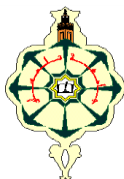


N° d'ordre : 06/DSTU/2026



MEMOIRE

Présenté

À



L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER PROFESSIONNEL

Spécialité

Géo-Ressources

Par

BOUZIANE Manel

ETUDE GRANULOMETRIQUE ET MORPHOSCOPIQUE D'UN GISEMENT DE SABLE.EXEMPLE : GISEMENT D'EL BOUIHI

Soutenu le 30 septembre 2026 devant les membres du jury :

Fatiha HADJI, MC (A), Univ. Tlemcen
Mustapha BENADLA, MC (B), Univ. Tlemcen
Choukri SOULIMANE, MC (A) Univ. Tlemcen
Kamar Eddine BENSEFIA, MC (B), Univ. Tlemcen

Président
Examineur
Encadreur
Co-encadreur

DEDICACES

DEDICACES

Avant tout, je rends grâce à **Allah**, qui m'a donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour aller jusqu'au bout de ce parcours. Sans sa grâce et sa volonté, rien de tout cela n'aurait été possible.

Je dédie cette réussite à :

A celle qui s'est tant sacrifiée pour moi, qui a veillée pour moi et qui a priée pour moi à chaque étape de ma vie, à celle dont la fatigue est devenue mon confort, dont les prières ont été ma force et dont les bras ont toujours été mon refuge, à celle qui a toujours été pour moi un soutien, une sécurité et une prière qui ne cesse jamais.

Ma chère et tendre maman

A celui qui s'est fatigué pour que je puisse me reposer, qui a tant œuvré pour que j'atteigne mes rêves et qui a porté tant de choses à ma place sans jamais se plaindre, mon pilier qui ne faiblit jamais. A celui dont la fatigue a été le chemin de mon confort et dont la main s'est toujours tendue pour me soutenir et qui a cru que mes rêves méritaient d'être réalisés.

Mon cher papa

A ceux qui ont renforcé mon courage dans les moments où j'en avais le plus besoin et qui ont partagé mes peines, mes doutes et mes moments de bonheur, **Ahmed**, **Abdellah**, **Assmaa** et **Oussama**, vous êtes une partie de mon histoire et une part de la force qui m'a permis d'arriver jusqu'à ce jour.

Mes chers frères et ma chère sœur

A mes chères amies **Djihane** et **Aya**, celles qui ont été présentes tout au long de ce parcours et m'ont encouragée et réconfortée. Merci pour votre sincérité et votre présence.

A ma chère **Marwa**, je te dédie une place particulière dans ce travail et je te laisse une empreinte de ma profonde gratitude et de ma sincère reconnaissance à ton égard.

TABLE DES MATIERES

Pages

REMERCIEMENTS	4
RESUME	5
ABSTRACT	6
Premier chapitre : CADRE GENERAL DE L'ETUDE	
I. INTRODUCTION	7
II. PROBLEMATIQUE	7
III. OBJECTIFS DU MEMOIRE	7
IV. CADRE GEOGRAPHIQUE	7
A. Cadre géographique des Monts de Rhar Roubane	7
B. Cadre géographique du secteur d'étude	8
V. CADRE GEOLOGIQUE	9
A. Cadre géologique des Monts de Rhar Roubane	9
1. Sur le plan stratigraphique	9
1-1 Le Paléozoïque	10
1-2 Le Mésozoïque	10
1-2-1 Le Trias	10
1-2-2 Le Jurassique	10
- Jurassique inférieur (Lias)	10
- Jurassique moyen (Dogger)	10
- Jurassique supérieur (Malm)	10
2. Sur le plan tectonique	10
B. Cadre géologique du secteur d'étude	11
1. Sur le plan stratigraphique	11
1-1 Argile de Saida	11
1-2 Grès de Boumadien	11
1-3 Calcaire de Zarifet	11
1-4 La Quaternaire	13
2. Sur le plan tectonique	13
VI METHODOLOGIE DE TRAVAIL	14
A. Sur le terrain	14
B. Au laboratoire	14

Deuxième chapitre : GEOLOGIE DE LA CARRIERE	
I. INTRODUCTION	17
II. CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA CARRIERE	17
III. ETUDE GEOLOGIQUE DE LA CARRIERE	17
A. Structure de la carrière	17
B. Lithologie de la carrière	19
Troisième chapitre : ETUDE QUALITATIVE	
I. INTRODUCTION	20
II. ETUDE GRANULOMETRIQUE	20
A-Représentation graphique	20
1-Histogramme et courbes de fréquences	20
2- Les courbes cumulatives	20
B-Représentation numérique	20
1- Paramètre de TRASK	20
2- Indice d'asymétrie SK (SKEWNESS)	23
3- Paramètre de BIETLOT	25
3.1-Indice de classement (C2)	25
3.2-Indice d'asymétrie (A2)	26
4- Données granulométrique et mode de transport (Diagramme CM de Peiry, 1988)	26
5- Essai d'interprétation sédimentologique des analyses granulométriques	26
Quatrième chapitre : ETUDE MORPHOSCOPIQUE	
I. INTRODUCTION	28
II. ETUDE MORPHOSCOPIQUE	28
-Résultats	29
-Interprétations	30
III. VALORISATION ET APPLICATION INDUSTRIELLES DU GISEMENT DE SABLE D'EL BOUIHI	32
-Industrie de la Verrerie	32
-Fonderie (Sable de moulage)	32
-Industrie Céramique	33

-Filtration de l'Eau	33
- Matériaux de Construction Spéciaux (Génie Civil)	33
-Traitement de Surface (Sablage)	33
CONCLUSION GENERALE	34
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	35
LISTE DES FIGURES	37
LISTE DES TABLEAUX	38

--	--

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je tiens à témoigner ma plus sincère gratitude envers l'ensemble des personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce projet par leur aide et leur soutien.

Tout d'abord, j'adresse mes plus vifs remerciements à Monsieur Abbas MAROK, Professeur des Universités au Département des Sciences de la Terre et de l'Univers (Université de Tlemcen), pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de m'avoir ouvert les portes de son laboratoire (3G). Je lui suis également très reconnaissante pour son implication et la qualité de son encadrement lors de notre formation en Master Géo-Ressources Professionnel.

Ma profonde reconnaissance va ensuite à Monsieur Choukri SOULIMANE, Maître de Conférences classe (A) au sein du même département, qui a dirigé ce travail de recherche. Son accompagnement et sa précieuse assistance au laboratoire ont été déterminants dans la réalisation de cette étude.

Je remercie également Monsieur Kamar Eddine BENSEFIA, Maître de Conférences classe (A) au Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, qui a eu l'amabilité de siéger à ce jury et d'enrichir ce mémoire malgré sa tâche de Chef de Département.

Je tiens à remercier Monsieur Mustapha BENADLA Maître de conférences Classe (A), pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour ses remarques pertinentes et ses critiques constructives.

Une mention particulière est accordée à Monsieur Sid Ahmed ZENAGUI, Directeur de bureau d'étude -expert minier-, que je remercie infiniment pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien qui m'a été d'une grande valeur tout au long de mes recherches.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements aux enseignants du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Tlemcen. Leur engagement pédagogique et la haute qualité de leurs enseignements ont grandement contribué à enrichir mes connaissances et à façonner mon profil scientifique au cours de mon cursus.

RESUME

Situé dans les Monts de Rhar Roubane (wilaya de Tlemcen) à 500 m au Nord-Est de la commune d'El Bouihi, ce gisement rattaché aux dépôts deltaïques Oxfordien-Kimmeridgiens des « Grès de Boumedien » a fait l'objet d'une caractérisation géologique, granulométrique et morphoscopique afin d'estimer son potentiel de valorisation.

La méthodologie a combiné des levés de terrain avec des analyses de laboratoire (histogrammes, courbes cumulatives, coefficient de Trask, indices de Bietlot et d'asymétrie *skewness*, diagramme CM de Peiry, ainsi que les classifications morphoscopiques de Pettijohn et Cailleux).

Les résultats démontrent que les sables sont homogènes, bien triés et très largement dominés par les sables fins, témoignant d'un apport détritique stable et constant (rattaché à un épisode de remblaiement terminal de chenal). L'étude morphoscopique révèle une nette dominance de grains sub-arrondis et une forte proportion de grains émoussés luisants (> 30 %), confirmant une usure marquée en milieu marin et une grande maturité texturale. Grâce à cette pureté et à la qualité de son classement, le gisement dispose d'un fort potentiel de valorisation pour l'industrie verrière, la fonderie, la céramique, les matériaux de construction de haute performance et la filtration des eaux.

Mots clés : El Bouihi ; Rhar Roubane ; sable ; granulométrie ; morphoscopie ; mode de transport ; valorisation industrielle ; Trask ; Bietlot.

ABSTRACT

Located in the Ghar Roubane Montains (Tlemcen Province), 500 m North-East of the municipality of El Bouihi, this deposit associated with the Oxfordian-Kimmeridgian deltaic deposits of the «Boumedien Sandstones», was subjected to geological granulometric and morphoscopic characterization in order to assess its potential for valorization.

The methodology combined field surveys with laboratory analyses, including histograms, cumulative curves, the Trask coefficient, Bietlot and Skewness indices, the Passega C-M diagram, as well as the morphoscopic classifications of Pettijohn and Cailleux.

The results demonstrate that the sands are homogeneous, well sorted, and largely dominated by fine sands, indicating a stable and continuous detrital supply associated with a terminal channel infilling episode. The morphoscopic study reveals a clear predominance of sub-rounded grains and a high proportion of well-rounded, shiny grains (> 30 %), confirming significant abrasion in a marine environment and a high degree of textural maturity. Due to its purity and good sorting, the deposit has strong potential for valorization in the glass industry, foundry, ceramics, high-performance construction materials, and water filtration.

Keywords: El Bouihi; Rhar Roubane; sand; granulometry; morphoscopy; transport mode; industrial valorization; Trask; Bietlot.

**Premier chapitre : CADRE GENERAL DE
L'ETUDE**

I.INTRODUCTION

Ce présent travail a été réalisé dans le cadre d'une convention entre l'université de Tlemcen -Département des Sciences de la Terre et de l'Univers et le bureau d'étude. Il est à noter que ce site a été identifié comme potentielle sablière par la direction locale des Mines et de l'Industrie, sans toutefois avoir fait l'objet d'investigations géologiques. L'objectif principal de ce mémoire est donc de pallier ce manque en mettant en évidence les propriétés physiques de ce sable qui est localisé dans la région de Bouihi et plus précisément au Sud-Ouest de la Wilaya de Tlemcen.

II. PROBLEMATIQUE

Visant le développement des zones frontalières de la wilaya de Tlemcen, les services compétents ont engagé une série d'études sectorielles. Parmi celles-ci figure le projet d'exploitation des sables dans la région d'El Bouihi. Il convient de noter que ce gisement a été répertorié et proposé par l'ANAM, les études techniques de terrain n'ont pas encore été entamées.

III. OBJECTIFS DU MEMOIRE

L'exploitation et la valorisation des ressources minérales industrielles constituent un enjeu majeur pour le développement économique. Parmi ces géo-ressources, les sables siliceux qui occupent une place de choix en raison de leurs multiples applications industrielles exigeantes, c'est dans cette optique de valorisation des ressources locales que s'inscrit la présente étude. Ce travail a pour objectif principal :

- Caractériser les propriétés granulométriques des sables à partir de la construction d'histogrammes et de courbes cumulatives, ainsi que par le calcul des différents indices granulométriques ;
- Estimer le potentiel géologique du gisement d'El Bouihi en sable siliceux ;
- Replacer les différents résultats obtenus dans le cadre économique ; ce qui valorise mieux l'articulation entre la qualité géologique du sable (substance utile) et sa rentabilité sur le marché.

IV. CADRE GEOGRAPHIQUE

A. Cadre géographique des Monts de Rhar Roubane

Les Monts de Rhar Roubane (ou Ghar Rouban) occupent la partie occidentale du domaine Tlemcénien ([ELMI, 1973](#)). Ils sont limités respectivement par (Fig. 01) :

- La Plaine de Maghnia au Nord ;
- Les Hautes Plaines de Magoura au Sud ;
- Les Monts de Tlemcen à l'Est (s. s.) ;
- la Frontière Algéro-marocaine à l'Ouest

Ces Mont sont subdivisés d'après [LUCAS en 1942](#) en quatre ensembles morphologiques bien distinct : Les Monts du Kef, région de Ras Asfour, Chaîne du Ténouchfi et Massif de Raouraï.

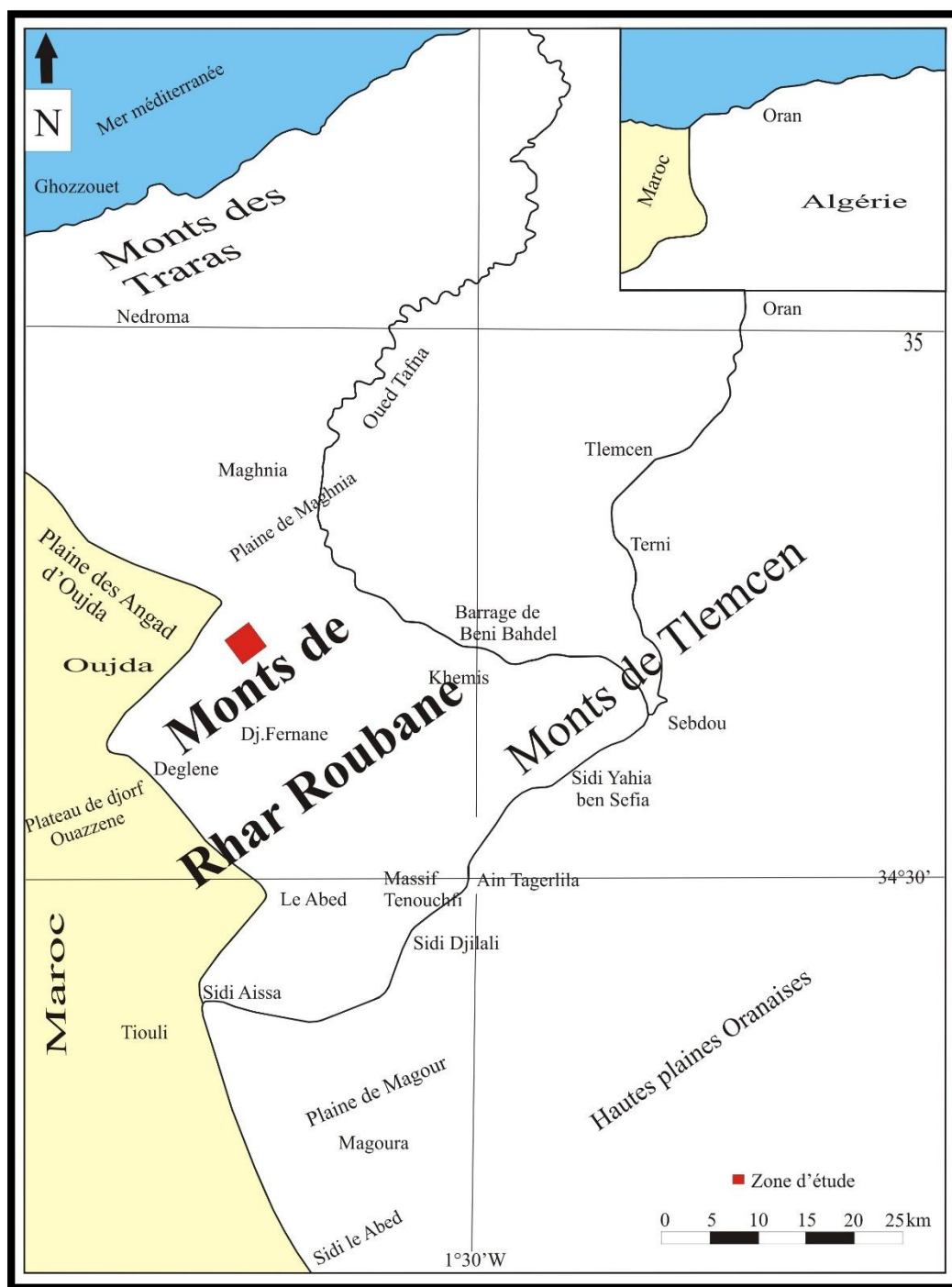


Fig. 01 : Localisation géographique des Monts de Rhar Roubane (d'après LUCAS, 1942)

B. Cadre géographique du secteur d'étude

Notre secteur d'étude concerne la commune d'El Bouihi. Cette dernière est localisée à environ 70 Km au Sud-Ouest de chef-lieu de la wilaya de Tlemcen et à environ 10 Km à l'ouest de la Daïra de Sidi Djillali. Il est limité au Nord par le village de Sidi El Abed, au Sud par la plaine de Magoura, à l'Ouest par la frontière Algéro-Marocaine (Fig. 02).

V. CADRE GEOLOGIQUE

A. Cadre géologique des Monts de Rhar Roubane

1. Sur le plan stratigraphique

Les Monts de Rhar Rouban se distinguent par deux ensembles structuraux, séparés par une discordance (Fig. 02) : Le socle paléozoïque, comprenant des formations sédimentaires et volcaniques plissés à l'Hercynien, et recoupé par des venues magmatiques. Une série mésozoïque, discordante sur la précédente, comprenant des dépôts du Jurassique inférieur, moyen et supérieur. Dans le détail, la série lithostratigraphique des Monts de Rhar Roubane est résumée comme suite :

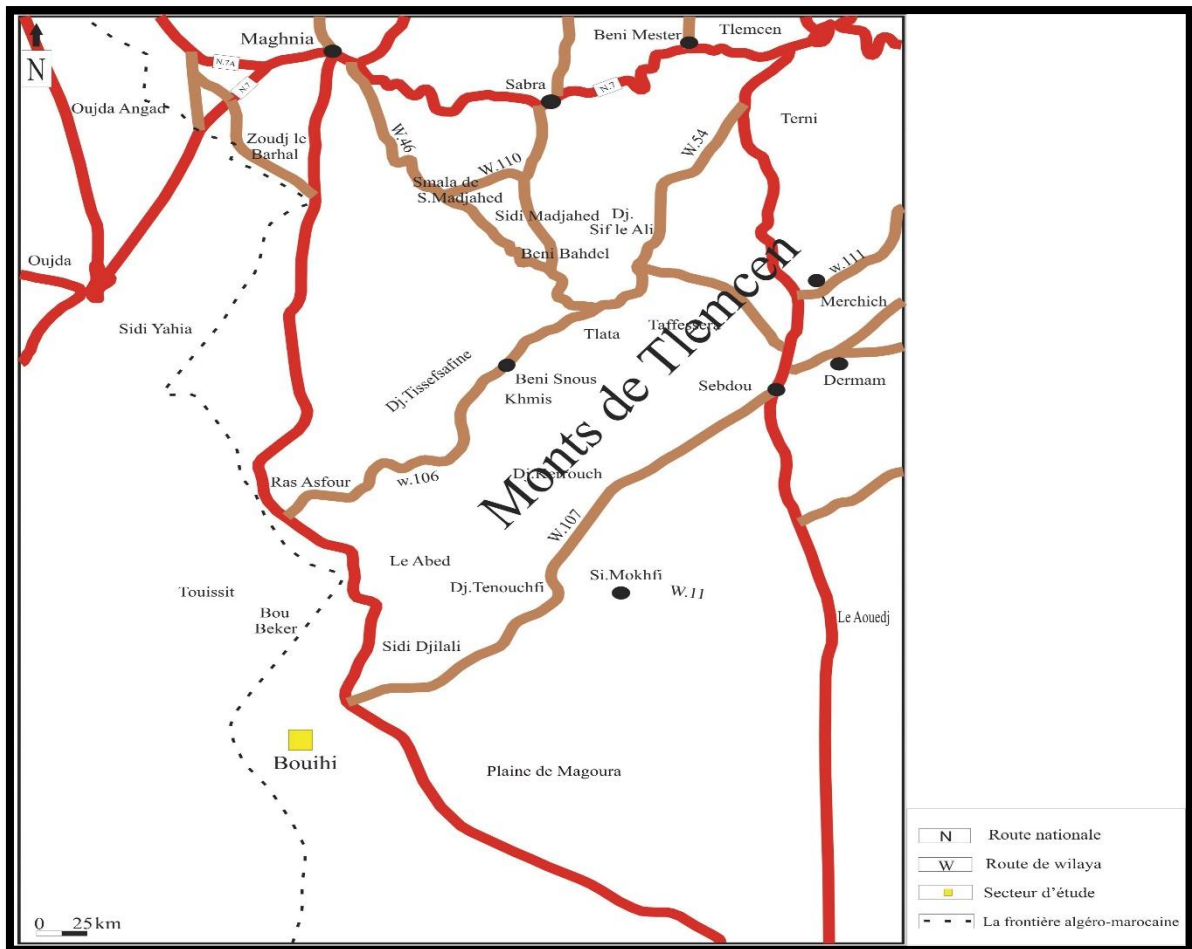


Fig. 02 : Localisation géographique du secteur d'étude

1.1. Le Paléozoïque

Le socle Paléozoïque est formé généralement par des roches magmatiques, filonien et de roches métamorphiques essentiellement des schistes et quartzites.

1.2. Le Mésozoïque

1.2.1. Le Trias

Il est constitué par un conglomérat rouge à galets de roches volcaniques (au Sud de Ghar Roubane), et marnes bariolées gypsifères (Hassi Si M'hamed, Mkam sidi Abdelkader et Koudiat El Melaha).

1.2.2. Le Jurassique

Il est représenté par ces trois systèmes. Dans un ordre ascendant, nous distinguerons les unités lithostratigraphiques suivantes :

-- **Jurassique inférieur (Lias) :** Marqué par des discontinuités et des lacunes, le Jurassique inférieur se repose directement sur le socle primaire à n'importe quel niveau. Son organisation est structurée de part par l'axe médian du seuil de Fernane. Ainsi, le horst oriental (à l'est) abrite un Toarcien condensé mais fossilifère en ammonites, tandis que le horst occidental (à l'ouest) se compose de marnes de milieux calmes et protégés, riches en petits brachiopodes (MEKAHLI, 1988).

- **Jurassique moyen (Dogger) :** Caractérisé par une importante hétérogénéité des faciès, le Dogger voit la zone d'Oujda-Sebdou évoluer en une vasière profonde à gorgonidés. Subissant une forte subsidence (130 à 313 m de boues terrigènes sub-bathyales selon LUCAS, 1942), cette zone subissait l'action de courants océaniques érodant le talus continental SW et ses annexes (horst de Rhar Roubane, NE des horsts occidentaux), en même temps que s'y déposaient de minces pellicules ferrugineuses lacunaires. Plus au sud, l'accentuation de la subsidence a permis l'accumulation des épaisses dolomies du Tenouchfi et du Sidi El Abed. Plus

Vers le Callovien, la mise en place d'une sédimentation flyschœide (les « argiles de Saïda ») s'affranchit des reliefs environnants et perdure jusqu'à l'Oxfordien inférieur (ELMI et BENEST, 1978).

- **Jurassique supérieur (Malm) :** Les premiers dépôts du Malm sont attachés à l'Oxfordien avec la mise en place d'une sédimentation argilo-gréseuse « Fm Grès de Boumedien ». Ils sont suivis par des calcaires massifs et compactés montrant des laminites mécaniques et des géodes de calcites « Fm Calcaire de Zarifet ». Le Jurassique terminal est représenté par une épaisse corniche dolomitique de teinte rougeâtre « Fm Dolomie de Tlemcen ».

B. Cadre géologique du secteur d'étude

1. Sur le plan stratigraphique

Notre secteur étude est formé essentiellement par trois principales formations qui sont de bas en haut :

1.1. Argile de Saida

Elle forme le soubassement des reliefs affleurant dans cette zone. Elle est observée dans la partie septentrionale de la région d'El Bouihi et plus précisément au Nord de la mine El Abed. Il s'agit d'une épaisse série argileuse interrompue par des niveaux carbonatés ou gréseux.

1.2. Grès de Boumedien

Cette formation domine tous les affleurements observés dans cette zone. Elle représenté par une alternance irrégulière des couches d'argile verdâtre et banc de grès rougeâtre. Ce dernier se présente en bancs métriques, mal stratifiés, montrant des litages horizontaux plans et obliques.

1.3. Calcaire de Zarifet

Il s'agit d'une barre carbonatée, d'épaisseur métrique, plus ou moins dolomitisée, clôturant la formation précédente.

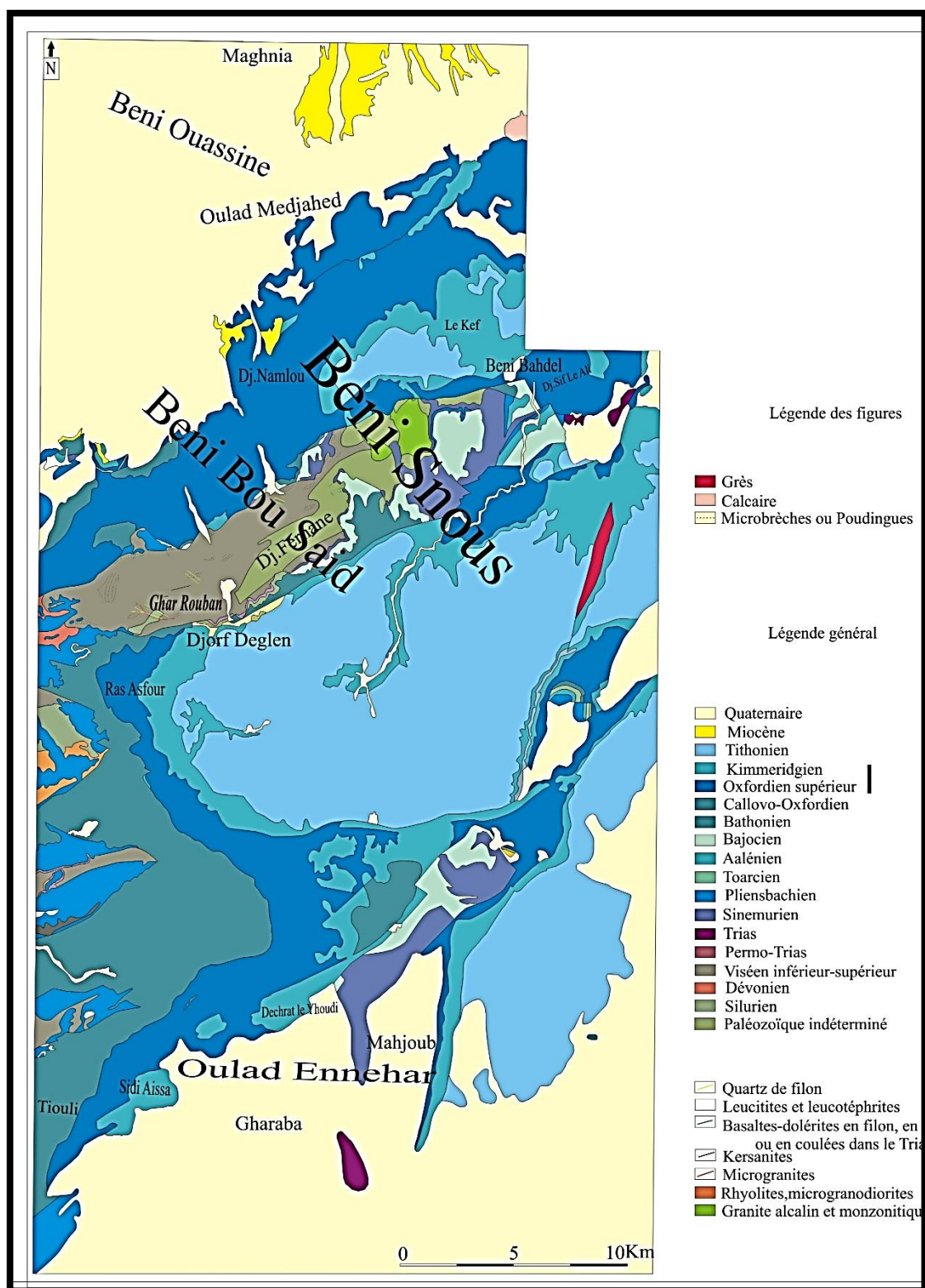


Fig. 03 : Carte géologique des Monts de Rhar Roubane (d'après LUCAS, 1942)

1.4. Le Quaternaire

Ce sont généralement des dépôts détritiques et en particulier de sable. Ce dernier est représenté par des lentilles décamétriques de sable siliceux répartis dans la plaine de Magoura. Ces lentilles sableuses sont emballées dans une série argileuse.

2. Sur le plan tectonique

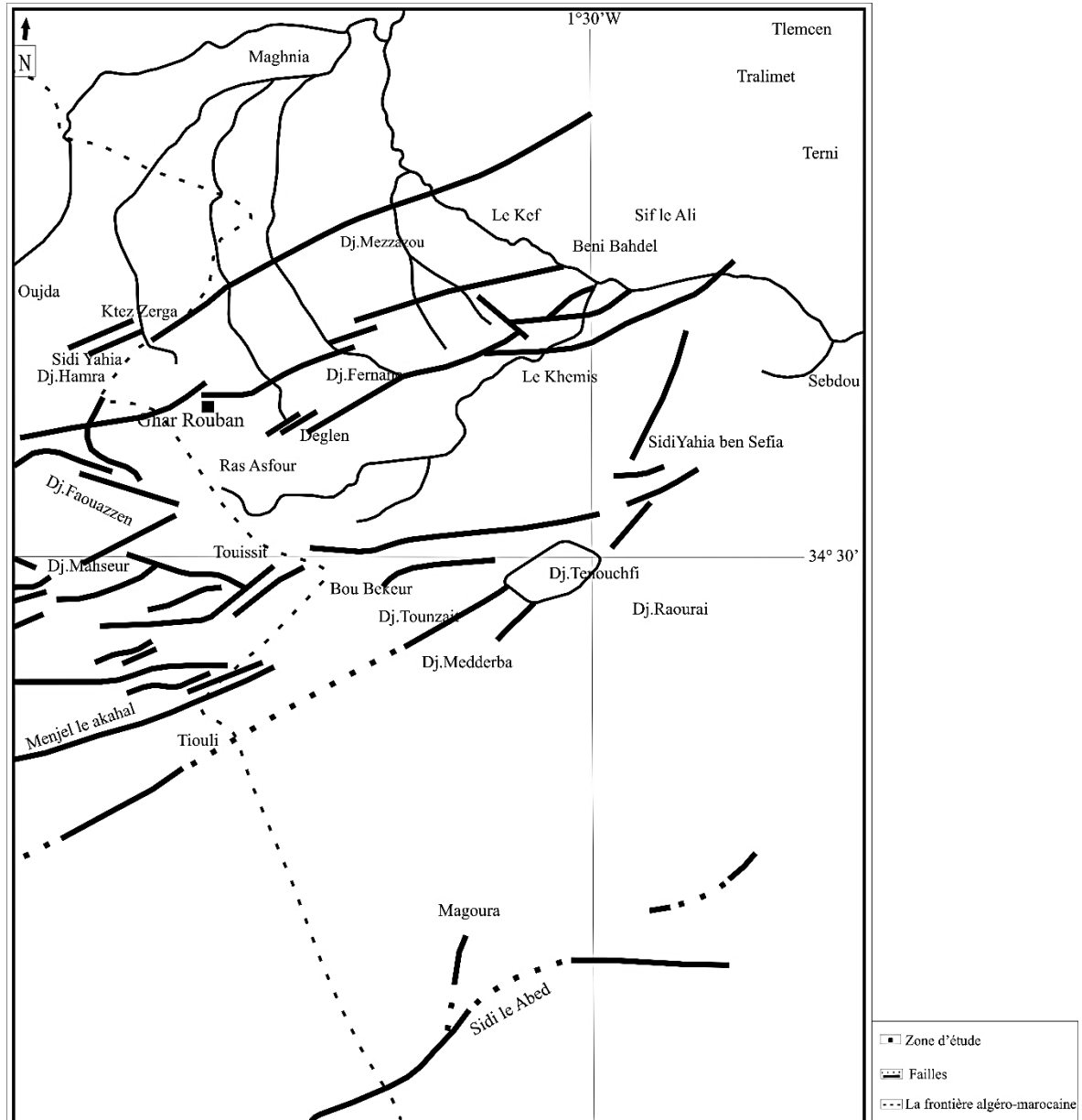


Fig. 04 : Carte structurale des Monts de Rhar Roubane (d'après LUCAS, 1952)

VI. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Les résultats exposés dans ce mémoire découlent des observations et des analyses réalisées soit sur le terrain, soit au laboratoire.

A. Travaux de terrain

Le travail de terrain est consacré à l'étude géologique de site à partir d'un levé de coupe synthétique. Ce levé est accompagné d'un échantillonnage selon d'une équidistance de 25 m dans les niveaux gréseux. Le prélèvement des échantillons est se fait selon des stations de prélèvement de 1 m² où on creuse jusqu'au 0,60 m pour prendre les bons échantillons (Fig. 05 A-B). Ces échantillons sont mis dans des sachets numéroté. (Fig. 05 C).



Fig. 05 : Méthode d'échantillonnage.

A- Maille de 1 m² ; B- Vue panoramique ; C- 01 kilogramme de sable prélevé dans un sac plastique.

B. Travaux de laboratoire

La caractérisation des échantillons de sable s'articule autour de deux analyses complémentaires : la granulométrie et la morphoscopie.

Les essais granulométriques ont été menés au sein du laboratoire « 3G » à l'Université de Tlemcen. Après un séchage préalable des échantillons à l'étuve à 50 °C (Fig. 6-A), le sable est introduit dans une colonne de tamis superposés par ordre décroissant d'ouverture de maille (Fig. 6-B). L'ensemble est ensuite soumis à des vibrations mécaniques pendant dix minutes. À l'issue du tamisage, les refus de chaque tamis sont soigneusement récupérés, pesés et étiquetés (Fig.06).

Les pourcentages des refus cumulés sont ensuite calculés en additionnant successivement les refus de chaque tamis. Enfin, la courbe granulométrique est tracée sur un graphique semi-logarithmique, en reportant le pourcentage des refus cumulés en ordonnée (échelle arithmétique) et le diamètre des mailles en abscisse (échelle logarithmique).

Par ailleurs, l'analyse morphoscopique se concentre sur l'examen de la forme et de l'aspect de la surface des grains de sable, permettant ainsi de reconstituer leur mode transport.



Fig. 06 : Protocole méthodologique de l'analyse granulométrique et morphoscopique : illustrations des différentes étapes opératoires.

A- Etuve de séchage ; B- Tamiseuse mécanique ; C- Loupe binoculaire ; D-E- Exemples d'analyse morphoscopique.

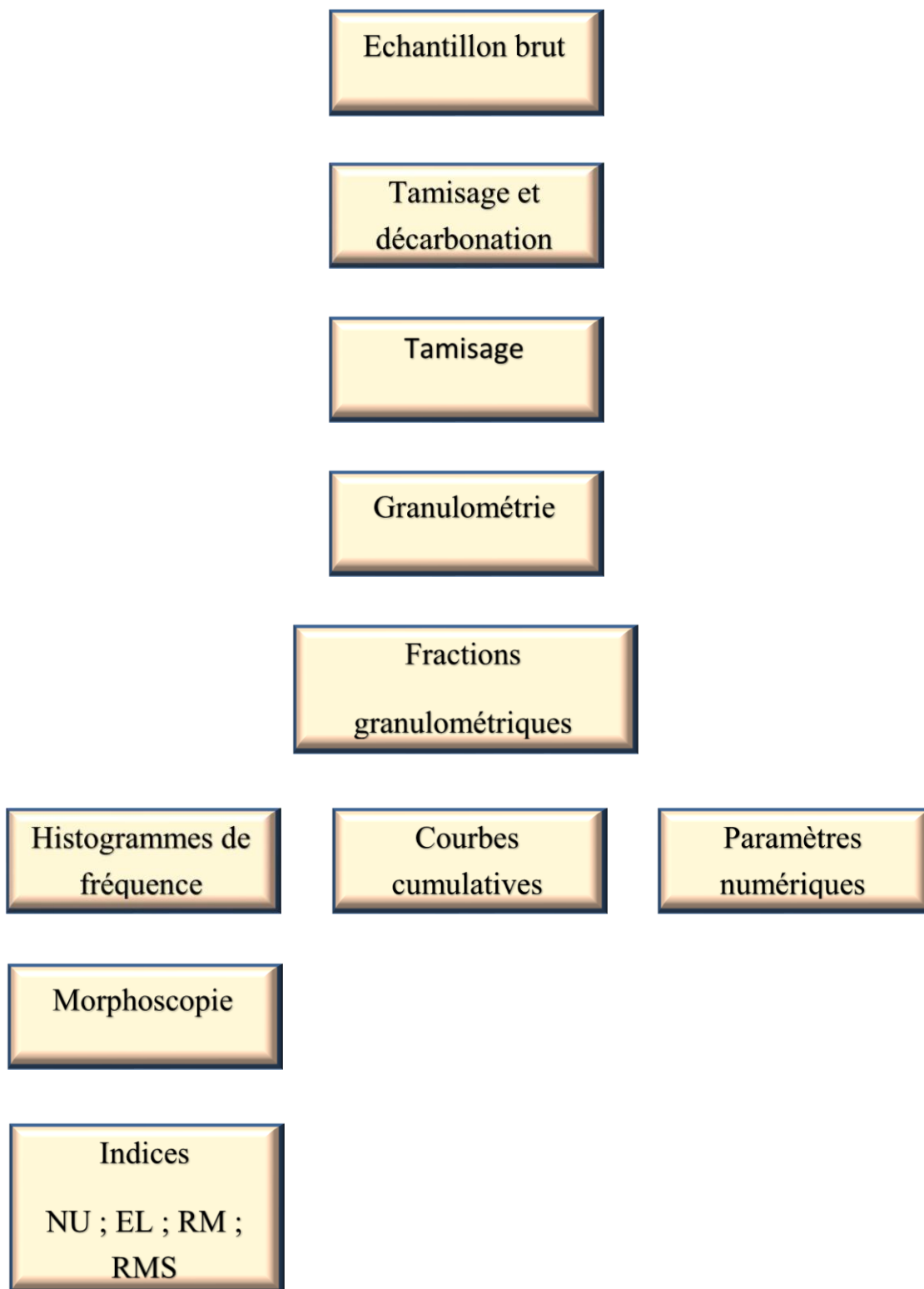


Fig. 07 : Méthode d'analyse au laboratoire

**Deuxième chapitre : GEOLOGIE DE LA
CARRIERE**

I. INTRODUCTION

L'objectif principal de ce chapitre est focalisé à la détermination de la qualité granulométrique des grains formant le nouveau gisement de sable siliceux, ainsi les différentes caractéristiques granulométriques qui caractérisent ce sable à partir de l'interprétation des indices et des graphes réalisés. A la fin, nous essayons de comprendre le mode de transport de ces grains de sable.

II. CADRE GEOGRAPHIQUE DE LA CARRIERE

Du point de vue géographique, le gisement de sable siliceux d'El-Bouihi est situé à 500 m au Nord Est de la commune El Bouihi, à proximité immédiate de la zone urbaine, (Fig. 08). Cette localisation géographique favorable constitue un atout logistique non négligeable pour une éventuelle exploitation, réduisant les contraintes de transport et facilitant le raccordement aux voies de communication existantes.

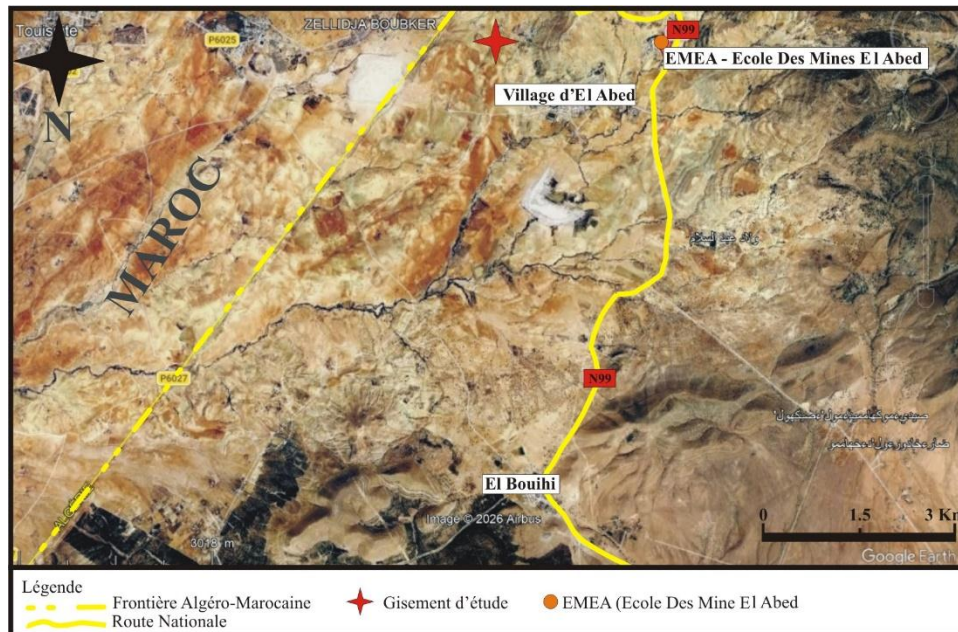


Fig. 08 : Image satellitaire montrant le positionnement de la carrière (Google Earth, 2026)

III. ETUDE GEOLOGIQUE DE LA CARRIERE

A. Structure de gisement

Le secteur proposé comme gisement de sable siliceux est dominé par la formation deltaïque des grés de Boumédien. Il est représenté par une épaisse barre gréseuse de teinte rougeâtre qui s'alterne avec des combes argileuses de couleur verdâtre. La stratification des barres est presque horizontale selon un axe d'orientation Nord-Sud avec un très faible pendage vers l'Est.

Au point de vue tectonique, dans cette zone, nous avons observé une grande faille qui travers ce secteur. Il s'agit d'une faille normale, à pendage faible de direction Est-Ouest (Fig. 09).



Fig. 09 : Faille normale subhorizontale de direction Est-Ouest

B. Lithologie de gisement

Le site proposé comme gisement de sable siliceux est constitué par deux barres gréseuses qui alternent avec deux combes d'argile verdâtre (Fig. 10).

Les barres gréseuses sont formées par l'empilement de bancs décimétriques à métriques de grès massifs, très friables, présentant une teinte rougeâtre à la patine et blanchâtre à la cassure. Ces niveaux gréseux, qui présentent souvent une géométrie stratiforme, montrent des litages plans horizontaux. L'examen à la loupe de ce faciès indique la dominance de grains de quartz subarrondis, de granulométrie fine à moyenne, unis par une très faible proportion de ciment argileux.

Les argiles affichent une couleur verdâtre et un toucher plus ou moins grumeleux. Elles admettent, par endroits, de fines intercalations gréseuses.

L'ensemble est surmonté par une dalle de calcaire dolomitique d'une épaisseur de 0,5 m. Cette dalle appartient à la Formation des Calcaires de Zarifet

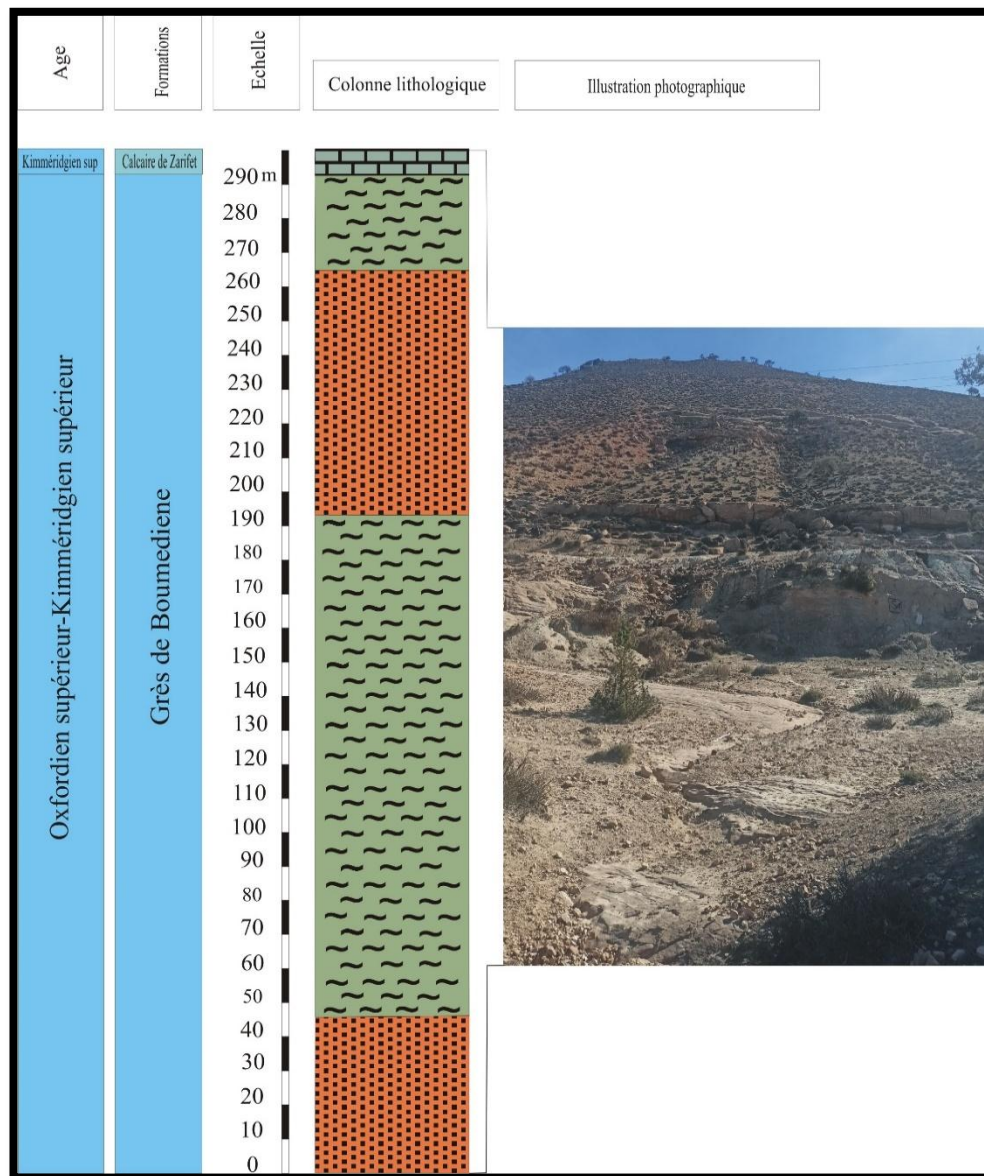


Fig. 10 : Succession lithologique du gisement de sable siliceux de Bouihi.

Troisième chapitre : ETUDE QUANTITATIVE

I. INTRODUCTION

Ce chapitre repose sur l'analyse granulométrique, tout en prenant en considération la classification des grains selon leur dimension, leur morphologie, leur aspect de surface ainsi que leurs stigmates d'usure.

II. ETUDE GRANULOMETRIQUE

L'objectif principal de cette étude est de caractériser les milieux de sédimentation de ces fractions sableuses et d'en déduire les modes de transport associés. Cette démarche

S'appuie sur l'exploitation des diagrammes représentatifs issus de six échantillons prélevés au niveau du gisement.

A-Représentation graphique

1-Histogramme et courbes de fréquences

D'après la figure (12), nous remarquons que tous les histogrammes des six échantillons sélectionnés de ce nouveau gîte de sable siliceux d'El Bouihi ont une distribution unimodale. De plus, il s'avère que l'analyse des données permet de constater une existence d'une homogénéité de taille entre les grains de quartz formant ce sable, et que les éléments de ce dernier sont bien triés et moins étalés. L'examen de ce sable met en évidence que les grains de quartz montrent une taille plus fine, comprise entre 250 μm et 125 μm .

2- Les courbes cumulatives

La construction de ces graphes consiste à reporter le pourcentage cumulé en ordonnée en fonction des ouvertures de maille des tamis en abscisse. Cette représentation permet d'extraire les paramètres statistiques fondamentaux, notamment les quartiles correspondant aux percentiles de 25 %, 50 % (médiane) et 75 %.

Dans ce contexte, l'analyse des courbes cumulatives relatives aux six échantillons prélevés au niveau de la carrière d'El Bouihi révèle des tracés à allure sigmoïde marquée. Il ressort de la figure 13 un étirement prononcé de ces courbes associés à une asymétrie généralement positive. Cette signature morphologique traduit un meilleur classement des fractions fines par rapport aux éléments grossiers.

B-Représentation numérique

1- Paramètre de **TRASK**

Ce paramètre permet d'évaluer le degré de classement des sédiments analysés tout en se basant sur la déviation des quartiles tab. (1). Pour rappel, un sédiment est généralement considéré comme :

Tab. 1-Déviation des quartiles.

$S_o < 2,5$	Sédiment très bien classé
$2,5 < S_o < 3,5$	Sédiment normalment classé
$3,5 < S_o < 4,5$	Sédiment assez bien classé
$S_o > 4,5$	Sédiment mal classé

Il est à noter que
 $S_o = Q_3/Q_1$

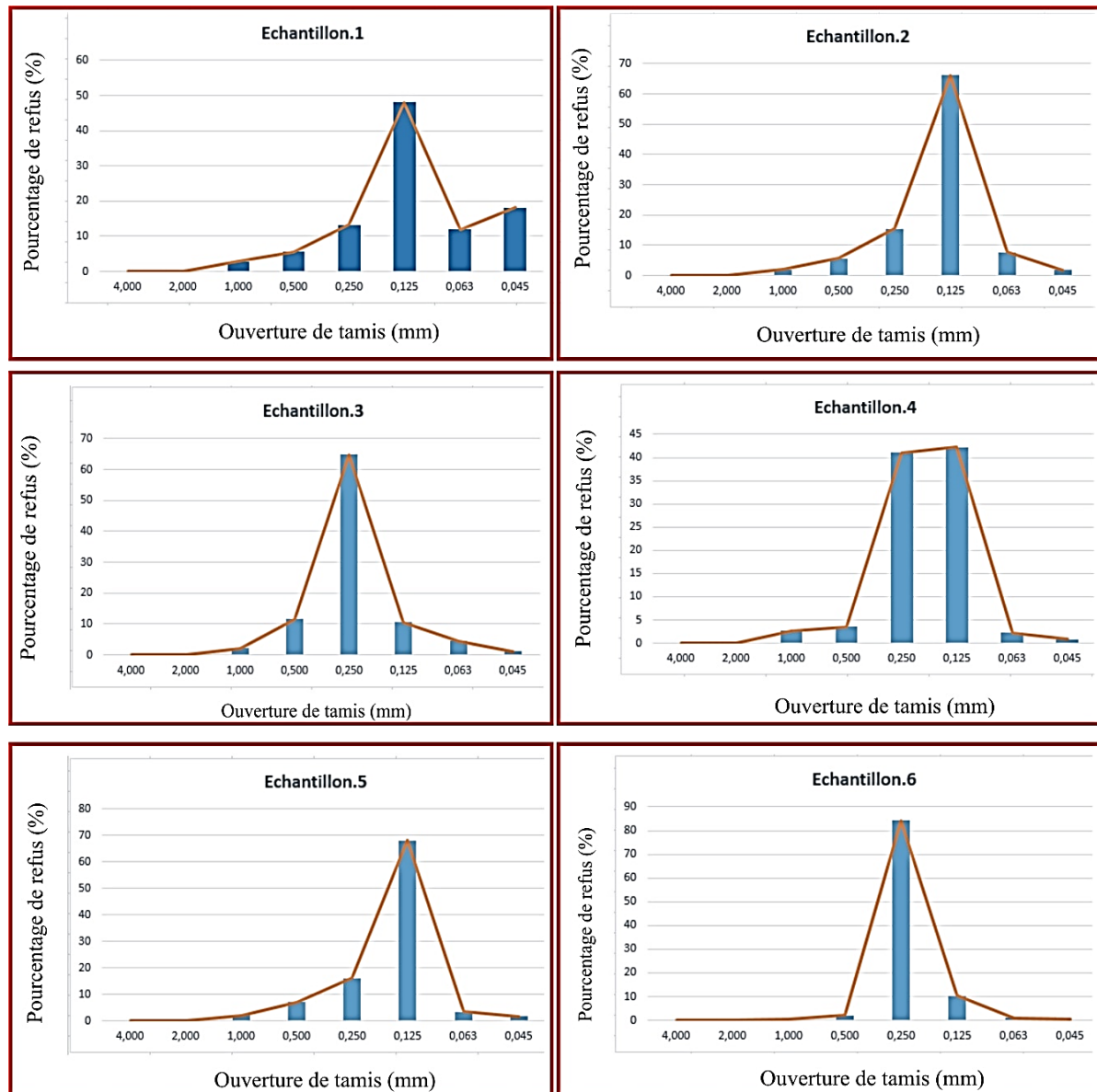


Fig. 11 : Distribution des fréquences granulométriques des six échantillons.

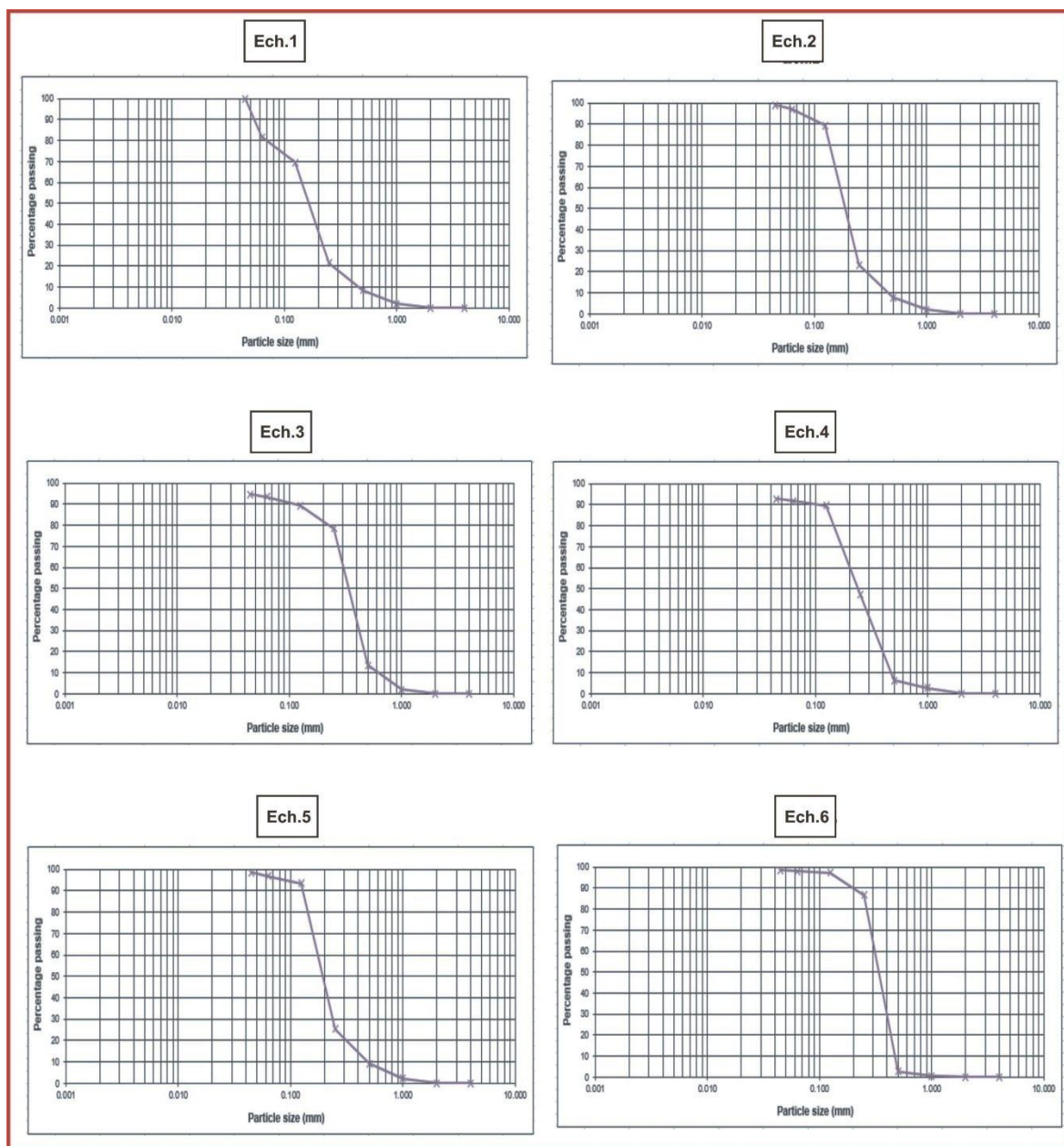


Fig. 12 : Tracé des courbes cumulatives des échantillons 1 à 6.

Le tableau 2 résume les calculs du coefficient de Trask des 6 échantillons de la sablière d'El Bouihi. Ces différentes valeurs indiquent un tri granulométrique satisfaisant, témoignant ainsi, d'un apport détritique assez homogène et d'une sédimentation régulière.

Tab. 2- Calcul et résultats du coefficient de Trask.

Echantillons	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6
Q1	0.09	0.15	0.26	0.17	0.15	0.28
Q3	0.25	0.24	0.45	0.38	0.27	0.41
SO	1.66	1.26	1.31	1.49	1.34	1.2

Par ailleurs, nous remarquons dans le tableau 1 que les valeurs obtenues des 6 échantillons de ce paramètre est inférieur à 2.5, cela signifie que ce sable est très bien classé. La représentation graphique des paramètres de Trask (Fig. 13) permet de valider la qualité du tri granulométrique des sédiments.

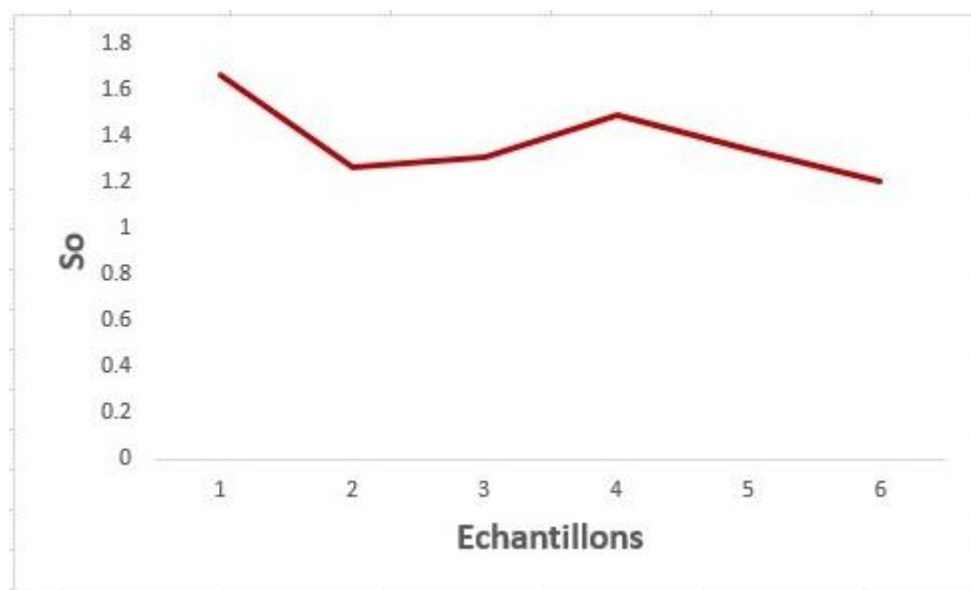


Fig. 13 : Visualisation graphique des paramètres de Trask.

2- Indice d'asymétrie **SK (SKEWNESS)**

Pour avoir une idée claire sur le classement des particules fines par rapport aux particules grosses ; on utilise la formule suivante :

$$SK = (Q1. Q3) / Md2$$

Les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tab. 3- Valeurs de calcul de l'indice d'asymétrie.

Echantillons	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6
Q1	0.09	0.15	0.26	0.17	0.15	0.28
Q3	0.25	0.24	0.45	0.38	0.27	0.41
Md	0.17	0.18	0.34	0.24	0.19	0.35
Md²	0.028	0.032	0.115	0.057	0.036	0.122
Sk	0.8	1.12	1.01	1.13	1.12	0.94

Cependant, Il convient de noter que ce coefficient exprime l'asymétrie par rapport à la médiane (Md) (tableau 4)

Tab. 4- Indice d'asymétrie « Skewness »

Indice d'asymétrie SK	Interprétation
SK= 1	le mode coïncide avec le diamètre moyen
SK > 1	le classement est maximal du côté fin
SK < 1	le classement est maximal du côté grossier

Les résultats indiquent une prédominance d'échantillons présentant un Skewness positif ($Sk_i > 1$), caractérisant ainsi un enrichissement d'une asymétrie marquée vers les fractions fines. À l'inverse, les échantillons 1 et 6 affichent des valeurs inférieures à l'unité, traduisant une asymétrie vers les fractions grossières.

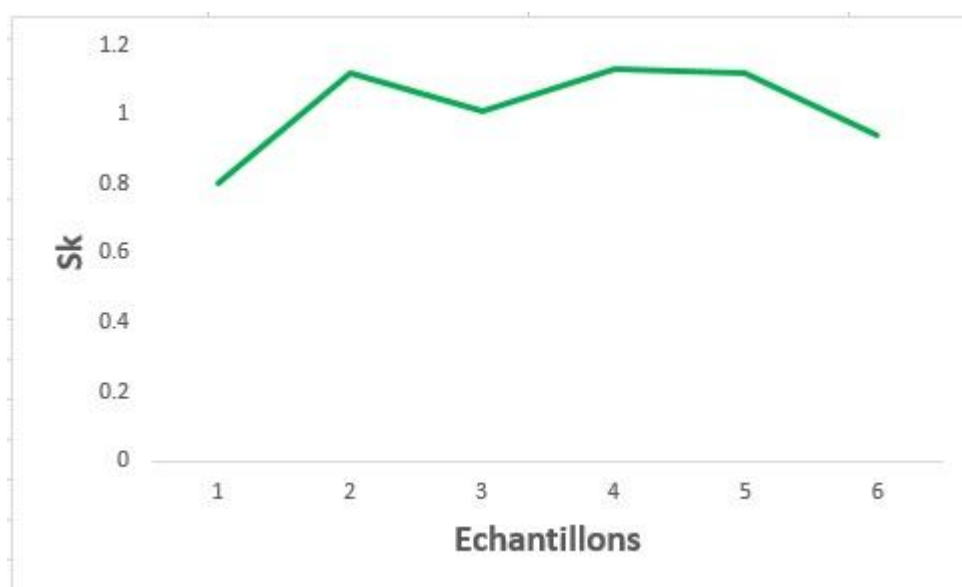


Fig. 14 : Visualisation graphique des paramètres de Skewness.

3- Paramètre de **BIETLOT**

3.1-Indice de classement (C2)

Les résultats du calcul de l'indice de classement (C2) sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tab. 5- Valeurs de calcul de l'indice de classement (C2).

Echantillons	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6
Md	0.17	0.18	0.34	0.38	0.27	0.35
Mdv2	0.24	0.25	0.48	0.53	0.38	0.49
Md/v2	0.12	0.13	0.24	0.26	0.19	0.25
Y1	0.25	0.22	0.1	0.08	0.12	0.09
Y2	0.7	0.71	0.22	0.2	0.4	0.22
C2	0.45	0.49	0.12	0.12	0.28	0.13

En observant la figure 15, nous déduisons que l'analyse des résultats révèle que l'ensemble des valeurs de l'indice de classement (C2) demeure inférieur à 1. Cela dit, la représentation graphique montre une position systématique de ces valeurs au-dessus de la courbe médiane. Cette configuration traduit une excellente homogénéité granulométrique, témoignant ainsi d'un très bon classement des sables étudiés.

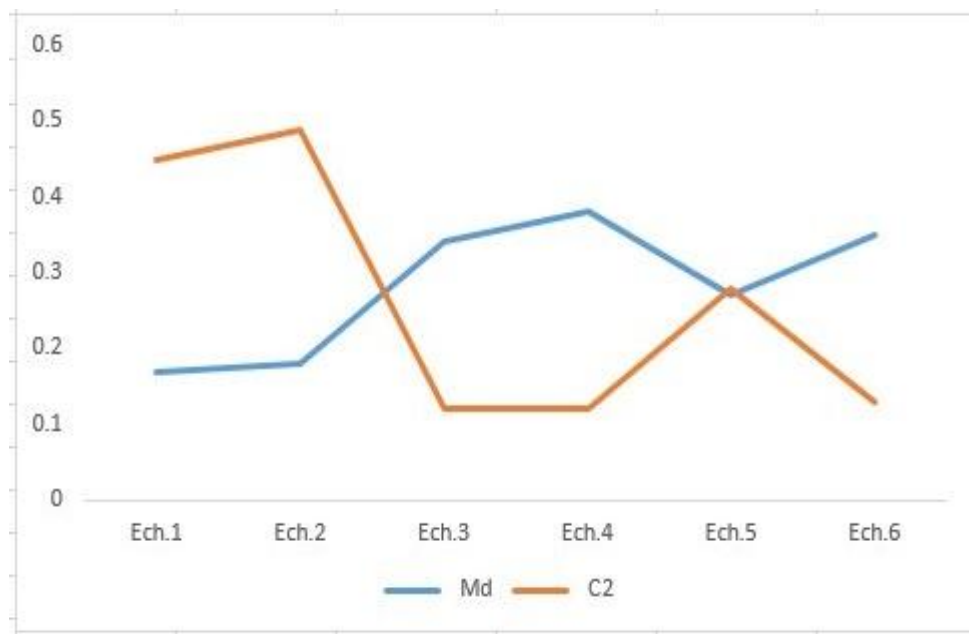


Fig. 15 : Visualisation graphique de l'indice de classement (C2).

3.2-Indice d'asymétrie (A2)

Nous avons résumés les résultats du calcul de (A2) pour les 6 échantillons étudiés dans le tableau. 6.

Tab. 6- Valeurs de calcul de l'indice d'asymétrie (A2)

Echantillons	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6
Y1	0.25	0.22	0.1	0.08	0.12	0.09
Y2	0.7	0.71	0.22	0.2	0.4	0.22
C'2	0.2	0.21	-0.28	-0.3	-0.1	-0.28
C''2	0.25	0.28	0.4	0.42	0.38	0.41
A2	-0.05	-0.07	-0.68	-0.72	-0.48	-0.69

Le résultat ainsi obtenu révèle que l'ensemble des valeurs de l'indice (A2) est négatif, témoignant d'une meilleure sélection granulométrique au sein de la fraction fine des sédiments étudiés. La distribution graphique de cet indice d'asymétrie (A2) est illustrée dans la figure ci-dessous (Fig. 16).

4- Données granulométrique et mode de transport (Diagramme CM de Peiry, 1988)

Grâce à ces deux fractiles ; la médiane (Md) et le centile le plus grossier de sédiment, nous avons pu construire un diagramme (CM) par lequel on peut déduire plusieurs modes de transport.

Sur le Diagramme CM de Peiry (1988) (d'après HOUBRECHTS et *al.*, 2013) on a reporté les données des 6 échantillons (fig. 17). Les résultats révèlent que les sables de la carrière proviennent d'un épisode terminal de remblaiement de l'extrémité d'un chenal récemment abandonné.

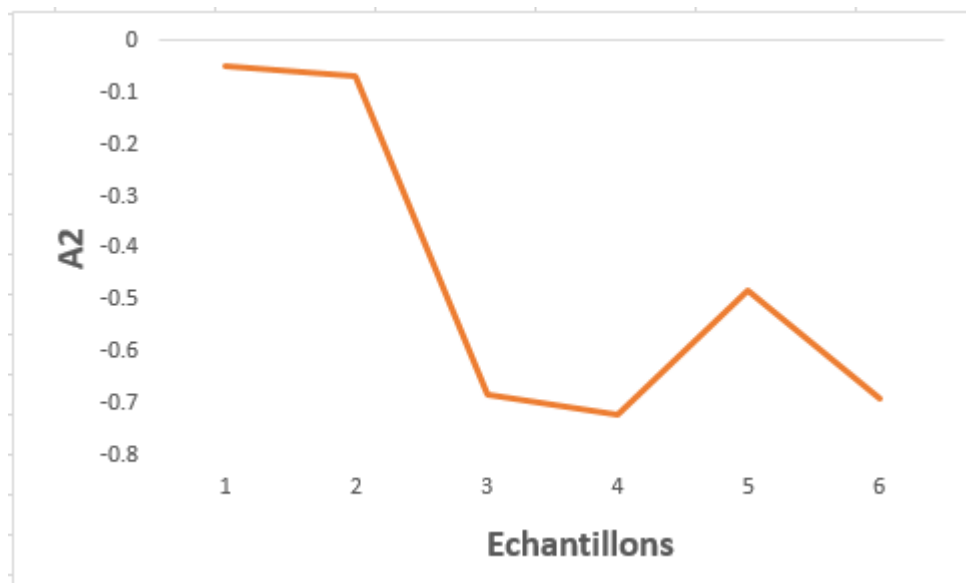


Fig. 16 : Visualisation graphique de l'indice d'asymétrie (A2).

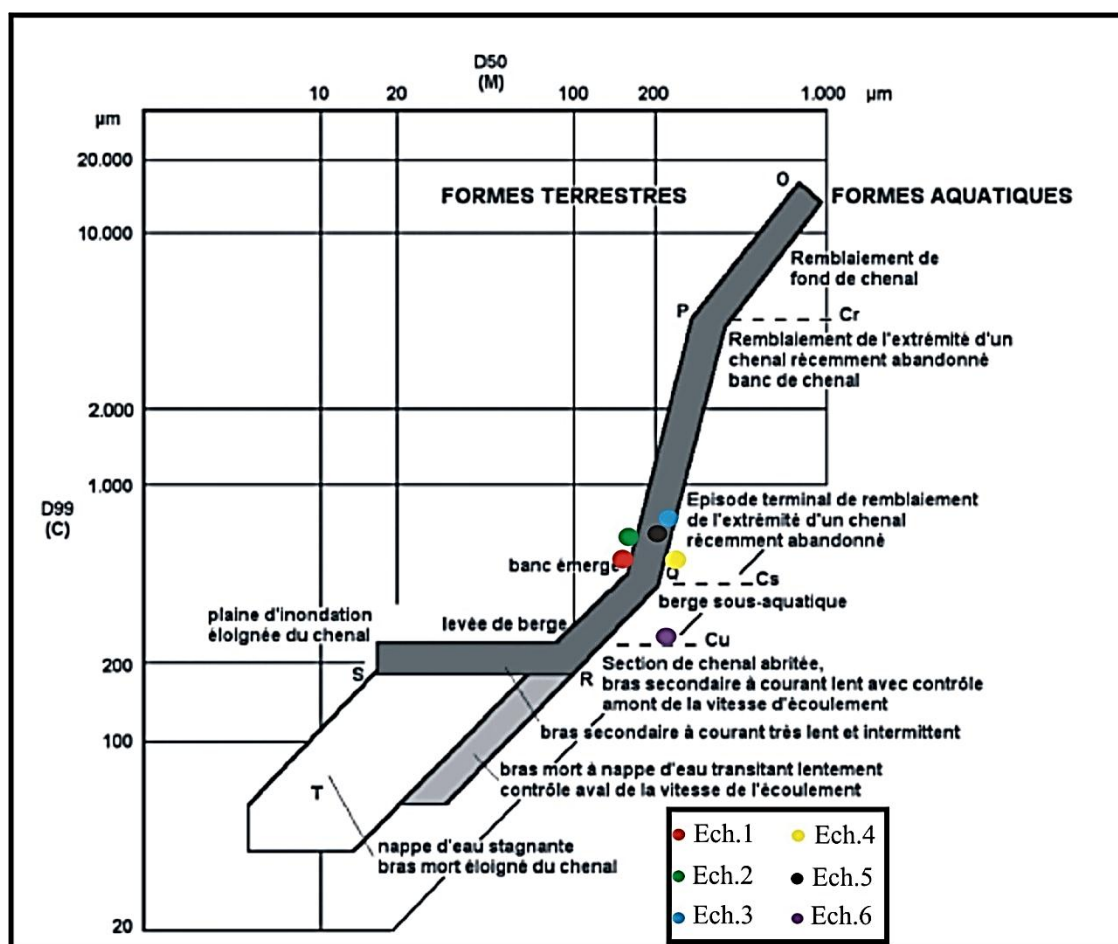


Fig. 17 : Visualisation et mode de transport et unités sédimentaires associées (d'après Peiry, 1988)

**Quatrième chapitre : ETUDE
MORPHOSCOPIQUE**

INTRODUCTION

Ce présent chapitre s'intéresse à l'étude qualitative et quantitative des grains de sable. Pour cela, nous nous sommes basés sur la classification de CAILLEUX (1945) et PETTIJOHN (1949) ; qui sont basées sur la surface des grains de sable.

II. ETUDE MORPHOSCOPIQUE

Avant d'exposer les résultats de cette étude, il est à signaler que la classification de Pettijohn repose sur le contour périphérique des grains de quartz. Pour cela, l'auteur distingue cinq catégories : les grains anguleux, sub-anguleux, sub-arrondis, arrondis et très arrondis. (Fig. 18-A)

Cependant, la classification de Cailleux s'appuie sur l'aspect sphérique et la brillance de surface des grains de quartz. Quatre classes se distinguent : non usés, émoussés luisants, ronds mats et ronds mats salis. (Fig. 18-B)

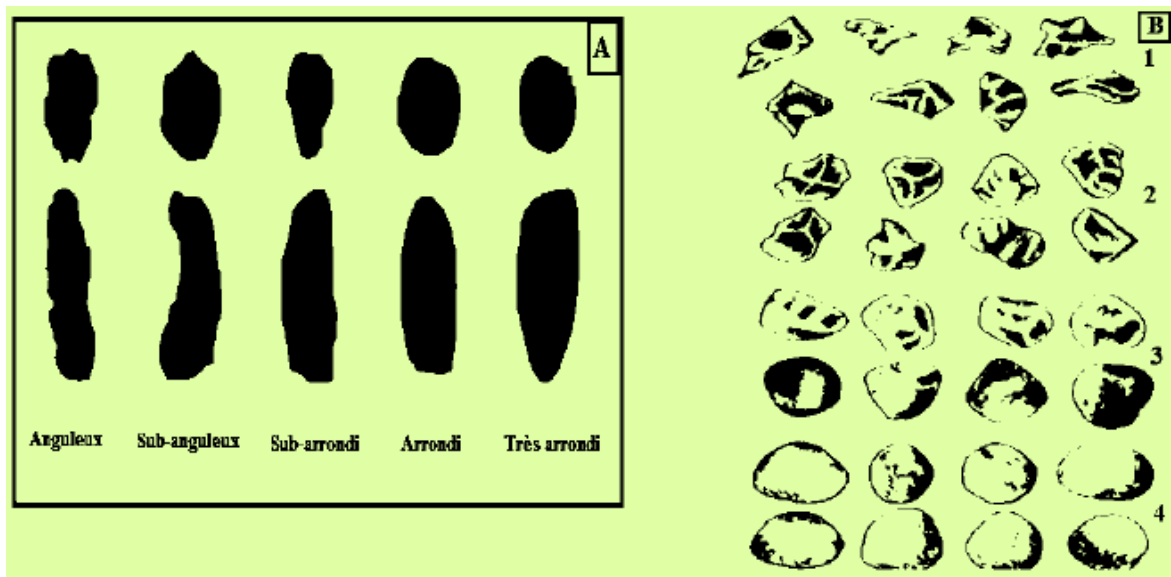


Fig. 18- Classification de PETTIJOHN (A) et CAILLEUX (B).

D'après les résultats obtenus des six échantillons prélevés du gisement de Bouihi, on observe une nette dominance des grains sub-arrondis (proportions comprises entre 78 % - 91 %). Par contre, les grains arrondis montrent des proportions assez faibles (9 % et 21,35 %). Il est à noter que les grains anguleux, sub-anguleux et très arrondis s'avèrent inexistant pour les six échantillons (Tabl. 7).

Tab. 7- Valeurs de calcul des analyses morphoscopiques (d'après PETTIJOHN , 1949).

Echantillon	Numéro de tamis (um)	Sub-arrondis (%)	Arrondis (%)
Ech.01	250	89	11
	125	81,32	18,68
Ech.02	250	91	9
	125	84,06	15,94
Ech.03	250	85,45	14,55
	125	80	20
Ech.04	250	78	22
	125	87,67	12,33
Ech.05	250	88	12
	125	84,98	15,02
Ech.06	250	78,65	21,35
	125	84,80	15,20

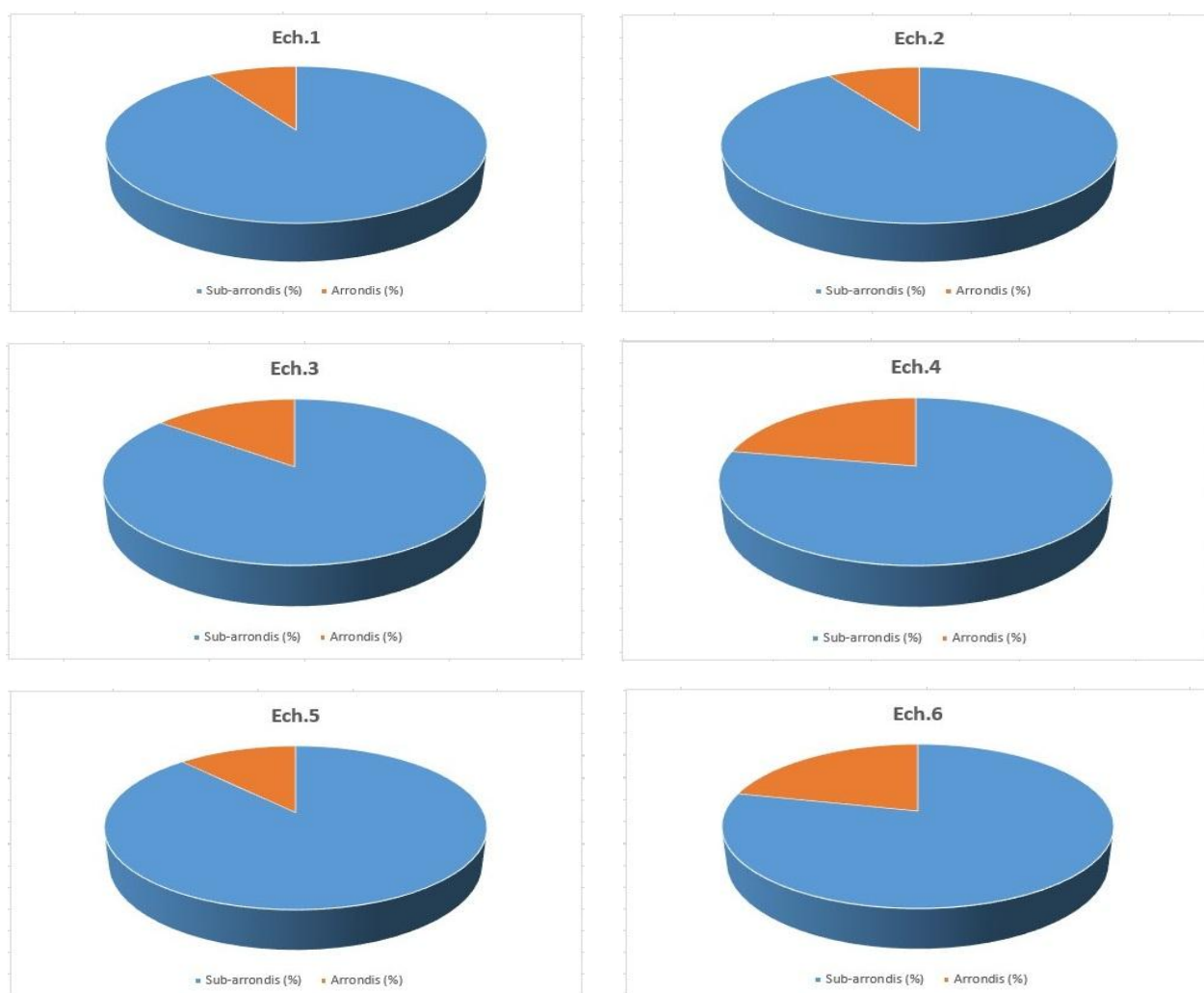


Fig 19 : Représentation graphique en secteurs des analyses morphoscopiques (250 um)
(d'après PITTJOHN, 1949)

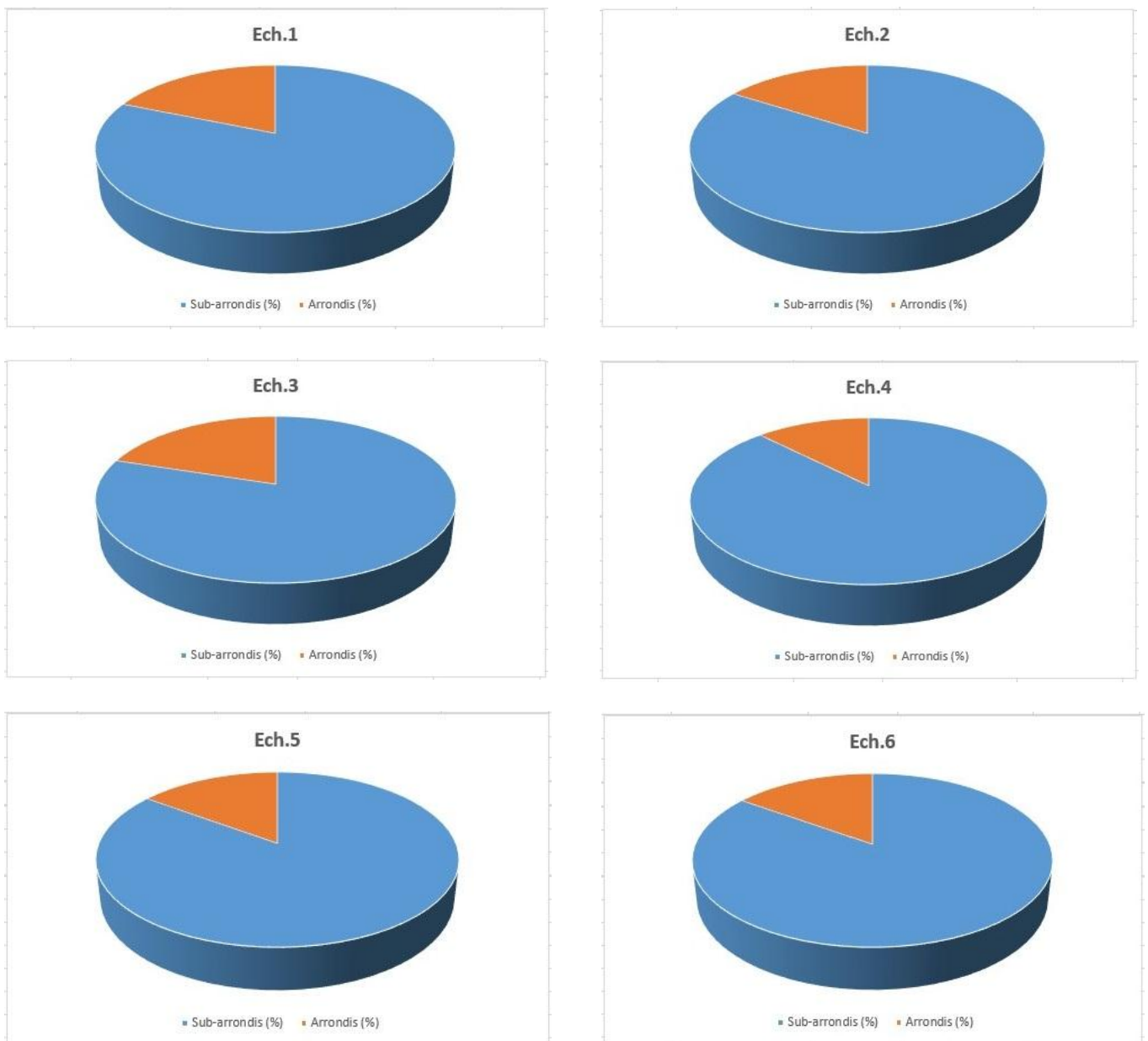


Fig 20 : Représentation graphique en secteurs des analyses morphoscopiques (125 μm)

(d'après PITTIJOHN, 1949)

Concernant la classification de CAILLEUX ; les résultats obtenus pour les 6 échantillons révèlent un fort pourcentage de grains émoussés luisants, compris entre 60 et 92% (tab. 8). Notons que CAILLEUX (1959) proposa à cet effet trois classifications :

- Si le pourcentage des émoussés luisants est $> 30\%$, l'usure par la mer est certaine;
- S'il est compris entre 20 et 30 %, elle est extrêmement probable ;
- Au cas où le pourcentage est $< 20\%$, il peut y avoir doute sur l'origine marine ou fluviatile.

En se basant sur les données cités ci-dessus, n peut constater que ces sables qui caractérisent les grains de quartz émoussé luisant de la carrière d'EL Bouihi est supérieur à 30% (fig. 21), ce qui implique une usure par la mer.

Tab. 8- Valeurs de calcul des analyses morphoscopiques (d'après Cailleux, 1945).

Echantillons	Numéro de tamis (um)	Emoussée luisant (%)	Rond mat (%)	Rond mat salis (%)
Ech.01	250	60	33	7
	125	64,52	30,63	4,85
Ech.02	250	71	29	1
	125	89,72	7,63	2,65
Ech.03	250	77,45	19,53	3,02
	125	69	30	1
Ech.04	250	90	8	2
	125	83,1	11,45	5,45
Ech.05	250	92	7	1
	125	68,37	27,67	3,96
Ech.06	250	70,07	18,59	11,34
	125	84,37	8,48	7,15

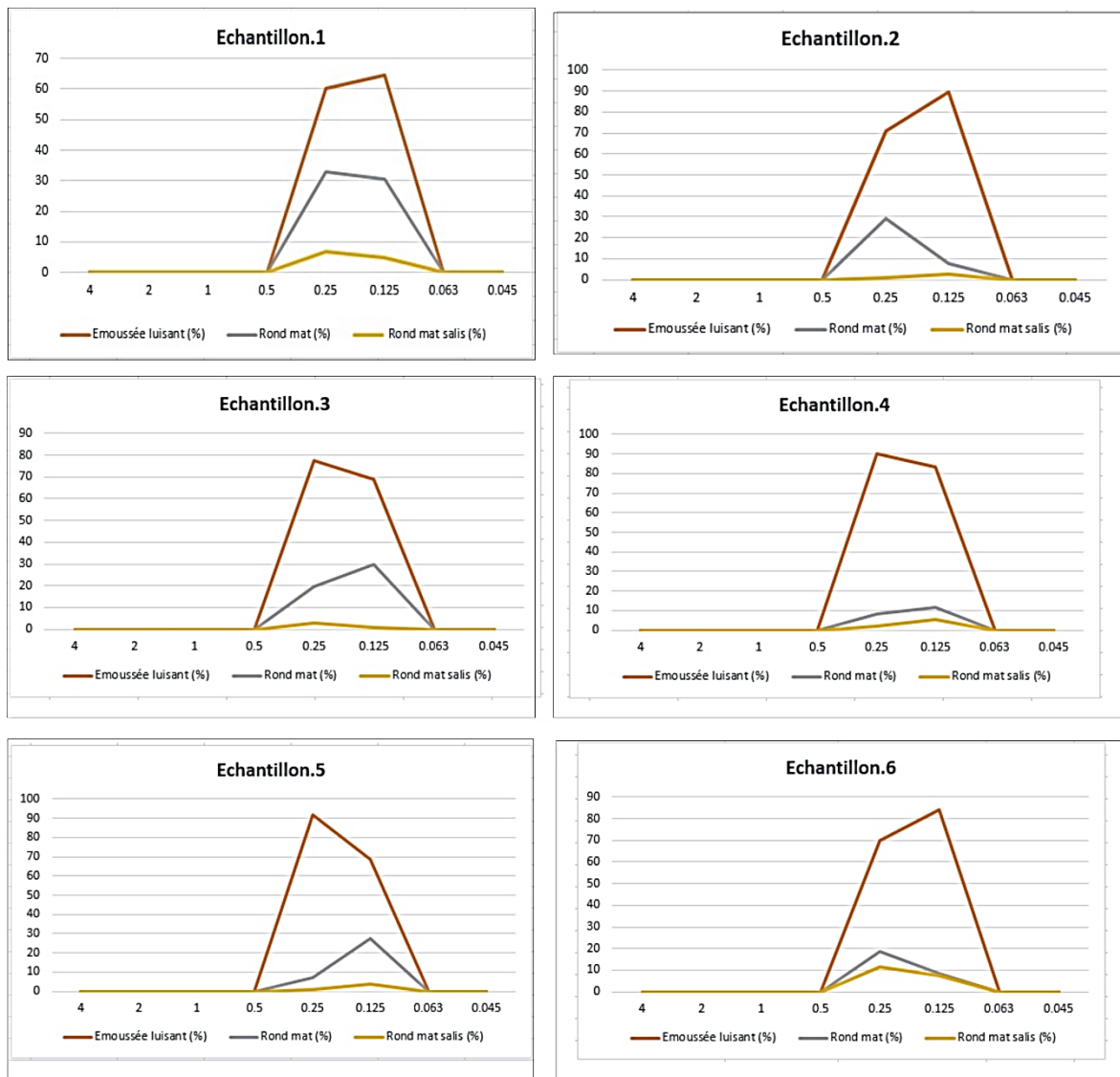


Fig. 21- Représentation graphique des analyses morphoscopiques (d'après Cailleux, 1945).

III. VALORISATION ET APPLICATIONS INDUSTRIELLES DU GISEMENT DE SABLE D'EL BOUHI

➤ Industrie de la Verrerie

Vu la nature siliceuse du sable ainsi que la pureté des grains de quartz ces deux caractéristiques en font la matière première indispensable pour la fabrication de verre plat, verre d'emballage (bouteilles, flacons) et de la verrerie industrielle.

➤ Fonderie (Sable de moulage)

Le bon classement des grains (indice de Trask < 2.5), la forme sub-arrondie, offrent une excellente perméabilité aux gaz tout en assurant un bon état de surface aux pièces coulées surtout pour la confection de moules et de noyaux pour la fonderie de métaux (ferreux et non ferreux).

➤ Industrie Céramique

La stabilité thermique et chimique du quartz, permettra à la fabrication de pâtes pour carreaux de céramique, d'articles sanitaires et de briques réfractaires.

➤ Filtration de l'Eau

D'après l'excellente homogénéité granulométrique (indices $C2 < 1$) et le tri rigoureux, ce sable peut être utilisé comme lits filtrants dans les stations de traitement, de purification et de dessalement de l'eau.

➤ Matériaux de Construction Spéciaux (Génie Civil)

Vu l'absence d'éléments grossiers et le classement satisfaisant. Ce sable peut être utilisé pour la formulation de mortiers industriels, de colles à carrelage, enduits de façade et de bétons à hautes performances.

➤ Traitement de Surface (Sablage)

La morphologie des grains de quartz permet une projection régulière et contrôlée. Décapage, nettoyage et préparation des surfaces métalliques, en béton avant peinture ou revêtement.

CONCLUSION GENERALE

L'exploration géologique effectuée sur le nouveau site de sable siliceux de la zone El Bouihi consiste à définir les caractéristiques granulométriques et chimiques de son assise utile comme un sable siliceux. Il se situe à 500 m au Nord Est de la commune d'El Bouihi. Le site ayant fait l'objet d'exploration est constitué par des dépôts deltaïque d'Oxfordien-Kimmeridgien « Fm Grès de Boumedien ».

Les résultats des analyses granulométriques obtenus tout en combinant l'analyse granulométrique et l'étude morphoscopique, ont permis de caractériser précisément la nature, l'origine et le potentiel de ce gisement siliceux.

D'après les résultats des analyses granulométriques, on constate que ce sable de la région d'El Bouihi est homogène et bien trié, très largement dominé par une seule classe de taille : sables fins. Cette uniformité suggère que le sédiment provient d'une source unique "apport détritique" et par la suite a été transporté puis déposé selon un processus dynamique stable et homogène.

Par ailleurs, l'indice d'asymétrie (skewness) se révèle positif, ce qui traduit une concentration plus marquée du côté des grains fins. Cette observation est argumentée par l'analyse des courbes cumulatives des six échantillons de ladite sablière : toutes présentent un profil sigmoïde en forme de « S » presque identique, attestant ainsi de la constance absolue des conditions de dépôt sur l'ensemble du gisement. Cependant, le diagramme CM de Peiry positionne ces sédiments dans le cadre d'un épisode de remblaiement terminal de chenal.

Concernant, l'étude morphoscopique qui est basée sur les classifications de Pettijohn et de Cailleux, ces derniers viennent de compléter ces observations en révélant une nette dominance de grains sub-arrondis et une proportion élevée de grains émoussés luisants (dépassant les 30 %). Cette signature morphologique confirme une usure marquée en milieu marin, tout en soulignant la maturité texturale du sable.

En somme, la pureté minérale de ce sable siliceux, couplée à son excellente homogénéité granulométrique et à la qualité de son classement, confère à ce gisement un potentiel de valorisation industrielle. Ces caractéristiques prédisposent particulièrement les sables d'El Bouihi à des utilisations notamment dans l'industrie verrière, les matériaux de construction de haute performance, les sables de fonderie ainsi que les systèmes de filtration des eaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUTERFA B, (1999) -Enregistrement sédimentologique et séquentiel des évènements détritiques Calloviens, Oxfordiens et Kimméridgiens dans les Monts de Rhar Roubane (Algérie occidentale). *Mémoire de Magister en Géodynamique des bassins sédimentaire*, Université d'Oran.

CAILLEUX A, (1945) -L'étude morphologique des sables et cailloux. *Annales de Géographie*, pp 116-117.

CHAA H, (2010) -Contribution à l'étude gîtologique des minéralisations karstiques du gisement d'El Abed (Tlemcen). *Mémoire de fin d'études d'ingénieur d'état en Géologie minière*, Université des sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 69 p.

ELMI S (1973) -Décrochements et mouvements atlasiques dans la région frontalière algéro-marocaine (Monts de Rhar Roubane).C.R.Acad.Sci , Paris, série D,t. 276 , pp. 1521-1524.

ELMI S., BENEST M (1978) - Les « argiles de Saida » : faciès flyschoïde du Callovo-Oxfordien du sillon tlemcénien (Ouest algérien), stratonomie, environnement, interprétation et évolution paléogéographie. In : Les sédiments, leur histoire, leur environnement et leur devenir. *Documents des laboratoires de Géologie* de la Faculté des Sciences de Lyon, Hors-série n 4,pp.203-261.

HOUBRECHTS G., HALLOT E., LEVEQ Y., DENIS A-C, CAMPENHOUT J. V., PEETERS A, PETIT F (2013) -IMAGES CM DE PASSEGA DES RIVIÈRES ARDENNAISES, *BSGLg*, 61, pp. 37-68.

LUCAS G (1942) -Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Roubane et du Sidi El Abed (frontière Algéro-Marocaine). *Bulletin de Service géologique de l'Algérie*, n°16 , 538-539 p. , 131 fig.

MEKAHLI L (1988) -Le Jurassique inférieur et moyen de la partie occidentale du Horst de Rhar Roubane (Tlemcen,Algérie occidentale) : stratigraphie, sédimentologie et cadre dynamique. *Thèse de Magister*, Université d'Oran, 245 p.

PEIRY J.-L. (1988) -Approche géographique de la dynamique spatio-temporelle des sédiments. L'exemple de la plaine alluviale de l'Arve (Haute- Savoie). *Thèse de Doctorat en Géographie et Aménagement*, Université Lyon 3, 378 p.

PETTIJOHN F (1949) -Sedimentary Rocks. Happer & Brothers Edit. New York, Vol. 1,526 p. 130 fig. , 138 tab.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Localisation géographique des Monts de Rhar Roubane	8
Figure 2 : Localisation géographique du secteur d'étude	9
Figure 3 : Carte géologique des Monts de Rhar Roubane (d'après LUCAS, 1942)	12
Figure 4 : Carte structurale des Monts de Rhar Roubane (d'après LUCAS, 1952)	13
Figure 5 : Méthode d'échantillonnage	14
Figure 6 : Protocole méthodologique de l'analyse granulométrique et morphoscopique : illustration des différentes étapes opératoires	15
Figure 7 : Méthode d'analyse au laboratoire	16
Figure 8 : Image satellitaire montrant le positionnement de la carrière (Google Earth, 2026)	17
Figure 9 : Faille normale subhorizontale de direction Est-Ouest	18
Figure 10 : Succession lithologique du gisement de sable siliceux de Bouihi	19
Figure 11 : Distribution des fréquences granulométriques des six échantillons	21
Figure 12 : Tracé des courbes cumulatives des échantillons 1 à 6	22
Figure 13 : Visualisation graphique des paramètres de Trask	23
Figure 14 : Visualisation graphique des paramètres de Skewness	24
Figure 15 : Visualisation graphique de l'indice de classement (C2)	25
Figure 16 : Visualisation graphique de l'indice d'asymétrie (A2)	27
Figure 17 : Visualisation et mode de transport et unités sédimentaires associées (d'après Peiry, 1988)	27
Figure 18 : Classification de PETTIJOHN,1949 (A) et CAILLEUX,1945 (B)	28
Figure 19 : Représentation graphique en secteurs des analyses morphoscopiques de 250 um (d'après PITTIJOHN, 1949)	29
Figure 20 : Représentation graphique en secteurs des analyses morphoscopiques de 125 um (d'après PITTIJOHN, 1949)	30
Figure 21 : Représentation graphique des analyses mophoscopiques (d'après CAILLEUX, 1945)	32

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Déviation des quartiles	21
Tableau 2 : Calcul et résultats du coefficient de Trask	23
Tableau 3 : Valeurs de calcul de l'indice d'asymétrie	24
Tableau 4 : Indice d'asymétrie « Skewness »	24
Tableau 5 : Valeurs de calcul de l'indice de classement	25
Tableau 6 : Valeurs de calcul de l'indice d'asymétrie (A2)	26
Tableau 7 : Valeurs de calcul des analyses morphoscopiques (d'après PETTIJOHN 1949) °	29
Tableau 8 : Valeurs de calcul des analyses morphoscopiques (d'après CAILLEUX 1945)	31

MEMOIRE DE MASTER

Type de Master : Professionnel

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géo-Ressources

Titre du mémoire : ETUDE GRANULOMETRIQUE ET MORPHOSCOPIQUE D'UN GISEMENT DE SABLE. EXEMPLE : GISEMENT D'EL BOUIHI

Auteurs : Manel BOUZHANE

Résumé

Situé dans les Monts de Rhar Roubane (wilaya de Tlemcen) à 500 m au Nord-Est de la commune d'El Bouihi, ce gisement rattaché aux dépôts deltaïques Oxfordien-Kimmeridgiens des « Grès de Boumedien » a fait l'objet d'une caractérisation géologique, granulométrique et morphoscopique afin d'estimer son potentiel de valorisation.

La méthodologie a combiné des levés de terrain avec des analyses de laboratoire (histogrammes, courbes cumulatives, coefficient de Trask, indices de Bietlot et d'asymétrie *skewness*, diagramme CM de Peiry, ainsi que les classifications morphoscopiques de Pettijohn et Cailleux).

Les résultats démontrent que les sables sont homogènes, bien triés et très largement dominés par les sables fins, témoignant d'un apport détritique stable et constant (rattaché à un épisode de remblaiement terminal de chenal). L'étude morphoscopique révèle une nette dominance de grains sub-arrondis et une forte proportion de grains émoussés luisants (> 30 %), confirmant une usure marquée en milieu marin et une grande maturité texturale. Grâce à cette pureté et à la qualité de son classement, le gisement dispose d'un fort potentiel de valorisation pour l'industrie verrière, la fonderie, la céramique, les matériaux de construction de haute performance et la filtration des eaux.

Mots clés : El Bouihi ; Rhar Roubane ; sable ; granulométrie ; morphoscopie ; mode de transport ; valorisation industrielle ; Trask ; Bietlot.

