



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD – TLEMCEEN



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers

Laboratoire de recherche N°25

**PROMOTION DES RESSOURCES HYDRIQUES, PEDOLOGIQUES ET
MINIERES LEGISLATION ET CHOIX TECHNOLOGIQUE**

MEMOIRE de fin d'étude

Présenté Par

MEKSALI Halima & SAIL Fatima Zohra

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Géologie des bassins sédimentaires

Thème

**Caractérisation géologique et évaluation du potentiel minier du
gypse au site Moulay Ismaïl (Wilaya de Mascara).**

Soutenu le 30 Juin 2026, devant le jury :

Président	M. KACEMI Ali	Maître de conférences B	Université Tlemcen
Encadreur	M. BOUCIF Abdelkader	Maître de conférences A	Université Tlemcen
Examineur	M. ADACI Mohammed	Professeur	Université Tlemcen
Co-encadreur	M. MEDDANE Sofiane	Responsable de la carrière	Entreprise Knauf Oran
Invité	M. CHIB Idir	Responsable du service environnementale	Entreprise Knauf Oran

Année universitaire : 2025 – 2026

Dédicace

Du plus profond de mon cœur, je dédie ce modeste travail à tous ceux qui sont sacrifiés pour m'offrir les conditions propices à ma réussite :

*Avant tous je remercie **Allah** le très haut de m'avoir donné la force, la volonté et la patience tout au long de ce parcours. **À moi-même** pour ma persévérance face aux épreuves et ma capacité à me relever après chaque chute.*

***À mon très cher papa**, L'homme de peu de mots mais de grands gestes. Tu es toujours mon pilier et ma force. Merci pour ton soutien constant et ta confiance en moi. Que ce travail soit une petite fierté en retour de tout ce que tu as fait pour moi.*

***À ma très chère maman**, Source infinie d'amour, de tendresse et de prières. Tes encouragements et ta patience ont été ma lumière dans les moments de doute. Si aujourd'hui je suis debout, c'est parce que tu as tenu le monde pour deux. Rien ne pourra exprimer toute ma gratitude.*

***À mes frères Anes, Walid et ma sœur Ikram**, je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude Pour votre présence constante, votre soutien indéfectible et votre affection. Vous avez toujours cru en moi et m'avez donné la force d'avancer.*

***À mon petit trésor, Haroun**, Que ton sourire illumine toujours nos vies. Je te souhaite un avenir rempli de réussite et de bonheur.*

***À Maïssa mon amie de cœur et Fatima mon binôme**, Avec qui j'ai partagé les efforts, le stress, les doutes mais aussi les rires et les réussites. Merci pour votre patience, votre solidarité et votre amitié sincère. Ce travail est l'aboutissement de notre collaboration et de notre persévérance.*

***À mes estimés professeurs**, Pour votre savoir, votre patience et votre dévouement. Votre accompagnement a été précieux dans la réalisation de ce travail.*

Halima

Dédicace

Avec une immense gratitude, je dédie ce travail :

*Tout d'abord, je remercie et je rends grâce à **Dieu**, car toutes les bénédictions que j'ai aujourd'hui viennent de Sa faveur, de Sa miséricorde et de Sa bonté envers moi. Louange à Dieu, toujours et à jamais.*

*À mon premier soutien, mon pilier et la personne la plus chère à mon cœur, **ma mère**, peu importe combien je te remercie, je ne pourrai jamais te rendre justice. Tu as toujours été fière de mes plus petites réussites, et voici une autre petite réussite que je te dédie.*

*À **mon père**, je te remercie pour ta confiance et ton soutien constant envers moi. Tu as toujours été fier de moi, j'espère que tu le seras aussi cette fois-ci.*

*À mes sœurs **Amina** et **Houda**, je vous remercie pour votre aide, vos conseils et votre attention envers moi. Je suis vraiment reconnaissante de vous avoir dans ma vie.*

*À mes frères **Habib** et **Ahmed**, je vous remercie pour votre aide et pour avoir toujours répondu à mes demandes. Je remercie aussi les enfants de ma sœur **Yasmine**, **Joud**, **Tasnim** et **Maissa**, pour la joie qu'ils ont apportée dans ma vie.*

*À **Maissa**, mon amie de cœur, et à **Halima**, mon binôme fidèle, vous êtes la plus belle chose que j'aie eue à l'université. Chaque moment passé avec vous est très précieux pour moi. Je vous remercie d'être présentes à mes côtés.*

*Enfin, à tous **mes professeurs**, pour votre savoir, votre passion et votre dévouement. Chaque cour que vous m'avez donnée a contribué à forger ma réussite et à m'ouvrir de nouvelles perspectives. Vous êtes une source d'inspiration pour nous tous.*

Fatima Zohra

Remerciement

À l'issue de nos études à l'université de Tlemcen, Nous tenons à remercier tous nos professeurs qui nous ont enseigné tout au long de nos parcours universitaire, et nous adressons un remerciement ce qui contribué à nos formations et la réalisation de ce modeste travail.

*Notre plus profonde gratitude va bien évidemment à notre encadrant **Monsieur Abdelkader Boucif**, pour son encadrement, son aide, son encouragement et son suivi avec bienveillance de ce travail, également, nous avoir fourni tous les moyens nécessaires afin de faciliter notre travail.*

*Une reconnaissance particulière est adressée à notre professeur **Monsieur Ali Kacemi**, qui nous a fait l'honneur de présider les jurys, et de nous avoir donné de précieux conseils qui nous ont aidés dans notre parcours.*

*Nous remercions également **Monsieur Hakim Hebib** et **Monsieur Adaci Mohammed**, pour leur disponibilité, leur patience et leur précieuse assistance tous au long des travaux de laboratoire. Grâce a leur soutien leurs orientation et leur contribution dans l'obtention et l'interprétation des résultats.*

*Une pensée reconnaissante est adressée à l'ensemble des employés de l'entreprise Knauf surtout nos Co-encadreur **Monsieur meddane sofiane** et **Monsieur Chaib Idir**, pour son accueil chaleureux et les précieuses informations qu'il nous a fournies tout au long de notre stage.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également au chef de laboratoire monsieur **Sid Ahmed Hammouda** pour sa disponibilité et de nous avoir mets à notre disposition les différents moyen et les outils de travail.*

تتناول هذه الدراسة تقييم مكنن الجبس بمحجر موالى إسماعيل الواقع فى حوض الشلف السفلى، والذى تقوم شركة كناف باستغلاله. ويتمثل الهدف الرئيسى فى تحديد ما إذا كان الجبس يستمر تحت مستويات المارن أم أنه يتوقف عند ملامستها.

اعتمدت هذه الدراسة على تحليل عشرة سبرات لبية، حيث تم إدخال المعطيات الليثولوجية والجيولوجية إلى برنامج RockWorks من أجل إنجاز السجلات الليثولوجية ودراسة استمرارية الطبقات بين مختلف السبرات. كما تم استخدام برنامج Surfer لإعداد خريطة سماكة الجبس، بما يسمح بتحديد توزيعه المكاني بدقة أكبر.

كما أجريت دراسة فورامينيفرية على عينات المارن المستخرجة، مكنت من تحديد عمر التكوين وربطه بالطور التورتوني الأعلى، والذي يعد أقدم من الجبس الذي يعود إلى العصر الميسيني.

وتظهر النتائج عدم وجود طبقات جبسية تحت مستويات المارن المدروسة، مما يحد من إمكانية التوسع العمودي لاستغلال. أما من الناحية المكانية، فتعد المناطق الغربية والجنوبية من الموقع الأكثر ملاءمة للاستغلال، فى حين يبقى الجزء الأوسط قابل للاستغلال لكنه يتطلب إزالة الطبقة السطحية مسبقاً. أما الجزء الشمالى فيفضل تجنبه بسبب غياب الجبس واحتمال وجود تشوهات تكتونية تتمثل فى صدوع.

توفر هذه الدراسة أساساً جيولوجياً وتقنياً يساهم فى تحسين وتوجيه الاستغلال المستقبلى لمكنن الجبس فى محجر موالى إسماعيل.

الكلمات المفتاحية: الجبس، المارن، سبر لبي، محجر موالى إسماعيل، حوض الشلف السفلى، التورتوني الأعلى، الميسيني

Résumé

Ce travail porte sur l'étude du gisement de gypse de la carrière de Moulay Ismaïl, située dans le bassin du Bas Chélif et exploitée par la société Knauf. L'objectif principal de cette étude est de déterminer la continuité verticale du gypse, notamment en vérifiant s'il se prolonge sous les niveaux marneux ou s'il s'interrompt à leur contact.

La méthodologie adoptée repose sur l'exploitation de dix (10) sondages carottés. Les données issues de ces sondages ont été intégrées et traitées à l'aide du logiciel RockWorks 17, permettant l'élaboration des logs lithologiques ainsi que l'analyse de la continuité des couches entre les différents sondages. Par ailleurs, le logiciel Surfer a été utilisé pour la réalisation de la carte d'épaisseur du gypse, contribuant à une meilleure visualisation de sa répartition spatiale.

Une étude micropaléontologique a également été réalisée sur les échantillons de marne, basée sur l'analyse des foraminifères. Cette analyse a permis de dater la formation encaissante au Tortonien supérieur, indiquant qu'elle est plus ancienne que le gypse, attribué au Messinien.

Les résultats obtenus montrent l'absence de niveaux gypseux sous les horizons marneux étudiés, ce qui limite les possibilités d'extension verticale du gisement. Sur le plan spatial, les zones les plus favorables à l'exploitation se situent dans les parties ouest et sud du site. La zone centrale demeure exploitable mais nécessite un décapage préalable, tandis que la partie nord est à éviter en raison de l'absence de gypse et de la probable présence d'accidents tectoniques, notamment des failles.

Cette étude fournit ainsi une base géologique et technique essentielle pour l'optimisation de l'exploitation future du gisement de Moulay Ismaïl.

Mots clés : Gypse, Marne, sondage carotté, RockWorks 17, Surfer, Moulay Ismaïl, Bassin du Bas Chélif, foraminifères, Tortonien supérieur, Messinien, gisement.

Abstract

This study focuses on the gypsum deposit of the Moulay Ismail quarry, located in the Lower Chelif Basin and operated by Knauf. The main objective is to determine whether the gypsum extends beneath the marl layers or terminates at their interface.

The methodology is based on the analysis of ten core boreholes. Data from each borehole were processed using RockWorks 17 software, enabling the generation of lithological logs and the assessment of stratigraphic continuity between the different boreholes. In addition, Surfer software was used to produce a gypsum thickness map, providing a clearer spatial representation of the deposit distribution.

A micropaleontological study was also carried out on marl samples through the analysis of foraminifera. This allowed the formation to be dated to the Upper Tortonian, indicating that it is older than the gypsum, which is assigned to the Messinian.

The results confirm the absence of gypsum layers beneath the studied marl horizons, thereby limiting the potential for vertical expansion of the deposit. The most favorable areas for mining are located in the western and southern parts of the site, while the central zone remains exploitable but requires prior overburden removal. In contrast, the northern part should be avoided due to the absence of gypsum and the likely presence of tectonic structures such as faults.

This study provides a geological and technical framework for optimizing the future exploitation of the Moulay Ismail gypsum deposit.

Keywords: Gypsum, Marl, Core drilling, RockWorks 17, Surfer, Moulay Ismail, Lower Chelif Basin, foraminifera, Upper Tortonian, Messinian.

Table de matière

Table de matière

Dédicaces.....	I
Remerciement	III
الملخص	IV
Résumé	V
Abstract	VI
Table de matière.....	VIII
Introduction Générale	3
CHAPITRE I : Généralité	
I.INTRODUCTION	5
II. CONTEXTE GEOGRAPHIE	5
1. Situation de bassin de bas Chélif	5
2. Situation de secteur d'étude	7
I. CONTEXTE GEOLOGIQUE	8
1. Bassin de Bas Chélif	8
1.1. Sur le plan lithostratigraphique	8
1.1.1. Le trias	8
1.1.2. Le Jurassique	9
1.1.3. Le Crétacé	9
1.1.4. Le Miocène	9
1.1.5. Le Pliocène	10
1.1.6. Le Quaternaire	10
1.1. Sur le plan tectonique	11
1.2. Sur le plan climatique	13
2. Région d'étude	13
1.1. Sur le plan lithostratigraphie	13
1.2. Sur le plan structural	14
I. HISTORIQUE DES TRAVAUX	15
1. Les travaux anciens	15
2. Les travaux récents	15
V. L'entreprise Knauf	18
VI. OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL	19
1. Objectif	19
2. Méthodologie	19
2.1. Recherche Bibliographie	19
2.2. Sur le terrain	20
2.3. Au laboratoire	20
2.3.1. Le lavage	20
2.3.2. Le trie	21
2.3.3. La détermination	21
2.4. Traitement et interprétation des données	21
CHAPITRE II : investigations géologiques	
I.INTRODUCTION	23
II. DEFINITION DES TERMES TECHNIQUES	23
1. Le sondage rotary	23
2. Le sondage en circulation inverse	24

3. Le sondage carotté	24
III. LES EQUIPEMENTS ESSENTIELS	25
1. Sondeuse	25
2. Train de tige	26
3. Couronne diamanté	26
4. Carottier	27
4.1. Carottier simple	27
4.2. Carottier double	27
4.3. Carottier à câble	28
IV. QUALITE DE LA ROCHE ET STOCKAGE DES CAISSES DE CAROTTE.....	28
1. L'indice RQD	28
2. Conservation des carottes	30
V. DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	30
1. Localisation de la coupe	30
2. Description lithologique	31
2.1 Formation de gypse	31
1.1 Formation marno-sableuse	32
VI. Log de sondage	34
1.1. Log de sondage N°2	34
1.2. Log de sondage N°5.....	37
VII. ETUDE MICROPLEONTOLOGIQUE.....	39
1. Introduction	39
2. Résultats	40
CHAPITRE III : Valorisation et qualité du gypse	
I. INTRODUCTION.....	43
II. SAISIE DES DONNEES.....	43
1. Localisation des sondages	43
2. Stratigraphie	44
3. Lithologie	44
4. L'épaisseur de gypse	45
III. RESELTAS OBTENUS	46
1. Localisation et identification des sondages	46
2. Stratigraphie	47
3. Lithologie	49
4. Corrélation des sondages	50
4.1. Log DD-03 et DD-01	53
4.2. Logs sondages DD-09, DD-05 et DD-02	54
4.3. Logs sondages DD-10, DD-6 et DD-4	56
4.4. Logs sondages DD-8 et DD-7	58
5. Carte de faciès	59
IV. L'INTERPRETATIONS	60
V. QUALITE ET PURETE DU GYPSE	61
1. Normes internationales principales	62

1.1. Normes européennes (CEN)	62
1.2. Normes internationales (ISO)	62
1.3. Normes américaines (ASTM)	63
1.4. Seuils de pureté selon les usages	63
2. Analyse des résultats chimiques des échantillons de gypse	64
2.1. Calcul de la pureté	64
2.2. Les résultats	66
VI. Conclusion	68
CONCLUSION GENEERLE	70
Liste des figures	74
Liste des tableaux	75
Référence bibliographie	77

Introduction générale

Introduction générale

Dans un contexte marqué par la croissance des besoins en matières premières et le développement des industries de construction, l'exploitation rationnelle des ressources minérales constitue un enjeu économique et stratégique majeur. Le gypse, en raison de son importance dans la fabrication du plâtre et des matériaux de construction, représente une ressource essentielle dont la valorisation nécessite une connaissance approfondie des gisements afin d'optimiser leur exploitation.

Le présent mémoire porte sur le secteur d'El Kada Srar, situé sur le territoire de Moulay Ismail, à environ 48 km au Nord-Ouest de la wilaya de Mascara. Cette étude, réalisée en collaboration avec la société Knauf, spécialisée dans les matériaux à base de gypse, vise à mieux comprendre le cadre géologique du gisement et à évaluer son potentiel d'exploitation. Elle repose sur l'analyse de dix sondages carottés, permettant l'étude des successions lithologiques, la corrélation des unités géologiques et la caractérisation de la répartition spatiale du gypse. Ces données ont été complétées par l'interprétation de coupes géologiques et l'analyse chimique d'échantillons de gypse afin d'en préciser la nature et la qualité.

Une étude micropaléontologique a également été menée sur les niveaux marneux sous-jacents, permettant de dater la formation au Tortonien grâce à l'identification de foraminifères caractéristiques. Par ailleurs, l'analyse structurale a mis en évidence la présence de plusieurs failles normales ayant influencé la géométrie du gisement et entraîné l'enfoncement local du gypse en profondeur.

Les résultats obtenus ont également permis d'identifier une variété particulière de gypse, de type albâtre, différente du gypse sélénite classique, ce qui confère au gisement un intérêt géologique et industriel particulier.

La problématique centrale de ce travail consiste à déterminer les limites réelles de la formation gypseuse et à comprendre son organisation géologique en lien avec les structures tectoniques et les formations encaissantes.

Afin de répondre à cette problématique, le mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier **chapitre présente** le cadre géographique et géologique de la région ainsi que le contexte du bassin du Chélif. Le **deuxième chapitre** traite des fondements méthodologiques, notamment les techniques de sondage carotté et les analyses micropaléontologiques. Le **troisième chapitre** est consacré à l'interprétation des résultats issus des sondages et de la modélisation Géologique, permettant de dégager les caractéristiques du gisement et d'orienter les travaux d'extraction du gypse de la carrière de la région de Moulay Ismail.

Chapitre I

Généralité

I. INTRODUCTION

Le bassin du Bas Chélif fait partie des bassins néogènes du nord de l'Algérie ayant suscité l'intérêt de nombreux chercheurs. Plusieurs monographies, thèses et articles scientifiques y ont été consacrés, abordant différentes disciplines de la géologie, notamment la stratigraphie, la sédimentologie, la tectonique, la paléogéographie, la paléontologie, la géochimie pétrolière et la minéralogie des dépôts sédimentaires. Les travaux de Perrodon (1957), Delfaud et al. (1973), Delteil (1974), Guardia (1975), Meghraoui (1982), Neurdin-Trescartes (1992, 1995), Belkebir et al. (1996), Rouchy et al. (2007), Arab et al. (2015), Hebib (2016), Belhadji (2021), Benyoucef (2021), mansouri (2021), Moulana et al. (2021), Atik (2024) et Boucif et al., (2025) témoignent de l'importance scientifique de ce bassin, qui demeure jusqu'à aujourd'hui un champ d'étude ouvert, susceptible de révéler de nouvelles données géologiques et d'attirer davantage l'intérêt de la communauté scientifique.

Sa position géographique, combinée à une histoire géologique complexe marquée par l'orogénèse alpine, des phases tectoniques successives et une grande diversité de dépôts sédimentaires Mio-plio-quaternaires, en fait de lui un terrain d'étude particulièrement riche et important pour la compréhension de l'évolution des bassins néogènes méditerranéens, de la dynamique tectono-sédimentaire du domaine tellien, des variations paléoenvironnementales et du potentiel minier à l'échelle régional.

Dans ce contexte, le présent travail met l'accent pour la première fois sur une région très peu étudiée dont l'objectif est de déterminer une variété de gypse quand même différente du point de vue forme et structure par rapport aux autres régions qui comportent des affleurements de gypse. La forêt de Moulay Ismail renferme d'importants masses de gypse où nous nous concentrons sur un site qui appartient à l'entreprise Knauf nommé El Kada Srar (Karoun pour les riverains) afin d'étudier le gypse en se basant sur l'observation directe des affleurements et en étudiant les carottes récupérées lors des travaux de sondages carottés.

II. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

1. Situation de bassin du Bas Chélif

Le bassin du Bas Chélif constitue la plus vaste cuvette située au Nord de l'Algérie. D'autres bassins équivalents s'étalent parallèlement à la mer méditerranéenne avec une direction sensiblement NE-SO. Ces bassins sont de l'Ouest vers l'Est : le bassin de la Tafna, le bassin du moyen Chélif et le bassin de la Mitidja formant des zones peu élevées par rapport

aux chaînes secondaires plissées qui les encadrent (Perrodon, 1957 ; Lepvrier *et al.*, 1970, Thomas, 1985) (**Fig. 1**).

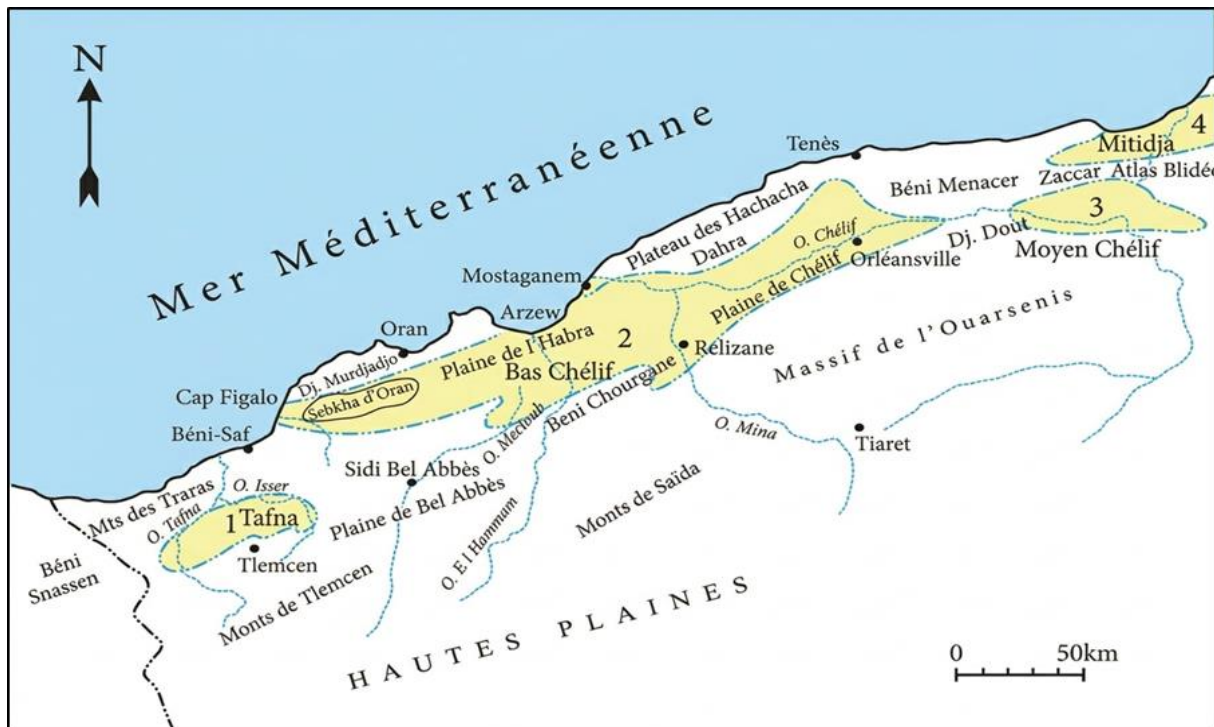


Figure 1 : Les bassins néogènes : 1 : Bassin de la Tafna, 2 : Bassin du Bas Chélif, 3 : Bassin de Moyen Chélif, 4 : Bassin De Mitidja (D'après Perrodon, 1957)

Morphologiquement, le bassin du Bas Chélif se présente sous la forme d'une gouttière étroite orientée NE-SO, délimitée par deux grandes lignes de reliefs (**Fig. 2**) :

- Au Nord, les massifs littoraux oranais, constitués d'Ouest en Est par les massifs d'Oran (Murdjajo), les massifs d'Arzew, les monts du Dahra et de Béni Menacer.
- Au Sud, les massifs sublittoraux intérieurs, comprenant les monts de Tessala, les monts d'Ouled Ali, les monts de Béni Chougrane et les massifs de l'Ouarsenis.

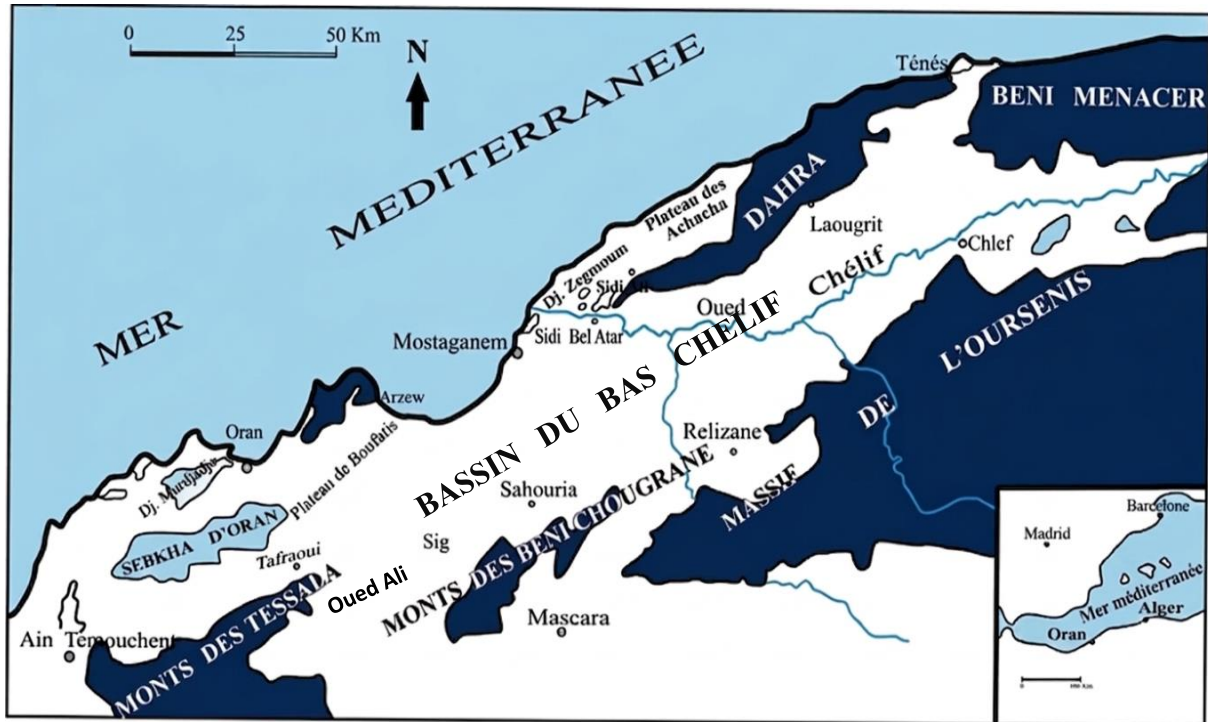


Figure 2 : Situation géographique et bordures du bassin du Bas Chélif (D'après Belkebir et al., 2008, légèrement modifiée)

2. Situation du secteur d'étude

Le secteur d'étude se situe au lieu-dit « El Kada Srar » sur le territoire de Ras El Ain Amirouche, wilaya de Mascara dans l'Ouest de l'Algérie. Il se situe à environ 48 km au Nord-Ouest du chef-lieu de la Wilaya de Mascara et à 8 km au Nord-Ouest de la commune d'Oggaz. Le site est accessible à partir d'une piste reliant les carrières d'agrégats localisés dans la région, il se trouve près de l'axe routier Oggaz–Boufatis (CW n°41) (**Fig.3**).

Sur le plan morphologique la zone d'étude est caractérisée par une topographie de reliefs et de dépressions avec des monticules allongés en direction NO-SE dont les sommets dépassent 650 m d'altitude.



Figure 3 : Situation géographique de la région d'étude (extrait de la carte topographique d'Algérie SIG 1/50 000)

III. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

1. Bassin du bas Chélif

1.1. Sur le plan lithostratigraphique (Fig. 4)

Le bassin du Bas Chélif est un bassin intra-montagneux de type synorogénique, génétiquement lié aux phases paroxysmales de l'orogénèse alpine (Perrodon, 1957 ; Thomas, 1985). Il correspond au sillon médian défini par Delfaud et al. (1973), structuré en môles et fosses (Perrodon, 1957). Ce bassin subsidant constitue le siège d'une sédimentation néogène généralement continue au centre. En revanche, sur les marges, cette sédimentation présente des interruptions causées par les rejeux tectoniques induits par l'orogénèse alpine (Rouchy, 1982).

1.1.1. Le Trias

Le Trias forme des structures diapiriques composées de roches variées, notamment des schistes violacés, des grès, des quartzites, des gypses, des anhydrites et des dolomies. Il affleure largement au nord du bassin, au niveau du Djebel Khar, ainsi qu'au nord-est de la ville de Hacine, dans la wilaya de Mascara.

1.1.2. Le Jurassique

Il affleure à l'est de Mascara, au niveau des massifs bordiers du Djebel Ouled Aouf, du Djebel Boumane et du Djebel Kodjil. Il est constitué de calcaires compacts, de marnes et de dolomies, avec une puissance estimée à environ 500 m.

1.1.3. Le Crétacé

Formant le substratum des terrains néogènes, cet ensemble est constitué de plusieurs unités. Des dépôts mésozoïques autochtones, structurés en blocs basculés (Brives, 1900 ; Perrodon, 1957 ; Delteil, 1974 ; Kazi Tani, 1996). Les terrains allochtones constituent le cœur du massif du Dahra ainsi que les monts des Beni Chougrane (Thomas, 1985), tandis que les terrains autochtones affleurent notamment dans les massifs d'Oran et d'Arzew.

1.1.4. Le Miocène

Il repose en discordance sur le substratum crétacé, son épaisseur est variable, estimée entre 5000 à 6000 mètres d'âge Mio-plio-quaternaire (Thomas, 1985). Perrodon en 1957 dans ses recherches, distingue au sein du bassin du Bas Chélif, deux cycles sédimentaires principaux :

a) Le cycle Miocène

- **Un Miocène Inférieur** : Daté du Burdigalien terminal (Bessedik et al., 2002), cet ensemble se distingue par son caractère transgressif et par sa discordance sur le substratum crétacé. Il est représenté par une succession lithologique composée de conglomérats, de grès et de marnes bleues, constituant la méga-séquence I définie par Delfaud et al. (1973).
- **Un Miocène Supérieur (Vindobonien)** : Il correspond au deuxième cycle post-nappe (Delteil, 1974 ; Fenet, 1975 ; Guardia, 1975 ; Belkebir et Bessedik, 1991) ainsi qu'à la méga-séquence II définie par Delfaud et al. (1975). De caractère transgressif, il est constitué de conglomérats et de grès qui évoluent latéralement vers le centre du bassin en marnes bleues d'âge tortonien. Ces dernières sont surmontées par des diatomites et des gypses d'âge messinien. Sur la bordure sud du bassin du Bas Chélif, qui présente une configuration de vaste monoclinale complexe, le Miocène supérieur repose en discordance sur le Miocène inférieur.

La limite entre le premier et le second cycle post-nappe demeure sujette à débat. Certains auteurs, notamment Delteil (1974), Guardia (1975), ainsi que Belkebir et Bessedik (1991), la placent à la base du Tortonien, tandis que Thomas (1985) la situe au Messinien, à proximité de la limite entre les biozones N17 et N18. Au Messinien, le centre du bassin enregistre une

sédimentation diatomitique évoluant verticalement vers des dépôts gypseux, alors que les bordures constituent des zones de construction récifale (Perrodon, 1957 ; Saint-Martin, 1982 ; Rouchy et al., 2007). Cette phase est suivie d'une transgression marine au Messinien terminal, marquée par des stromatolithes et des calcaires en plaquettes sur les marges, ainsi que par des marnes au centre du bassin (Cornée et al., 1994 ; Atif, 2001).

1.1.5. Le Pliocène

Débuté généralement par des marnes blanches, évoluant localement vers des alternances de marnes et de grès ou de sables sur les marges. Ce cycle s'achève par la régression astienne (Rouchy, 1982).

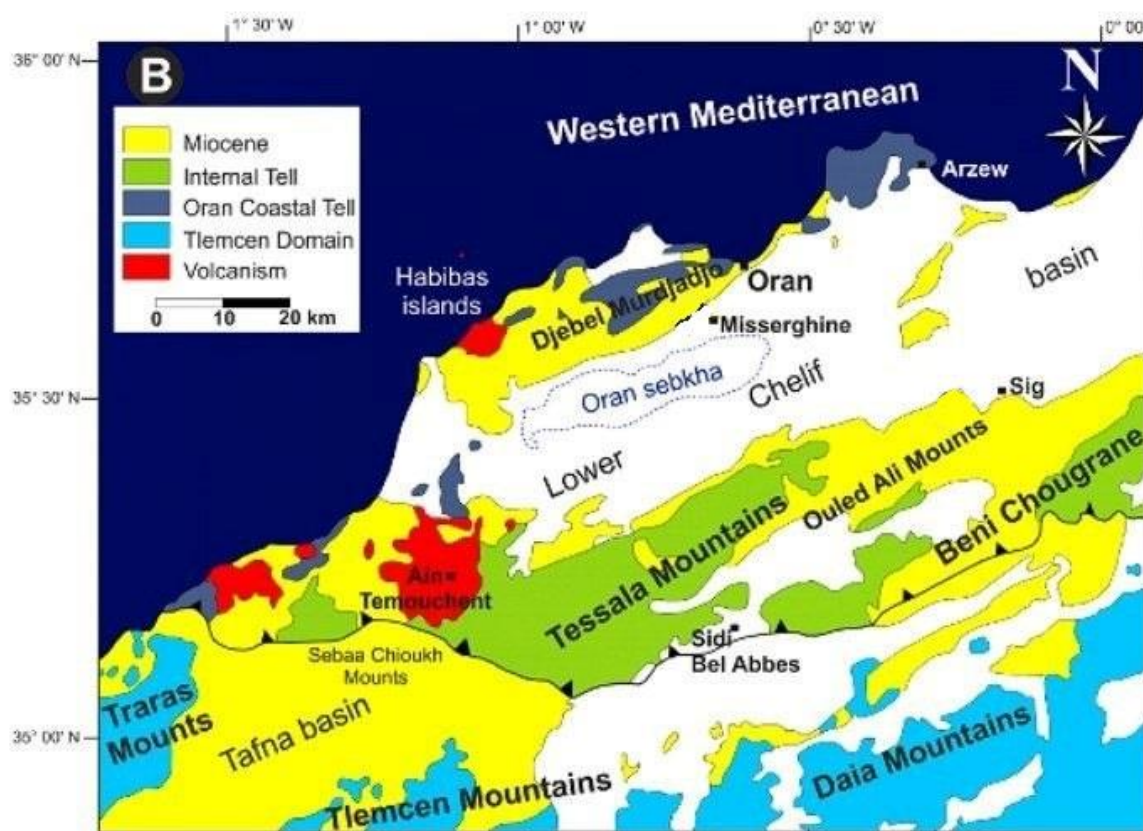
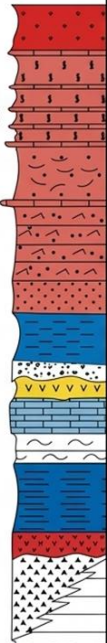


Figure 4 : Carte géologique simplifiée de l'Oranie nord occidentale (d'après Saint Martin et al., 1992)

1.1.6. Le Quaternaire

Il occupe les vastes plaines. Il est constitué de formations alluvionnaires représentées par des poudingues, de grès, de sables limoneux et d'argiles.

Hassani (1987) a réalisé une synthèse des travaux de plusieurs auteurs, notamment de Perrodon (1957), de Fenet (1975) de Delfaut et al., (1975) et de Thomas (1985)

A. PERRODON, 1957		J. DELFAUD et al., 1975	B. FENET, 1975			G. THOMAS, 1985			LOG SYNTHÉTIQUE			
VI récent = Thyrennien	Couches à strombes		Pliocène moyen et supérieur			Holocène	Lunettes éoliennes Sables éoliens Limons gris			Limons rouges Terrasses limoneuses rouges + dalles Limons et conglomérats rouges Grès lumachelles et sables dunaires Grès Marnes bleues conglomérats et sables Evaporites Calcaires Tripolis Marnes bleues Grès Conglomérats Marnes pélagiques Schistes et marnoschistes		
VI intermédiaire						Pliocène supérieur	Q	IV F. Rochers (Tensifien)				
						Pliocène moyen		II F. Hammam (Amirien)			I F. Remchi (Saletien)	
Villafranchien	Formations rouges		Calabrien-Villafranchien	4 cycle M 4	Formations dunaires et formations rouges continentales Lumachelles + dalles calcaires	Pliocène inférieur	P II	B	Formation de la Mekerra			
Calabrien	Grès et lumachelles conglomérats-limoneux					Calabrien		A	Formation Mettemoura - golfe d'Arzew			
Pliocène continental						Plaisancien						
Pliocène marin	Astien : grès marin plaisancien : marnes		Astien	3 cycle M 3	Formations détritiques Formation marnuses	Tabianion	P I A, B	Formation du bas-chelif				
Miocène supérieur vindobonnien	Formations terminales		Plaisancien		Messinien	2 cycle post nappes M 2		Calcaire messinien Messinien marneux Grès de base	Messinien	2 cycle M III	D	F. Evaporitiques
	Formation médianes								C		Formation du Murdjadjo	
	Formations de base	B		F. des marnes bleues médianes								
Miocène inférieur	Continental : conglomérats		Tortonien	1 cycle M 1	Formations rouges continentales de Tafaraoui Serie de Mers E.I Kibir et O. Hammadi	Tortonien I	1 cycle M II	F. de Bouhanifia-tafaraoui				
	Marin: marnes grises				Serravation	Formation de Debbi						
						Langnien						
Miocène inférieur		Méga-séquence 2	Miocène anté ou synchro nappe			Miocène anté ou synchro nappe M I						

1

- La direction E-W : active le long de la bordure nord-occidentale, responsable de la disposition en échelon des plis NE-SW.
- La direction WNE-SSW : matérialisée par un couloir longeant l'Oued Tahria vers le massif de la Dahra, correspondant aux accidents transversaux de Glangeaud, (1932).
- La direction NE-SW : elle représente l'orientation générale du bassin au cours de l'ensemble de ses phases de déformation (**Fig. 6**).

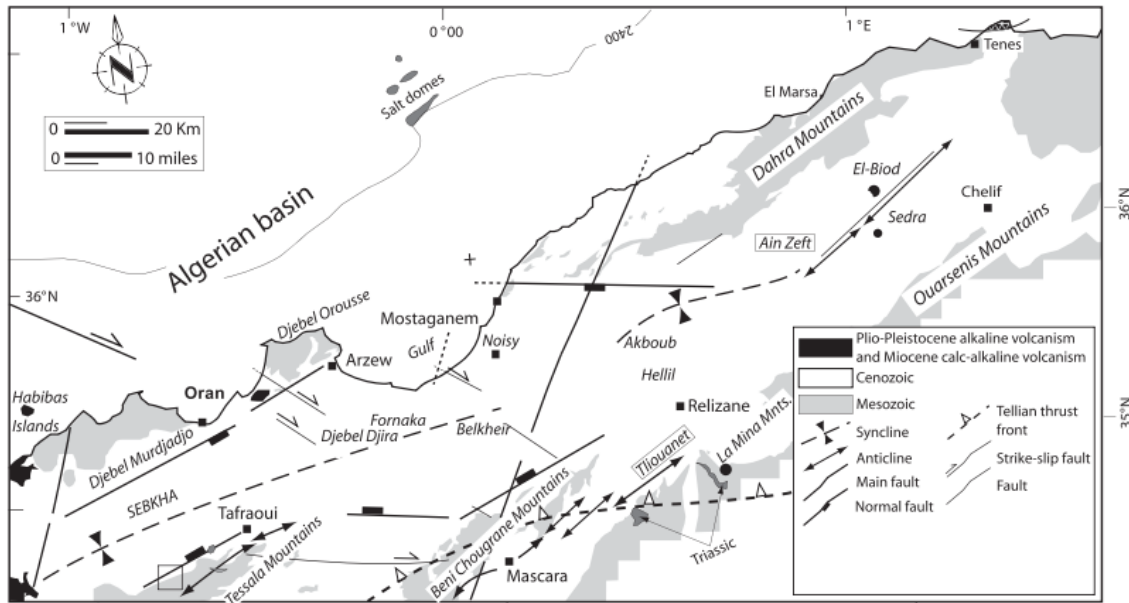


Figure 6 : Cadre structural du bassin du Bas Chélif (d'après Aran et al. ; 2015, modifiée)

Le bassin du Bas Chélif est limité au Nord par la chaîne tello-rifaine et au Sud par les massifs telliens. Il présente une organisation en trois sillons longitudinaux parallèles à la direction NW-SE (Delfaut et al., 1973 ; Neurdin-Trescartes, 1995 ; Belkebir et al, 2008) ; le sillon externe, proche de la côte méditerranéenne, caractérisé par des dépôts récents à pliocènes faiblement déformés et des failles normales peu inclinées ; le sillon médian, au centre du bassin, où se trouvent les dépôts miocènes moyens à supérieurs, avec une flexuration modérée et les épaisseurs sédimentaires maximales ; et le sillon interne, vers ESE, adjacent aux massifs telliens, marqué par des séries miocènes à oligocènes fortement plissées et faillées, reflétant l'influence tectonique des reliefs bordiers (**Fig. 7**).

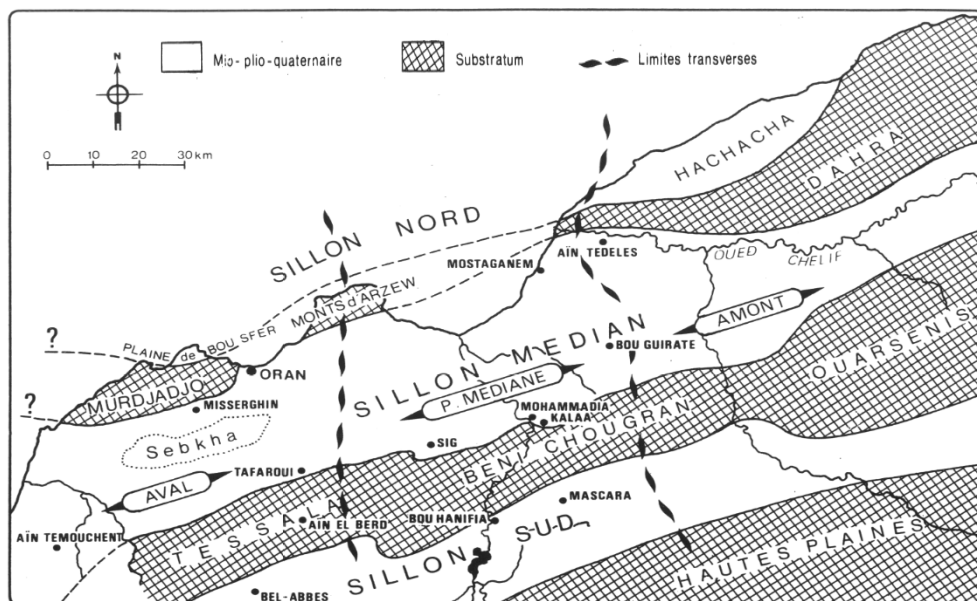


Figure 7 : Structure générale du bassin du Bas Chélif (d'après Neurdin-Trescartes, 1995)

1.3. Sur le plan climatique

La plaine du Bas Chélif est caractérisée par une pluviométrie moyenne d'environ 370 mm et une évapotranspiration réelle proche de 320 mm, ce qui lui confère un climat de type semi-aride (Achor et al., 1998). Malgré sa proximité avec la mer Méditerranée, le climat du bassin est atténué par l'effet d'écran des monts du Dahra, renforçant ainsi son caractère sec.

Dans la zone d'étude, le climat est de type subhumide, avec une pluviométrie annuelle comprise entre 350 et 510 mm. Les précipitations sont concentrées en saison hivernale et deviennent quasi nulles en été. Le réseau hydrographique est peu développé et constitué de cours d'eau temporaires, notamment l'oued Djamouna au sud et l'oued Messil au Nord.

2. Région d'étude

Le plateau de Boufatis se caractérise par une succession d'anticlinaux et de synclinaux, parmi lesquels se distingue l'anticlinal du Djebel Djira – Forêt Moulay Ismail (**Fig. 8**).

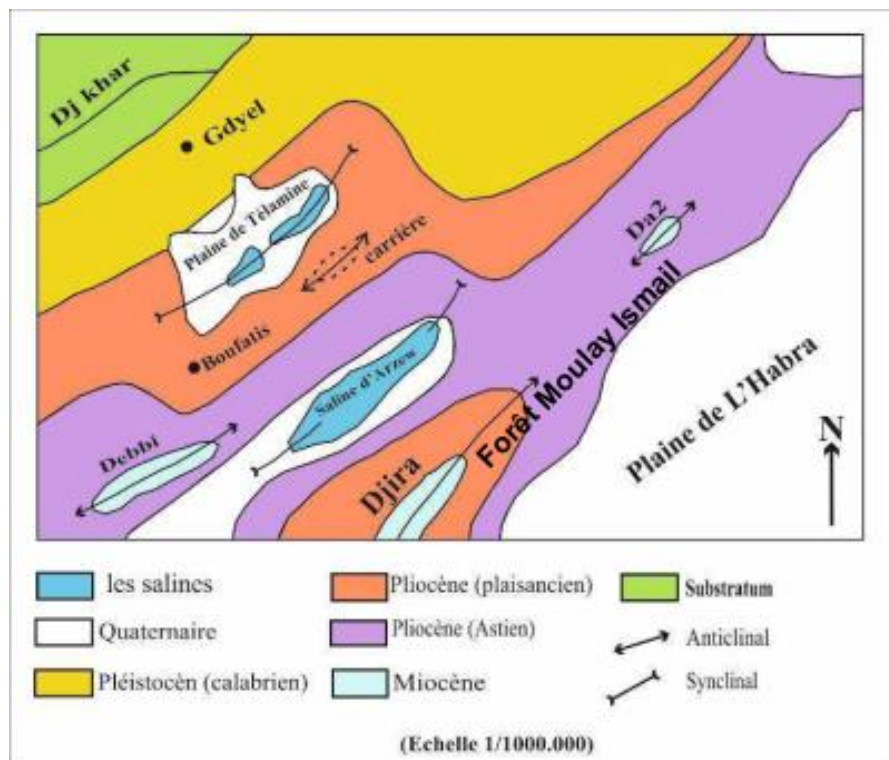


Figure 8 : Esquisse géologique et structurale du Plateau de Boufatis (feuille S^t Cloud, N°154)

2.1. Sur le plan lithostratigraphique

Le site de Kada Srar est essentiellement constitué de formations miocènes représentées par des tripolis, des marnes gypseuses, des calcaires, ainsi que des gypses. Le Pliocène marin y est dominé par des calcaires à lithothamnées et des marnes sableuses, tandis que le Pliocène

continental est formé d'argiles rouges conglomeratiques. Le Pléistocène est quant à lui caractérisé par la présence d'une lumachelle, surmontée d'une croûte calcaire dure et de dépôts lagunaires (Fig. 9).

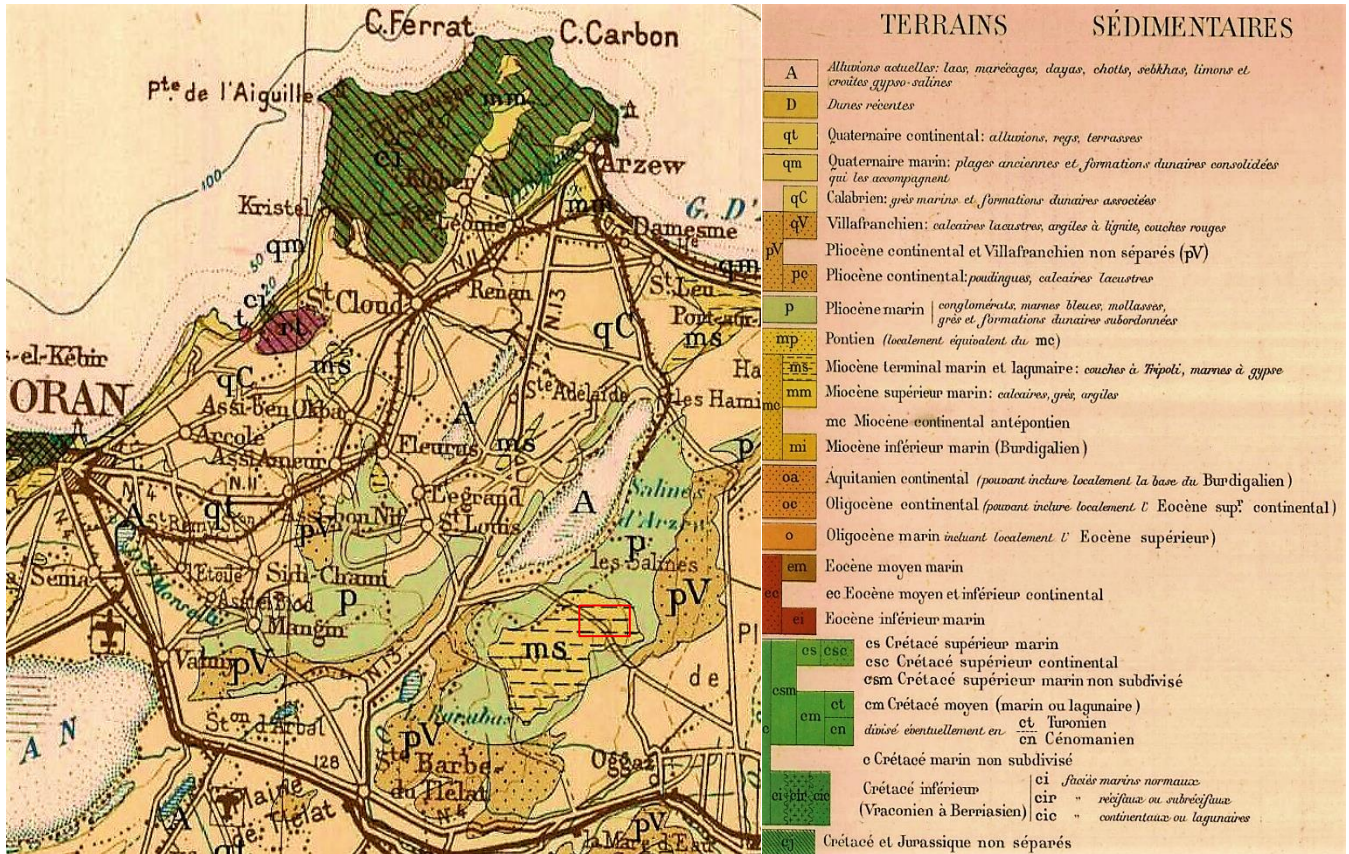


Figure 9 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie cernant la région d'étude au 1/500000

2.2. Sur le plan structural

Les couches de gypses sont orientées NO-SE, avec un pendage faible de 5 à 10° vers le NO et l'épaisseur de cette assise diminue en allant vers le Sud et l'Est. Par contre elle augmente en allant vers l'Ouest et le Nord pour atteindre 40 m d'épaisseur.

IV. HISTORIQUE DES TRAVAUX

Le Bassin du Bas Chélif a fait l'objet de nombreuses études géologiques depuis la seconde moitié du XIX^e siècle. Ces travaux ont progressivement permis d'améliorer la compréhension de son évolution stratigraphique et géodynamique. À ce jour, ce bassin reste encore un domaine actif de recherche, où de nouvelles études continuent d'enrichir les connaissances sur son histoire géologique.

1. Les travaux anciens

Les premières reconnaissances géologiques et les premières attributions stratigraphiques des terrains néogènes de la région remontent aux travaux pionniers de Bleicher (1875), Pomel (1892), Repelin (1895) et Brives (1897). Ces recherches ont constitué les premières bases de la connaissance géologique régionale.

En 1903, Gentil réalise la première étude géologique relativement détaillée de l'Oranie nord-occidentale. Ce travail représente une contribution majeure et fondatrice à la compréhension de la géologie de cette partie de l'Algérie occidentale.

La période allant de 1900 à 1936 est marquée par la réalisation de nombreux levés cartographiques, ainsi que par l'élaboration de cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 par Brives, Doumergue et Dalloni. Cette phase correspond également aux premières investigations à caractère pétrolier, notamment avec l'installation d'entreprises étrangères telles que le groupe anglais Pearson, qui effectue plusieurs forages entre 1913 et 1923.

En 1936, Anderson publie la première synthèse d'ensemble consacrée au bassin du Chélif. Cette contribution est accompagnée de la première carte géologique à l'échelle 1/200 000. Dans ce travail de référence, Anderson propose un découpage de la série miocène en deux ensembles distincts : un groupe inférieur, dénommé Carténien et un groupe supérieur, appelé Tellien.

2. Les travaux récents

Perrodon (1957) propose une synthèse de référence consacrée aux bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. Il subdivise la série miocène du Bas Chélif en deux cycles sédimentaires : un premier cycle burdigalien, transgressif et discordant sur un substratum crétacé, et un second cycle vindobonien, également transgressif, caractérisé par une grande diversité de faciès incluant des conglomérats, des grès, des marnes, des tripolis, des calcaires et des gypses.

Dans le cadre de la datation des nappes telliennes, Cita et al. (1968), Addadi et al. (1968) et Mazzola (1971) ont eu recours aux zonations des foraminifères planctoniques afin de préciser la chronologie des unités dans les massifs de l'Ouarsenis et des Béni Chougrane.

Les travaux de Delteil (1974), Guardia (1975) et Fenet (1975) portent sur la géodynamique du bassin du Chélif, en lien avec la mise en place des nappes de charriage. Ces auteurs distinguent plusieurs cycles sédimentaires miocènes, notamment un cycle anté- ou syn-nappes, un premier cycle post-nappes attribué au Miocène moyen (Serravallien), ainsi qu'un second cycle post-nappes transgressif du Miocène supérieur (Vindobonien).

Rouchy (1982), dans sa thèse consacrée à la genèse des évaporites messiniennes en Méditerranée, met en évidence l'extension des dépôts du Pliocène inférieur (Zancléen) dans le bassin du Bas Chélif. Ces dépôts sont représentés au centre du bassin par des marnes bleues, parfois précédées de marnes blanches comparables aux faciès de type « Trubi ». Vers les marges, ils évoluent progressivement vers des marnes sableuses ou gréseuses.

Thomas (1985) étudie l'évolution géodynamique de la partie occidentale du bassin du Bas Chélif et identifie deux cycles post-nappes : un premier cycle burdigalien localisé sur la bordure nord-orientale du Dahra, et un second cycle initié au Tortonien et s'achevant au Messinien.

Les travaux de l'école oranaise, notamment ceux de Bessedik et Belkebir (1985–1986), portent sur le Miocène moyen et supérieur de la Pointe de Canastel (Oran). Ils mettent en évidence quatre formations lithologiques principales : (1) marnes à gypse, (2) marnes et grès roux, (3) argiles et conglomérats rubéfiés, et (4) marnes sableuses. À partir de ces observations, les auteurs distinguent deux cycles miocènes post-nappes : un premier cycle régressif regroupant les trois premières formations, et un second cycle transgressif correspondant à la dernière formation (in Larabi, 2015).

Belkebir (1986) approfondit l'étude des terrains néogènes de la bordure nord-occidentale du Dahra en précisant leur cadre biostratigraphique à partir des foraminifères planctoniques. Il subdivise ces formations en douze unités, associées à autant de biozones, couvrant un intervalle allant du Burdigalien terminal (Zone à Globigerinoides sicanus) jusqu'au Pliocène supérieur (Zone à Globorotalia inflata) (in Lakehal, 2016).

Saint Martin (1987) analyse le phénomène récifal du Miocène supérieur en Algérie et au Maroc, en étudiant sa morphologie et en établissant un inventaire détaillé des édifices coralliens. Ce travail est publié ultérieurement en 1990.

Moissette (1988) se consacre à l'étude des bryozoaires du Messinien de l'Algérie occidentale. Neurdin-Trescartes (1992) propose une analyse sédimentologique et paléogéographique des terrains néogènes du bassin du Chélif, à travers la définition de séquences-types.

BELKEBIR et al. (1996) établissent une corrélation entre les dépôts marins du Miocène post-nappes et les dépôts continentaux, et identifient plusieurs phases eustatiques au cours du Miocène. La même année, Dellalou-Hachemi étudie les assemblages de bryozoaires du Miocène supérieur et du Pliocène des régions d'Oran et de Mostaganem, en proposant une interprétation paléoécologique basée sur le substrat, la profondeur, la salinité et les conditions climatiques.

Atif (2001) examine la limite Mio-Pliocène dans le bassin du Bas Chélif à partir d'une synthèse des travaux antérieurs complétée par des investigations de terrain. Belhadji (2005) présente une étude du Miocène supérieur et du Pliocène dans la région de Djebel Diss (Est de Mostaganem), et identifie six biozones à partir des foraminifères planctoniques, couvrant une période allant du Tortonien inférieur au Plaisancien inférieur (in Bensaid, 2016).

Rouchy et al. (2007) analysent les événements fini-messinien dans plusieurs secteurs du bassin du Bas Chélif à partir de données sédimentologiques et biostratigraphiques. Atif et al. (2008) étudient le passage Mio-Pliocène dans le même bassin, et mettent en évidence, au niveau du Télégraphe de Sidi Brahim, un régime de confinement associé à la crise de salinité messinienne, suivi d'une pulsation marine intra-messinienne.

Tchouar (2013) consacre ses travaux à l'étude des dinoflagellés de la série Mio-Pliocène du Télégraphe de Sidi Brahim, apportant des précisions paléoécologiques complémentaires. Hebib Hakim (2014) réalise une contribution majeure en biostratigraphie à haute résolution du bassin du Bas Chélif, basée sur l'évolution des foraminifères benthiques (in Lakehal, 2016).

Par ailleurs, plusieurs travaux d'ingénierat ont abordé conjointement le cadre biostratigraphique du plateau de Boufatis et les problématiques d'exploitation du gypse, notamment ceux de Bensaid Bachir et Larabi Zakaria (2015), ainsi que de Lekhal Abdelhamid (2016).

Mansouri (2021) réalise une étude systématique et biostratigraphique des nannofossiles calcaires néogènes du bassin du Bas Chélif, proposant une synthèse actualisée des données paléontologiques et biostratigraphiques locales. Plus récemment, Bessedik et al. (2023) étudient le complexe récifal frangeant du Djebel Murdjadjo (Oranie) et soulignent son importance en tant que patrimoine géologique à travers une analyse sédimentologique et stratigraphique détaillée.

Belhadji et al. (2025) analysent l'ichnologie et la signification paléoenvironnementale de la Formation des Marnes Bleues du Tortonien dans la marge sud du bassin du Bas Chélif.

A la même année, Boucif et al. (2025) présentent une caractérisation chimique des dépôts gypseux du plateau de Boufatis, en évaluant leur potentiel de valorisation économique dans un cadre géologique régional.

VI. Entreprise Knauf

Knauf Algérie est la filiale algérienne du groupe allemand Knauf, reconnu comme l'un des leaders mondiaux dans la fabrication de matériaux de construction modernes à base de gypse. L'entreprise produit notamment des plaques de plâtre (Placoplatre), des systèmes de plafonds, des enduits ainsi que du plâtre (**Fig. 10**).

Cette société algéro-allemande est implantée dans la zone industrielle de Ben Freha, dans la wilaya d'Oran. Elle bénéficie d'une localisation stratégique à proximité du gisement de gypse de Fleurus ainsi que d'autres infrastructures importantes, telles que le réseau de gaz, l'électricité, la route nationale et le port d'Arzew.

La production de l'entreprise Knauf Algérie est principalement destinée aux marchés africains, notamment la Libye, la Mauritanie, la Côte d'Ivoire et la République centrafricaine. L'exportation s'effectue à la fois par voie maritime via le port d'Arzew et par transport terrestre.



Figure 8 : Photo de la plâtrière Knauf spécialisée dans la production du plâtre et ses dérivés.

VII. Objectif et méthodologie de travail

1. Objectif

L'objectif principal de ce travail est de définir les limites stratigraphiques de la formation étudiée à travers une datation basée sur l'analyse biostratigraphique. Celle-ci s'appuie sur l'étude des microfossiles contenus dans les niveaux marneux, en intégrant les données de terrain et des forages, les analyses de laboratoire ainsi que les outils numériques.

2. Méthodologie

La méthodologie adoptée dans ce travail repose sur une approche intégrée combinant des investigations de terrain, des analyses en laboratoire et le traitement numérique des données. Elle se structure selon les étapes suivantes :

2.1. Recherche bibliographique

Consultation des travaux antérieurs portant sur la géologie régionale et la biostratigraphie de la zone d'étude et nous avons également utilisé les rapports de l'entreprise, en masquant les coordonnées des sondages et leurs périmètres.

2.2. Sur le Terrain

Un stage de 03 jours de terrain a été réalisée sur le site d'étude afin de procéder à :

- La reconnaissance géologique de la zone d'étude, permettant d'identifier les différentes formations géologiques affleurantes, plus particulièrement le gypse messinien ;
- Prendre le maximum de photos afin d'enregistrer les observations lithologiques et structurales ;
- La collecte d'échantillons de gypse et de fossiles directement sur le terrain ;
- La récupération d'échantillons de marnes auprès de l'entreprise Knauf, issus de sondages carottés réalisés dans le cadre de l'exploration du site de Kada Srar. Ces échantillons comprennent quatre prélèvements provenant des caisses de carottes de sondage n°02 à différents intervalles, ainsi que six prélèvements issus de la carotte de sondage n°05. Chaque échantillon a été conditionné dans un sac plastique étiqueté, indiquant le numéro de la carotte de sondage ainsi que la profondeur correspondante.

2.3. Au laboratoire

Au sein de le laboratoire de recherche N25, l'ensemble des travaux a été réalisé sous la supervision de monsieur le Pr. Adaci Mohammed et de M. Hebib Hakim ainsi que de l'ingénieur de laboratoire, M. Hamouda.

2.3.1. Le lavage

- Dans un premier temps, les échantillons ont été tremper dans l'eau pendant une semaine afin de faciliter leur désagréation initiale ;
- Ils ont ensuite subi une étape de défloculation, étape essentielle permettant de disperser les particules fines et d'améliorer la séparation des constituants ;
- L'étape de tamisage a été réalisée à l'aide d'une série de tamis à mailles de 250 µm et 150 µm, sous l'eau, afin de faciliter la séparation granulométrique ;
- Après chaque utilisation, les tamis ont été soigneusement nettoyés à la brosse, puis désinfectés par immersion dans une solution de bleu de méthylène à 5 % afin d'éviter toute contamination croisée ;
- Enfin, les résidus obtenus ont été séchés dans une étuve réglée à 50 °C jusqu'à obtention d'un matériau sec et stable.

2.3.2. Le tri

Une loupe binoculaire a été utilisée pour la séparation et l'identification des foraminifères benthiques et planctoniques. Les spécimens sélectionnés ont ensuite été isolés puis stockés dans des cellules de micropaléontologie adaptées, en vue de leur conservation et de leur détermination.

2.3.3. La détermination

La détermination des foraminifères s'est appuyée sur plusieurs catalogues et ouvrages de référence en micropaléontologie, ainsi que sur l'expertise de spécialistes du domaine, notamment messieurs Hebib Hakim et Adaci Mohammed.

2.4. Traitement et interprétation des données

Nous avons utilisé divers logiciels spécialisés pour la modélisation des sondages et la corrélation stratigraphique RockWorks, la cartographie et la modélisation des surfaces Surfer, ainsi que la cartographie géologique et topographique ArcGIS. La localisation et la visualisation spatiale du site ont été réalisées à l'aide de Google Earth Pro, tandis que la mise en page et l'illustration scientifique a été effectuées sous CorelDRAW. L'apprentissage et la prise en main de ces différents outils ont été assurés par notre encadrant, M. Boucif Abdelkader. Enfin, afin d'améliorer la qualité des cartes produites ainsi que la vérification linguistique, nous avons également eu recours à des outils d'intelligence artificielle.

Chapitre II

Investigations géologiques

I. INTRODUCTION

Les sondages mécaniques représentent l'un des outils les plus performants pour l'investigation des formations géologiques en profondeur et la caractérisation des corps rocheux. Dans le cadre de l'exploitation de la carrière de Moulay Ismail, cette méthode s'impose comme une étape fondamentale permettant d'acquérir des données précises et fiables relatives à la lithologie, à l'épaisseur des formations traversées, ainsi qu'aux propriétés géomécaniques et géologiques des horizons sous-jacents.

Le présent chapitre traite des aspects essentiels des sondages mécaniques, en abordant successivement les méthodes de sondage carotté, les équipements utilisés sur le terrain, les paramètres influençant la qualité de la carotte, ainsi que les logs de sondage qui assurent la synthèse et l'interprétation de l'ensemble des données recueillies. L'ensemble de ces éléments constitue une base indispensable à une évaluation rigoureuse et cohérente du gisement étudié.

II. DEFINITION DES TERMES TECHNIQUES

Dans la phase d'exploration géologique, le sondage est une technique d'investigation qui constitue un élément fondamental de l'étude des sols et des roches. Les types de sondages varient en fonction de la nature du terrain et des objectifs de l'exploration. Nous distinguons :

1. Le sondage rotary

Cette méthode utilise un outil appelé trilame ou tricône, entraîné en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage du terrain sous l'effet des sollicitations mécaniques exercées, sans recours à un mouvement de percussion, mais uniquement par deux mouvements combinés : la rotation et la translation. Le mouvement de translation est assuré principalement par le poids des tiges situé au-dessus de l'outil (**Fig. 11**).

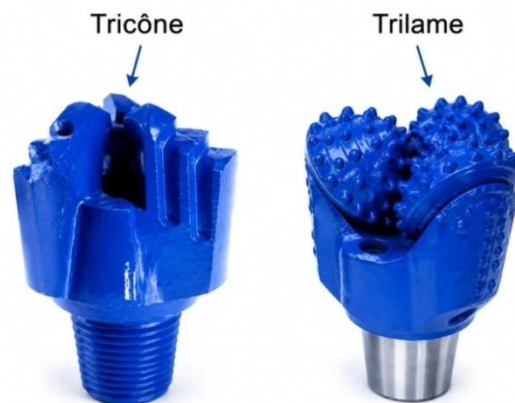


Figure 11 : Tricône et trilame pour un sondage rotary (source internet)

2. Le sondage en circulation inverse

Également appelé sondage reverse circulation (RC), technique destructive qui utilise un système de tiges à double paroi, où l'air comprimé est injecté à travers les tiges pour extraire des échantillons de roche sous forme de débris le long de trous réalisés. Cette technique s'effectue à l'aide d'un marteau fond de trou, ou d'un tricône pour les terrains durs, ou d'une trilame adaptée pour les terrains meubles (**Fig. 12**).



Figure 12 : Réalisation d'un sondage en circulation inverse (source internet).

3. Le sondage carotté

Cette méthode, couramment utilisée par la société Knauf, permet d'obtenir des échantillons de haute qualité offrant une visualisation fidèle des terrains traversés. Elle est largement employée dans les travaux d'exploration afin de prélever un échantillon cylindrique intact, appelé carotte. Le principe consiste à réaliser un forage à travers les différentes couches à l'aide d'une sondeuse équipée d'un outil spécifique appelé carottier.

Contrairement au sondage destructif, qui récupère la roche en débris ou cutting, le sondage carotté conserve une colonne continue de roche. Cette continuité permet une observation directe de la lithologie et des structures géologiques, sans perturbation de leur ordre stratigraphique, tout en rendant possible la réalisation de divers traitements et mesures sur place et d'examiner les carottes aux laboratoires pour des essais physiques, des analyses chimiques et minéralogiques.

Le diamètre de la carotte récupérée est de 48 mm selon la nomenclature nord-américaine utilisée dans le domaine minier, ce type de sondage est désigné par le symbole **NQ** (Tab. 1).

Tableau 1 : dimensions des principaux sondages standard et wireline (Reedman, 1979)

COMMONLY USED DIAMOND DRILL SIZES					
NORTH AMERICAN DIAMOND DRILL SIZES					
Standard			Wireline		
Size	Hole	Core	Size	Hole	Core
XRT	30 mm	19 mm			
EX	38 mm	22 mm			
AX	48 mm	31 mm	AQ	48 mm	27 mm
BX	60 mm	42 mm	BQ	60 mm	36 mm
NX	76 mm	55 mm	NQ	76 mm	48 mm
HX	96 mm	74 mm	HQ	96 mm	63 mm
			PQ	123 mm	85 mm

III. LES EQUIPEMENTS ESSENTIELS

1. Sondeuse

La sondeuse est une machine essentielle dans les travaux miniers. Pour la réalisation des travaux de sondage, l'entreprise Knauf s'est servie de sondeuse pneumatique équipée d'un système de rotation où elle est transmise aux trains de tige ensuite au carottier. Cette méthode permet de récupérer des carottes qui représentent l'image fidèle des terrains traversés (**Fig. 13**).



Figure 13 : Sondeuse pneumatique utilisée lors des travaux d'exploration par Knauf Oran

2. Train de tige

Le train de tiges constitue l'élément structurel essentiel assurant la transmission des efforts mécaniques et hydrauliques entre la surface et l'outil de forage. Il s'agit d'un assemblage de tubes métalliques cylindriques, généralement en acier allié à haute résistance, conçus pour supporter simultanément des contraintes de torsion, de traction et de compression durant les opérations de sondage.

Chaque tige présente une longueur variable, comprise entre 1,5 m et 3 à 4 m selon la profondeur ciblée. Leur paroi est relativement épaisse afin de garantir une rigidité suffisante et de limiter les phénomènes de flambage, particulièrement critiques lors des sondages profonds ou en terrains instables. L'assemblage des tiges s'effectue par l'intermédiaire de connexions filetées appelées tool joints, généralement constituées de deux éléments vissés. Ces jonctions assurent une liaison mécanique solide, tout en permettant un montage et un démontage rapide du train de tiges. L'accouplement progressif des éléments permet ainsi de constituer un train continu, adapté à l'augmentation de la profondeur des travaux de foration (**Fig. 14**).



Figure 14 : Tiges en acier utilisées dans un sondage carotté

3. Couronne diamantée

Appelée aussi l'outil diamantée, c'est un outil essentiel utilisé dans le sondage carotté, grâce à la rotation et à la pression exercée sur le terrain de tiges, elle permette d'extraire des carottes intacts à l'intérieur du carottier interne qui sera remonté au surface grâce à un treuil à câble. La partie tranchante de la couronne est composée généralement de particules de diamant

synthétiques, en raison de la dureté exceptionnelle du diamant assurant ainsi une découpe efficace et précise dans les terrains les plus durs. (Fig. 15)



Figure 15 : quelques exemples de couronnes diamantées utilisées dans un sondage carotté.

4. Carottier

Le carottier est un outil fondamental du sondage carotté, destiné à recueillir les carottes tout en préservant leur intégrité. Il est situé juste derrière la couronne et reçoit directement la carotte lors de l'avancement de la foration. Il est généralement composé d'un tube extérieur en rotation et d'un tube intérieur relativement fixe, ce qui limite les contraintes mécaniques sur la carotte et réduit sa fragmentation. Cette conception améliore significativement la qualité des échantillons récupérés. Selon les conditions de forage, on distingue des carottiers simples, doubles ou triples tubes.

4.1. Carottier simple

Le carottier simple est un dispositif utilisé en sondage carotté pour recueillir des carottes de roche lors du forage. Il est constitué d'un seul tube dans lequel la carotte est directement logée au fur et à mesure de la progression dans le terrain. Sa conception est simple et robuste, mais elle offre une protection limitée contre les vibrations et les frottements. Il est généralement utilisé dans les formations géologiques cohérentes et peu fracturées.

4.2. Carottier double

C'est la technique la plus répandue, elle compse de deux tubes concentriques, un tube extérieur en rotation et un tube intérieur qui est fixe. Ce dispositif permet de réduire les frottements entre la carotte et l'outil, limitant ainsi les risques de rupture ou de déformation. Le tube intérieur assure la réception et la protection de la carotte tout au long de son prélèvement. Il est

particulièrement adapté aux formations fragiles ou fracturées, où la conservation de l'intégrité de la carotte est essentielle.

4.2.1. Carottier à câble

Le carottier à câble ou wireline au langage des miniers est un système de sondage carotté permettant de récupérer les carottes sans avoir à retirer l'ensemble du train de tiges. Le tube intérieur, contenant la carotte, est extrait directement à l'aide d'un câble métallique descendant dans le forage. Une fois vidé, il est redescendu rapidement pour reprendre le carottage, ce qui optimise le temps d'opération. Ce procédé améliore fortement la productivité, surtout dans les sondages profonds. Il est largement utilisé dans les campagnes d'exploration minière pour sa rapidité et son efficacité (**Fig. 14**).

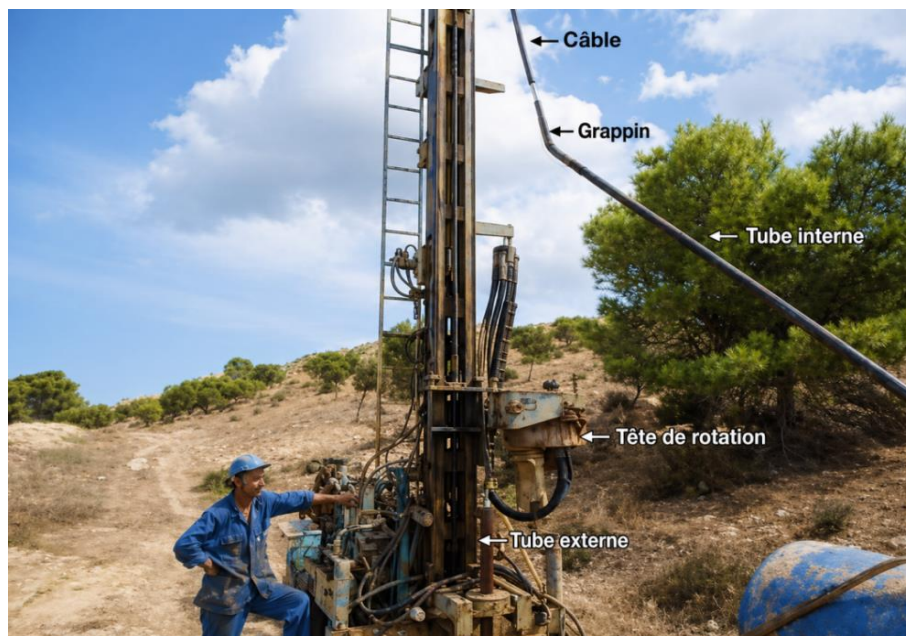


Figure 16 : les différents outils rentrant dans la récupération de la carotte

IV. Qualité de la roche et stockage des caisses de carotte

1. L'indice RQD

Le RQD (Rock Quality Designation) est un examen destiné à estimer la qualité de la masse rocheuse à partir des carottes récupérées (Deere et al., 1967), par l'évaluation du pourcentage de récupération de la carotte qui ne prend en compte que les morceaux de la carotte dur d'une longueur supérieur à 10cm, mesurée le long de la ligne médiane de la carotte. Les cassures causées par la foration ou les opérations de manutention doivent être exclues (Deere, 1989).

Une roche de haute qualité présente un RQD supérieur à 75% et pour une roche de faible qualité l'indice est inférieur à 50% (**Tab. 2**). Il est donné par la relation :

$$\text{RQD (\%)} = \frac{\sum \text{Longueurs de pièce} \geq 100 \text{ mm}}{\text{longueur totale de la course}} \times 100$$

Tableau 2 : Classification de la qualité du massif rocheux selon l'indice RQD

RQD (%)	Qualité du massif rocheux
< 25	Très pauvre
25 – 50	Pauvre
50 – 75	Moyenne
75 – 90	Bonne
90 – 100	Excellent

La figure ci-dessous représente un exemple pour déterminer la valeur de l'indice RQD à partir des carottes récupérées lors d'un sondage carotté (**Fig. 15**).

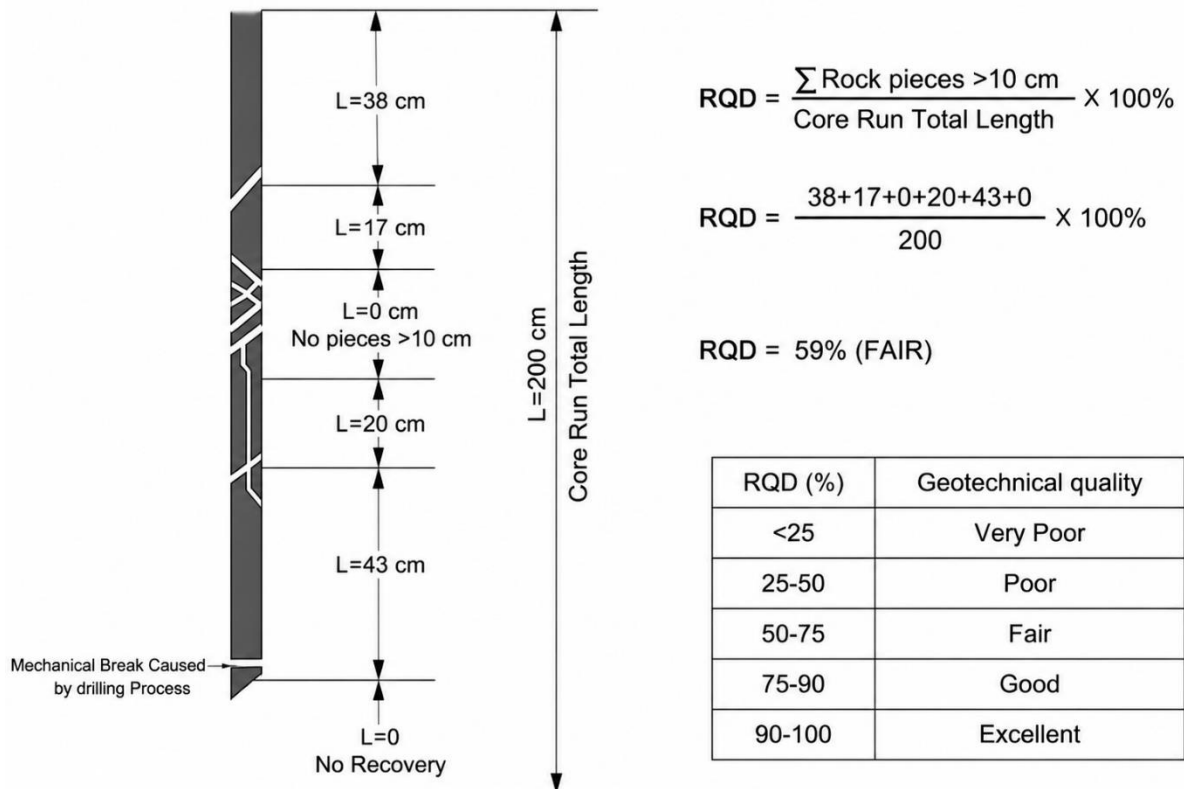


Figure 17: exemple de calcul de RQD et classification de la qualité du massif rocheux

2. Conservation des carottes

La conservation des carottes issues du sondage carotté est essentielle afin de préserver l'intégrité des informations géologiques et géochimiques du sous-sol. Elle permet d'assurer la continuité des observations stratigraphiques et de disposer d'un support fiable pour les analyses de laboratoire parfois réalisées bien après la campagne de la recherche minière. Elle garantit également la traçabilité des données et la vérification des logs géologiques, contribuant ainsi à la fiabilité des interprétations.

Dans le cas d'une contre-expertise, la conservation des carottes prend une importance encore plus critique, car elle permet de vérifier ou de confirmer les résultats initiaux d'interprétation et d'analyses. Elles servent alors de référence objective et indépendante, indispensable pour résoudre d'éventuels désaccords entre différentes études ou opérateurs.

Après les différentes études et examens menés sur les carottes récupérées, elles doivent être placées dans un abri tout en respectant l'ordre de la polarité des caisses de rangement. Il est aussi nécessaire de garder les étiquettes en bois pour chaque caisse qui comportent les informations suivantes : la date du sondage, son numéro de sondage, l'intervalle de la foration et la longueur du carotte récupéré et de la récupération (Fig. 16).



Figure 18 : étiquetage (A) et stockage (B) des carottes de sondage adoptées par la société knauf

V. DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

1. Localisation de la coupe

La coupe a été levée au sein du site de gypse de Kada Srar, juste à la rentrée de la carrière et près de la route CW 41. Elle est orientée NE-SO, d'une longueur de 20 m (**Fig. 17**).

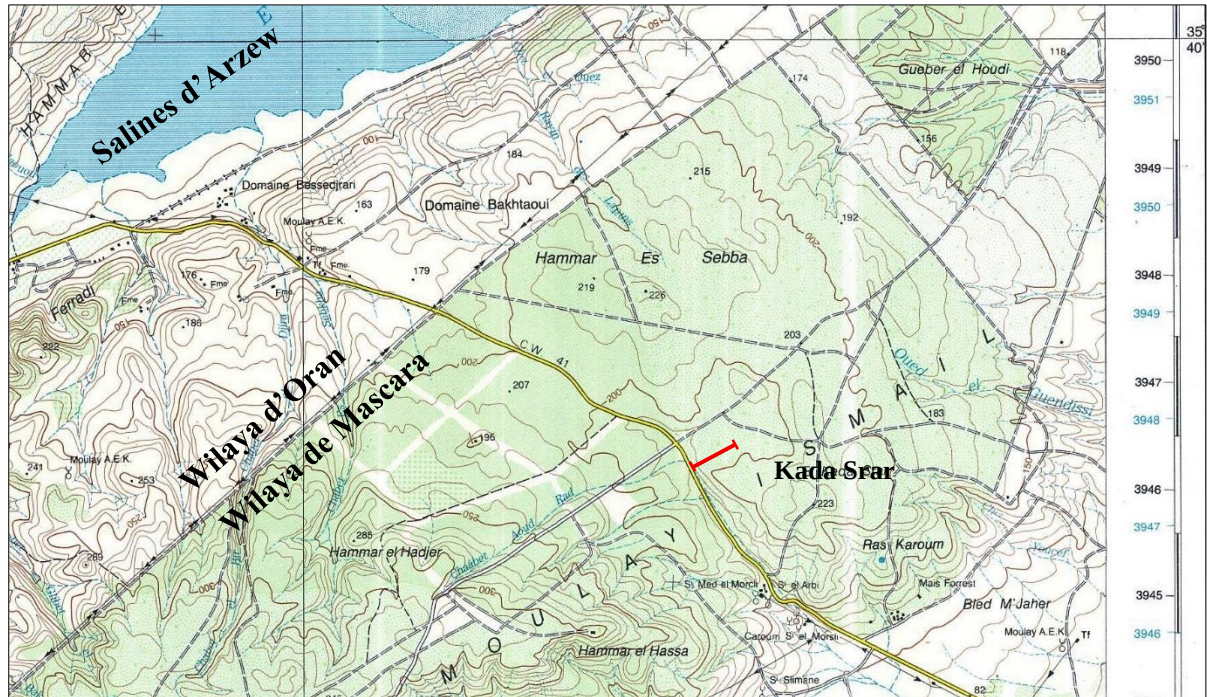


Figure 19 : Localisation de la coupe de Kada Srar (Extrait de la carte topographique de Sig, au 1/50.000 ; ↗ trait de la coupe)

2. Description lithologique

Cette coupe est constituée de deux formations, une formation de gypse et une formation marno-gréseuse.

2.1. Formation de gypse

En affleurement, la base de cette formation est représentée par du gypse de type albâtre massive, compacte et généralement de couleur blanche à crème, parfois légèrement translucide. Il est caractérisé par une cassure conchoïdale et irrégulière. De près, la roche contient des concentrations d'oxydes qui se présentent fréquemment sous forme de micro-veinules, issues de la circulation de fluides tardifs au sein de la roche d'albâtre. Elles sont généralement enrichies en oxydes de fer ou en oxydes de manganèse marqué par son éclat, conférant localement des teintes rouges, brunes ou noirâtres contrastant avec la matrice claire du gypse. Lors des

variations des conditions physico-chimiques, les éléments métalliques précipitent progressivement sous forme d'oxydes et se concentrant veinules.

Directement sus l'albâtre, le gypse devient sélénitique de couleur grisâtre, translucide à éclat vitreux. Le gypse est macro-cristallin à macles en fer de lance caractéristique de ce type de roche. L'épaisseur total de cette formation est de 16 mètres, en affleurement. Quelques intercalations centimétriques de marnes sont observables à l'intérieur des bancs de gypse.

Le pendage des couches de gypse varie entre 5 et 10 degrés en direction du Nord-Ouest. L'épaisseur des couches diminue vers le Sud et l'Est du périmètre, tandis qu'il augmente vers l'Ouest et le Nord, où il peut atteindre un maximum d'environ 40 m.

2.2. Formation marno-sableuse

Épaisse de 5 mètres, elle surmonte le gypse de manière concordante. Elle est de couleur beige à jaune clair. Les marnes sont parfois vertes, plastiques et présentent un aspect schisteux. Plus loin de la carrière, cette formation devient plus épaisse pour atteindre environ 30 m. Des passées de grès beiges, parfois plus foncés, s'intercalent dans les marnes, avec un pendage faible vers le Nord-Ouest (**Fig. 18 et 19**).



Figure 20: Photo prise de la route CW41 illustrant les principales formations géologiques affleurantes à la carrière de Kada Srar : **1** : Gypse albâtre, **2** : Gypse sélénite, **3** : Marne argileuse, **4** : Sole rouge.

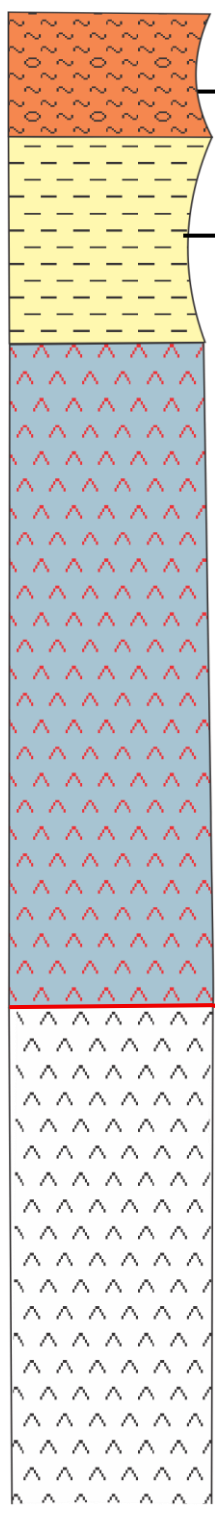
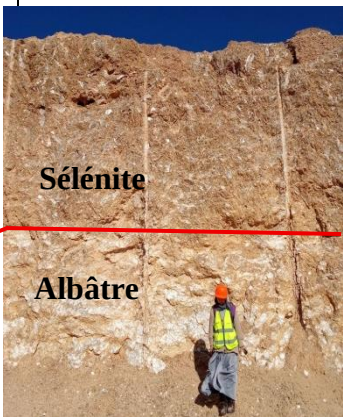
Age / formation		Colonne lithostratigraphique	Illustrations photographiques	Descriptions sommaires
Miocène	supérieure	Formation marno-sableuse		Marnes sableuses jaunâtres à passées carbonatées de couleur ocre à brunâtre
	Formation de gypse		  	Gypse sélénite intermédiaire lamelleux, dur de couleur grisâtre à translucide. Gypse albâtre massif (nodulaire) à grain fins à très fin de couleur blanchâtre à nuance grisâtre avec cassures obliques et présence des vides karstiques généralement remplis d'argile brunâtre ou jaunâtre.

Figure 21 : Colonne lithostratigraphique de la coupe de la carrière de gypse Kada Srar

VI. Logs sondage

Parmi les dix sondages effectués par la société Knauf sur le site de Moulay Ismail, nous avons retenu les sondages n°2 et n°5. Ce choix est justifié par leur caractère représentatif des carottes récupérées, ainsi que par la continuité et l'épaisseur significative des niveaux marneux observés. Chaque sondage possède ses propres coordonnées X, Y et Z, dont la localisation a été déterminée à l'aide de Google Earth (**Fig. 20**).



Figure 22 : localisation des sondages carottés numéros 2 et 5 sur Google Earth

1. Descriptions des logs

1.1. Log sondage N° 2

Le log montre deux formations principales :

À la base la première formation est représentée par des marnes gris-verdâtres et la deuxième formation, le gypse par ses deux variétés, albâtre de couleur blanchâtre à la base et sélénite de couleur grisâtre. La description des logs est basée sur des intervalles de profondeur, allant de la surface de 0 mètre jusqu'à la profondeur finale du sondage.

De 0 m à 9,30 m : Gypse sélénite

Il se caractérise par une structure cristalline bien développée, de couleur grisâtre, avec de grands cristaux maclés en forme de fer de lance. La récupération est généralement élevée,

comprise entre 97 % et 100 %, traduisant une très bonne qualité de conservation des carottes durant le sondage. Par ailleurs, sur le premier mètre, le RQD est moyen, autour de 53 %, ce qui indique un massif gypseux relativement fracturé. Entre 1,5 m et 3,7 m, il diminue et devient faible, en raison de l'augmentation de la fracturation, baisse liée notamment à la présence de cassures.

De 9,30 m à 25,70 m : Gypse albâtre

Il est caractérisé par une texture fine et plus compacte que le gypse sélénite, de couleur blanchâtre. Entre 9,30 m et 15,70 m, la récupération est de 100 %, ce qui indique que la majorité du matériau a été correctement récupérée. Toutefois, elle diminue progressivement jusqu'à 46 % à la fin de l'intervalle. Par ailleurs, le RQD décroît avec la profondeur, entre 15,7 m et 25,7 m, en raison de la présence de vides karstiques et de cassures obliques.

De 25,7 m jusqu'à 31,4 m : Marne

Présentant une couleur gris-verdâtre et une consistance initialement moyennement compacte, le matériau devient plus cohérent en profondeur. La récupération est bonne, comprise entre 75 % et 95 %, traduisant des conditions de forage globalement favorables et une extraction satisfaisante des carottes. Par ailleurs, le RQD est très faible (0 %), en raison du caractère meuble et fortement déstructuré de la marne (**Fig. 20**).

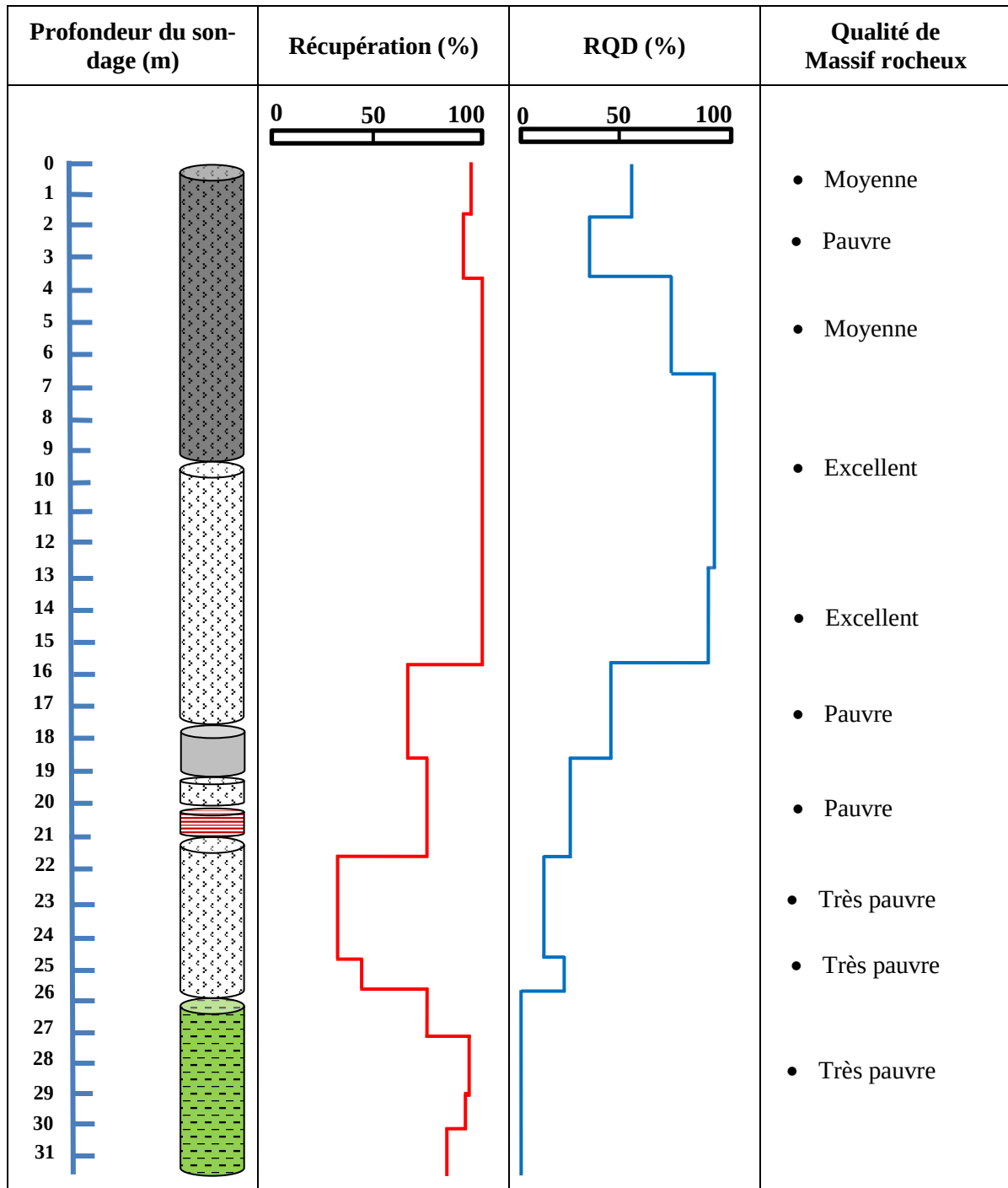


Figure 23 : Log sondage N°2 et ses principaux paramètres

Légende :

- Gypse Sélénite
- Karst vide
- Vide karstique remplis d'argile
- Gypse Albâtre
- Marne

2.1. Log sondage N° 05

Le log montre trois formations principales :

À la base, la première formation est représentée par des argiles brunâtres et des marnes gris-verdâtre. La deuxième correspond au gypse, subdivisé en deux variétés, l'albâtre de couleur blanchâtre à la base et le sélénite de teinte grisâtre. Enfin, la couverture est constituée de limon, d'argile, de calcaire, de sable et de marne.

De 0 m à 11,5 m : La couverture

Dans tout cet intervalle, la récupération des carottes est très bonne, comprise entre 90 % et 100 %, ce qui indique que la majorité des matériaux a été parfaitement récupérée. En parallèle, le RQD est très faible (0 %) sur l'ensemble de la couverture, ce qui montre que les carottes, bien que récupérées, sont fortement fragmentées et ne se présentent pas sous forme de morceaux compacts. Cette situation s'explique par la nature meuble et peu cohérente du terrain.

De 11,50 m à 40,9 m : Gypse sélénite

La récupération est généralement bonne, variant entre 60 % et 100 %. Une zone de faible récupération, de l'ordre de 28 %, est observée entre 24,2 m et 26 m, puis le massif montre une augmentation progressive du taux de récupération jusqu'à atteindre 100 %. D'autre part, le RQD est globalement moyen.

De 40,9 m à 57,40 m : Gypse albâtre

Cet intervalle présente une récupération excellente, atteignant fréquemment 100 %, ce qui indique une bonne conservation des carottes avec une faible perte de matériaux durant le sondage. Par ailleurs, une très bonne qualité du massif rocheux est observée entre 40,9 m et 51,5 m, avec un RQD variant entre 96 % et 98 %. Ensuite, à partir de 51,5 m jusqu'à 57,4 m, le RQD diminue progressivement, oscillant entre 68 % et 42 %, en raison de la présence de passages sableux et marneux.

De 57,4 à 65,8 : Marne

De 57,4 m à 57,6 m, cet intervalle débute par des argiles brunâtres, puis les marnes gris-verdâtre deviennent plus compactes en profondeur. La récupération est bonne jusqu'à 60,7 m, puis elle atteint localement 100 %, avant de diminuer jusqu'à environ 50 %. Concernant le RQD, il reste nul (0 %) jusqu'à la fin du sondage, traduisant une très mauvaise qualité du massif rocheux (**Fig. 21**).

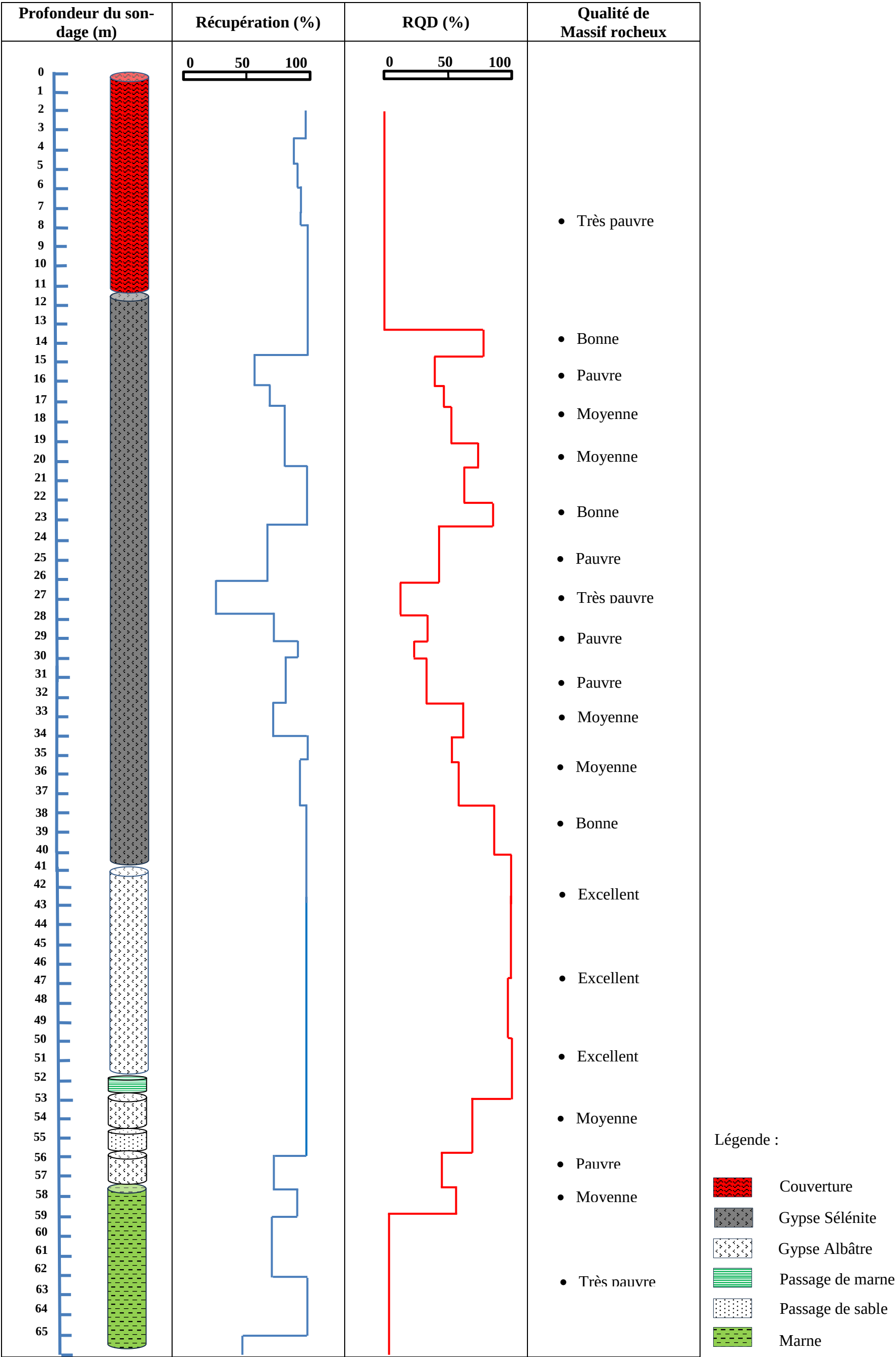


Figure 24 : caractéristiques RQD et récupération du log sondage N° 5

VII. Étude Micropaléontologique

1. Introduction

Cette partie du travail concerne la détermination des foraminifères contenus dans les marnes situées sous le gypse. L'objectif principal de cette étude est de répondre à une problématique d'ordre géologique et minier, à savoir la corrélation chronostratigraphique entre les niveaux marneux et la formation gypseuse sus-jacente.

En effet, il s'agit de vérifier si ces marnes appartiennent au même âge géologique que le gypse, notamment au Messinien, ou si elles correspondent à une formation plus ancienne. Dans le cas où les analyses micropaléontologiques confirment une contemporanéité avec le gypse, cela indiquerait une continuité sédimentaire du même système évaporitique. Dans cette situation, l'entreprise pourrait envisager la reprise des travaux d'extraction en procédant au décapage des marnes afin d'accéder à des niveaux gypseux potentiellement exploitables.

En revanche, si les foraminifères révèlent un âge différent et plus ancien, cela signifierait que les marnes appartiennent à une formation distincte, sans relation directe avec le gypse messinien. Dans ce cas, il serait recommandé de limiter l'exploitation au dernier banc gypseux identifié, afin d'éviter toute surexploitation ou exploitation non rentable de la matière.

Ainsi, cette étude revêt un caractère crucial, car elle constitue un outil d'aide à la décision pour l'entreprise, en reliant les données micropaléontologiques aux choix d'exploitation minière et à la compréhension de l'ordre chronostratigraphique des dépôts dans le site de Kada Srar, à l'échelle local et la région de la forêt de Moulay Ismail, à grand échelle (**Fig. 22**).



Figure 25 : Préparation des échantillons de marnes réalisés au laboratoire N°25

L'examen des résidus de lavage sous la loupe binoculaire nous a permis d'avoir ces informations résumées dans le **tableau N°3**.

Tableau 3 : Fréquences des foraminifères benthiques et planctoniques, pourcentage de quartz dans les échantillons de marnes aux sondages numéros 02 et 05

N° du sondage	Echantillons	Profondeur (m)	Quartz	Foraminifères benthiques en %	Foraminifères planctoniques en %
02	Ech 01	À la base de 31,40m	2%	75 %	25 %
	Ech 02	À la base de 28,2m	2%	80 %	20 %
	Ech 03	À la base de 26,50 m	4%	80 %	20 %
	Ech 04	À la base de 26,4m	5%	80 %	20 %
05	Ech 01	À la base de 65,8m	1%	45%	55 %
	Ech 02	À la base de 63,8m	2%	55 %	45 %
	Ech 03	À la base de 60,20 m	5%	20 %	80 %
	Ech 04	À la base de 58m	8%	35 %	65 %
	Ech 05	À la base de 57,1m	40%	45%	55 %
	Ech 06	À la base de 55,2m	30%	65 %	35 %

2. Résultats

L'échantillon 04 du sondage N°5, prélevé à la base d'une profondeur de 58 m, présente la teneur la plus élevée en foraminifères planctoniques, atteignant 80 %. L'analyse à la loupe binoculaire de cet échantillon a permis d'identifier deux espèces indicatrices : *Neogloboquadrina acostaensis*, caractéristique du Tortonien inférieur, et *Neogloboquadrina humerosa*, associée au Tortonien supérieur. Ce résultat est obtenu grâce à l'aide précieuse de M. Adaci Mohammed et de M. Hebib Hakim (Fig. 26).

La présence de ces deux espèces indicatrices permet de dater les couches marnes qui se trouvent au-dessous de la formation de gypse comme étant du Tortonien. Cette attribution

Chronostratigraphique est essentielle dans le cadre de la problématique posée précédemment, relative à la continuité ou non entre les marnes sous-jacentes et la formation gypseuse exploitée.

En effet, ce résultat montre clairement que les marnes étudiées n'appartiennent pas à la formation messinienne du gypse, mais constituent une unité stratigraphique distincte et antérieure sur le plan stratigraphique. Par conséquent, se sont deux formations différentes et un âge différent.

Ainsi, ces conclusions micropaléontologiques apportent une réponse déterminante à la problématique minière, en guidant l'interprétation des niveaux rencontrés et en orientant la décision d'exploitation.

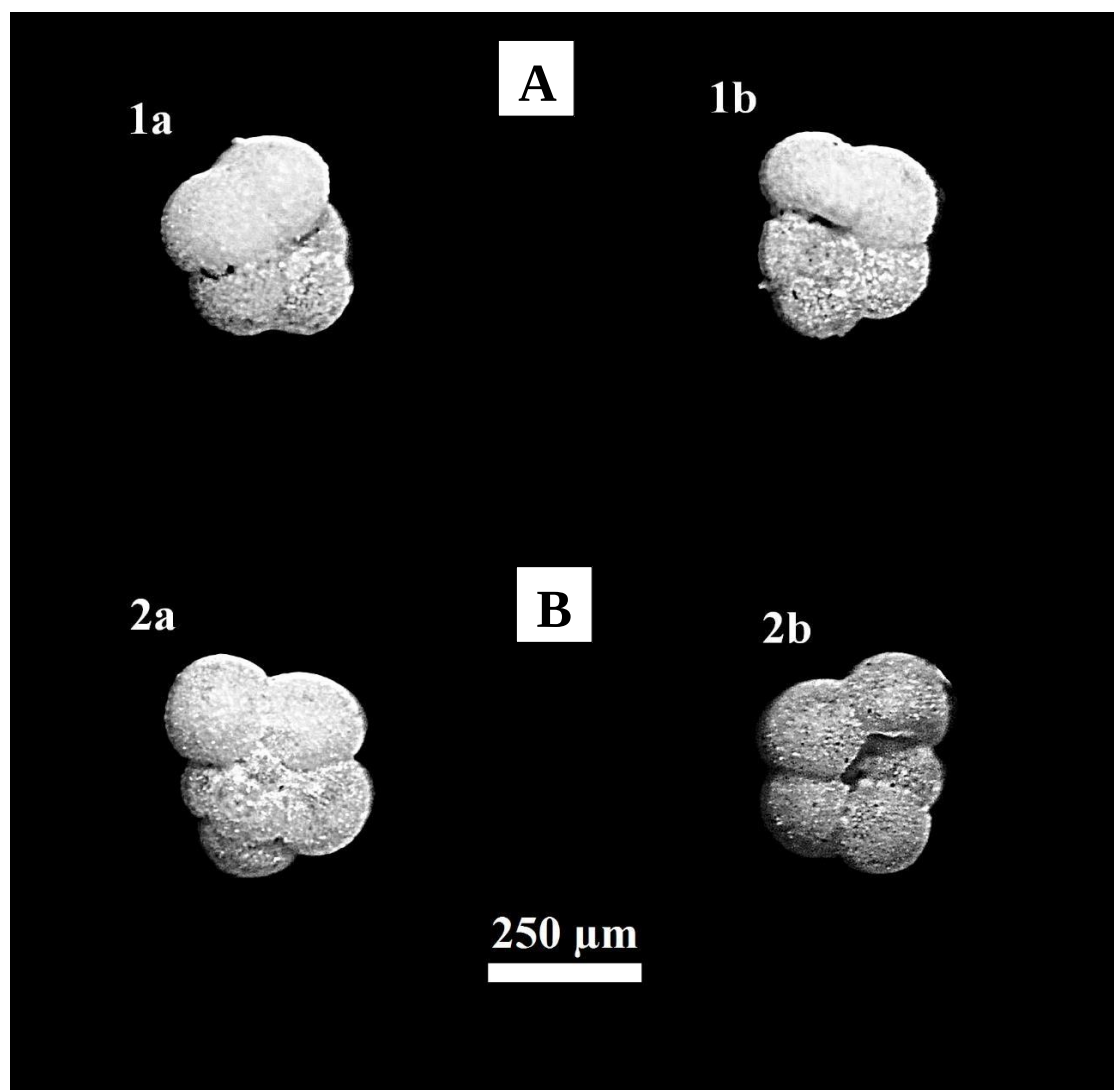


Figure 26 : A : Globorotalia Dutertrei (1a : face spirale, 1b : face ombilicale) B : Globorotalia Humerosa (2a : face spirale, 2b : face ombilicale)

Chapitre III

Valorisation et qualité du gypse

I. INTRODUCTION

La région de la forêt de Moulay Ismaïl, reconnue pour ses importantes réserves en gypse, constitue actuellement un objet d'investissement pour plusieurs acteurs du secteur minier. Dans cet axe, la société Knauf a lancé une étude géologique sur la base des données issues des sondages carottés du site de Kada Srar dont l'objectif est de caractériser le gisement de gypse et d'en déterminer les conditions d'exploitation les plus avantageuses en termes de coûts et de rendement.

Ce chapitre est ainsi consacré au traitement et à l'analyse des données recueillies lors de cette campagne de sondage, à l'aide des logiciels spécialisés RockWorks et Surfer. Dans un premier temps, nous présenterons les différentes étapes d'insertion des données de dix sondages. Dans un second temps, nous exposerons les résultats obtenus, puis nous procéderons à leur analyse afin de caractériser la continuité latérale du gypse et de contribuer à l'orientation des futurs travaux d'extraction vers les zones les plus favorables.

II. SAISIE DES DONNEES

1. Localisation des sondages

La saisie des données de localisation dans le logiciel RockWorks17 a été effectuée dans l'onglet *Borehole Data*. Pour chaque sondage, les coordonnées des sondages ont été introduites suivant le système de projection UTM, Datum WGS-84, la Zone 30, en renseignant les valeurs « Easting » et « Northing » exprimées en mètres. L'altitude du point de sondage Z est insérée dans la rubrique « Elevation », ainsi que la profondeur totale « Total Depth » (**Fig. 27**).

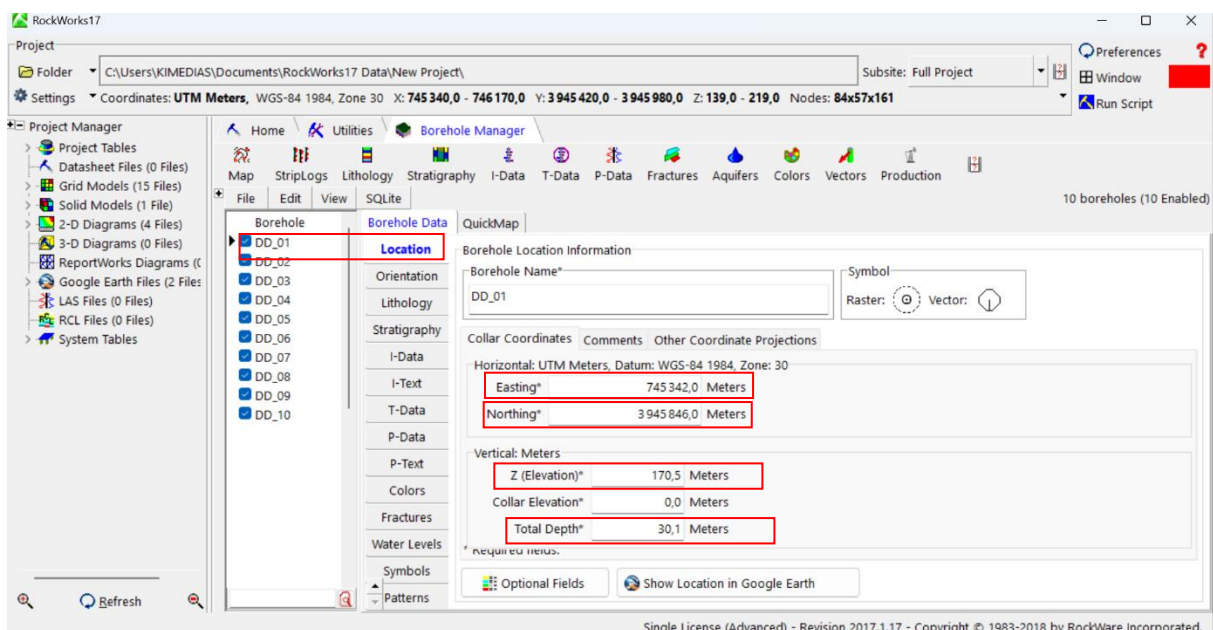


Figure 27 : Saisie les données de la localisation des sondages sous Rock Works17

2. Stratigraphie

La saisie des données stratigraphiques, levées à partir de la description des carottes, a été réalisée dans l'onglet Stratigraphy du module Borehole Data. Dans un premier temps, nous avons défini les différentes formations géologiques identifiées sur les logs sondages dans la fenêtre Stratigraphy Types. Celles-ci comprennent cinq unités, représentées dans la légende stratigraphique par : la couverture, le gypse, le karst rempli, le karst vide et la marne, chacune associée à un code couleur et à un motif distinctif. Dans un second temps, les formations propres à chaque sondage ont été introduites individuellement selon leur ordre d'apparition et leur profondeur respective, en renseignant pour chaque unité la profondeur du toit (Depth to Top) et la profondeur de la base (Depth to Base). Cette démarche a été appliquée à l'ensemble des dix sondages (**Fig. 28**).

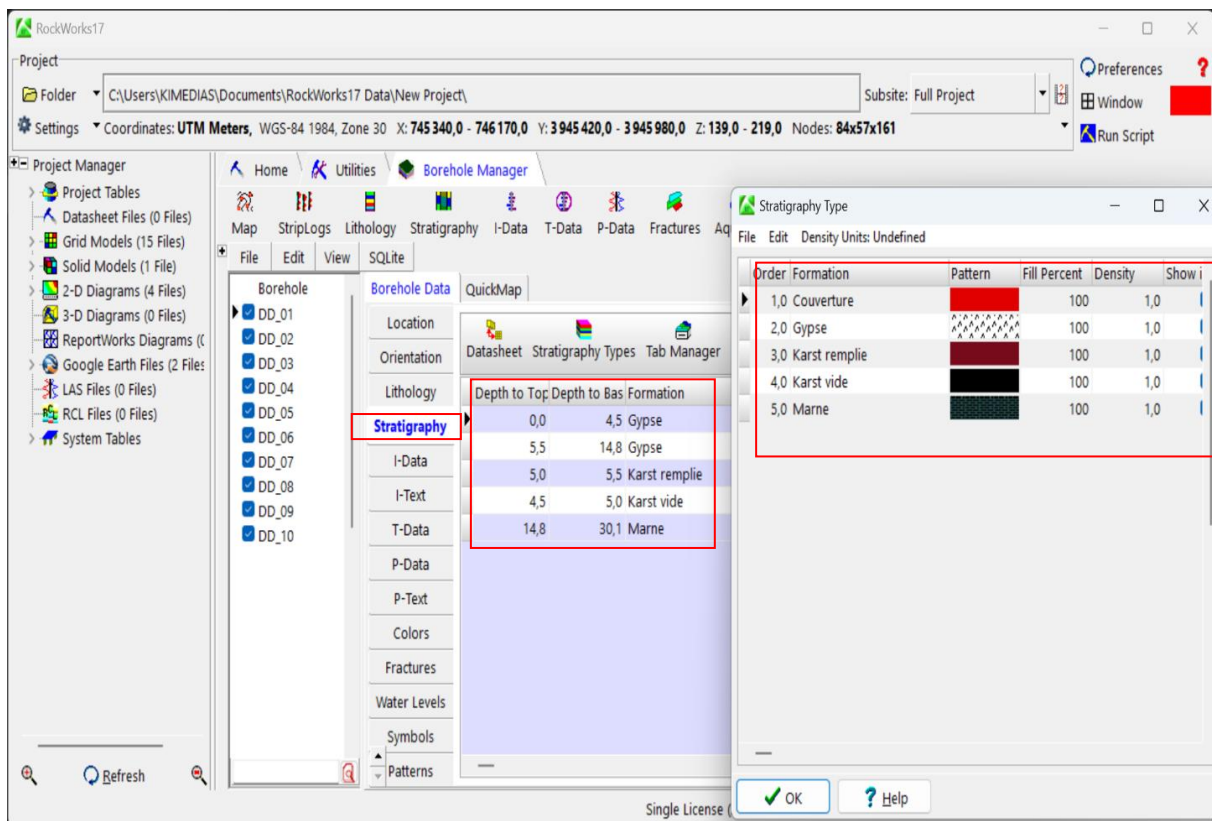


Figure 28 : Saisie les données de stratigraphie des sondages sous Rock Works17

3. Lithologie

Concernant la lithologie, les unités stratigraphiques ont été renseignées dans l'onglet Lithology du Borehole Manager. Les différents faciès lithologiques identifiés sur le site ont été définis dans la fenêtre Lithology Types. Neuf unités ont été retenues pour constituer la légende lithologique : le limon, le calcaire, la marne sableuse (dans l'unité de couverture), le gypse

sélénite, le karst vide, les passées de marne, le karst rempli, le gypse albâtre (dans l'unité gypseuse) et la marne. Chaque unité est associée à un code couleur et à un motif distinctif.

La lithologie propre à chaque sondage a ensuite été introduit individuellement selon son ordre d'apparition et sa profondeur respective. Pour chaque unité, les valeurs de la profondeur du toit et de la profondeur de la base ont été renseignées (**Fig. 29**).

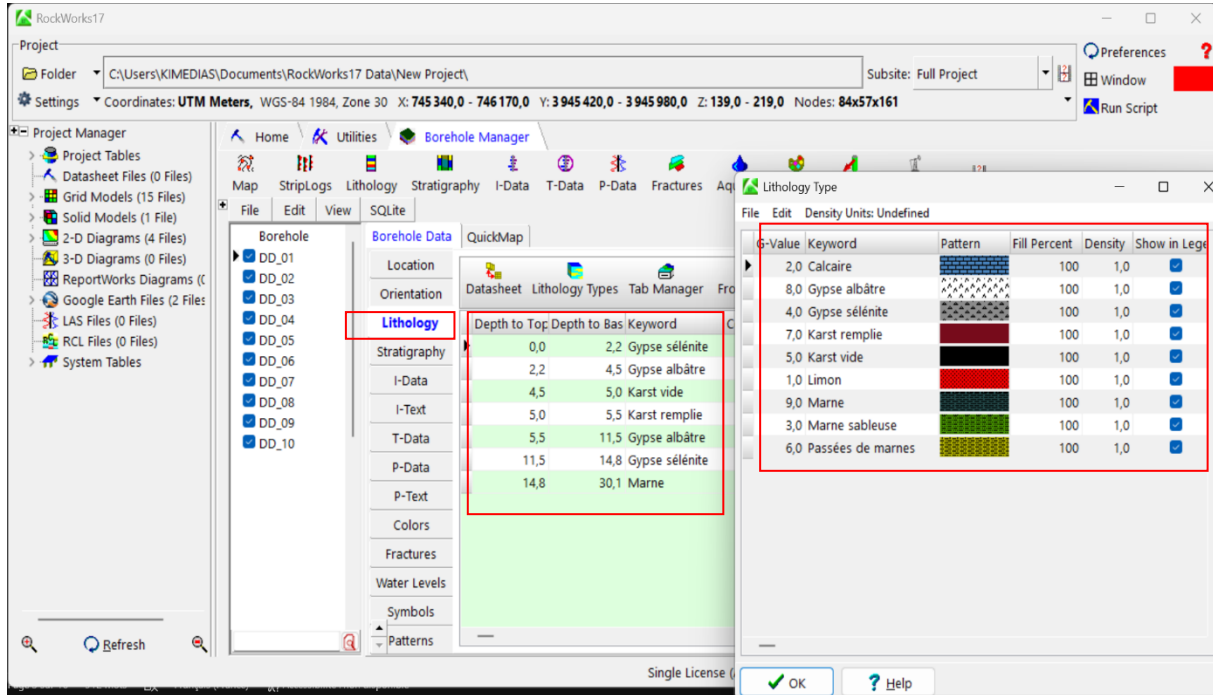


Figure 29 : Saisie les données de lithologie des sondages sous Rock Works17

4. L'épaisseur de gypse

Afin de visualiser la distribution spatiale de l'épaisseur du gypse sur l'ensemble du site, le logiciel Surfer a été utilisé en complément de Rock Works. Dans la feuille de calcul du logiciel nous avons saisi les coordonnées X, Y et nous avons remplacé les coordonnées Z par les données des épaisseurs de gypse de chaque sondage.

Les données trouvées ont ensuite été enregistrées, puis traitées par la fonction Grid Data afin d'interpoler les valeurs entre les sondages. Enfin, la grille obtenue a été ouverte via la commande Open Grid pour générer la carte de distribution de l'épaisseur du gypse (**Fig. 30**).

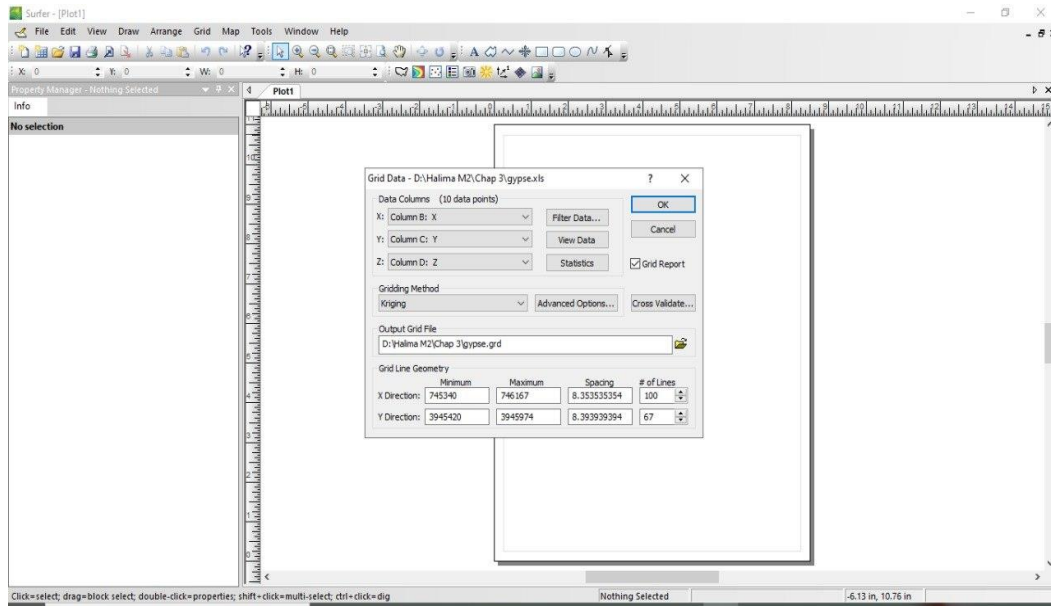


Figure 30 : Saisie les données d'épaisseur de gypse de dix sondages sous Surfer

III. RESELTAS OBTENUS

1. Localisation et identification des sondages

Après la saisie des coordonnées UTM de l'ensemble des sondages dans RockWorks17, les positions ont été exportées puis intégrées dans Google Earth afin de visualiser leur implantation sur le terrain. La **figure 31** illustre la répartition spatiale des dix sondages au niveau de la carrière de Moulay Ismaïl. On remarque que les sondages sont répartis sur l'ensemble du périmètre d'étude, ce qui permet de couvrir une superficie représentative du gisement. Les sondages DD-09 et DD-10 se situent dans la partie Nord de la zone, tandis que DD-07 et DD-08 occupent la partie Est. De leur côté, DD-01, DD-02 et DD-03 sont localisés à l'Ouest, alors que DD-04, DD-05 et DD-06 se concentrent au centre du site.

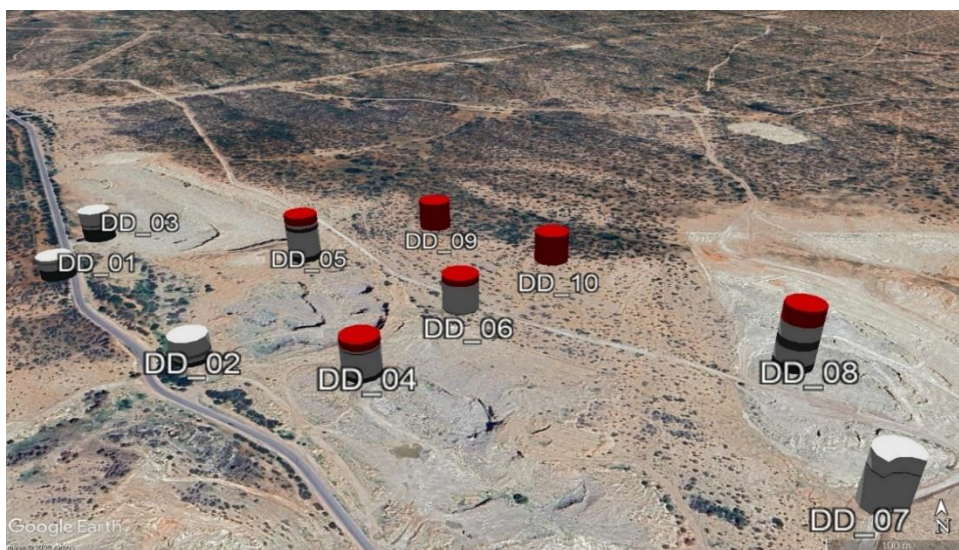


Figure 31 : Localisation des dix sondages (source Google Earth)

Le site de Moulay Ismaïl s'inscrit dans le cadre du titre minier n° 5442, couvrant une superficie d'environ 33 ha. Le périmètre d'étude est délimité par 14 bornes géoréférencés en coordonnées UTM (Zone 30S), définissant précisément les limites spatiales de la concession minière (**Fig. 32**).

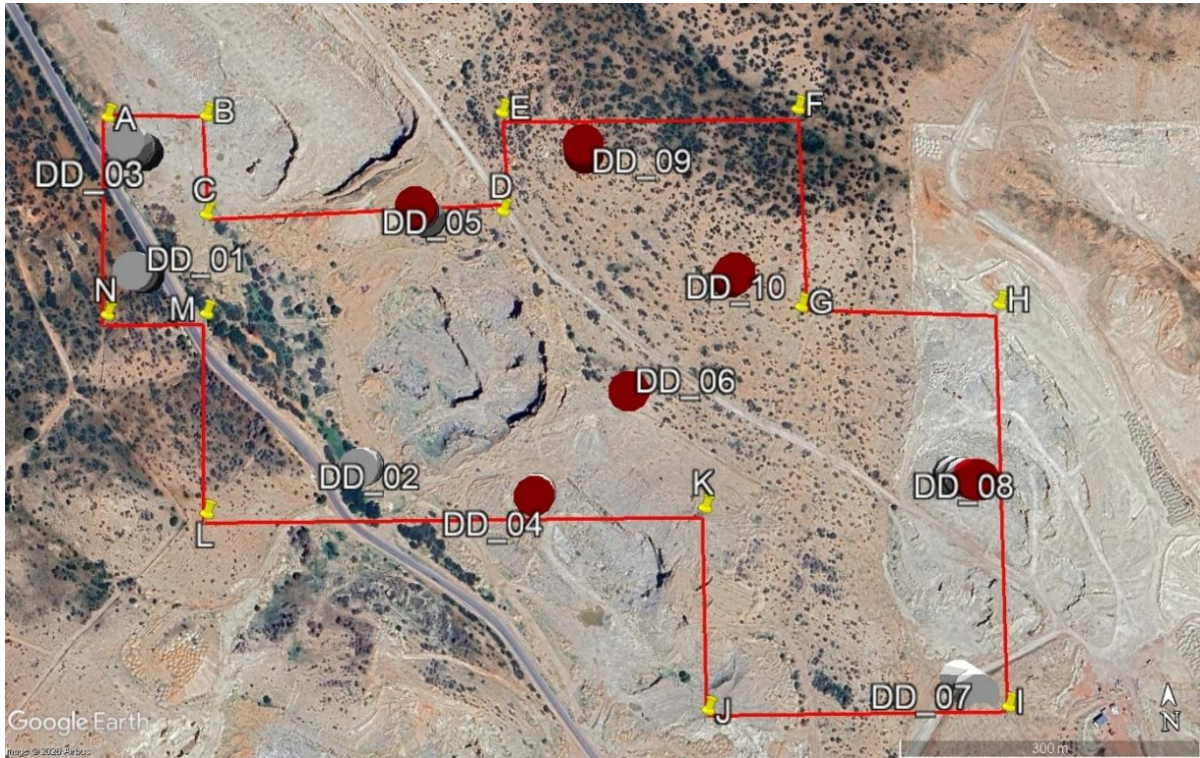


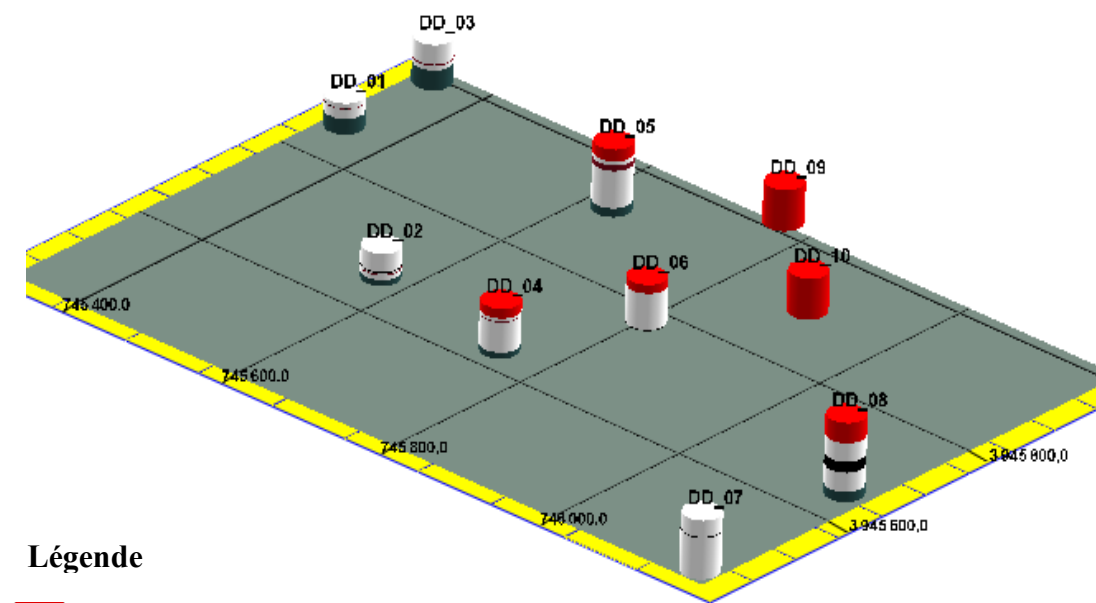
Figure 32 : les limites du périmètre de Moulay Ismaïl (source Google Earth)

2. Stratigraphie

L'analyse des logs stratigraphiques des dix sondages met en évidence une variation significative de l'épaisseur de la couverture. En effet, dans les sondages DD-4, DD-5, DD-6 et DD-8, l'épaisseur de la couverture est réduite, voire absente, notamment dans les sondages DD-1, DD-2, DD-3 et DD-7 car cette zone a été décapée afin de lancer les travaux d'extraction du gypse. En revanche, les logs des sondages DD-9 et DD-10 montrent une colonne stratigraphique constituée exclusivement de couverture (**Tab. 4**).

Cette distribution spatiale de la couverture constitue un paramètre clé dans l'optimisation de la stratégie d'exploitation minière. Il est ainsi recommandé de privilégier les zones où la couverture est faible ou inexistante afin d'atteindre le gypse dans des conditions technico-économiques optimales, en limitant les coûts de décapage, les délais d'extraction et les volumes de stériles à évacuer (**Fig. 33**).

Sondages	Profondeur totale (m)	Epaisseur de couverture (m)	Epaisseur de gypse (m)	Epaisseur de marne (m)
DD-01	30,10	0	14,80	15,3
DD-02	31,40	0	25,70	5,7
DD-03	44	0	24,6	19,4
DD-04	48,50	9,5	33,1	5,9
DD-05	65,80	11,50	45,9	8,4
DD-06	68	8,40	59,6	0
DD-07	57,50	0	57,50	0
DD-08	76,80	19,60	47,4	9,8
DD-09	64	40,20	0	0
DD-10	40	40	0	0



Légende

- | | |
|---|---------------|
|  | Couverture |
|  | Gypse |
|  | Karst remplie |
|  | Karst vide |
|  | Marne |

Figure 33 : Répartition de la lithologie par logs sondages établie par le logiciel RockWorks

3. Lithologie

L'analyse des logs lithologiques des dix sondages met en évidence une variation spatiale notable des unités lithologiques d'un sondage à l'autre. Les sondages DD-01, DD-02, DD-03 et DD-07 se distinguent par l'absence totale de couverture superficielle. Dans ces sondages, le toit du gypse, constitué principalement de faciès sélénitiques et albâtres qui affleurent directement en surface. Cette formation gypseuse présente localement des cavités karstiques vides, des karsts remplis ainsi que des passées marneuses. À la base, une marne verdâtre est généralement observée, à l'exception du sondage DD-07. Ces sondages correspondent aux secteurs les plus favorables à l'exploitation (**Fig. 34**).

En revanche, les sondages DD-04, DD-05, DD-06 et DD-08 présentent une couverture d'épaisseur variable, comprise entre 8,40 m et 19,60 m. Cette couverture est généralement constituée de limon, de calcaire et de marnes sableuses, reposant sur une formation gypseuse composée de gypse sélénitique et albâtre. Celle-ci renferme également des cavités karstiques vides, des karsts remplis et des intercalations marneuses. Une marne verdâtre est observée à la base de la série, sauf dans le sondage DD-06. Parmi ces sondages, DD-08 présente la couverture la plus épaisse, avec 19,60 m, ce qui implique des volumes de décapage plus importants et, par conséquent, des coûts d'exploitation plus élevés (**Fig. 35**).

Par ailleurs, le sondage DD-06 présente la plus grande épaisseur de gypse, atteignant 59,60 m, suivi du sondage DD-07 avec 57,50 m. Ces valeurs traduisent la présence d'un gisement gypseux d'épaisseur significative dans ces secteurs, ce qui renforce leur intérêt du point de vue réserves exploitables.

Les sondages DD-09 et DD-10 constituent, quant à eux, un cas particulier. Leur colonne lithologique est entièrement composée de couverture, avec des épaisseurs respectives de 40,20 m et 40,00 m. Cette couverture est généralement formée de limon, de calcaire et de marnes sableuses, sans présence de gypse. Ces sondages peuvent donc être considérés comme défavorables, voire non exploitables dans le cadre de l'extraction du gypse (**Fig. 36**).

Ainsi, l'hétérogénéité lithologique du gisement gypseux constitue un paramètre déterminant à prendre en considération dans la planification de l'exploitation. Elle permet de distinguer les zones à fort potentiel extractif, caractérisées par une faible couverture et une importante épaisseur de gypse, des zones moins favorables nécessitant des travaux de décapage plus importants ou ne présentant pas d'intérêt économique immédiat.

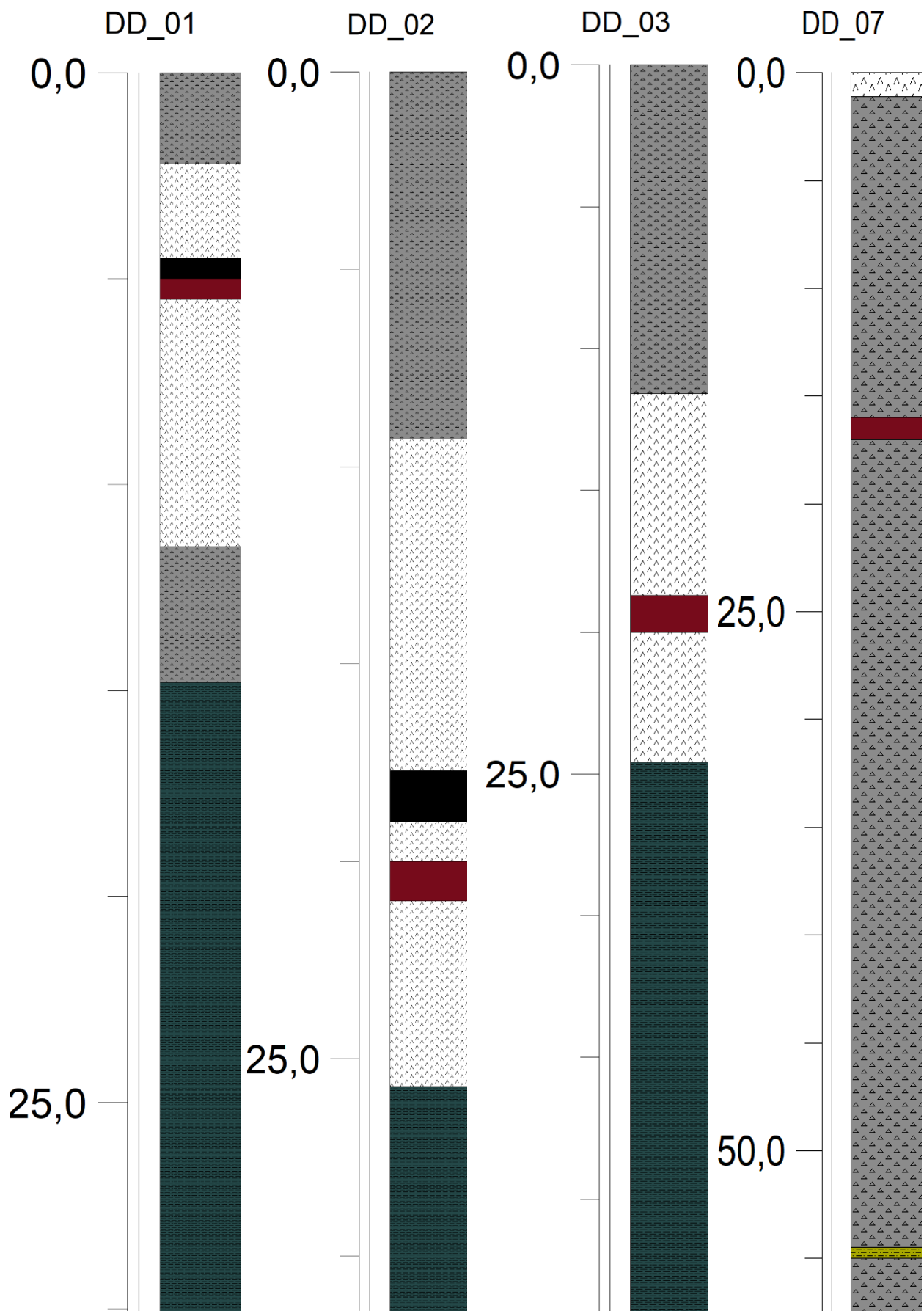


Figure 34 : Les logs lithologique des sondages DD-01, DD-02 et DD-07

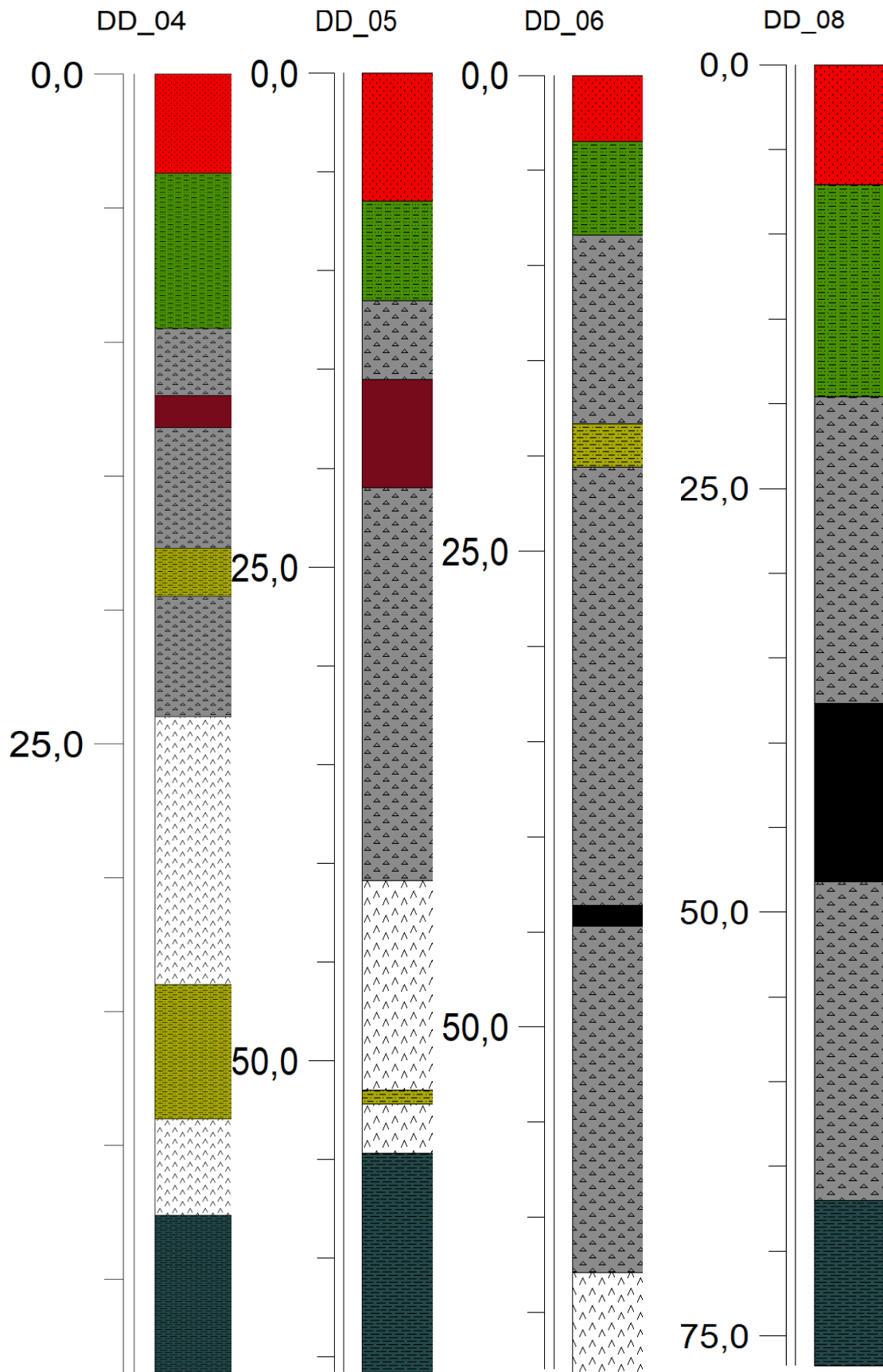


Figure 35 : Les logs sondages DD-04, DD-05, DD-06 et DD-08

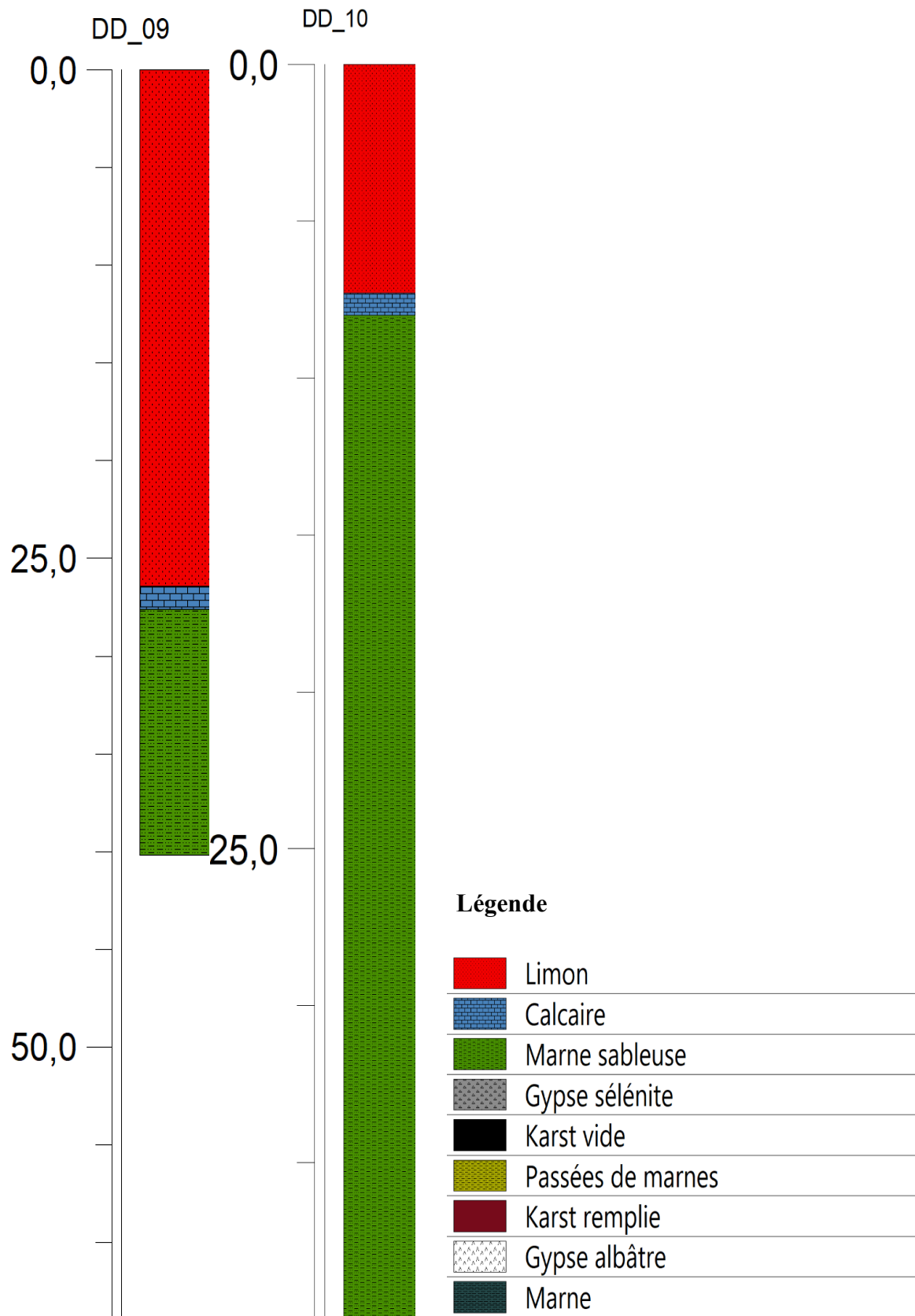


Figure 36 : Les logs sondages DD-09 et DD-10 établies par le logiciel RockWorks17

4. Corrélation des sondages

4.1. Log DD-03 et DD-01 :

La corrélation lithologique entre les sondages DD-03 et DD-01 met en évidence une continuité latérale remarquable de l'ensemble des unités lithologiques entre les deux points. La succession lithologique observée débute, au sommet par un niveau de gypse sélénite, suivi vers le bas par du gypse albâtre blanchâtre qui contient des niveaux de karsts vides et parfois remplis.

La base de la colonne est occupée par une marne verdâtre constituant le substratum du gisement. L'analyse de cette corrélation confirme que les couches sont continuées et cohérentes d'un sondage à l'autre, sans interruption ni arête apparente, ce qui témoigne de l'homogénéité et de la régularité du gisement gypseux dans cette direction (**Fig. 37 et 38**).

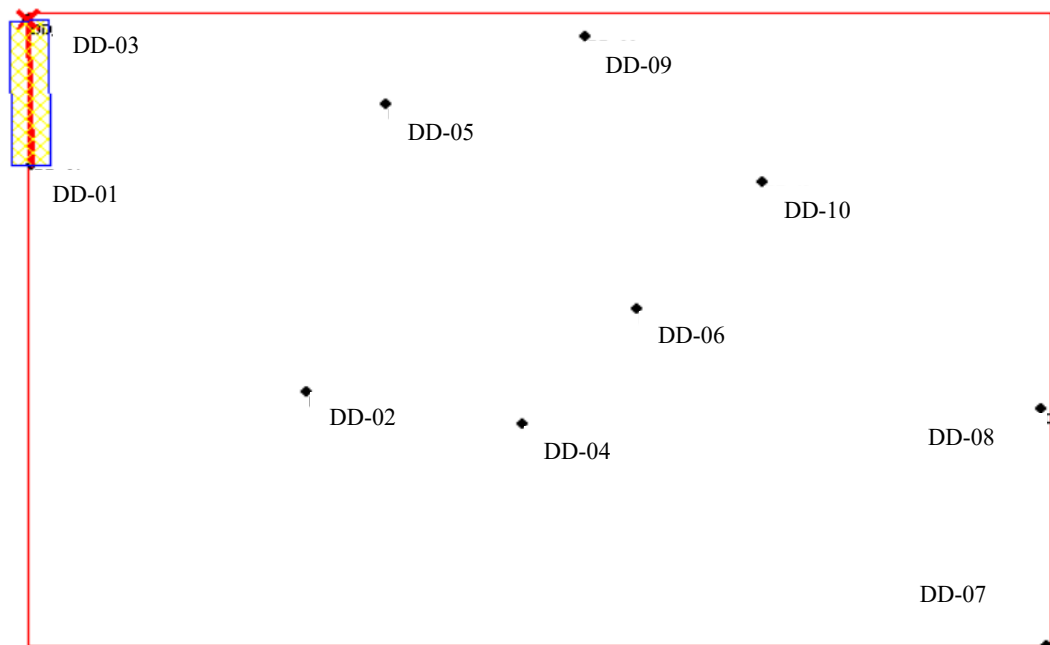


Figure 37 : Localisation du trait de coupe des logs sondages DD-03 et DD-01

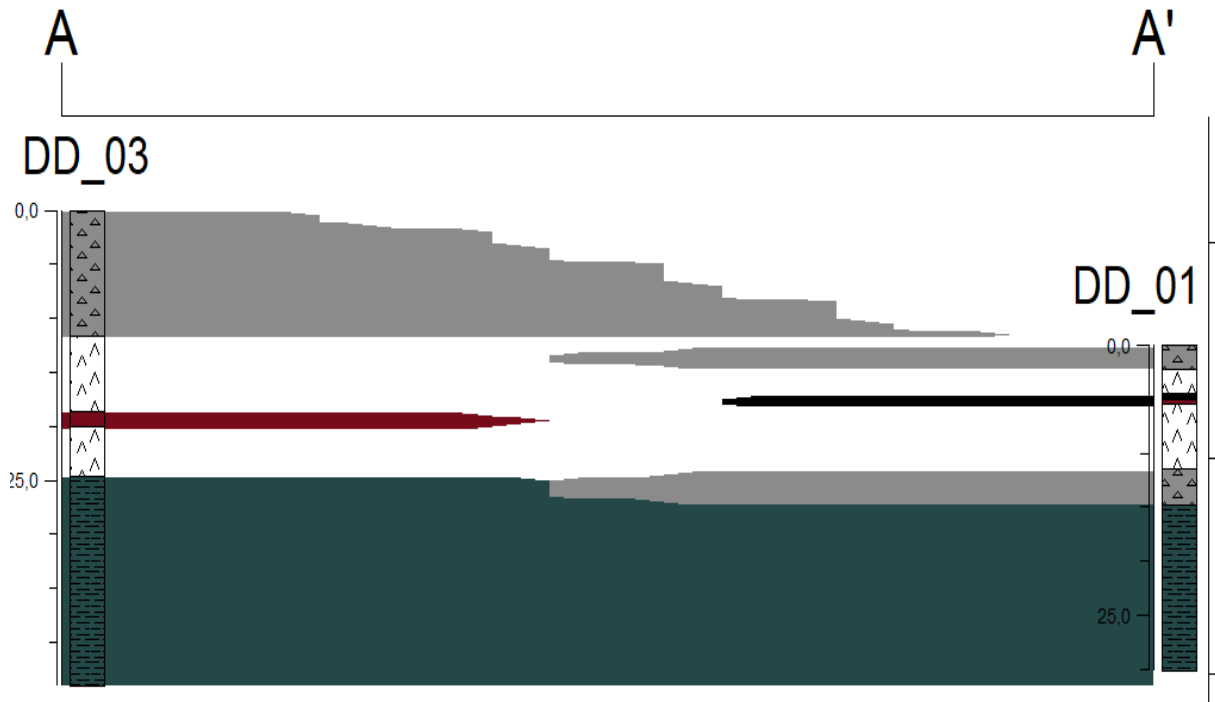


Figure 38 : Corrélation des sondages DD-01 et DD-03 sur logiciel Rock Works

4.2.Logs sondages DD-09, DD-05 et DD-02

La corrélation lithologique entre les sondages DD-09, DD-05 et DD-02 met en évidence une variation latérale marquée des unités lithologiques le long de la coupe. Le sondage DD-09 est entièrement dominé par une épaisse couverture, sans aucune occurrence de gypse. En se dirigeant vers le sondage DD-05, on observe une transition progressive caractérisée par une diminution de l'épaisseur de la couverture et l'apparition de niveaux gypseux intercalés de passées marneuses ainsi que de niveaux karstiques.

Le sondage DD-02, situé à l'extrémité droite de la coupe, est dominé par le gypse, qui occupe la majeure partie de la colonne lithologique, avec la présence de niveaux de karst vide et rempli, ainsi qu'une marne verdâtre à la base (**Fig. 39 et 0**).

Par ailleurs, l'absence de continuité et les interruptions observées entre certaines unités lithologiques suggèrent l'existence d'un accident tectonique, probablement une faille ayant perturbé la continuité latérale des formations. Cette discontinuité structurale constitue un paramètre essentiel à prendre en considération lors de la planification des travaux d'exploitation. Nous supposons la présence d'une faille normale présentant un rejet vertical d'environ 40 m entre les sondages DD-05 et DD-09 responsable de cette géométrie (**Fig. 41**).

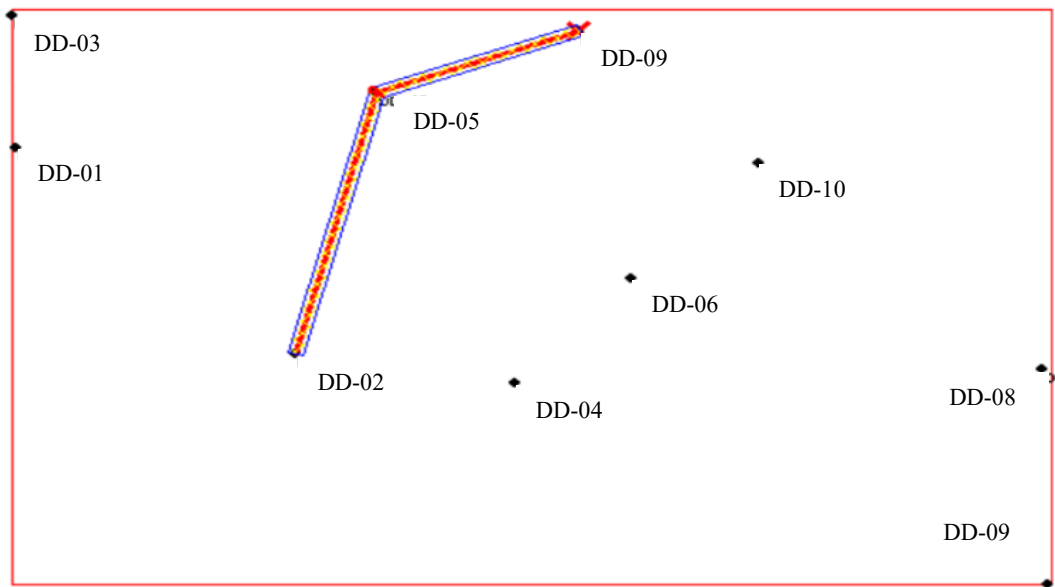


Figure 39 : Trait de coupes pour les logs sondages DD-09, DD-05 et DD-02

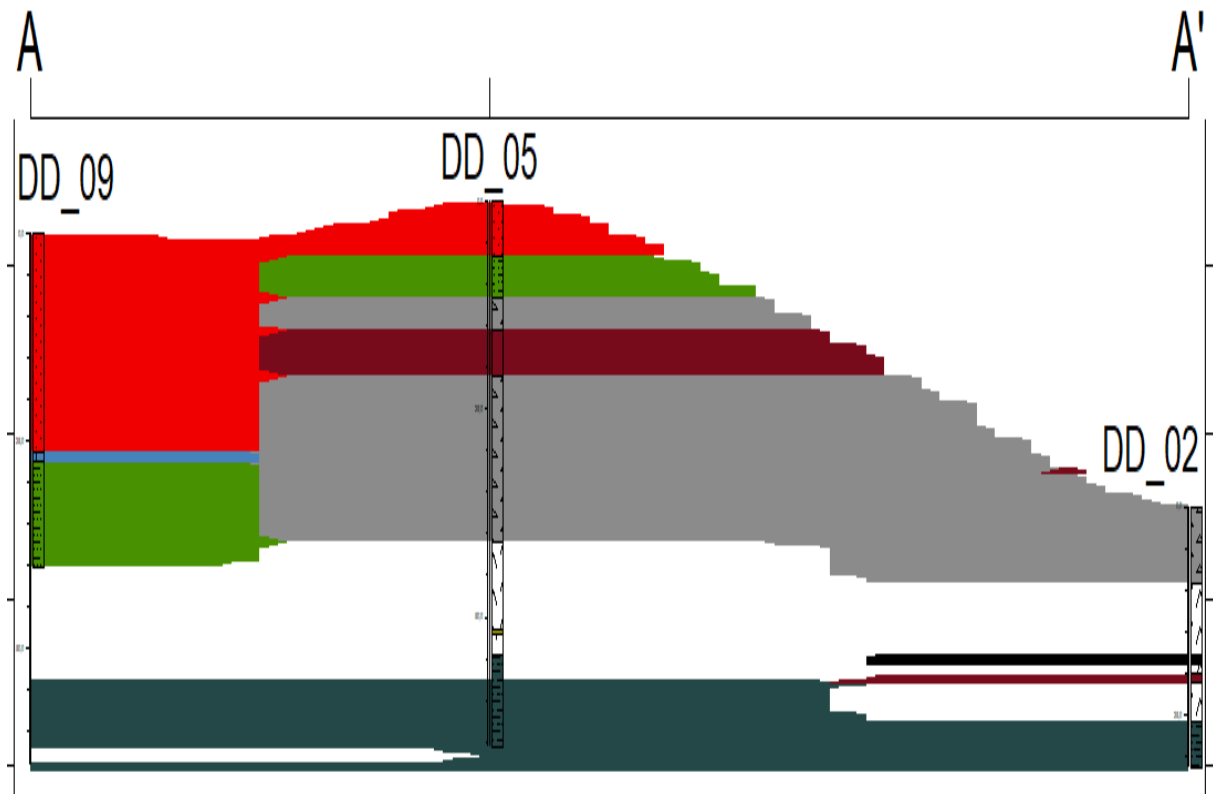


Figure 40 : Corrélation entre les sondages DD-09, DD-05 et DD-02

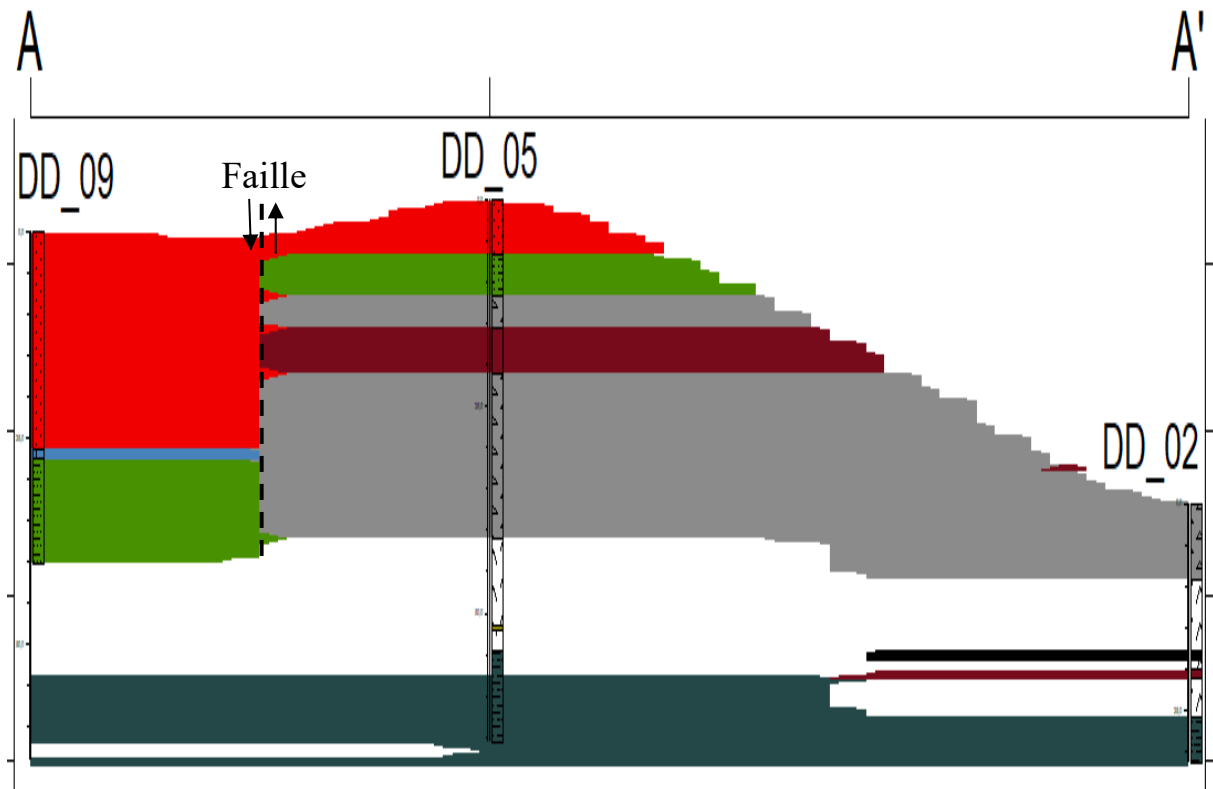


Figure 41 : Corrélation des sondages DD-09, DD-05 et DD-02 avec la présence d'une faille

4.3. Logs sondages DD-10, DD-6 et DD-4

La corrélation lithologique entre les sondages DD-10, DD-06 et DD-04 met en évidence une variation latérale notable des unités lithologiques le long de cette coupe (**Fig. 42**). Le sondage DD-10 présente une épaisse couverture sommitale. En progressant vers DD-06, on observe une réduction progressive de la couverture et les bancs de gypse sont intercalés par des niveaux de marnes sableuses comportant plusieurs karsts vide. Le sondage DD-04, à l'extrémité droite de la coupe, présente la succession lithologique la plus complexe, avec une alternance de multiples faciès incluant la couverture, le gypse et la marne verdâtre à la base.

Par ailleurs, l'interruption et l'absence de continuité de certaines couches entre les sondages suggèrent la présence d'un accident tectonique représenté par une faille normale, affectant la continuité latérale des formations dans cette zone (**Fig. 43 et 44**).

La partie inférieure du sondage DD-10 visible dans cette corrélation résulte d'une extrapolation automatique effectuée par le logiciel RockWorks17, étant donné que ce sondage ne contient que de la couverture sans présence de gypse.

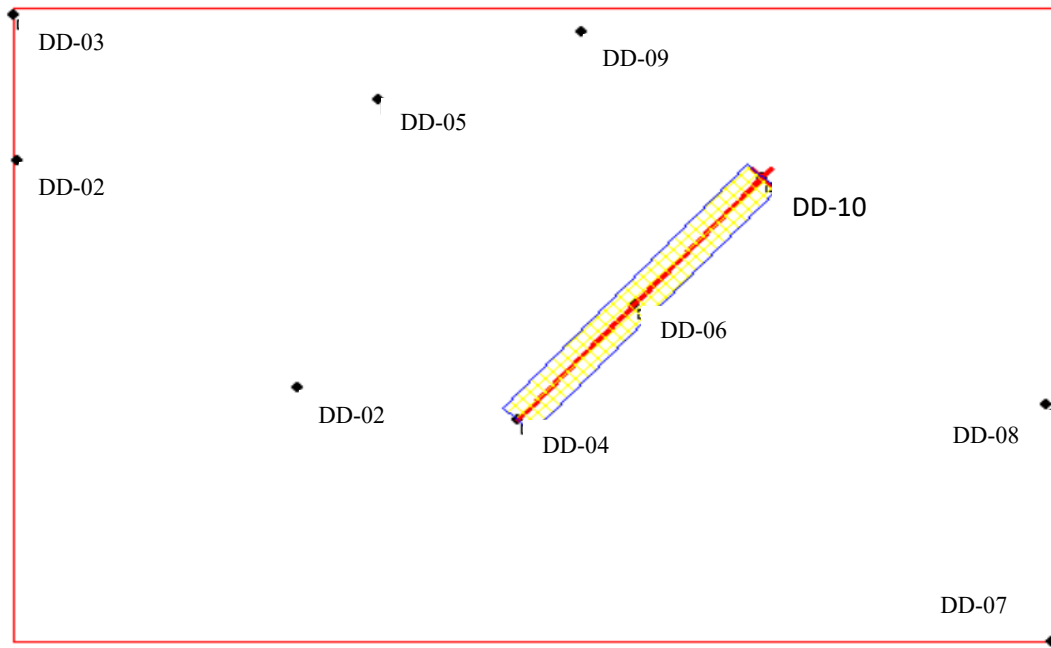


Figure 42 : Sélection des sondages DD-10, DD-06 et DD-04

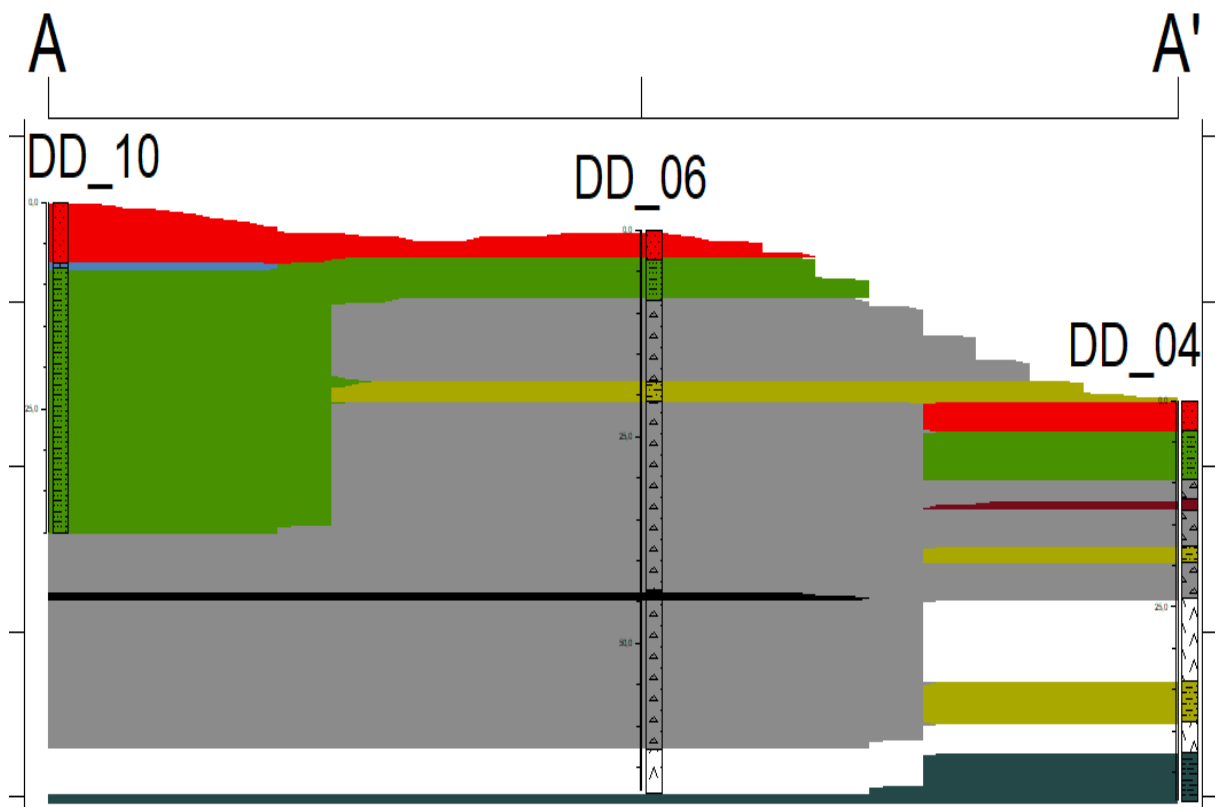


Figure 43 : Corrélation des sondages DD-10, DD-06 et DD-04

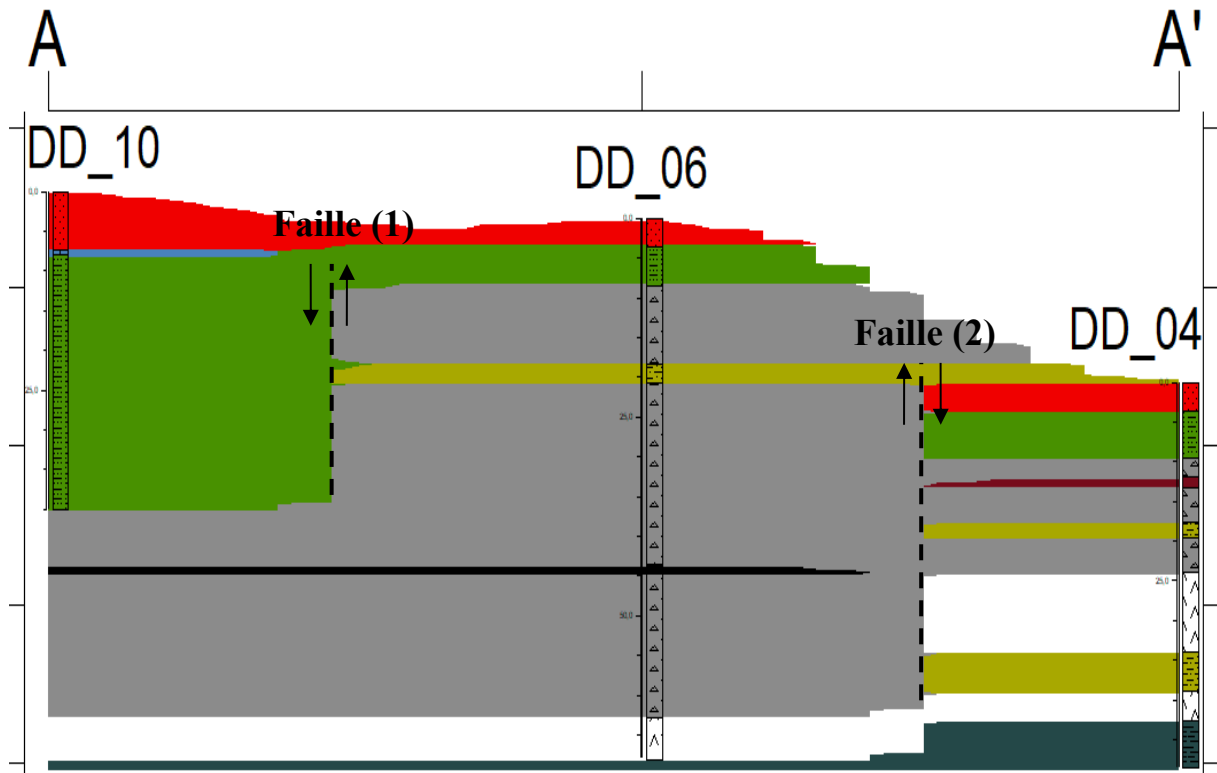


Figure 44 : Corrélation des logs DD-10, DD-06 et DD-04 représentée un accident tectonique (failles 1 et 2)

4.4. Logs sondages DD-8 et DD-7

Cette coupe montre que le sondage DD-08 présente une succession lithologique débutant par une épaisse couverture qui couvrent le gypse. Ce dernier, à 37.5 m de profondeur est marqué par la présence d'énorme karst vide qui dépasse les 10 mètres. En revanche, le sondage DD-07 est dominé quasi-intégralement par le gypse dès la surface. La corrélation révèle un pendage des couches en direction de DD-08, traduisant un approfondissement progressif des formations vers ce sondage (**Fig. 45**). L'analyse de cette corrélation confirme que la couche de gypse sont continués et cohérentes d'un sondage à l'autre, compte tenu de l'espace vide présent dans le sondage DD-08 (**Fig. 46**).

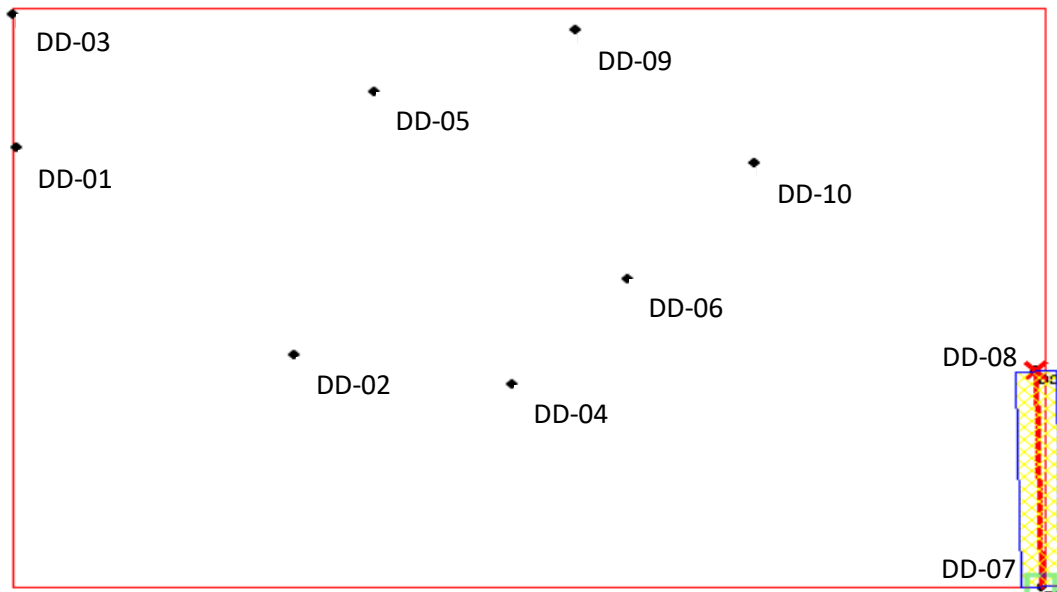


Figure 45 : Sélection des logs DD-08 et DD-07

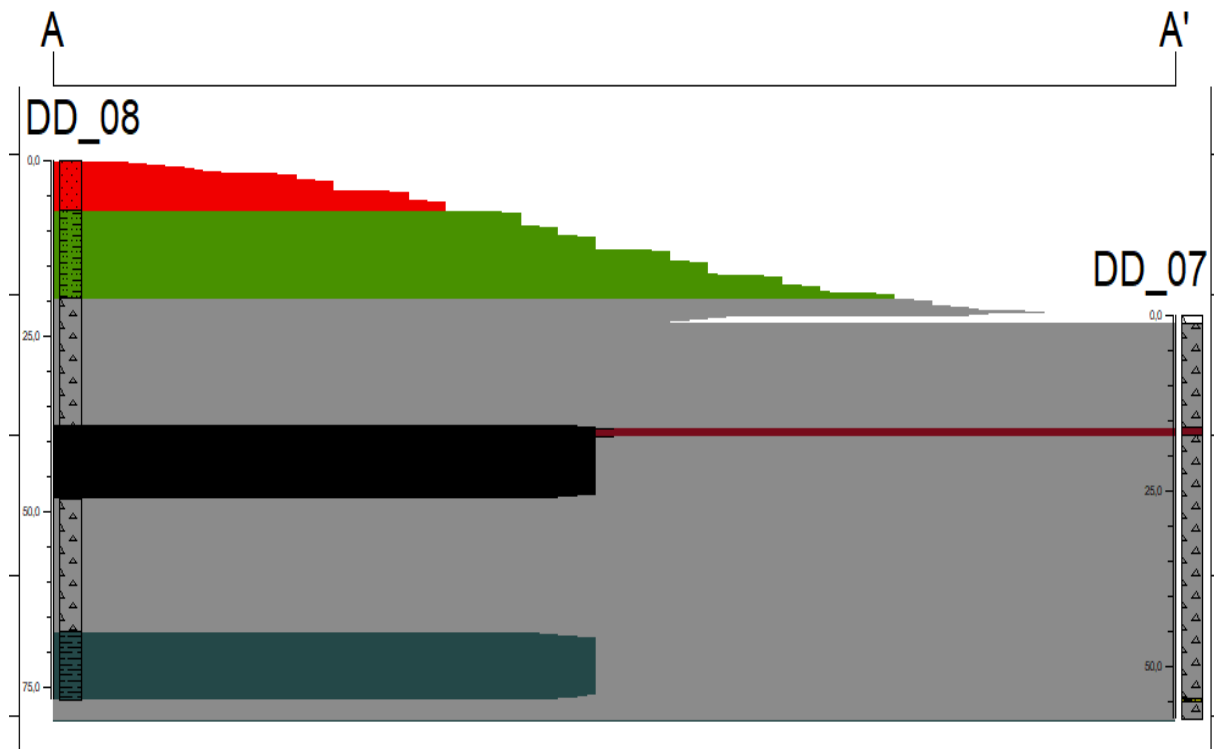


Figure 46 : Corrélation des logs DD--08 et DD-07

5. Carte de faciès

La carte d'épaisseur du gypse obtenue par le logiciel Surfer met en évidence une variation spatiale significative de l'épaisseur du gisement gypseux au sein du périmètre d'étude. Les valeurs les plus élevées, atteignant plus de 55 m, sont localisées dans la partie centrale et Sud-Est de la zone, matérialisées par les teintes bleu foncé sur la carte. Une zone intermédiaire,

caractérisée par des épaisseurs comprises entre 45 m et 55 m, s'étend sur une large portion centrale du site, délimitée par les courbes isopaques de 45 m. En revanche, les marges occidentales de la zone d'étude présentent les épaisseurs les plus faibles, inférieures à 25 m, représentées par les teintes beiges et brunes. Cette distribution spatiale confirme que le gisement gypseux est plus développé dans la partie centrale et orientale du site, ce qui constitue une information déterminante pour orienter les futurs travaux d'exploitation (**Fig. 47**).

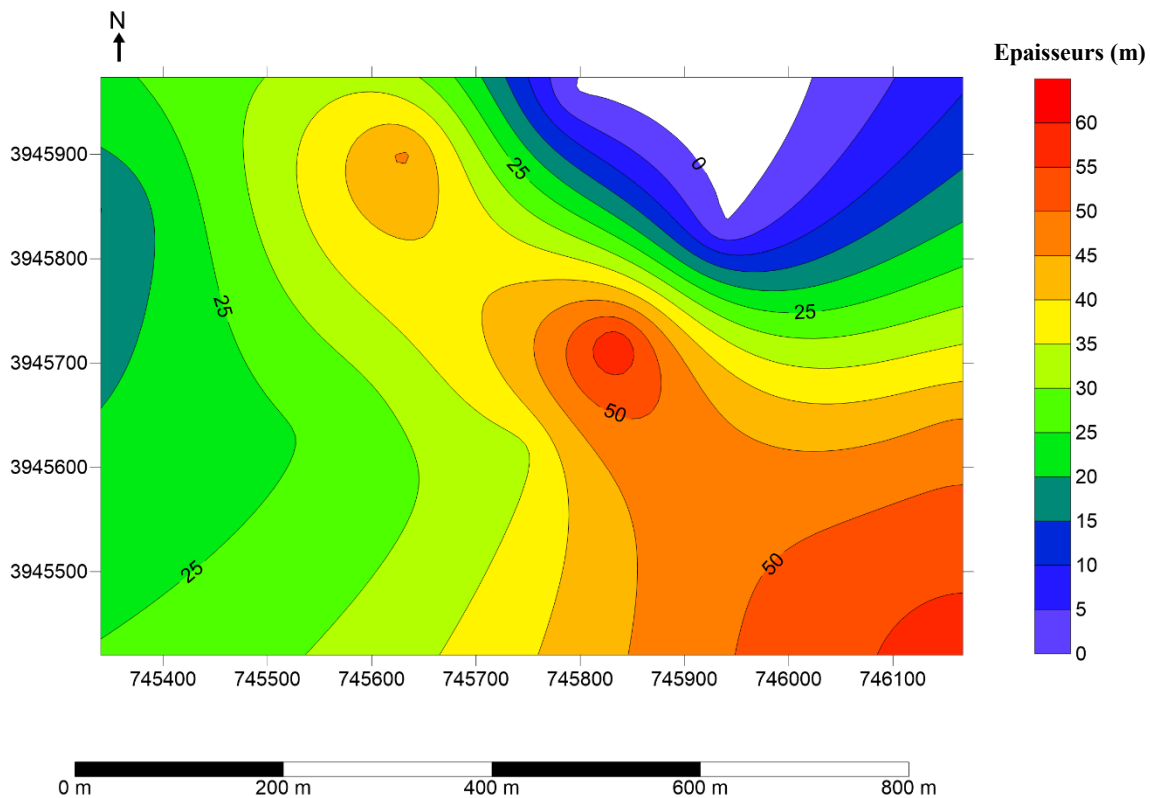


Figure 47 : Carte isopaque représentée l'épaisseur de gypse (source logicielle Surfe)

IV. L'INTERPRETATIONS

L'interprétation des résultats obtenus à partir des logs lithologiques, des corrélations stratigraphiques et de la carte d'épaisseur du gypse permet de dégager plusieurs informations d'ordre géologique et économique.

Sur le plan structural, les corrélations stratigraphiques ont mis en évidence la présence probable d'accidents tectoniques représentés par des failles normales affectant la continuité latérale de certaines formations, notamment dans les coupes DD-09 ; DD-05 ; DD-02 et DD-10 ; DD-06 ; DD-04. Ces discontinuités structurales doivent être prises en considération lors de la planification des travaux d'exploitation afin d'éviter les zones à risque.

Sur le plan lithologique, le gisement gypseux est caractérisé par une hétérogénéité interne notable, avec la présence de gypse sélénite, de gypse albâtre, de karsts vides et de karsts remplis. Cette variabilité des faciès gypseux peut influencer la qualité et la valeur commerciale du gypse extrait selon les zones exploitées.

Sur le plan économique, l'analyse croisée des données lithologiques et de la carte d'épaisseur du gypse permet d'identifier clairement les zones les plus favorables à l'exploitation. La partie Ouest (les sondages DD-01, DD-02, DD-03) et la partie Sud de la région (sondage DD-07), caractérisés par une couverture très faible et un gypse affleurant directement en surface. La partie centrale et orientale du site où l'épaisseur du gypse dépasse 45 m, constitue également une zone à fort potentiel économique. En revanche, les zones correspondant aux sondages DD-09 et DD-10, où la couverture atteint 40 m sans présence de gypse, sont à exclure de tout programme d'exploitation à court terme (**Fig. 48**).

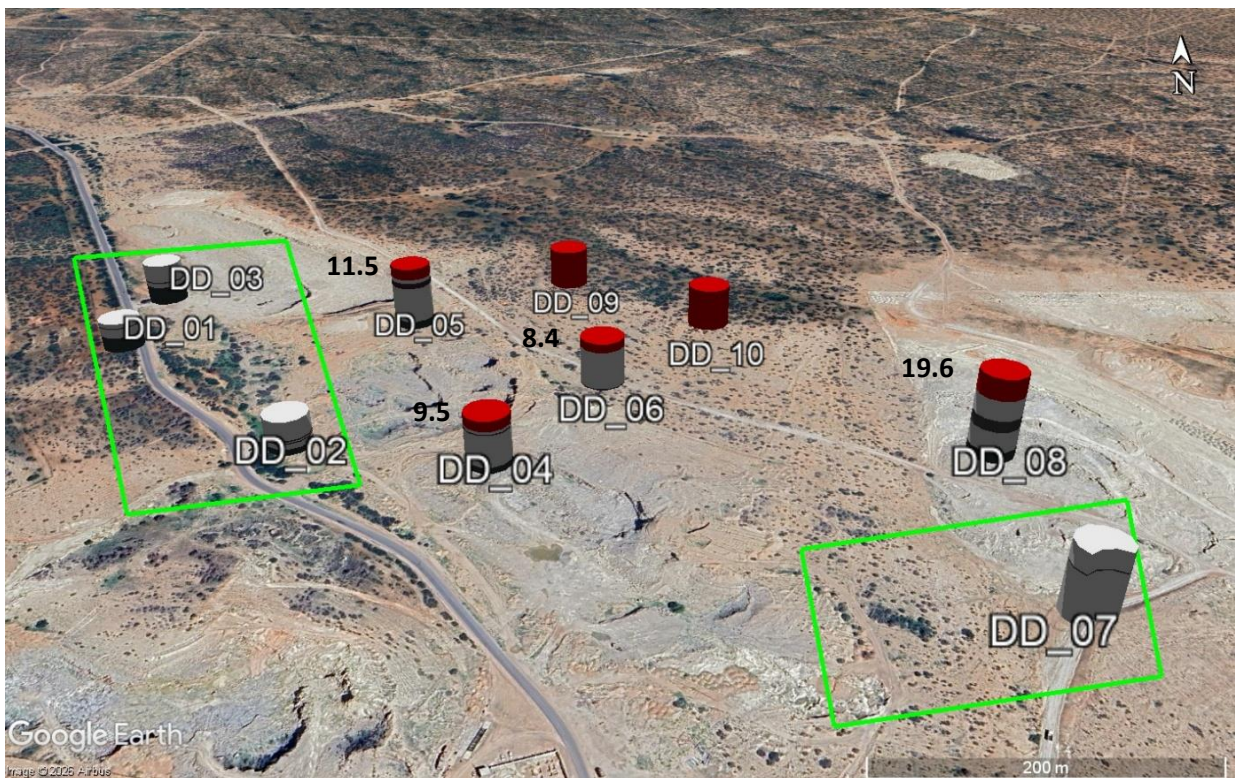


Figure 48 : Photo des dix sondages représentée la meilleure zone d'exploitation

V. QUALITE ET PURETE DU GYPSE

Le gypse est un minéral très répandu, formé principalement par la précipitation de sulfates dans des environnements marins ou lacustres soumis à une forte évaporation. Il constitue l'une des principales matières premières utilisées dans les industries du ciment, du plâtre et de nombreux matériaux de construction.

Le gypse est caractérisé par les spécifications suivantes :

- Formule chimique : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sulfate de calcium dihydraté)
- Densité : 2,30 à 2,35 g/cm³
- Dureté : 2 sur l'échelle de Mohs,
- Système cristallin : Monoclinique

Selon les normes internationales appliquées aux usages industriels pour produire du plâtre, du ciment et autres produits, un gypse est généralement considéré de haute pureté lorsque sa teneur en sulfate de calcium dihydraté dépasse 90 à 95 %, tandis que les gypses de qualité exceptionnelle peuvent atteindre 98 à 99 % de pureté. Les principales impuretés contrôlées sont les carbonates, les argiles, la silice, les oxydes de fer et la matière organique.

1. Normes internationales principales

1.1. Normes européennes (CEN)

Elles sont résumées dans le tableau ci-dessous (**Tab. 5**).

Tableau 5 : Les normes européennes définissant les paramètres d'utilisation du gypse

Norme	Utilisations
EN 13279-1	Liants à base de gypse
EN 13279-2	Méthodes d'essai
EN 520	Plaques de plâtre
EN12860	Colles à base de gypse

1.2. Normes internationales (ISO)

Pour les normes internationales les principales certificats ISO qui concernent le gypse sont indiquées dans le tableau suivant (**Tab. 6**).

Tableau 6 : Les normes ISO spécifiques du gypse

Norme	Utilisations
ISO 1587	Gypse pour usage industriel
ISO 2508 / 2509	Tuyaux en PVC

1.3. Normes américaines (ASTM)

En ce qui concerne les normes américaines le tableau numéro 7 résume les principales.

Tableau 7 : différentes spécifications d'utilisations du gypse selon les normes américaines

Normes	Utilisations
ASTM C22	Spécifications du gypse brut
ASTM C471	Méthodes d'analyse chimique du gypse
ASTM C473	Méthodes d'essai physiques
ASTM C1396	Plaques de plâtre

En général, les principales normes internationales encadrant la qualité du gypse, regroupées selon trois référentiels normatifs : les normes européennes (CEN), les normes internationales (ISO) et les normes américaines (ASTM). Ces référentiels bien qu'élaborés par des organismes distincts, convergent globalement vers les mêmes exigences de pureté et de composition chimique ce qui témoigne d'un consensus international sur les critères de qualité du gypse destiné aux usages industriels, notamment la fabrication de plâtre, de ciment et de plaques de construction

1.4. Seuils de pureté selon les usages

La pureté du gypse doit être conforme aux conditions suivantes (**Tab. 8**) :

Tableau 8 : Les taux minimaux de pureté requis pour les différentes utilisations du gypse.

Utilisation	Pureté minimale requise
Agriculture (amendement)	$\geq 70 \text{ \% } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Ciment (régulateur de prise)	$\geq 75 - 80 \text{ \%}$
Plâtre de construction	$\geq 80 - 85 \text{ \%}$
Industrie papetière / chimique	$\geq 90 \text{ \%}$
Alimentation / pharmaceutique	$\geq 95 \text{ \%}$ (grade alimentaire)
Médical / dentaire	$\geq 97 - 99 \text{ \%}$

2. Analyse des résultats chimiques des échantillons de gypse

2.1. Calcul de la pureté

Pour le gypse de la carrière de Moulay Ismail nous avons calculé le taux de la pureté de la roche à partir de la formule suivante :

La formule de calcul à partir de SO_3 est :

$$Pureté (\%) = \% SO_3 \times \frac{M(CaSO_4 \cdot 2H_2O)}{M(SO_3)}$$

$$Pureté (\%) = \% SO_3 \times \frac{172,17g/mol}{80,06g/mol}$$

$$Pureté (\%) = \% SO_3 \times 2,151$$

- Exemple échantillon 1 (GY-07-00695) :

$$SO_3 = 43,81\%$$

$$Pureté (\%) = 43,81 \times 2,151 \approx 94,2\%$$

Nous avons choisi la même méthode de calcul afin déterminer le taux de pureté pour le reste des échantillons de gypse comme il est illustré dans le tableau numéro 9.

Concernant la pureté, les valeurs calculées oscillent globalement entre 94 et 98 %, ce qui traduit une homogénéité satisfaisante du gisement. Un seul échantillon GY-07-00709 se démarque nettement avec une chute de pureté à environ 88 %, due à une teneur en SO_3 plus faible que la moyenne. Hormis ce cas isolé, l'ensemble des points reste regroupé dans une bande étroite autour de 96 %, confirmant la régularité de la composition chimique sur l'ensemble du secteur échantillonné (**Fig. 49**).

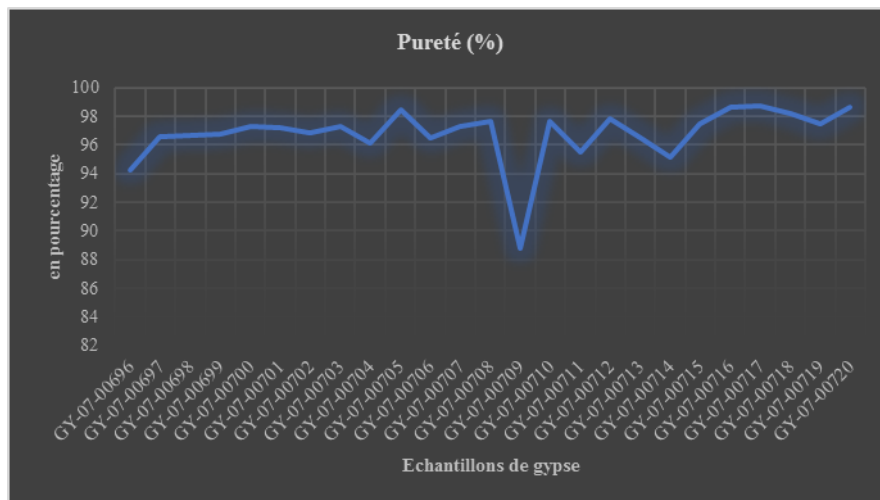


Figure 49 : Graphe illustrant la variation du pourcentage de pureté du gypse selon les échantillons analysés

Tableau 9 : Taux de pureté de gypse à partir des analyses chimiques des échantillons de gypse

CODE-ECH		Teneurs (%)											Pureté (%)
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	PF	H ₂ O	Cl	
1	GY-07-00696	0,4	0,14	0,01	33,61	0,01	43,81	0,09	0,01	21,86	19,29	0,004	94,23531
2	GY-07-00697	0,7	0,21	0,01	32,9	0,01	44,91	0,11	0,01	21,1	19,86	0,005	96,60141
3	GY-07-00698	0,93	0,29	0,01	32,76	0,01	44,93	0,13	0,02	20,9	19,71	0,004	96,64443
4	GY-07-00699	0,85	0,29	0,01	32,65	0,01	44,98	0,13	0,01	21,04	19,9	0,006	96,75198
5	GY-07-00700	0,51	0,15	0,01	32,9	0,01	45,24	0,1	0,01	21,03	19,86	0,003	97,31124
6	GY-07-00701	0,54	0,17	0,01	32,88	0,01	45,21	0,1	0,02	21,02	19,84	0,003	97,24671
7	GY-07-00702	0,36	0,11	0,01	33,19	0,01	45,04	0,09	0,01	21,14	19,52	0,004	96,88104
8	GY-07-00703	0,5	0,13	0,01	32,85	0,01	45,22	0,1	0,01	21,13	20,01	0,005	97,26822
9	GY-07-00704	0,66	0,16	0,01	32,95	0,01	44,67	0,1	0,01	21,39	19,78	0,003	96,08517
10	GY-07-00705	0,28	0,09	0,01	33,01	0,01	45,78	0,09	0,01	20,69	19,64	0,003	98,47278
11	GY-07-00706	0,76	0,21	0,01	32,74	0,01	44,86	0,11	0,01	21,25	19,86	0,002	96,49386
12	GY-07-00707	0,49	0,14	0,01	32,74	0,01	45,25	0,1	0,01	21,21	20,11	0,002	97,33275
13	GY-07-00708	0,33	0,1	0,01	32,85	0,01	45,41	0,09	0,01	21,16	20,07	0,003	97,67691
14	GY-07-00709	0,93	0,26	0,01	32,38	1,64	41,28	0,12	0,02	23,32	18,54	0,003	88,79328
15	GY-07-00710	0,46	0,09	0,01	32,86	0,01	45,4	0,09	0,01	21,05	19,99	0,001	97,6554
16	GY-07-00711	0,7	0,21	0,01	32,84	0,41	44,41	0,11	0,01	21,28	19,35	0,005	95,52591
17	GY-07-00712	0,43	0,15	0,01	32,64	0,01	45,5	0,1	0,01	21,09	20,21	0,002	97,8705
18	GY-07-00713	0,84	0,24	0,01	32,72	0,01	44,84	0,11	0,01	21,18	19,83	0,002	96,45084
19	GY-07-00714	0,97	0,29	0,01	32,77	0,01	44,23	0,13	0,01	21,54	19,85	0,002	95,13873
20	GY-07-00715	0,47	0,12	0,01	32,73	0,01	45,33	0,09	0,01	21,19	20,15	0,001	97,50483
21	GY-07-00716	0,16	0,06	0,01	32,87	0,01	45,85	0,08	0,01	20,91	20,1	0,001	98,62335
22	GY-07-00717	0,1	0,05	0,01	32,83	0,01	45,88	0,08	0,01	21	20,26	0,001	98,68788
23	GY-07-00718	0,38	0,11	0,01	32,56	0,01	45,64	0,09	0,01	21,15	20,4	0,001	98,17164
24	GY-07-00719	0,4	0,15	0,01	32,75	0,01	45,32	0,09	0,02	21,21	20,19	0,002	97,48332
25	GY-07-00720	0,12	0,06	0,01	32,64	0,01	45,85	0,08	0,01	21,18	20,53	0,001	98,62335

2.2. Les résultats

Les normes de qualité du gypse appliquées en Algérie, fondées sur les principaux paramètres chimiques tels que les teneurs en SO_3 , CaO et eau de cristallisation, sont résumées dans le tableau ci-après (**Tab. 10**).

Tableau N°10 : Les principales teneurs exigées d'un gypse de bonne qualité

Paramètre	Valeur recherchée
SO_3	> 43 %
CaO	> 30 %
H_2O de cristallisation	18–21 %
SiO_2	< 3–5 %
Fe_2O_3	< 0,5–1 %
MgO	< 1 %

La teneur en SO_3 des échantillons analysés présente une variation comprise entre 41,28 % et 45,88 %. La majorité des échantillons affiche toutefois des teneurs comprises entre 44 % et 46 %, traduisant une homogénéité chimique régulière du gisement. Les valeurs obtenues sont globalement proches de la teneur théorique du gypse pur de 46,50 % en SO_3 et se situent dans l'intervalle requis pour les gypses de haute qualité. Malgré une teneur légèrement inférieure observée pour l'échantillon GY-07-00709, l'ensemble des résultats demeure conforme aux normes de qualité généralement admises en Algérie et à l'échelle internationale. Ces teneurs élevées en SO_3 témoignent ainsi d'un degré de pureté important du gypse étudié et confirment son aptitude aux différentes valorisations industrielles (**Fig. 50**).

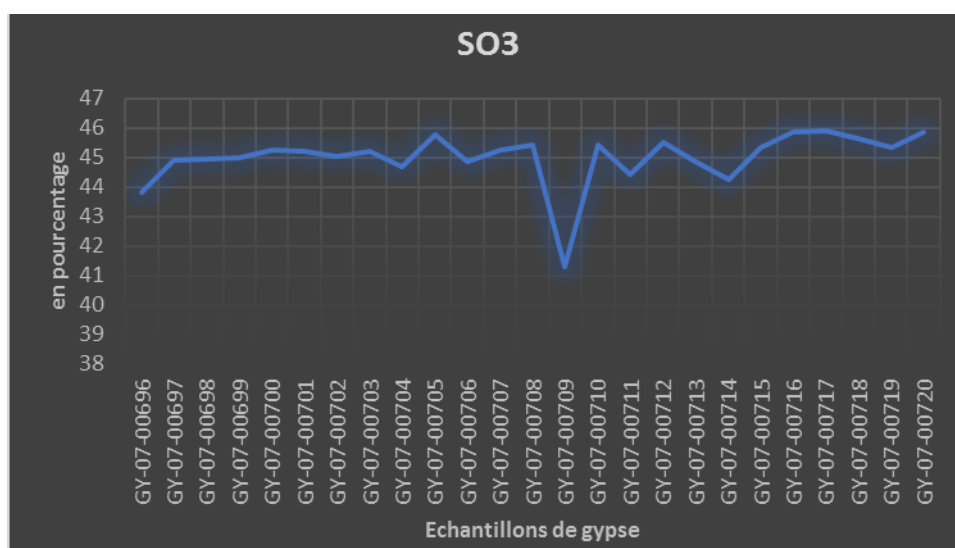


Figure 50 : Répartition des teneurs en SO_3 au sein des échantillons étudiés

Les analyses chimiques révèlent des teneurs en CaO comprises entre 32,38 % et 33,61 %, avec une concentration majoritaire autour de 32,8 %. Cette faible amplitude de variation traduit une composition particulièrement homogène entre les différents échantillons. Les valeurs sont très proches de la teneur théorique en CaO du gypse pur estimée à 32,57 %. Ainsi, les résultats obtenus confirment la bonne qualité chimique du gisement et son adéquation avec les exigences habituellement retenues pour les applications industrielles du gypse (**Fig. 51**).

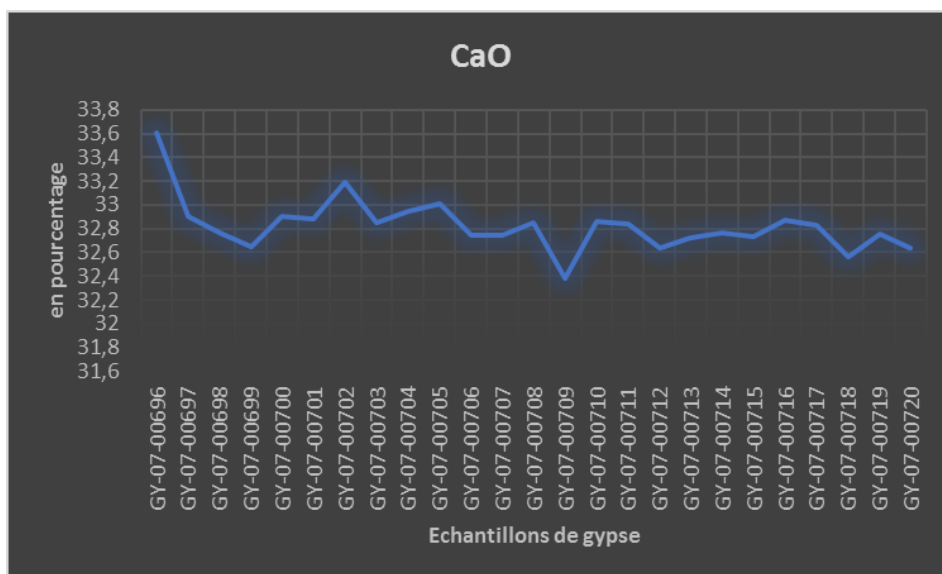


Figure 51 : Graphe montrant la variation de teneurs en CaO selon les échantillons de gypse

La teneur en eau de cristallisation enregistrée dans les échantillons étudiés s'échelonne entre 18,54 % et 20,53 %. À l'exception de quelques valeurs légèrement plus faibles, l'ensemble des résultats se concentre autour de 20 %. La proximité des teneurs mesurées avec la valeur théorique de 20,93 % caractéristique du gypse pur constitue un indicateur supplémentaire de la qualité du gisement (**Fig. 52**).

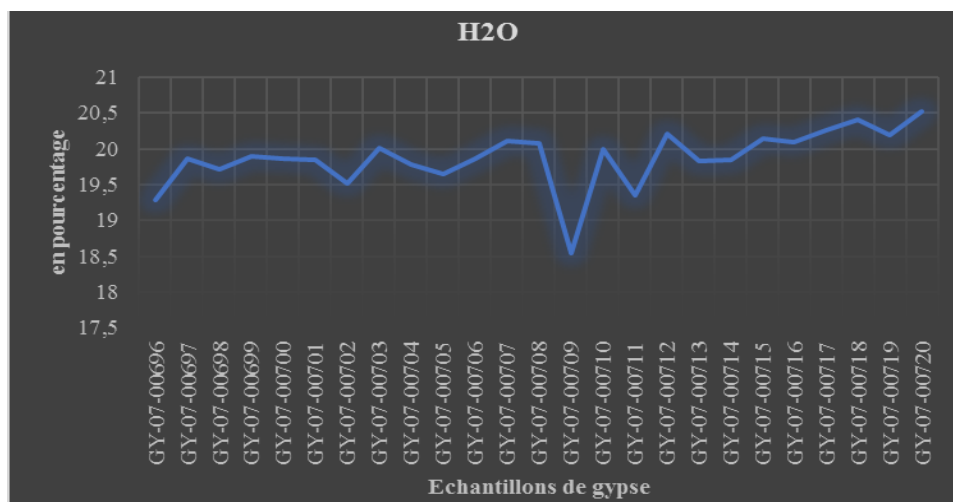


Figure 52 : Variations des teneurs en eau de cristallisation selon les échantillons analysés

VI. CONCLUSION

L'étude réalisée sur le gisement de gypse de Moulay Ismaïl, à partir de l'interprétation des données de dix sondages carottés, a permis de mettre en évidence les principales caractéristiques géologiques, structurales et qualitatives du gisement.

L'analyse stratigraphique et lithologique révèle une répartition hétérogène de la couverture et des épaisseurs de gypse au sein du périmètre étudié. Les secteurs correspondant aux sondages DD-01, DD-02, DD-03 et DD-07 se distinguent par une couverture inexistante ou très réduite et par un gypse affleurant directement en surface, ce qui constitue un avantage majeur pour l'exploitation minière. À l'inverse, les sondages DD-09 et DD-10 sont caractérisés par une épaisse couverture stérile dépourvue de niveaux gypseux, ce qui réduit considérablement leur intérêt économique.

Les corrélations lithologiques ont également mis en évidence une bonne continuité latérale des couches de gypse dans plusieurs secteurs du gisement. Toutefois, certaines coupes révèlent des discontinuités interprétées comme des failles normales susceptibles d'affecter localement la géométrie du gisement et qui devront être prises en considération lors de la planification des travaux d'exploitation.

La carte isopaque établie à partir des données de sondages montre que les plus fortes épaisseurs de gypse, dépassant localement 55 m, sont concentrées dans les parties centrale et sud-orientale du site. Ces secteurs représentent les zones les plus prometteuses en termes de réserves exploitables.

Les analyses chimiques confirment par ailleurs l'excellente qualité du gypse étudié. Les teneurs en SO_3 , comprises entre 41,28 % et 45,88 %, en CaO, variant de 32,38 % à 33,61 %, ainsi qu'en eau de cristallisation, comprises entre 18,54 % et 20,53 %, sont globalement proches des valeurs théoriques du gypse pur et satisfont aux normes de qualité généralement admises pour les usages industriels. Les calculs de pureté indiquent des valeurs majoritairement comprises entre 94 % et 99 %, attestant d'un gisement à haute teneur en sulfate de calcium dihydraté.

L'ensemble de ces résultats met en évidence le fort potentiel minier et économique du gisement de Moulay Ismaïl. Les zones caractérisées par une faible couverture, des épaisseurs importantes de gypse et une excellente qualité chimique apparaissent comme les secteurs prioritaires pour le développement futur des activités d'exploitation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le secteur d'étude se situe au lieu-dit El Kada Srar, sur le territoire de Ras El Ain Amirouche, à environ 48 km au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya de Mascara et à 8 km au Nord-Ouest de la commune d'Oggaz. Il fait partie du bassin du Bas Chélif, la plus vaste cuvette du Nord de l'Algérie. Ce site renferme un gisement de gypse d'âge Miocène supérieur qui intéresse la société Knauf dans le cadre de son activité d'extraction.

Dans le cadre de l'exploration, nous avons découvert les techniques utilisées dans le sondage carotté, notamment la sondeuse, le train de tiges et la couronne diamantée. La qualité des carottes a été évaluée à travers les analyses RQD, appliquées aux sondages DD_02 et DD_05. Pour la détermination de l'âge de la marne, les analyses effectuées au laboratoire ont donné un âge Tortonien supérieur comme résultat final, donc plus ancien que le gypse, daté du Messinien. Cette différence d'âge confirme que le gypse s'arrête au contact du toit de la marne et ne se prolonge pas en dessous.

Afin de donner à la société Knauf une vision claire des zones les plus favorables à l'exploitation, nous avons étudié la continuité du gypse entre les différents sondages. La partie ouest du site, représentée par les sondages DD_01, DD_02 et DD_03, ainsi que la partie sud, représentée par DD_07, constituent les zones les plus intéressantes, le gypse y étant directement accessible en surface. La partie centrale, regroupant les sondages DD_04, DD_05, DD_06 et DD_08, reste exploitable mais nécessite au préalable l'enlèvement de la couverture. En revanche, la partie nord, où se trouvent les sondages DD_09 et DD_10, est entièrement occupée par la couverture stérile et présente des indices d'accidents tectoniques (failles). Cette zone doit donc être évitée dans l'immédiat et fera l'objet d'investigations complémentaires.

Les analyses chimiques confirment par ailleurs l'excellente qualité du gypse étudié. Les teneurs en SO_3 , comprises entre 41,28 % et 45,88 %, en CaO, variant de 32,38 % à 33,61 %, ainsi qu'en eau de cristallisation, comprises entre 18,54 % et 20,53 %, sont proches des valeurs théoriques du gypse pur et satisfont aux normes de qualité admises pour les usages industriels. Les calculs de pureté indiquent des valeurs comprises entre 94 % et 99 %, attestant d'un gisement à haute teneur en sulfate de calcium dihydraté.

L'ensemble de ces résultats met en évidence le fort potentiel minier et économique du gisement de Moulay Ismail. Les zones caractérisées par une faible couverture, des épaisseurs importantes de gypse et une excellente qualité chimique constituent les secteurs prioritaires pour le développement futur de l'exploitation.

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre de la caractérisation géologique et de l'évaluation du potentiel minier du gypse au niveau du site de Moulay Ismaïl, situé au lieu-dit El Kada Srar, sur le territoire de Ras El Ain Amirouche, dans la wilaya de Mascara. Le site étudié renferme un gisement de gypse d'âge Miocène supérieur, présentant un intérêt particulier pour la société Knauf dans le cadre de ses activités d'extraction et de valorisation industrielle.

L'objectif principal de cette étude est de comprendre l'organisation lithostratigraphique du gisement, de déterminer la continuité de la formation gypseuse et d'évaluer son potentiel minier. Une attention particulière a été accordée à la relation entre le gypse et les niveaux marneux sous-jacents, afin de vérifier si le gypse se prolonge sous ces niveaux ou s'il s'arrête à leur contact.

Pour atteindre cet objectif, une approche intégrée a été adoptée, combinant les observations de terrain, l'étude des sondages carottés, les analyses de laboratoire, l'interprétation des données chimiques et l'utilisation d'outils numériques. L'étude de dix sondages carottés a permis d'établir les logs lithologiques, de corréler les différentes unités géologiques et de suivre la continuité latérale du gypse entre les sondages. La qualité des carottes a été appréciée à travers l'analyse du RQD, appliquée notamment aux sondages DD_02 et DD_05.

Les traitements réalisés à l'aide des logiciels RockWorks 17 et Surfer ont permis une meilleure représentation de la géométrie du gisement, notamment à travers l'élaboration des logs sondages, des corrélations entre sondages et de la carte d'épaisseur du gypse. Ces résultats ont montré une répartition hétérogène du gypse et de la couverture à l'échelle du périmètre étudié.

L'étude micropaléontologique des marnes, basée sur l'identification des foraminifères, a permis d'attribuer cette formation au Tortonien. Cette datation confirme que les marnes sont plus anciennes que le gypse, lequel est attribué au Messinien. Cette différence d'âge constitue un argument stratigraphique important montrant que le gypse s'arrête au contact du toit des marnes et ne se prolonge pas en dessous. Ainsi, les possibilités d'extension verticale du gisement sous les horizons marneux apparaissent limitées.

Sur le plan structural, la modélisation avec le logiciel Rockworks a mis en évidence la présence probable de plusieurs failles normales, responsables de discontinuités locales dans la géométrie du gisement et de l'enfoncement de certains niveaux gypseux en profondeur. Ces accidents tectoniques doivent être pris en considération dans toute planification future de l'exploitation, car ils peuvent influencer la continuité des couches, l'épaisseur exploitable et les conditions techniques d'extraction.

L'analyse spatiale du gisement a permis de distinguer plusieurs secteurs d'intérêt minier. Les parties Ouest et Sud du site constituent les zones les plus favorables à l'exploitation, car le gypse y est directement accessible en surface ou sous une couverture très réduite. La partie centrale demeure exploitable, mais nécessite au préalable l'enlèvement de la couverture stérile. En revanche, la partie Nord présente un intérêt minier limité en raison de l'absence de niveaux gypseux exploitables, de l'importance de la couverture stérile et de la présence probable d'accidents tectoniques.

Sur le plan lithologique et minéralogique, les observations ont permis d'identifier une variété particulière de gypse, de type albâtre, différente du gypse sélénitique classique. Cette particularité confère au gisement un intérêt géologique notable et peut constituer un atout supplémentaire pour sa valorisation industrielle.

Les analyses chimiques confirment par ailleurs l'excellente qualité du gypse étudié. Les teneurs en SO_3 , comprises entre 41,28 % et 45,88 %, les teneurs en CaO, variant de 32,38 % à 33,61 %, ainsi que les teneurs en eau de cristallisation, comprises entre 18,54 % et 20,53 %, sont proches des valeurs théoriques du gypse pur. Les calculs de pureté indiquent des valeurs comprises entre 94 % et 99 %, ce qui atteste d'un gisement à haute teneur en sulfate de calcium dihydraté et répondant aux exigences généralement admises pour les usages industriels.

En définitive, l'ensemble des résultats obtenus met en évidence le fort potentiel minier et économique du gisement de gypse de Moulay Ismaïl. Les secteurs caractérisés par une faible couverture, une bonne continuité latérale, des épaisseurs importantes de gypse et une excellente qualité chimique doivent être considérés comme prioritaires pour le développement futur de l'exploitation. Cette étude fournit ainsi une base géologique, technique et décisionnelle solide pour orienter les travaux miniers, optimiser les coûts d'exploitation et assurer une valorisation rationnelle de la ressource.

Enfin, il serait recommandé de compléter ce travail par des sondages supplémentaires, notamment dans les zones centrales et septentrionales, ainsi que par des investigations géophysiques et une modélisation géologique tridimensionnelle plus détaillée. Ces travaux complémentaires permettraient de préciser la géométrie du gisement, de mieux identifier les accidents tectoniques et d'affiner l'estimation des réserves exploitables.

Liste des figures et des tableaux

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure 1 : Les bassins néogènes : 1 : Bassin de la Tafna, 2 : Bassin du Bas Chélif, 3 : Bassin de Moyen Chélif, 4 : Bassin De Mitidja (D'après Perrodon, 1957)	6
Figure 02 : Situation géographique et bordures du bassin du Bas Chélif (D'après Belkebir et al., 2008, légèrement modifiée)	7
Figure 03 : Situation géographique de la région d'étude (extrait de la carte topographique d'Algérie SIG 1/50 000)	8
Figure 04 : Carte géologique simplifiée de l'Oranie nord occidentale (d'après Saint Martin et al., 1992)	
Figure 05 : Nomenclature des différentes formations néogène à quaternaire du bassin du bas Chélif (Hassani, 1987)	17
Figure 06 : Cadre structural du bassin du Bas Chélif (d'après Aran et al. ; 2015, modifiée)	18
Figure 07 : Structure générale du bassin du Bas Chélif (d'après Neurdin-Trescartes, 1995)	18
Figure 08 : Esquisse géologique et structurale du Plateau de Boufatis (feuille St Cloud, N°154)	19
Figure 09 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie concernant la région d'étude au 1/500000	20
Figure 10 : Photo de la plâtrière Knauf spécialisée dans la production du plâtre et ses dérivés	25

CHAPITRE II

Figure 11 : Tricône et trilame pour un sondage rotary (source internet)	23
Figure 12 : Réalisation d'un sondage en circulation inverse (source internet)	24
Figure 13 : Sondeuse pneumatique utilisée lors des travaux d'exploration par Knauf Oran	25
Figure 14 : Tiges en acier utilisées dans un sondage carotté	26
Figure 15 : quelques exemples de couronnes diamantées utilisées dans un sondage carotté	27
Figure 16 : les différents outils rentrant dans la récupération de la carotte	28
Figure 17 : exemple de calcul de RQD et classification de la qualité du massif rocheux	29
Figure 18 : étiquetage (A) et stockage (B) des carottes de sondage adopté par la société knauf	30
Figure 19 : Localisation de la coupe de Kada Srar (Extrait de la carte topographique de Sig, au 1/50.000 ; trait de la coupe)	31
Figure 20 : Photo prise de la route CW41 illustrant les principales formations géologiques affleurantes à la carrière de Kada Srar : 1 : Gypse albâtre, 2 : Gypse sélénite, 3 : Marne argileuse, 4 : Sole rouge.	32
Figure 21 : Colonne lithostratigraphique de la coupe de la carrière de gypse Kada Srar	33
Figure 22 : localisation des sondages carottés numéros 2 et 5 sur Google Earth	34
Figure 23 : Log sondage N°2 et ses principaux paramètres	36
Figure 24 : caractéristiques RQD et récupération du log sondage N° 5	38
Figure 25 : Préparation des échantillons de marnes réalisés au laboratoire N°25	39
Figure 26 : 1 Globorotalia Dutertrei (a : face spirale, b : face ombilicale) ; 2 Globorotalia Humerosa (a : face spirale, b : face ombilicale)	41

CHAPITRE III

Figure 27 : Saisie les données de la localisation des sondages sous Rock Works17	43
Figure 28 : Saisie les données de stratigraphie des sondages sous Rock Works17	44
Figure 29 : Saisie les données de lithologie des sondages sous Rock Works17	45
Figure 30 : Saisie les données d'épaisseur de gypse de dix sondages sous Surfer	46
Figure 31 : Localisation des dix sondages (source Google Earth)	46
Figure 32 : les limites du périmètre de Moulay Ismail (source Google Earth)	47

Figure 33 : Répartition de la stratigraphie par logs des sondages établie par le logiciel RockWorks	48
Figure 34 : Les logs lithologique des sondages DD-01, DD-02, DD_03 et DD-07	50
Figure 35 : Les logs des sondages DD-04, DD-05, DD-06 et DD-08	51
Figure 36 : Les logs des sondages DD-09 et DD-10 établies par le logiciel RockWorks17	52
Figure 37 : Localisation du trait de coupe des logs des sondages DD-03 et DD-01	53
Figure 38 : Corrélation des sondages DD-01 et DD-03 sur logiciel Rock Works	54
Figure 39 : Trait de coupes pour les logs des sondages DD-09, DD-05 et DD-02	55
Figure 40 : Corrélation entre les sondages DD-09, DD-05 et DD-02	55
Figure 41 : Corrélation des sondages DD-09, DD-05 et DD-02 avec la présence d'une faille	56
Figure 42 : Sélection des sondages DD-10, DD-06 et DD-04	57
Figure 43 : Corrélation des sondages DD-10, DD-06 et DD-04	57
Figure 44 : Corrélation des logs DD-10, DD-06 et DD-04 représentée un accident tectonique (failles 1et 2)	58
Figure 45 : Sélection des logs DD-08 et DD-07	59
Figure 46 : Corrélation des logs DD-08 et DD-07	59
Figure 47 : Carte isopaque représentée l'épaisseur de gypse (source logicielle Surfe)	60
Figure 48 : Photo des dix sondages représentée la meilleure zone d'exploitation	61
Figure 49 : Graphe illustrant la variation du pourcentage de pureté du gypse selon les échantillons analysés	64
Figure 50 : Répartition des teneurs en SO ₃ au sein des échantillons étudiés	66
Figure 51 : Graphe montrant la variation de teneurs en CaO selon les échantillons de gypse	67
Figure 52 : Variations des teneurs en eau de cristallisation selon les échantillons analysés	67
<u>Liste des tableaux</u>	
Tableau 1 : dimensions des principaux sondages standard et wireline (Reedman, 1979)	25
Tableau 2 : Classification de la qualité du massif rocheux selon l'indice RQD	29
Tableau 3 : Fréquences des foraminifères benthiques et planctoniques, pourcentage de quartz dans les échantillons de marnes aux sondages numéros 02 et 05	40
Tableau 4 : Synthèse des caractéristiques stratigraphiques des sondages	48
Tableau 5 : Les normes européennes définissant les paramètres d'utilisation du gypse	62
Tableau 6 : Les normes ISO spécifiques du gypse	62
Tableau 7 : différentes spécifications d'utilisations du gypse selon les normes américaines	63
Tableau 8 : Les taux minimaux de pureté requis pour les différentes utilisations du gypse	63
Tableau 9 : Taux de pureté de gypse à partir des analyses chimiques des échantillons de gypse	65
Tableau 10 : Les principales teneurs exigées d'un gypse de bonne qualité	66

*Références
bibliographiques*

- Achour, F. A. R. I. D., Bouzelboudjen, M., & Pieyns, S. A. (1998).** Variabilité spatio-temporelle des ressources en eau en région semi-aride : application au bassin du Chelif, Algérie. *IAHS PUBLICATION*, 225-234.
- Addadi, C., Delteil, J., Fenet, B., Guardia, P., Magné, J. et Polvèche, J. (1968).** Age de la mise en place des nappes dans le Tell méridional (Algérie). *CR Acad. Sci*, 557-560.
- Anderson R. V. V. (1936).** Geology in the coastal Atlas of Western Algeria. Geological Society of America, Memoir, 4, 450 pp.
- Arab, M., Bracene, R., Roure, F., Zazoun, R. S., Mahdjoub, Y., & Badji, R. (2015).** Source rocks and related petroleum systems of the Chelif Basin, (western Tellian domain, north Algeria). *Marine and Petroleum Geology*, 64, 363-385.
- Atif, K. F. T. (2001).** Modalités du passage mio-pliocène dans le bassin du Bas Chélif. *Mémoire de Magister, Université d'Oran*, 133.
- Atif, K. F. T., Bessedik, M., Belkebir, L., Mansour, B., & Saint Martin, J. P. (2008).** Le passage Mio-Pliocène dans le bassin du Bas Chélif (Algérie). Biostratigraphie et paléoenvironnements. *Geodiversitas*, 30(1), 97-116.
- Atik, A., Mansouri, M. E. H., Bessedik, M., Osman, M. K., Belkebir, L., Saint Martin, J. P., ... & Satour, L. (2024).** New insights on the latest Messinian-to-Piacenzian stratigraphic series from the Dahra Massif (Lower Chelif Basin, Algeria) : Lago Mare, reflooding and bio-events. *BSGF-Earth Sciences Bulletin*, 195(1), 2.
- Belhadji, A. (2005).** La série miocène supérieur-pliocène du versant oriental de Djebel Diss (Dahra occidentale): attribution biostratigraphique. *Mém. Magister Oran University*.
- Belhadji, A., Bouchemla, I., Benyoucef, M., Zeghari, A., Talmat, S., Berrabah, A., & Zemour, Y. (2025).** Ichnology and palaeoenvironment significance of the Tortonian Blue Marls Formation in the southern margin of the Lower Chelif Basin, Algeria. *Geological Journal*.
- Belkebir L. (1986).** — *Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie) : biostratigraphie, paléoécologie et paléogéographie*. Thèse de Doctorat, université de Provence, Marseille, France, 249 p.
- Belkebir L., Bessedik M., Ameur-Chehbeur A. & Anglada R. (1996).** — *Le Miocène des bassins nordoccidentaux d'Algérie : biostratigraphie et eustatisme*. Elf Aquitaine éditions, Pau, 16 : 553-561.
- Belkebir, L., & Bessedik, M. (1991).** Essai de synthèse biostratigraphique du Miocène post et synchro-nappes en Oranie (Tafna, Bas Chélif). *IIème séminaire de « Géologie Pétrolière », Boumerdes*, 32, 34.
- Belkebir, L., Labdi, A., Mansour, B., Bessedik, M., & SAINT MARTIN, J. P. (2008).** Biostratigraphie et lithologie des séries serravallo-tortoniennes du massif du Dahra et du bassin du Chélif (Algérie). Implications sur la position de la limite serravallo-tortonienne. *Geodiversitas*, 30(1), 9-19.

Bendella, M., Benyoucef, M., Mikuláš, R., Bouchemla, I., Martinell, J., & Ferre, B. (2021). Shallow to marginal marine ichnoassemblages from the Upper Pliocene Slama Formation (Lower Chelif Basin, NW Algeria). *Geologica Carpathica*, 72(6), 529-548.

Bensaid, I. (2017). Biostratigraphie et paléoenvironnement des foraminifères intra-gypse (Plateau de Boufatis, Bassin du bas Chélif) [Mémoire de Master Académique, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen].

Bessedik M., & belkebir L. (1985-1986) - Présence du Miocène moyen et supérieur dans la série de la Pointe de Canastel (Oran, Algérie) : implications paléoécologiques et biostratigraphiques. *Géol. Méditer.*, Marseille, t. XII-XIII, n°3-4, p. 147-150.

Bessedik, M., Belkebir, L., & Mansour, B. (2002). Révision de l'âge Miocène inférieur (au sens des anciens auteurs) des dépôts du bassin du bas Chelif (Oran, Algérie) : conséquences biostratigraphique et géodynamique. *Mémoires du Service géologique de l'Algérie*, (11), 167-186.

Bessedik, M., Saint Martin, J. P., Belkebir, L., Mansour, B., Satour, L., Mansouri, M. E. H., & Atif, K. F. (2023). Le complexe récifal frangeant du Djebel Murdjadjo (Oranie), patrimoine géologique à conserver. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 32(1), 49-62.

Bleicher, M. (1875). Note sur la géologie des environs d'Oran. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3, 187-195.

Boucif, A., Reimann, M., Bensalah, M., Hebib, H., & Kacemi, A. (2025). Chemical characterization and valorization potential of subsurface gypsum deposits in the Boufatis Plateau, Lower Chelif Basin (NW Algeria). *Earth Sciences Research Journal*, 29(3).

Boucif, A., Reimann, M., Bensalah, M., Hebib, H., & Kacemi, A. (2025). Chemical characterization and valorization potential of subsurface gypsum deposits in the Boufatis Plateau, Lower Chelif Basin (NW Algeria). *Earth Sciences Research Journal*, 29(3).

Brives, A. (1897). *Les terrains tertiaires du bassin du Chélif et du Dahra...* Impr. P. Fontana & Company.

Cita, M. B. (1968). Sur l'âge de la mise en place des nappes telliennes dans la région de Beni Chougrane (Algérie) (No. 4). *Istituti di geologia e paleontologia dell'Università degli studi di Milano*.

Cornée, J. J., Saint Martin, J. P., Conesa, G., & Muller, J. (1994). Geometry, palaeoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjadjo carbonate platform (Oran, western Algeria): consequences. *Sedimentary Geology*, 89(1-2), 143-158.

Dalloni M (1915). Recherches sur la période néogène dans l'Algérie occidentale. *Bull Soc Géol Fr*, Paris, 4e s., t. XV : 428-457

Deere, D. U., & Deere, D. W. (1989). *Rock Quality Designation (RQD) after Twenty Years* (No. WESCRGL891).

Deere, D. U., & Hendron, A. J. (1967). J., Patton, FD, and Cording, EJ (1967). Design of surface and near-surface construction in rock. In *Failure and Breakage of Rock, Eighth Symposium on Rock Mechanics* (pp. 237-302).

Delfaud J., et al., (1973) - Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne : évolution de la région Oranaise (Algérie occidentale) au Miocène supérieur ; conséquences stratigraphiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, t. 64, fasc. 1-2, pp. 219-241, 5 Fig., 1 tabl.

Delfaud, J. (1975). Les Grès des Ksour (Algérie). Un delta de plateforme stable. *IX Cong. intern. Sédiment, Nice, thème, 5*, 159-162.

Delfaud, J. (1982). Le passage plate-forme/continent sous Mangrove : les faciès à lignites du Dogger de la plate-forme occitane. *Géologie Méditerranéenne*, 9(3), 185-191.

Delteil, J. R., Valery, P., Montadert, L., Fondeur, C., Patriat, P., & Mascle, J. (1974). Continental margin in the northern part of the Gulf of Guinea. In *The geology of continental margins* (pp. 297-311). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Delteil, J., Fenet, B., Guardia, P., Laval, F., & Polvêche, J. (1975). Les observations tectoniques dans l'Algérie nord-occidentale et l'origine du Bassin nord-africain. *Rapp. Comm. Internat. Et. Sc. Mer Médit*, 34, 95-98.

Doumergue F. (1908) - Commentaire de la notice explicative de la carte géologique d'Oran. *Bull. Soc. Geogr. Archeol.*, Oran, 28 (116).

Fenet B. (1975) : Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du Bouclier africain. *Thèse Doct. Etat, Univ. Nice*.

Ficheur, E., & Brives, A. (1900). Sur la découverte d'une caverne ossements, à la carrière des Bains-Romains, à l'ouest d'Alger. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris*, 130, 1485-1487.

Gentil, L. (1903). *Etude géologique du bassin de la Tafna* (Vol. 4). A. Jourdan.

Glangeaud, L. (1932). Étude géologique de la région littorale de la province d'Alger : par Louis Glangeaud... Y. Cadoret.

Guardia, P. (1975). *Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale* (Doctoral dissertation, Toulouse).

Hassani, Michigan (1987). Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride : le bassin versant de la grande Sebkha d'Oran (Algérie). *Thèse de doctorat*, Université Scientifique et Médicale de Grenoble).

Hebib, H. (2014). La limite tortono-messinienne dans la marge nord du bassin du bas Chélif. Précisions biostratigraphiques et évolution des assemblages de foraminifères benthiques. *Thèse Doctorat Sci*, Oran 2 University.

Ilpévrier, C., Magne, J., & Sigal, J. (1970). Données stratigraphiques et structurales sur les formations telliennes d'une partie du Tell septentrional (secteur compris entre Cherchell, Miliana, El Asnam et Ténès, Algérie). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7(5), 794–804.

Kazi Tani, N. (1996). Evolution comparée des bassins algériens depuis le protérozoïque inférieur. 2ème journées Scientifiques et techniques JST2. *Recueil de communications*, 1.

Khelifa, R., Mahdjoub, H., Zebba, R., Kahalerras, A., Guebailia, A., Amari, H., & Houhamdi, M. (2013). Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically

endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria). *Zoology and Ecology*, 23(4), 282-285.

Mahdjoub, M., Al Khatib, A., Bluntzer, J. B., & Sagot, J. C. (2013). Multidisciplinary convergence about “product-use” couple : Intermediary object’s structure. In *DS 75-5 : Proceedings of the 19th International Conference of Engineering Design (ICED13) Design For Harmonies, Vol. 5 : Design for X, Design to X*, Seoul, Korea 19-22.08. 2013 (pp. 021-030).

Mansouri, M. E. H. (2021). Messinian to Piacenzian deposits, erosion, and subsequent marine bioevents in the Dahra Massif (Lower Chelif Basin, Algeria). *Messinian to Piacenzian deposits, erosion, and subsequent marine bioevents in the Dahra Massif (Lower Chelif Basin, Algeria)*.

Mazzola, C. (1971). Les foraminifères planctoniques du Mio-Pliocène de l’Algérie nord-occidentale. In *Proceedings on the Second International Conference on the Planktonic Microfossils* (pp. 787-818).

Medaouri, M. (2006). Apport des données de terrain dans l’analyse structurale du bassin du Chélif et implications pétrolières. *7èmes Journées Scientifiques et Techniques*, Hôtel Sheraton, Oran, Algérie.

Meghraoui, M. (1982). *Etude neotectonique de la region nord-est d'El Asnam : relation avec le seisme du 10.10. 1980* (Doctoral dissertation).

Moissette, P. (1988). Faunes de Bryozoaires du Messinien d’Algérie occidentale. *Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon*, 102, 351 pp.

Moissette, P., & Saint Martin, J. P. (1982). *Creusia oraniensis* nov. sp. (Cirripedia, Creusiinae) du Miocène terminal d'Oranie (Algérie). *Geobios*, 15(6), 935-941.

Moulana, M. L., Hubert, A., Guendouz, M., El Ouahabi, M., Boutaleb, A., & Boulvain, F. (2021). Contribution to the sedimentology of the Messinian carbonates of the Chelif Basin (Boukadir, Algeria). *Geologica Belgica*, 24(1-2).

Neurdin-Trescartes, J. (1995). Paléogéographie du Bassin du Chélif (Algérie) au Miocène. Causes et conséquences. *Géologie Méditerranéenne*, 22(2), 61-71.

Neurdin-Trescartes, J. (1992). Le remplissage du bassin néogène du Chélif (Algérie) au Miocène. Causes et conséquences. *Thèse de Doctorat*, Université de Pau et Pays de l’Adour, France, 605 pp.

Osman, M. K., Bessedik, M., Belkebir, L., Mansouri, M. E. H., Atik, A., Belkhir, A., ... & Belhadji, A. (2021). Messinian to Piacenzian deposits, erosion, and subsequent marine bioevents in the Dahra Massif (Lower Chelif Basin, Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 14(8), 684.

Perrodon, A. (1957). *Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale* (Doctoral dissertation).

Pomel, A. (1892). Sur le *Libytherium maurusium*, grand Ruminant du Tertiaire pliocène plaisancien d’Algérie. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences*, Paris, 115 : 100-102.

Reedman, J. H. (1979). Drilling Methods. In *Techniques in Mineral Exploration* (pp. 322-374). Dordrecht : Springer Netherlands.

Rouchy J. M. (1982). La genèse des évaporites messiniennes de la Méditerranée. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle*, série C, 50, 267 pp.

Rouchy, J. M., Caruso, A., Pierre, C., Blanc-Valleron, M. M., & Bassetti, M. A. (2007). The end of the Messinian salinity crisis: evidences from the Chelif Basin (Algeria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254(3-4), 386-417.

Rouchy, JM, & Martin, JPS (1992). Événements du Miocène supérieur en Méditerranée tels qu'enregistrés par les relations carbonate-évaporiforme. *Geology*, 20 (7), 629-632.

Saint Martin J. P. 1990. Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle*, série C, 56, 366 pp.

Saint Martin J. P., Cornée J. J., Conesa G., Bessedik M., Belkebir L., Mansour B., Moissette P. & Anglada R. (1992). Un dispositif particulier de la plate-forme carbonatée messinienne : la bordure méridionale du bassin du Bas-Chelif Algérie. *COMPTES RENDUS-ACADEMIE DES SCIENCES PARIS SERIE 2*, 315, 1365-1365.

Saint Martin, J. P., Cornée, J. J., & Muller, J. (1995). Nouvelles données sur le système de plate-forme carbonatée du Messinien des environs d'Oran (Algérie). Conséquences. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, 320, 837-843.

Tchouar, L. (2013). Étude des dinoflagellés de la série moi-pliocène de Télégraphe de Sidi Brahim (Bassin du Bas Chélif, Algérie nord-occidentale) : systématique et paléoécologie. *Mémoire de Magister*, Université d'Oran, 1-112.

Thomas, G. (1985). *Géodynamique d'un bassin intramontagneux: Le bassin du bas Cheliff occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire*. Pau, France : Univ. Pau et Pays de l'Adour

Résumé

Ce travail porte sur l'étude du gisement de gypse de la carrière de Moulay Ismaïl, située dans le bassin du Bas Chélif et exploitée par la société Knauf. L'objectif principal de cette étude est de déterminer la continuité verticale du gypse, notamment en vérifiant s'il se prolonge sous les niveaux marneux ou s'il s'interrompt à leur contact.

La méthodologie adoptée repose sur l'exploitation de dix (10) sondages carottés. Les données issues de ces sondages ont été intégrées et traitées à l'aide du logiciel RockWorks 17, permettant l'élaboration des logs lithologiques ainsi que l'analyse de la continuité des couches entre les différents sondages. Par ailleurs, le logiciel Surfer a été utilisé pour la réalisation de la carte d'épaisseur du gypse, contribuant à une meilleure visualisation de sa répartition spatiale.

Une étude micropaléontologique a également été réalisée sur les échantillons de marne,

basée sur l'analyse des foraminifères. Cette analyse a permis de dater la formation encaissante au Tortonien supérieur, indiquant qu'elle est plus ancienne que le gypse, attribué au Messinien.

Les résultats obtenus montrent l'absence de niveaux gypseux sous les horizons marneux étudiés, ce qui limite les possibilités d'extension verticale du gisement. Sur le plan spatial, les zones les plus favorables à l'exploitation se situent dans les parties ouest et sud du site. La zone centrale demeure exploitable mais nécessite un décapage préalable, tandis que la partie nord est à éviter en raison de l'absence de gypse et de la probable présence d'accidents tectoniques, notamment des failles.

Cette étude fournit ainsi une base géologique et technique essentielle pour l'optimisation de l'exploitation future du gisement de Moulay Ismaïl.

Mots clés : Gypse, Marne, sondage carotté, RockWorks 17, Surfer, Moulay Ismaïl, Bassin du Bas Chélif, foraminifères, Tortonien supérieur, Messinien, gisement.