ouest passant par les puits S-4, S-5, S-2 de la zone d'étude (MenzelLedjmet et ElHaïad).

D. Profil de corrélation Nord-Ouest / Sud-Est :**a) Corrélation lithostratigraphique d'Eifelien F3 :**

Le quatrième profil d'orientation Nord-Ouest/Sud-Est, passe par les puits ; S-11, S-2, S-1 et S-8.

D'après ce profil de corrélation le réservoir d'Eifelien F3 présente une extension importante, car il s'étend sur toute la zone d'étude Menzel Ledjmet et El Haïad, son épaisseur est relativement variable entre 62m à 93m.

Le maximum d'épaisseur est enregistré dans la partie centrale au niveau du puits S-1, puis il diminue au minimum vers le Nord-Ouest dans le puits S-8. Le réservoir d'Eifelien est caractérisé par une proportion gréseuse importante par rapport à la formation argileuse dans la partie sommitale.

b) Corrélation séquentielle :**- Séquence 01 :**

L'épaisseur de la séquence moins importante dans la partie centrale du profil au niveau des puits S-2 et S-1 avec une épaisseur de 5m à 7m par rapport à la partie Sud-Est au niveau du puits S-8.

La répartition des cortèges sédimentaires sont définies comme :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** Le maximum d'épaisseur de HST atteint à 9 m au niveau du puits S-8, elle diminue vers le Nord-Ouest avec une épaisseur de 1 à 2 m.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** Son épaisseur est constante dans de tout le profil.
- **Cortège transgressif (TST) :** Son épaisseur est importante dans la partie Nord-Ouest par apport à la partie Sud-Est est environ de 8m.

- Séquence 02 :

L'épaisseur de cette séquence est plus importante au niveau du puits S-1 avec 80 m, puis elle réduit vers la partie Nord-Ouest. Cette séquence est caractérisée par un taux important de grés.

La répartition des cortèges sédimentaires sont définies comme :

- **Cortège de haut niveau (HST) :** L'épaisseur de HST augmente dans la partie Nord-Ouest vers le Sud-est avec 1 m à 4 m.
- **Cortège de bas niveau (LST) :** Est plus important dans la partie centrale du profil au niveau des puits S-2 et S-1 avec une épaisseur de 60 m à 80 m.
- **Cortège transgressif (TST) :** Est essentiellement argileux, son épaisseur moyenne est d'environ 5 m.

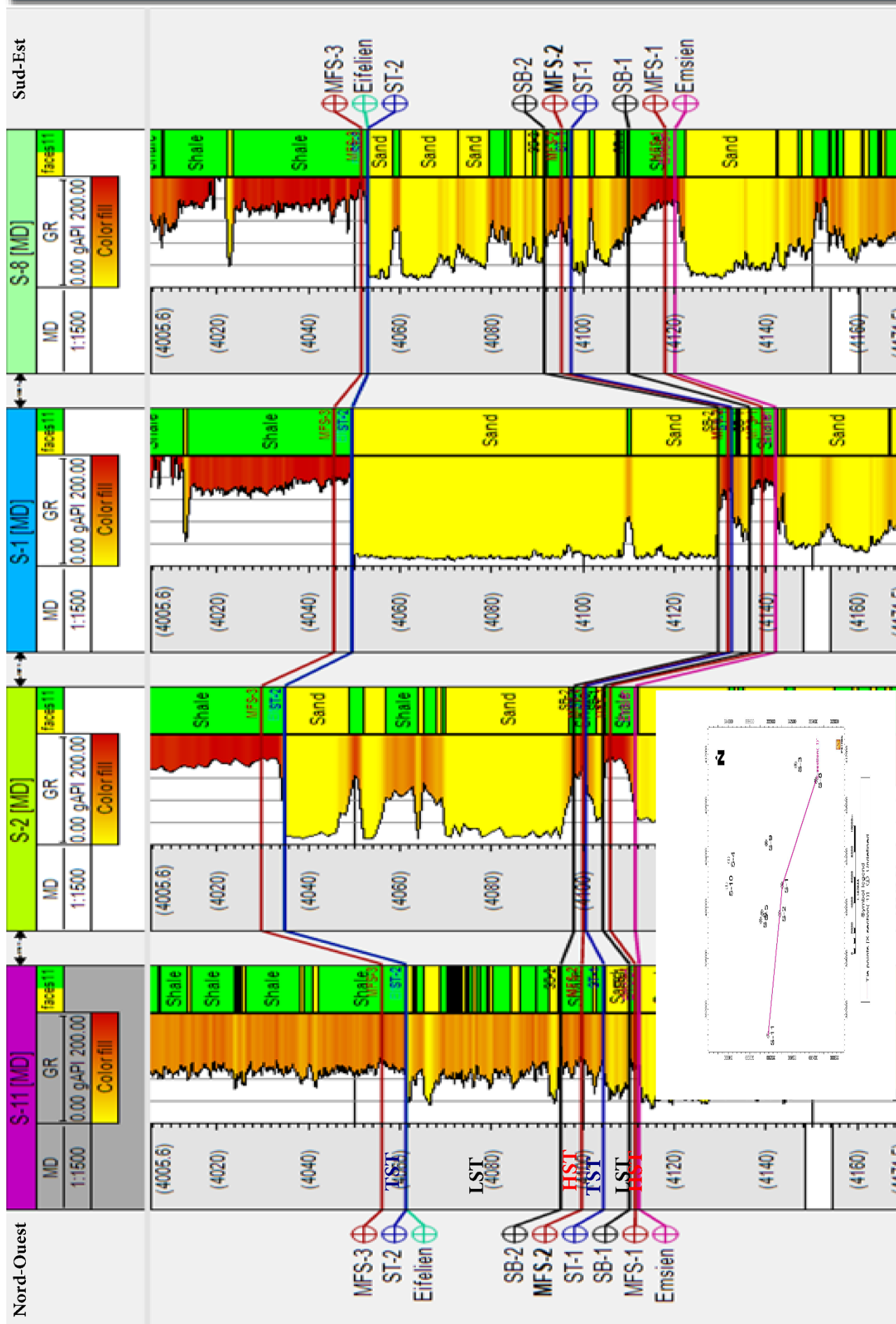


Figure n°44 : Profil de corrélation Nord-Ouest /Sud-Est passant par les puits S-11, S-2, S-1, S-8 de la zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).

4.4.2. Cartes en iso-sand du réservoir d'Eifélien F3 :

La carte en iso-sand dans les formations argilo-gréseuses d'Eifélien montre des épaisseurs importantes. Cette carte illustre la distribution des grès propres.

- **Carte en iso-sand de la séquence 1 :**

Elle montre un épaissement de Nord-Est vers Sud-Est et des biseautages qui sont enregistrés de Nord vers le Sud de la zone d'étude.

La valeur maximale des grès qu'on a trouvée est de 11.5 m au niveau de puits S-8, elle diminue au niveau des puits S-5, S-3, S-1, S-2, S-9, S-5 S-6, S-4 et S-10 avec une valeur variée de 0 m à 5 m.

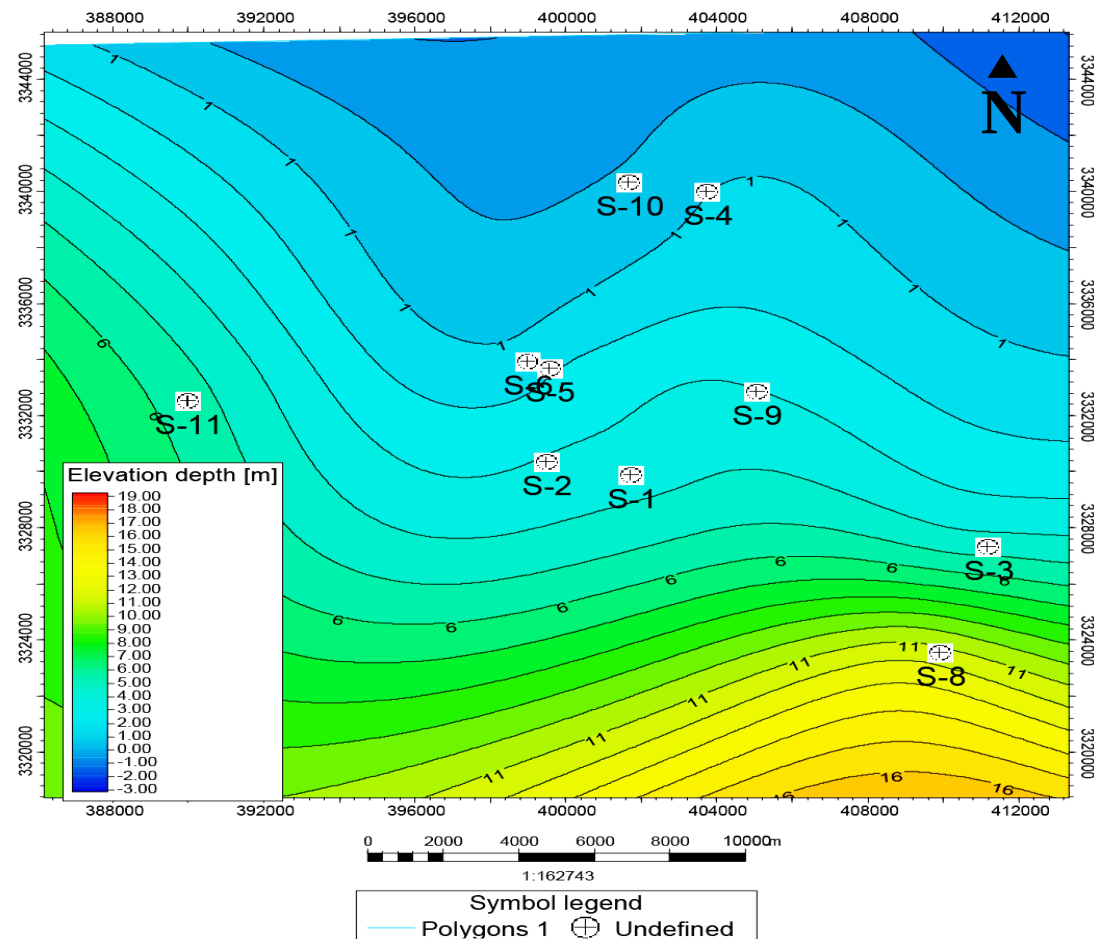


Figure n°45 : Carte iso-sand de la séquence 01 de la zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).

- **Carte en iso-sand de la séquence 2 :**

Dans cette carte on observe qu'il y a un grand changement d'épaisseur utile des grès, il augmente progressivement de Nord vers le Sud, la valeur maximale qui est égale à 80 m enregistrée au niveau du puits S-1, à partir de ce puits elle diminue d'une façon radiale jusqu'à atteindre une valeur minimale de 5 m enregistrée au niveau du puits S-5.

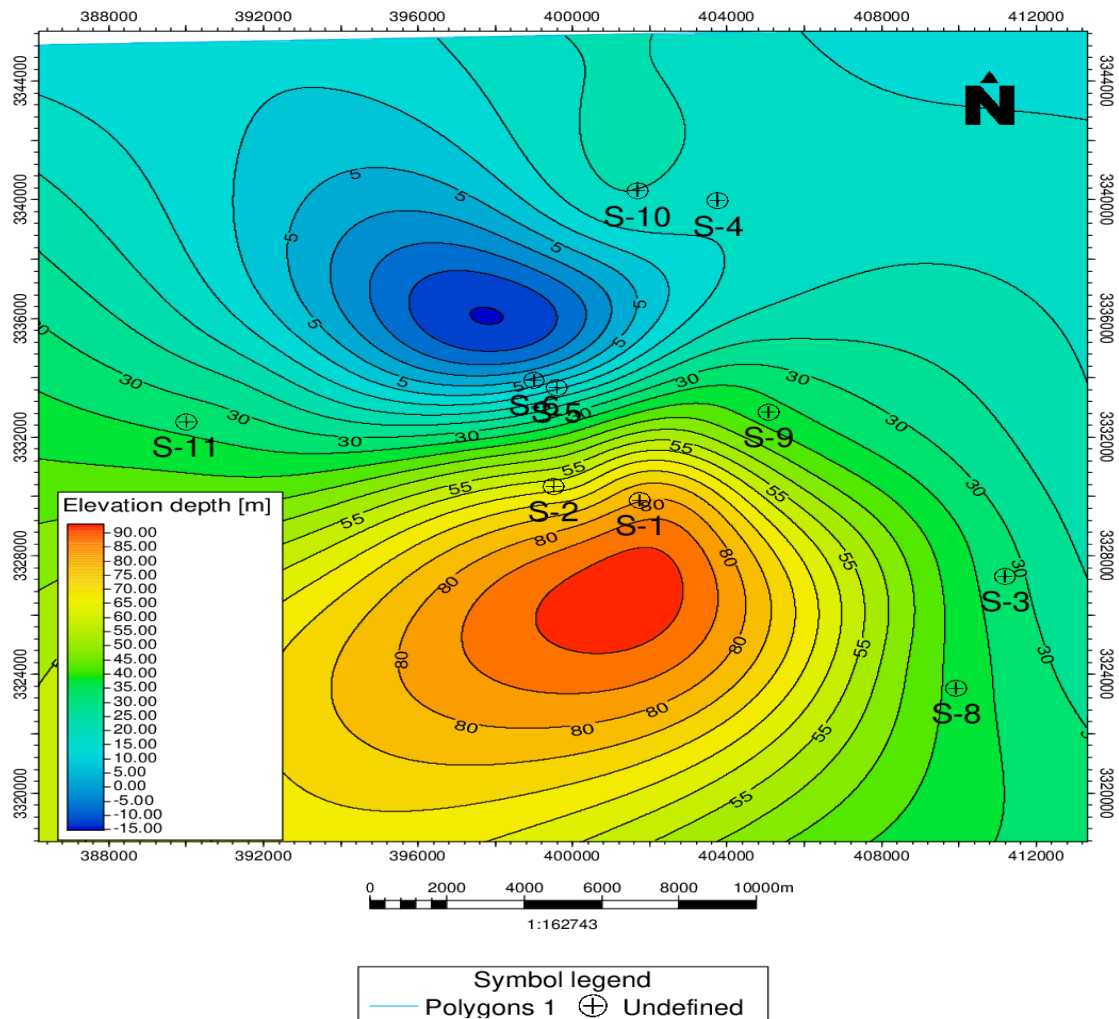


Figure n°46 : Carte iso-sand de la séquence 02 de la zone d'étude (Menzel Ledjmet et El Haïad).

4.5. Conclusion :

Enfin, pour conclure on peut dire que L'Eifelien du champ Menzel Ledjmet et El Haïad est subdivisé en deux séquences stratigraphiques selon le modèle de **Galloway 1988**.

La séquence N°1 : comportant un HST, un LST et un TST à sédimentation gréseuse fines à très fines, correspond au Shoreface inférieur /Offshore supérieur.

La séquence N°2 : est composée d'un HST à sédimentation très fines (grés, argile noires) correspondant au Shoreface inférieur /Offshore supérieur, un LST à sédimentation gréseuse fines à grossières correspond au dépôt deltaïque dominé par les chenaux distributeurs, et de grés très fines à fines correspondant au dépôt d'un chenal deltaïque dominé par des marée et comportant dans la partie majeure, un TST à sédimentation très fines.

Age	Cortèges	Séquences
Eifelien	MFS-3	Séquences 2
	TST-2	
	ST-2	
	LST-2	
	SB-2	Séquences 1
	HST-2	
	MFS-2	
	TST-1	
	ST-1	Séquences 1
	LST-1	
	SB-1	
	HST-1	
	MFS-1	

Figure n°47 : Nomenclature proposé pour l'Eifelien de Menzel Ledjmet et El-Haïad.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Dans le cadre de travail relatif du réservoir Eifelien F3, on a pu déduire ce qui suit :

- Le réservoir Eifelien F3 est constitué de grès avec d'argiles sombres, tendre à silteuse indurée.
 - L'analyse sédimentologiques de la région d'étude nous a permis :
 - De mettre en évidence les principaux faciès lithologiques:
 1. Faciès gréseux fins à grossiers.
 2. Faciès gréseux très fins à fins et moyens à granuleux, argileux et hétérolithiques.
 3. Faciès très fins et argiles sombres.
 - De définir le milieu de ce réservoir avec ses différents environnements.
 1. Deltaïque (chenaux distributaires, chenaux à l'influence de marée).
 2. Milieu marin (Shoreface inférieure /Offshore supérieure).
 - L'analyse séquentielle nous a permis d'identifier deux séquence stratigraphiques au niveau de la zone d'étude à partir des données diagraphiques et de carottes.
 - ❖ Séquence 1 : la partie basale de l'Eifelien.
 - ❖ Séquence 2 : la partie sommitale d'Eifelien.
 - L'ensemble des corrélations établies, ont montré l'importance de l'Eifelien dans la partie Sud de notre région d'étude qui présente des épaisseurs assez importants, variant de 76 à 93 m. Les cartes iso-sand présente des bancs gréseux très importants, variant de 60 à 80 m (la partie sommitale d'Eifelien) dans la partie Sud, ces bancs gréseux deltaïques montrent une bonne roche réservoir des hydrocarbures.
-

Références bibliographiques

Références Bibliographiques :

AHMAHMA. H, GHARA. A, (2013/2014), Caractérisation et évaluation quantitative du Trias argileux-gréseux inférieur (TAGI) de la structure du bassin de Berkine, Mémoire de fin d'étude Université kasdi MERBAH-Ouargla.

AIT SALEM. H, (2015), La géométrie des réservoirs gréseux un outil pour la modélisation.

BEICIP – SONATRACH, 1991, Bassin de Ghadamès - Evaluation pétrolière. Rapport.

Beicip Juillet, (2012), Étude régionale du Silurien Argilo-Gréseux du bassin de Berkine, Reuil-Malmaison Cedex – France, Paris, France.

Beicip Mai, (2005), Etude évaluation du potentiel gaz du bassin de Berkine, Reuil Malmaison, Paris, France.

BOUMAZA. M, SEMAI. F, (2013/2014), Evaluation quantitative et qualitative d'un réservoir Cas du réservoir TAGI – SIF Fatima Bassin de Berkine (Algérie Oriental), Mémoire de fin d'étude Université kasdi MERBAH-Ouargla.

Djamel BEKKOUCHE, (1992), Etude du Silurien supérieur - Dévonien inférieur du bassin de GHADAMES (Sahara oriental algérien) Lithostratigraphie, Sédimentologie et Diagenèse des réservoirs gréseux, Thèse Doctorat, Université Joseph-Fourier- Grenoble I French

GHARBI. A, (2011), Cartographie des biseaux stratigraphiques du Gédinien de la zone Nord-Ouest du bassin de Berkine en utilisant l'inversion sismique (Interwell-Easy Trace), Mémoire de Magister, Université M'hamed BOUGARA Boumerdes.

HESSAS. N, YADDADEN. W (2012), Evaluation des paramètres pétrophysiques du Viséen et mesure de pression dans le bassin de Berkine (permis d'Ait Hamouda) bloc 405a.

KHOUJAOUI. A, (2008), Le Dévonien inférieur du Bassin de Reggane (Sahara occidentale algérien) : Sédimentologie, Biostratigraphie, stratigraphie séquentielle, Mémoire du Magister, Université M'hamed BOUGARA Boumerdes.

MOUHOUB. B, (2014 / 2015), Cartographie structurale de la zone MLE pour les réservoirs du TRIAS-CARBONIFERE ET DEVONIEN.

Samir HAROUN, (2014), Caractérisation sédimentologiques et pétrophysiques des réservoirs du TAGI des périmètres Menzel Ledjmet (405a) et El Haïad (208) Bassin de Berkine, Rapport de fin de formation d'induction.

SONATRACH / SCHLUMBERGER, 2007, WEC (Well évolution conférence), Alger.

http://www.geolsed.ulg.ac.be/sedim/dyn_bassins.htm 5 aout 2017.

<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours-sed/sed-10.htm> 5 aout 2017.
