

N° d'ordre : 12 /DSTU/2023



MEMOIRE

Présenté

à

L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEM
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 PROFESSIONNE

Spécialité

Géo-Ressources

Par

Nabila HAMRELAIM

&

Achwak Radjaa Wissam MERADJI

ESSAI D'APPLICATION INDUSTRIELLE DU KIESELGUHR MIOCENES

DE LA REGION DE SIG (WILAYA DE MASCARA)

Soutenu e 02 juillet 2023 devant les membres du jury :

Abbas MAROK, Professeur, Univ. Tlemcen
Salamet MAHBOUBI, MC (A), Univ. Tlemcen
Kamar Eddine BENSEFIA, MC (B), Univ. Tlemcen
Houria RAHAL, Ing., ENOF, Mascara

Président
Encadreur
Examineur
Invitée

REMERCIEMENTS
RESUME
ABSTRACT
ملخص

CHAPITRE PREMIER : Généralités

I. INTRODUCTION GENERALE	2
II. BUT ET INTERET	3
III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	3
A. Situation générale du bassin du Bas Chélif	3
B. Situation de la zone d'étude	4
IV. CONTEXTE GEOLOGIQUE	5
A. Présentation géologique du bassin du Bas Chélif	5
1. Sur le plan stratigraphique	5
2. Sur le plan tectonique	8
B. Présentation géologique du secteur d'étude	10
1. Sur le plan stratigraphique	10
2. Sur plan tectonique	10
V. LES DIATOMITES	10
A. Diatomées	10
B. Structure et propriété de diatomée	12
C. Diatomite de Sig	12
VI. METHODOLOGIE DE TRAVAIL	13
A. Sur le terrain	13
B. Au laboratoire	14
1. Humidité	14
2. Diffractométrie aux rayons X	15

CHAPITRE DEUX : Etude de gisement et méthodes d'exploitation

I. INTRODUCTION	16
II. ETUDES DU GISEMENT	16
A. Localisation géographique du gisement	16
B. Géologie de gisement	17
C. Structure de gisement	17
III. ETUDE LITHOLOGIQUE DE GISEMENT	19
A. Localisation de la coupe (site 6)	19
B. Coupe de TAHALAIT	20

C. Coupe des galeries d'exploitation	22
IV. METHODE D'EXPLOITATION	23
A. Présentation de l'entreprise	23
B. Processus de production	23
C. Equipements utilisés	25
D. Mode d'ouverture	25

CHAPITRE TROIS : Contribution à l'étude géochimique et l'utilisation industrielle

I. INTRODUCTION	29
II. TRAITEMENT EN USINE (KIESELGUHR)	29
A. Installation BIII	29
1. Concassage	30
2. Séchage de la diatomite	30
3. Broyage	30
III. ETUDE GEOCHIMIQUE	31
A. Analyse physique	31
B. Analyse géochimie par DRX	33
1. Préparation de l'échantillon	34
2. Compositions chimiques du kieselguhr	34
IV. UTILISATION INDUSTRIELLE	36
A. Domaines utilisations de kieselguhr	36
B. Exemple des utilisations de kieselguhr en Algérie	37
1. Etude d'un cas	37
2. Présentation de l'unité	37
2.1. Historique	37
2.2. Cas de l'utilisation de kieselguhr dans le caoutchouc	38
2.3. Feuille néoprène	38
2.4. Introduire le kieselguhr dans la feuille néoprène	38
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
LISTE DES FIGURES	46
LISTE DES TABLEAUX	48

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant d'avoir guidé nos pas, et de nous avoir donné le courage, la patience, et la force jusqu'à ce jour pour terminer ce travail.

Au terme de la réalisation de ce modeste travail, il nous est particulièrement agréable de pouvoir consacrer ces quelques lignes à ceux qui nous ont aidés à le réaliser.

Tout d'abord, nous tenons à remercier :

Mr A. MAROK professeur au Département des Sciences de la terre et de l'univers (Faculté des sciences de la Nature et de la vie et Sciences de la terre et de l'univers). Merci pour nous avoir accueillis dans votre laboratoire, vos conseils, vos encouragements, ont été un grand apport pour notre formation universitaire.

Madame S. MAHBOUBI, pour sa confiance, sa disponibilité et ses conseils fournis durant le développement et la réalisation de ce projet.

Un grand merci à Monsieur M. BENADLA, qui nous a proposé ce sujet et qui nous a encouragés durant la réalisation de ce travail, pour tout son temps donné et ces riches conseils constructifs.

Grand merci à Monsieur C. SOULIMENE, pour le temps consacré durant notre formation.

Nous remercions aussi M^{me} H. RAHAL Ingénieure des Mines dans l'unité de l'ENOF à Sig de nous avoir accueillis et consacré son temps, et nous avoir accompagné jusqu'à la mine, à Mr. H. ZEMALACHE MEGUENNI Chef d'Exploitation qui nous a emmenés et guidés à l'intérieur de la mine ainsi qu'aux explications qu'il nous a transmises. Notre gratitude va envers Mr. M. FERAOUN responsable du suivi du Kieselguhr dans l'usine, il nous a guidés durant notre stage.

Et enfin à Mr. L. BENAÏSSA, topographe pour son aide sur le terrain.

Nous remercions également Dr. H. DJOUBER, de l'Université de Liège (Belgique) pour son aide précieuse concernant les interprétations des résultats de DRX.

DÉDICACE

Je dédie cet humble travail à ma chère maman, qui m'a beaucoup soutenu À mon cher père, qui m'a fait de nombreux sacrifices et m'a fourni le bon lever de soleil pour que je puisse progresser dans mes études, c'est lui qui m'a soutenu à toutes les étapes de ma vie, en particulier mes études, m'a soutenu pendant ma faiblesse et a montré, pendant ma joie et mon succès, sans lui, je remercie mes frères Mohammed et Oussama, qui ont contribué à ma réussite et m'ont fourni tout ce dont j'ai besoin pour terminer mes études, à ma sœur KHAWLA Je remercie oncle Sofiane et tante SAMIRA d'être à mes côtés chaque fois que j'en ai besoin À toutes mes tantes et tantes, qui m'ont soutenu depuis que je suis enfant Et surtout la fille de ma tante SOUAD, qui était mon plus grand soutien psychologique et la personne la plus encourageante et qui m'écoutait

En fin, je remercie mon cher binôme Wissam qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail

HAMRELAIM Nabila

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail accompagné d'un profond amour.

À ma très chère mère, quoi que je fasse ou que je dise, je ne serai point te remercier comme il se doit. ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles

À ma chère tante Fatima et Fatima pour son amour et d'être à mes côtés chaque fois que j'ai besoin

À mon très cher père et mes grands-parents, pour ces encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études

À mes petites sœurs aya et rima,

À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité

À mes meilleurs amis Esoumety, douaa

À chère tante Abdelkader et sa famille

À mon professeur est au primaire SAIDI.F pour ses efforts et son amour durant les années passées

Et tous qui m'aider et compulse ce modeste travail

En fin, je remercie mon cher binôme Nabila qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.

MERADJI Achwak Radjaa Wissam

RESUME

Le présent travail a été mené sur les terrains d'âge miocène supérieur de la région de Sig dans le bassin de bas Chéelif. Le gisement de Kieselguhr de TAHALAIT est situé au Nord-Ouest de l'Algérie, plus précisément à 15 km de la ville de Sig. Il est considéré comme unique et le plus important gisement de kieselguhr à l'échelle de l'Afrique.

L'étude lithostratigraphique de ce gisement exploité par l'ENOF montre l'existence d'une épaisse série diatomitique de teinte blanchâtre d'aspect en plaquette, renfermant des fines passées marneuses. Dans le secteur étudié, la coupe débute par des marnes sableuses de couleur verdâtre à jaunâtre. Au-dessus se dépose la série la plus importante dans notre étude et qui se présente par une épaisse série diatomitique de teinte blanchâtre d'aspect en plaquette renfermant des fines passées marneuses. Les diatomites contiennent des coquilles de bivalves et des huîtres ainsi des traces de Terriers.

Par ailleurs, la seule méthode utilisée actuellement dans l'exploitation de ce gisement est l'exploitation souterraine. L'analyse de DRX d'un seul échantillon de diatomite nous a permis de mettre en évidence que la teneur de CaCO_3 présente dans le produit fini renferme un grand pourcentage, cependant la teneur en SiO_2 est représentée par une faible quantité

Mot clés

Miocène supérieure, bassin de bas Chéelif, Kieselguhr, TAHALAIT, ENOF, DRX.

ABSTRACT

The present work has been carried out on the Upper Miocene deposits of the Sig area in the Lower Chélif basin. The TAHALAIT kieselguhr deposits are located in north-western Algeria, more exactly 15 km from the town of Sig. The TAHALAIT kieselguhr deposits are located in north-western Algeria, more exactly 15 km from the town of Sig, and are considered to be the largest and most important kieselguhr deposit in Africa.

The lithostratigraphic study of the deposit extracted by ENOF shows the existence of a thick diatomite series of white color with the appearance of a platelet, and containing fine marly layers. These observations were based on a cross section and descriptions. Whereas the section starts with greenish to yellowish sandy marl at the base, the most important part in our study is deposited above: a thick, plate-like, whiteish diatomite series with fine marl layers, the latter containing bivalve shells and oysters as well as rich Terries.

Furthermore, the only method currently used to excavate this deposit is underground mining. DRX analysis of a sample of diatomite has shown that the Ca CO₃ content of the finished product is significant, while the SiO₂ content is represented by a small proportion.

Keywords

Upper Miocene, Lower Chélif basin, Kieselguhr, TAHALAIT, ENOF, DRX

ملخص

في منطقة سيج في حوض باس شليف تقع رواسب كيبلفور في نهاليت في شمال غرب الجزائر ، على وجه التحديد على بعد 15 كم من مدينة سيج. تعتبر فريدة من نوعها وأهم إيداع كيبلفور على نطاق أفريقيا. تظهر الدراسة الطبيعية الحجرية لهذه الرواسب التي استغلها ENOF وجود سلسلة دياتوميت سميكة من اللون الأبيض مع مظهر يشبه الرقاقة، تحتوي على معاجين مارلي دقيقة. في المنطقة المدروسة ، يبدأ القطع بمارل رملي من اللون الأخضر إلى الأصفر. أعلاه يتم إيداع أهم سلسلة في دراستنا والتي يتم تقييمها من خلال سلسلة دياتوميت سميكة من اللون الأبيض مع مظهر يشبه الرقاقة يحتوي على معاجين مارلي الجميلة. تحتوي الدياتوميت على أصداف ذات صدفتين ومحار بالإضافة إلى آثار الجحور. علاوة على ذلك ، فإن الطريقة الوحيدة المستخدمة حاليا في استغلال هذا الإيداع هي الاستغلال تحت الأرض. تحليل زرد من عينة الدياتوميت واحد سمح لنا لتسليط الضوء على أن $CaCO_3$ المحتوى الموجود في المنتج النهائي يحتوي على نسبة كبيرة ، ولكن محتوى SiO_2 يمثل كمية صغيرة

الكلمات المفتاحية

المبوسين العلوي ، حوض باس شليف ، كيبلفور ، نهاليت ، ENOF ، DRX.

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE PREMIER : Généralités

I. INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la caractérisation des gisements non ferreux contenant des carbonates et des diatomites. Du fait de leur faible épaisseur, ces gisements sont très problématiques d'un point de vue minier.

La diatomite a été exploitée bien avant le XVIII^e siècle. Néanmoins elle fut officiellement répertoriée en 1836 par Peter Kasten en Allemagne d'où l'appellation de Kieselguhr. L'exploitation des Kieselguhrs communément appelées diatomites, Tripolis, ou farine fossile a commencé depuis les années 20.

Le seul gisement de diatomite d'Algérie se trouve à TAHALAIT, à environ 15 kilomètres au Sud de la ville de Sig dans la région de Mohammedia (Ouest algérien). Ces dépôts ont été découverts dans les années 50 qui sont toujours en exploitation. La capacité de production actuelle est d'environ 5000 T/ AN.

Le gisement de kieselguhr de TAHALAIT de la région de Sig est exploité en souterrain en tenant compte des couches de couvertures assez conséquentes avec des variations des épaisseurs atteignant jusqu' à 65 mètres. Les Kieselguhr de ce minerai se présentent sous forme des couches métriques, reposant sur des marnes. Le minerai est divisé en deux quartiers d'exploitation : le premier Ghana au Nord-Ouest et le deuxième quartier Morin au Sud-Est.

Ce gisement renferme sept couches diatomiques dont l'épaisseur totale varie entre 15 et 20 m, qui s'avèrent intéressantes pour l'exploitation. Aux niveaux des différents quartiers, la méthode utilisée est celle des chambres et piliers, avec dépilage et foudroyage sur quilles résiduelles.

Du point de vue économique l'utilisation des Kieselguhr en industrie est très multiple dont les principales sont généralement destinées à être comme composant hydraulique pour la fabrication des filtres, matière pour le blanchissement, isolant thermique et en teinture et agents toxiques et de charge...ect.

II. BUT ET INTERET

L'objectif principal de ce travail de master est de réaliser une étude géologique des diatomites exploitées par l'unité ENOF de Sig qui produit et commercialise deux produits distincts, de par leurs utilisations et leurs provenances.

Dans le but de mener à bien notre travail, nous avons accompli un stage d'un mois au sein de l'entreprise ENOF de Sig. Durant ce stage, le travail que nous avons procédé consiste à :

A. Des visites au niveau du minerai de TAHALAIT, pour voir la méthode d'exploitation de la diatomite.

B. Après l'exploitation des matériaux nous avons suivi le cheminement le produit vers l'usine pour voir les différentes étapes de production.

C. Nous avons également fait un levé de coupe géologique détaillé.

Dans le but de donner une valeur économique à notre travail, nous avons effectué un stage de 5 jours à l'entreprise GROUPE ENPC TRECYPAST pour voir les utilisations industrielles de kieselguhr.

III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

A. Situation générale du bassin de Bas Chélif

Le bassin néogène de Bas Chélif, se situe au Nord-Ouest du territoire algérien, il s'allonge sur une direction ENE-WSW et peut être subdivisé en deux parties (PERRODON, 1957). Selon THOMAS (1985), le bassin du Bas Chélif est subdivisé en deux parties :

-Partie occidentale : elle comprend au Nord le Sahel d'Oran et au Sud les Monts de Béni-Chougrane et les Tessalas.

-Partie orientale : elle est bordée au Nord par le massif de Dahra et Béni-Menacer et au Sud par le massif de l'Ouarsenis.

Il est limité successivement par :

- Djebel Mardjajo, les Monts d'Arzew, le plateau de Mostaganem, les Monts de Dahra et Beni Menacer au Nord :

- les Monts de Tessalas, les Monts de Béni-Chougrane et le massif de l'Ouarsenis au Sud ;
- la plaine d'El Habra et le massif de Bel Hacer à l'Ouest ;
- enfin, le Djebel Doui à l'Est (Figure 01).

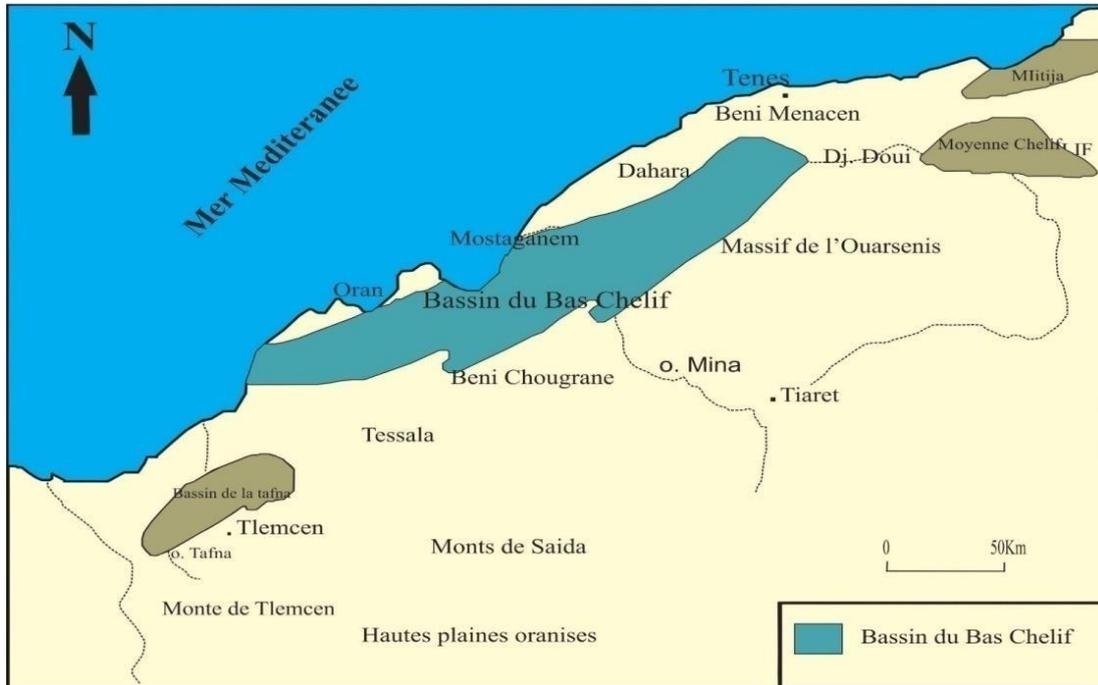


Figure 01 : Position géographique des bassins du Bas Chélif (PERRODON, 1957).

B. Situation de la zone d'étude

Le secteur d'étude fait partie du massif de Grimez. Ce dernier, dont le centre est situé à environ 5 km au Sud-Est de la ville de Sig (Figure 02). Il est constitué de plusieurs collines dont la dénivellation maximum atteint une centaine de mètres.

L'usine de traitement est implantée dans la limite Ouest de la ville de Sig. Le gisement de TAHALAIT, se situe au Sud-Est de la ville de Sig et à environ de 15 km de celle-ci, la mine est située dans une zone isolée montagneuse, nous ne notons pas d'agglomération sur un rayon d'environ 5km autour d'elle.

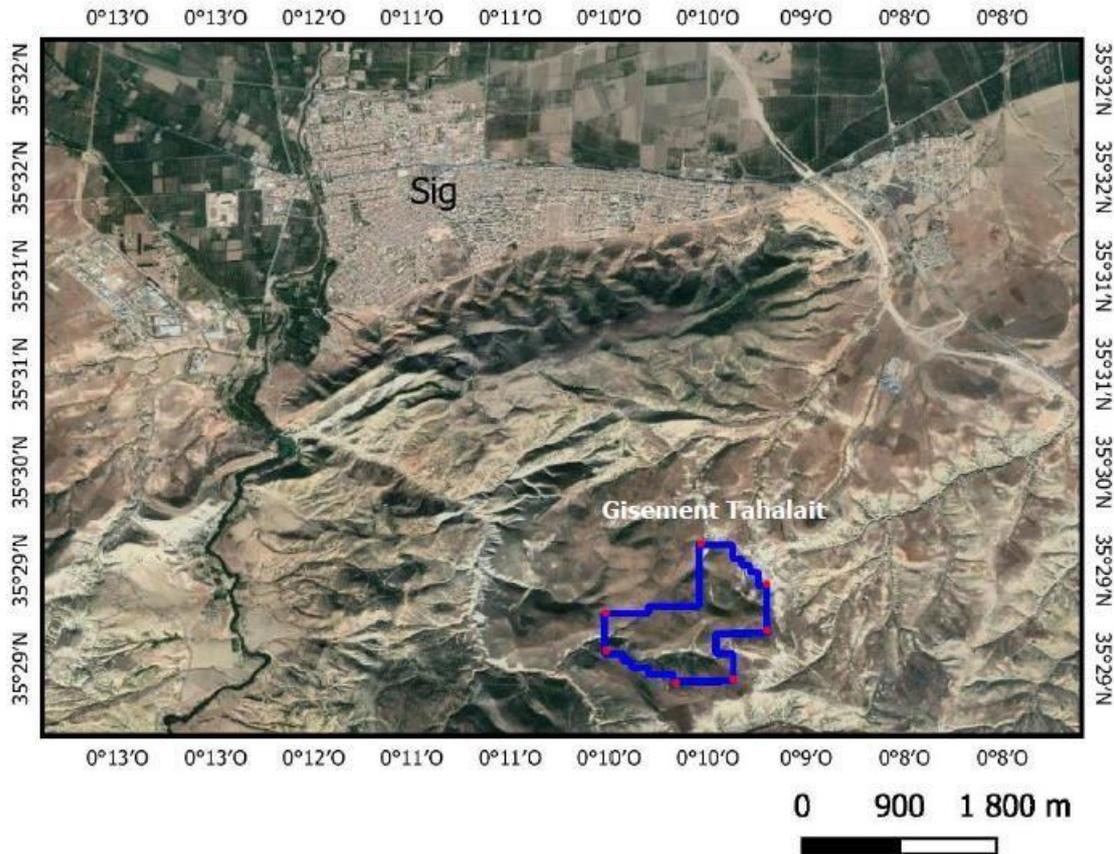


Figure 02 : Position géographique du secteur d'étude (*in.* RAMDANI *et al.* 2020).

VI. CONTEXTE GEOLOGIQUE

A. Présentation géologique du bassin du Bas Chélif

1. Sur le plan stratigraphique

La stratigraphie du bassin de Bas Chélif est bien connue grâce aux nombreux travaux de recherches scientifiques, effectuées notamment par les français et l'équipe de l'école oranaise. Parmi les nombreuses études dans les différentes disciplines de la géologie consacrées à ce bassin, nous citons seulement quelques travaux : DALLONI, 1923 ; PERRODON, 1957 ; DELTEIL, 1974 ; FENET, 1975 ; BELKEBIR, 1986 ; SAINT-MARTIN, 1987.

1.1 Les formations Antée-Néogènes (substratum)

1.1.1. Trias

Il affleure au NW de Zemmoura et dans la vallée de l'Oued Krelloug. Il est constitué des argiles bariolées, intercalées dans l'Albien.

1.1.2. Crétacé

Il comprend à la base des marnes de teinte foncée et des calcaires noirs au blanchâtres, surmontées par des marnes grises à intercalation de grès quartzite. Ces marnes deviennent schisteuses vers le haut avec parfois des calcaires marneux.

1.1.3. Paléogène

Il est représenté par calcaires Nummulitique, renfermant des nodules à silex, à la base. Ces carbonates surmontés des marnes à Ostréa de couleur grises. L'ensemble est clôturé par des poudingues.

1.2. Les formations Néogènes

On se référant aux travaux de PERRODON, le Néogène du bassin de Bas-Chélif est représenté par deux cycles sédimentaires qui sont de bas en haut :

1.2.1. Le cycle Miocène

Ce cycle sédimentaire est subdivisé d'une façon générale en deux ensembles bien distincts et qui sont respectivement : le Miocène inférieur et le Miocène supérieur :

-Miocène inférieur : Dans un ordre descendant, cet intervalle chrono stratigraphique est composé de trois séries lithologiques bien distinctes :

- Une série sableuse et conglomératique ;
- Une série marneuse intermédiaire ;
- Une série gréseuse et conglomératique.

-Miocène supérieur : Il se développe en trois grands ensembles sédimentaires qui se superposent comme suite :

- Les formations de base ;
- Les formations médianes, représentées par les marnes bleues ;
- Les dépôts de la mer à tripolis et des langues des gypses de la fin du Miocène, ou formations terminales.

1.2.1 Le cycle Pliocène

Il est caractérisé par deux périodes : période marine (Pliocène marin) et période continentale (Pliocène continental) :

Pliocène marin : Il est représenté essentiellement par une série de marnes bleues parfois grisâtres ou blanchâtres, fossilifères renfermant quelques passes de calcaires à algues. A laquelle fait suite une série finement détritique, sableuse ou gréseuse, de couleur jaunâtre.

Pliocène continental : Il est formé essentiellement de sables roux et gris à hélix, souvent d'origine dunaire surmontés par des limons gris continentaux. Son épaisseur varie de 100 à 200 m.

1.2.2 . Le Quaternaire

Il s'agit des dépôts alluvionnaires ; vers le Nord, dans la plaine Chéelif-Mina, nous distinguons avec des limites moins nettes le Quaternaire ancien et le Quaternaire récent :

-Le Quaternaire ancien (Pléistocène) : C'est une formation marine calcaro- gréseuse. Il débute par l'apparition des argiles et des limons gris, surmontant les formations détritiques continentales du Pliocène. Vers le sommet, on assiste à une série sableuse et argileuse, de teinte généralement rouge. Cette série est attribuée au Villafranchien :

-Le Quaternaire récent (Holocène) : Il est constitué par des alluvions sablonneuses entraînées par les crues des oueds (Figure 03).

Ces résultats sont confirmés par les données le paléomagnétiques (DERDER et al., 2013), qui ont bien prouvé que la rencontre des deux plaques d'Afrique et d'Eurasie s'explique par modèle de déformation structurale trans-compressive avec rotation bloc à la marge du continent algérien. (Figure 04).

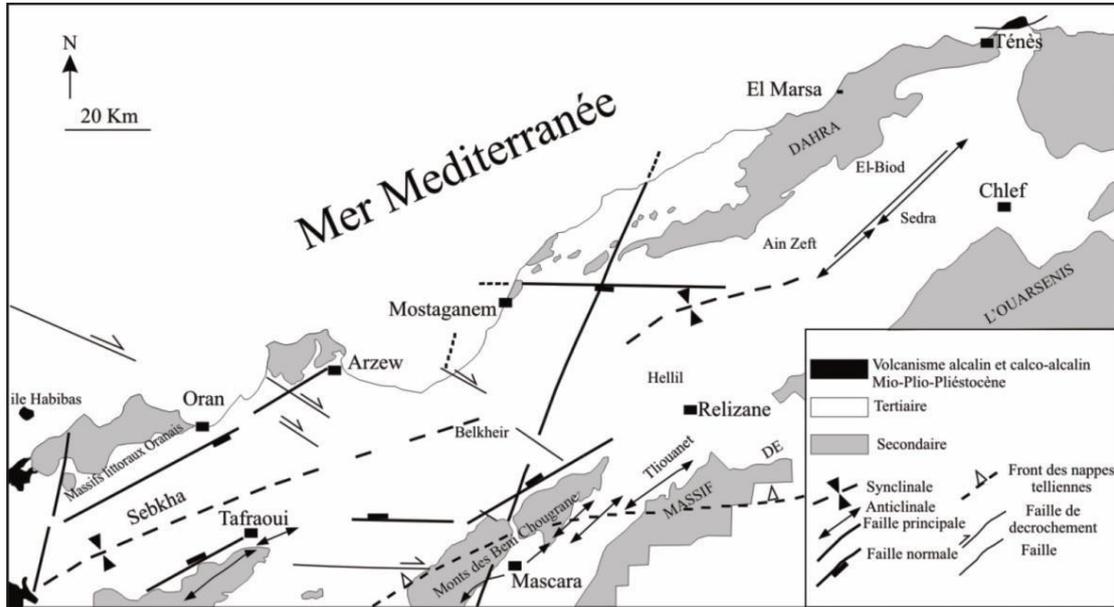


Figure 04 : Schéma structural du bassin du Bas Chélif (in. ARAB et al. 2015).

B. Présentation géologique du secteur d'étude

1. Sur le plan stratigraphique

La région de Sig est recouverte de formation sédimentaire d'âge Miocène supérieur, surmontées de dépôts meubles d'âge quaternaire. Dans ce secteur, les dépôts Miocène supérieur sont subdivisés en trois ensembles qui sont, du bas vers le haut :

-Ensemble inférieur : composé de marne dont la teinte varie du bleu au vert foncé.

-Ensemble médian à kieselguhr : formé de plusieurs couches de kieselguhr de qualité et épaisseur variables. Ces couches de diatomite sont séparées par des intercalations marneuses, de siltstones et de calcaires. L'épaisseur totale de ce niveau varie entre 15 et 20m.

-Ensemble supérieur : composé d'un inter stratification de calcaire, de quartzites et de marnes jaune pâle. La puissance de ce niveau peut atteindre 65 m.

2. Sur le plan tectonique

Notre région d'étude est située sur le côté littoral de l'Atlas Tellien. Le Tellien sublatitudinal ou Atlas méditerranéen une structure très complexe causée par une série de mouvements tectoniques. Dans la région sédimentaire, les formations d'âge du miocène et du pliocène sont plissées formant des structures anticlinales et synclinales avec de faibles pendages et des axes généralement orientés vers le Nord –Est. Outre les failles plissées dans cette région, des failles de séparation de la croûte produisent.

Au Sud de la ville de Sig, l'anticlinal N-E est coupé longitudinalement par des failles.

Le centre de l'anticlinal est constitué de conglomérat rouge et de grès provenant d'un affleurement miocène, et les flancs des plis s'inclinent jusqu'à 30° (Bessedik et *al.*, 1997).

V. LES DIATOMITES

A. Diatomées

Les diatomées sont des algues unicellulaires de la famille des diatomées vivant dans des milieux aquatiques, lacustres ou marins. Ces organismes ont un mode de vie "Benthos" qui s'attache à un substrat ou "plancton" qui flotte, leur anatomie consiste en une membrane externe, une coque siliceuse ou « frustule » et une cellule membraneuse, d'un point de vue morphologique, on distingue la forme Penniques avec des formes centrales axisymétriques et radialement symétriques. Plus de 12 000 des espèces actuellement répertoriées varient en taille de 5 µm à 1 mm, mais le plus souvent comprise entre 50 et 150 µm (Figure 05).



Figure 05 : Frustules d'une diatomée.

Il y a deux formes de diatomées : centrique et pennée

-les diatomées centrales à symétrie radiale sont des valves circulaires à décorradial concentrique matérialisé par des pores.

-Diatomées symétriques pennées ou pennatophycidées soupape les vélos elliptiques ont le plus souvent un raphé ou un pseudo-raphé de surface (Figure 06).

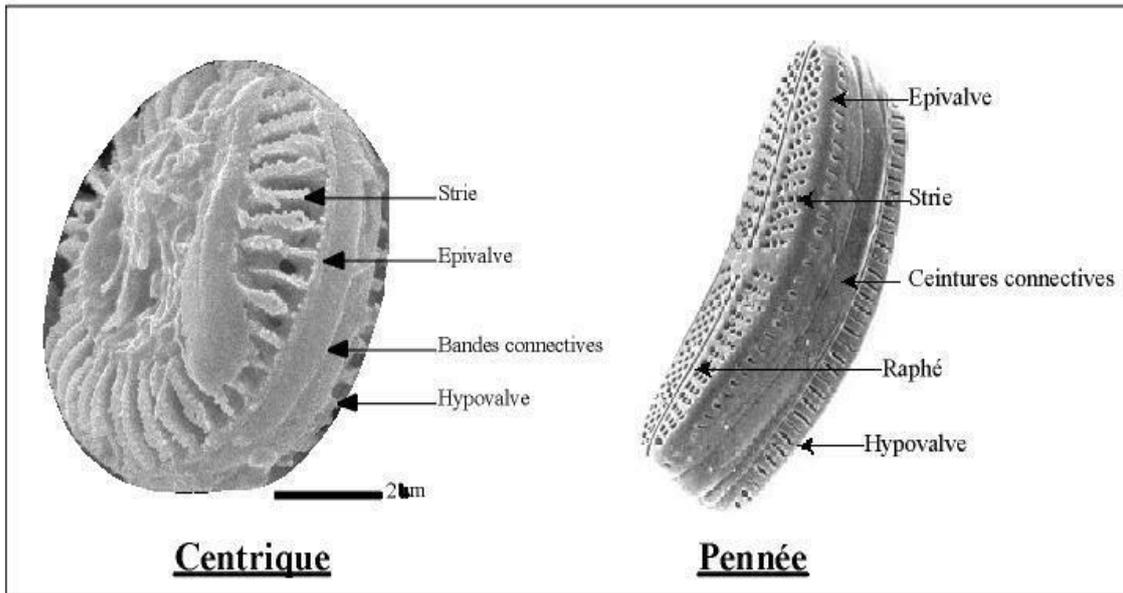


Figure 06 : Les différentes formes de diatomées.

B. Structure et propriété de diatomée

Une propriété importante des diatomées est liée à sa structure physique, qui forme des particules micro-poreuses suivant un modèle régulier de pores (Figure 07). Cette porosité les rends très perméables.

La diatomite ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) ou Kieselguhr est une roche sédimentaire légère composée principalement de microfossiles de silice dérivés d'algues unicellulaires, la diatomée est composée de diatomées de différentes formes et tailles (généralement 10-200 μm) 80-90% vide (Figure 07).

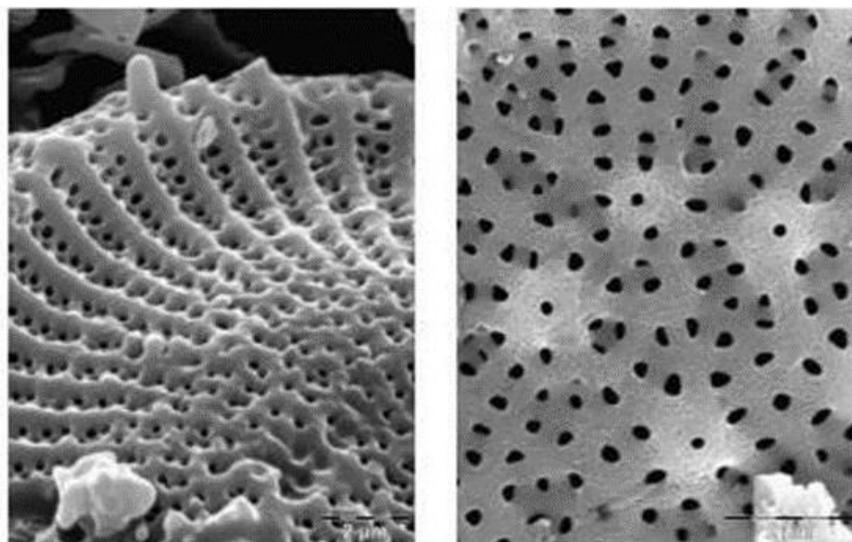


Figure 07 : Structure de la diatomée.

La structure nettement poreuse, la faible densité et la grande surface des diatomées conduisent à de nombreuses applications industrielles, telles que les médias de filtration pour diverses boissons et produits chimiques organiques et inorganiques, et les absorbants pour les eaux usées.

C. La diatomite de Sig

Diatomite de Sig est une roche sédimentaire légère, elle est caractérisée par sa structure très poreuse et sa faible densité, de sa couleur blanche, grise verdâtre ou jaunâtre et douce (Figure 08). Il existe deux types de forme diatomite à Sig : Diatomite massif (Figure 08 A) et diatomite litée (Figure 08B). Un échantillon de diatomite a été soumis au microscope électronique à balayage (MEB) par SIDAM (Figure 09).



Figure 08 : Les deux types de diatomite dans le gisement de TAHALAIT.

A : Diatomite massif, B : Diatomite litée.

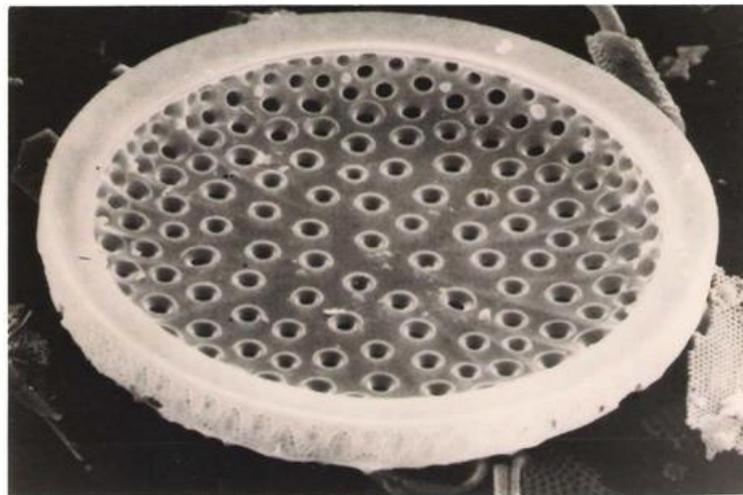


Figure 09 : Photo d'un échantillon de diatomée de la mine de Sig.

-Vu sous microscope électronique à balayage (M.E.B.), grossissement (x1500)

SIDAM

VI. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

A. Sur le terrain

Le stage sur terrain nous a permis de réaliser une coupe lithologique dans le gisement exploité notamment dans les diatomites de Sig. Ce travail au niveau de ce site a été accompagné par un échantillonnage pour des analyses géochimiques afin de voir les caractéristiques chimiques de la diatomite. L'échantillon a été prélevé est emballé dans un sachet de plastique et étiquette.

B. Au laboratoire

1. L'humidité

Au niveau de laboratoire de l'ENOF et dans le cadre des analyses physico-chimique, nous avons procédé à l'analyse de l'humidité du produit de kieselguhr afin de déterminer leurs évolutions au cours du processus de traitement et aussi leur faculté d'absorption par la différence entre l'humidité du (tout-venant kieselghur) et l'humidité du produit fini (kieselghur broyé).

- Pour cette procédure nous avons besoin une étuve est utilisée (four de séchage), une balance pour le pesage et des petits récipients pour mettre les échantillons.

Le calcul de l'humidité se fait sur deux produits. Le premier consiste à celui du produit tout venant (kieselguhr fraîchement exploité), et le deuxième produit fini (kieselguhrséché par le four). Une quantité de 05 gr de chaque échantillon est prélevée (masse initiale de l'échantillon **mint** en marquant l'heure du prélèvement. Cet échantillon est séché dans le four à une température qui atteint 115°C pendant 30 min. Concernant, le kieselghur broyé, il est séché pendant 45 min. A la fin de cet essai nous obtenons un échantillon sec (**msec**) à 0 % d'humidité, à partir de là nous pouvons calculer l'humidité de l'échantillon (% de l'eau contenu dans l'échantillon initial) en utilisant la formule suivante :

$$Hum = \frac{mint - msec}{msec} \%$$

Avec :

m_{int} = la masse initiale du de l'échantillon avant le mettre au four de séchage

m_{sec} = La masse de l'échantillon à sec (à 0% d'humidité) après le sortir du four de séchage

$H_{um} \%$ = l'humidité de l'échantillon (Figure.10)



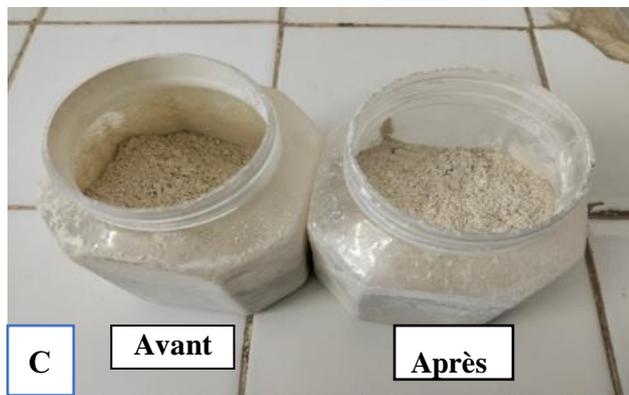


Figure 10 : Matériels utilisés au laboratoire avant et après séchage.
A : Balance, B : Four de séchage, C : Poudre de diatomite avant/ après séchage.

-Procédure

Deux échantillons ont été prélevés dans le kieselguhr de charge, le premier échantillon est daté de 13/03/2023 et le second de 14/03/2023.

Bien que, l'humidité mesurée qui date du 13/05/2023 a été mesurée deux fois à (07h15). Ensuite, elle a été mesurée à nouveau pour un autre échantillon de kieselguhr de charge à (08h25), et un échantillon de kieselguhr brut (tout venant). Les résultats ainsi obtenus sont reportée dans le tableau 03 (chapitre 3).

En date du 14/03/2023, nous avons prélevé deux échantillons de kieselguhr de charge, l'humidité a été mesurée pour les deux échantillons à (7h15). Par la suite, l'humidité de kieselguhr brut (tout venant) et charge ont été mesuré à (8h25). La même procédure a été effectuée sur quatre échantillons à des heures différentes. A la fin, les résultats ont été reportés dans le chapitre 3.

2. Diffractométrie aux rayons X:

Pour les analyses géochimiques nous avons broyé les diatomites en poudre à l'aide d'une amortie (Figure 11). Une fois cette étape achevée, 10 g d'échantillon seront pesés et analysé au DRX par la suite pour avoir une idée sur la composition chimique et le cortège minérale qui constitue cette substance.



Figure11 : Echantillon de diatomite broyée.

CHAPITRE DEUX

CHAPITRE DEUX : Etude de gisement et méthode d'exploitation

I. INTRODUCTION

Le but de ce chapitre est de déterminer la nature lithologique du gisement exploité la région de Sig. Deux coupes lithostratigraphique ont été levées en détail. La première coupe est considérée comme une coupe synthétique de l'encaissant et qui a été levée dans le secteur de TAHALAIT. Cependant, la seconde coupe a été levée au niveau de la galerie d'exploitation et qui est considérée comme une coupe détaillée de la formation renfermant la matière utile.

A la fin de ce chapitre nous essayerons de donner une idée générale sur la méthode d'exploitation de cette assise utile.

II. ETUDES DU GISEMENT

A. Localisation géographique de gisement

Le gisement de TAHALAIT, se situe à 15 km au Sud-est de la ville de Sig (MASCARA), à 20 km l'Ouest d'Oued el Mebtouh et de la route national (RN 97), a 25km à l'Est de la route nationale (RN 4), et la route national (RN 6). Le périmètre de gisement d'une superficie de 209 ha est délimité par les points de coordonnées UTM mentionnée dans le tableau (Tabl.01) (Figure 12) (Voir annexe).

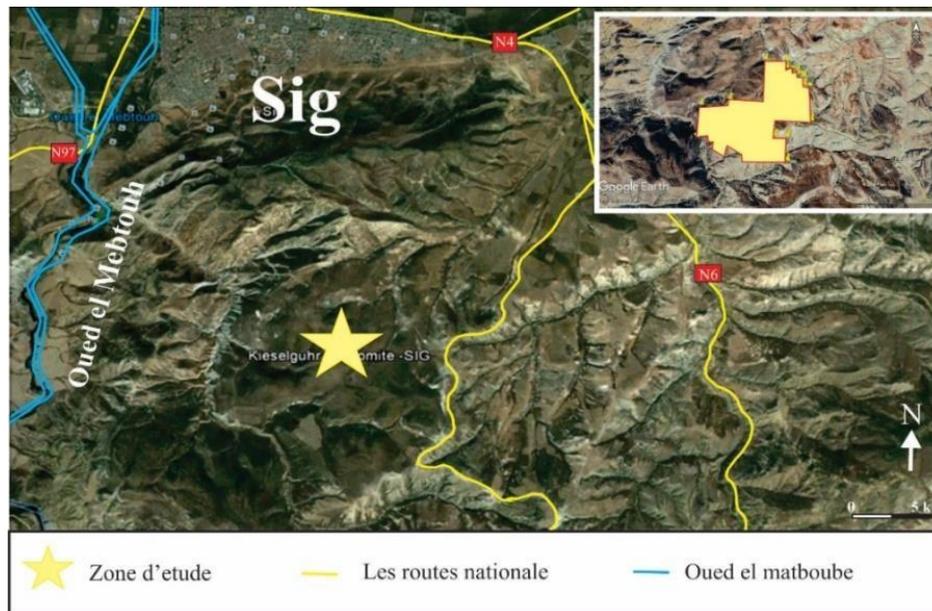


Figure 12 : Situation géographique de gisement de diatomite de TAHALAIT.

B. Géologie du gisement

La formation géologique constituant le gisement se rapporte aux dépôts d'âge Miocène. Elle est constituée par des diatomites feuilletées de couleur blanchâtre. La série lithologique du gisement étudié est représentée de haut en bas par des couches renfermant de la couverture et de l'assise de diatomite.

1. Couverture

La couverture est représentée par une alternance de marnes et de calcaire lithothamniées auxquelles fait suite une succession des bancs de calcaire de teinte beige à rougeâtre. Cette unité lithologique est attribuée au Pliocène.

2. Assise utile

La description lithologique de terrain indique que la substance utile de ce gisement est caractérisée par une unité saine (exploitable) et un autre non exploitable :

-Unité non exploitable : représentant la partie inférieure de gisement est constituée par une alternance de niveaux marneux et de diatomites. Les marnes sont de couleur verdâtre, d'épaisseur décimétrique et localement sableuse. Les diatomites sont blanchâtres, poreuses et d'aspect en feuilletés.

-Unité saine : elle surmonte l'unité précédente. Elle est constituée par des diatomites à aspect en plaquette, tendre, de couleur blanchâtre, Cette assise utile est datée au Miocène.

C. Structure de gisement

Le gisement de TAHAILAIT est représenté par une épaisse série de marnes de Tripoli (diatomite). Cette série est subdivisée en sept couches d'épaisseur variable. Elle est comprise entre 15 et 20 mètres. L'épaisseur de chaque couche est variée entre 0,50 et 5 mètres, avec une moyenne de 2 mètres, Cette épaisseur peut varier fortement en direction, et cette variation est due à la structure du terrain.

Au point de vue tectonique, ce gisement est représenté par deux types de structure. La première est une structure cassante représentée par des plis synclinaux. Cependant la seconde structure est une structure cassante marquée par des failles de deux directions généralement : Sud-est-Nord-Ouest et Sud-ouest-Nord-est (Figure 13).



Figure 13 : Déformation syn-sédimentaire.

Exemple de faille observée sur le site :

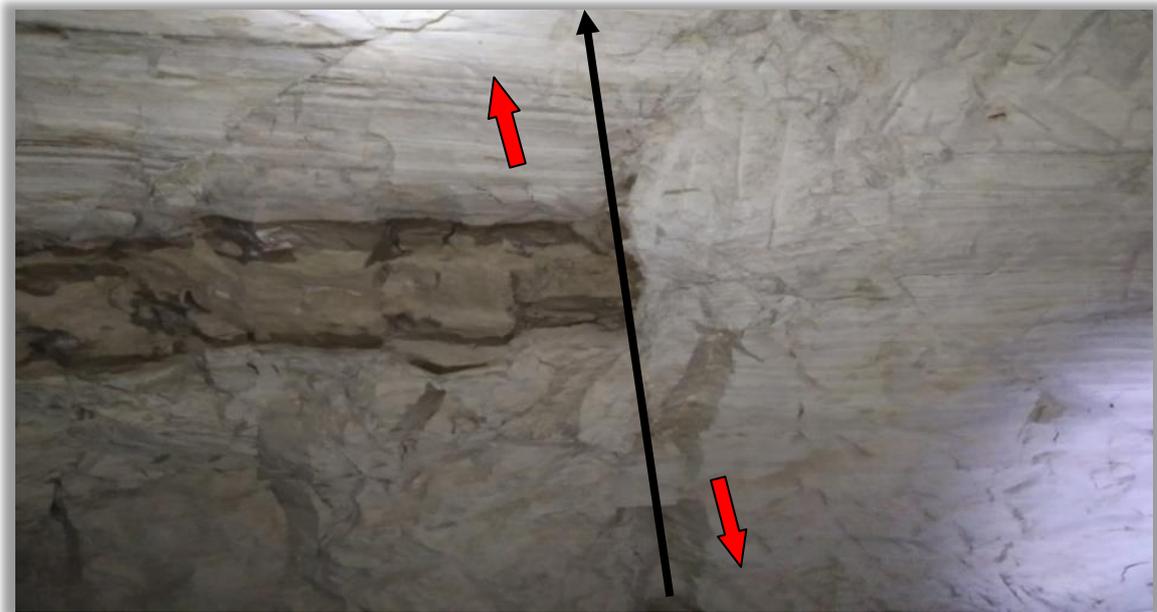


Figure 14 : Faille normale.

III. ETUDE LITHOLOGIQUE DU GISEMENT

A. L'ocalisation la coupe (site 6)

Nous avons pris une coupe longitudinale au site 6 dans la région TAHALAIT située sur les compte de 5.6 km de la ville de Sig et 1.4 km à l'est de la mine de diatomite (Figure15).



Figure.15 : Image satellitaire montrant la coupe de la mine de kieselguhr TAHALAIT (SITE 6) (Google Earth, 2023).

Les coordonnées UTM de la coupe : (Tableau 02)

Cordonne de site	UTM MONDIALE (WGS 84)	UTM Nord Sahara 59
X	757052	757136
Y	3930090	3929792
Z(m)	289	289

Tableau 02 : les coordonnées UTM de la coupe de TAHALAIT (site 6).

B. Coupe de TAHALAIT

Avec une épaisseur de 32 m, la coupe de TAHALAIT comprend de bas en haut la succession litho stratigraphique suivante (Figure16).

1. Marnes sableuses

Ce sont des marnes sableuses de couleur jaunâtre à verdâtre. Ces marnes sont tendres, localement indurées et à toucher grumeleuse.

2. Diatomite

C'est l'unité lithostratigraphique la plus importante dans cette étude, car elle est considérée comme la matière utile pour l'exploitation de kieselguhr dans cette région. Elle est représentée par des diatomites blanchâtres, tendres, à structure interne en petits feuillets ou plaquettes, plus ou moins ondulées. Ces diatomites sont intercalées par des fines passées marneuses (Pl II. Figure 1), de teinte verdâtre. Ces intercalations marneuses deviennent plus abondantes et augmentent l'épaisseur vers le sommet.

Il est à noter également que ces diatomites sont entrecoupées dans sa partie inférieure par deux niveaux de marnes sableuses, d'aspect béchique renfermant de nombreuses coquilles de bivalves, de petites huitres et des traces d'activité organiques (des terriers). Ces marnes sableuses sont de couleur jaunâtre, de forme lenticulaire et d'épaisseur décimétrique (0,50m).

3. Alternance marno-calcaire à lithothamniées

Il s'agit d'une alternance de marnes grumeleuses de teinte verdâtre et de calcaires, en banc décimétriques, à aspect noduleux, riches en algues de type lithothamniées. Ces calcaires à patine rougeâtre et cassure blanchâtre sont le plus souvent bioturbés renfermant çà et là des grandes coquilles de bivalves (Pl II. Figure 2).

4. Calcaires

Il s'agit d'une succession des bancs de calcaire à teinte rougeâtre. La stratification est généralement inclinée vers l'Est, organisée en bancs strato croissantes (décimétriques à la base, métriques vers le sommet), massifs et sans aucune structure interne apparente.

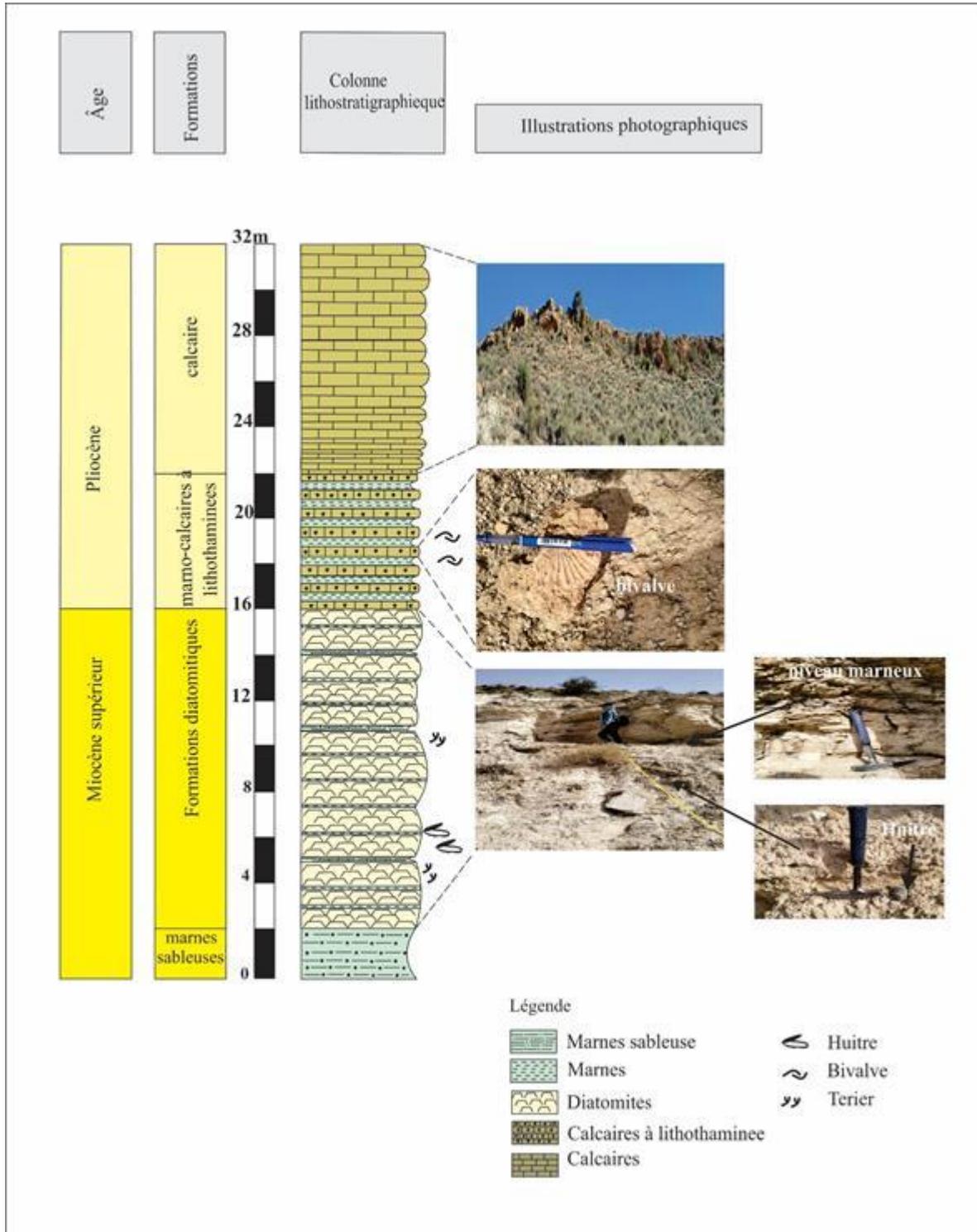


Figure 16 : Coupe lithostratigraphique de TAHALAIT (site 6).

C. Coupe des galeries d'exploitation

Vu que la matière utile (kieselguhr) est localisée au piémont des reliefs, leur extraction ne peut être effectuée que par des galeries. A cet effet, plusieurs galeries d'extraction des diatomites ont été implantées dans notre secteur d'étude.

Ces galeries traversent généralement trois ensembles lithologiques qui se présentent de bas en haut comme suite (Figure 17).

1. Ensemble basal

Il est formé des marnes sableuses, de couleur jaunâtre. Ces marnes qui sont à toucher grumeleux et azoïque ne présentent aucune intercalation.

2. Ensemble médian

Il est représenté par une alternance irrégulière de diatomites et de marnes. Les diatomites sont de teinte blanc, tendre et poreuse. Cependant, les niveaux marneux sont indurés et de couleur verdâtre à grisâtre.

3. Ensemble sommital

Il est représenté par une succession des niveaux diatomiques de couleur blanchâtre. Ces diatomites se présentent en bancs d'aspect en plaquette, plus ou moins indurées et renferment localement des fossiles variés tel que : bivalves, poissons...ect (PL II. Figure 3).

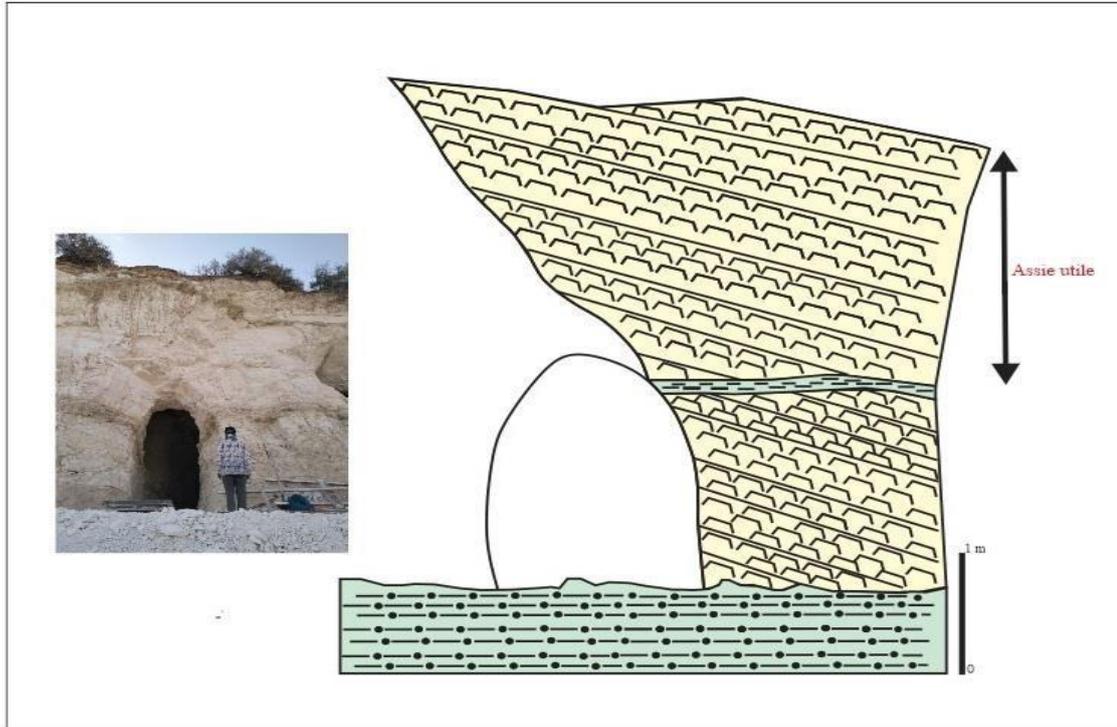


Figure 17 : Coupe lithologique de galerie de TAHALAIT.

VI. METHODE D'EXPLOITATION

A. Présentation de l'entreprise

L'unité de kieselguhr de Sig se situe à 50Km à l'Est de la ville d'Oran et à 40 km du de la Wilaya de Mascara, l'usine de traitement est implantée dans la limite Ouest de la ville de Sig. L'Entreprise Nationale des Produits Minéraux Non Ferreux (ENOF), déjà renferme un grand potentiel de ce gisement et des contributions positives à l'économie du pays. Cette société a réalisé plusieurs études sur cette voie pour porter la production à 50000 tonnes/AN et améliorer la qualité des produits finis.

B. Processus de production

On peut distinguer deux modes d'exploitation dans le gisement de kieselguhr de TAHALAIT :

- Exploitation à ciel ouvert ·
- Exploitation souterraine.

1. Exploitation à ciel ouvert

La méthode d'exploitation à ciel ouvert est une approche utilisée pour extraire des ressources minérales ou des matériaux à partir de gisements situés à la surface de la Terre. L'exploitation à ciel ouvert consiste à enlever les couches de terre, de roche ou de matériau de recouvrement pour accéder au gisement (Figure 17).



Figure 18 : Exemple d'un site de l'extraction de diatomite à ciel ouvert. (Photo d'après ABBA et BELKACEMI, 2020).

2. Exploitations souterraines

La méthode d'exploitation souterraine est une approche utilisée pour extraire des ressources minérales ou des matériaux à partir de gisements situés sous la surface terrestre qui implique la création de tunnels, de galeries et d'autres infrastructures souterraines pour accéder aux gisements (Figure.19).

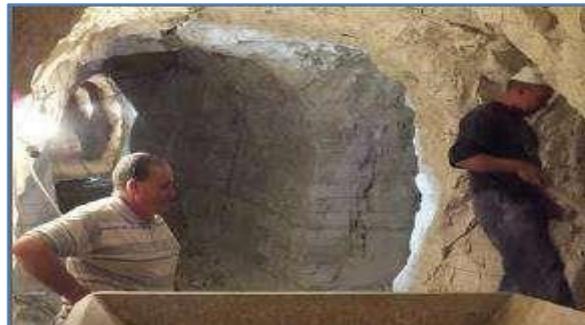


Figure 19 : Mode d'exploitation souterrain (d'après ABBA et BELKACEMI).

C. Equipements utilisés



Figure 20 : Les équipements utilisés pour l'exploitation.

A. Une pioche à double. B. Vue d'un wagonnet de transport. C. Une pelle chargeuse et un camion.

D. Mode d'ouverture

Pour chaque quartier, une galerie au jour permet d'accéder aux divers chantiers. Elle est perpendiculaire au pendage de la couche de kieselguhr. Ces modes d'ouverture ont été exécutés en tenant compte de la morphologie du terrain et des affleurements de la couche de kieselguhr (Figure 21).



Figure 21 : Vue d'une galerie au jour.

1. La méthode d'exploitation :

Pour l'exploitation souterraine, la mine de kieselgur de TAHILAIT à adapté la méthode de chambre et piliers pour maintenir la résistivité de galeries.

1.1. Méthode des chambres et piliers

La méthode par chambres et piliers consiste à creuser un réseau de galeries sous forme un quadrillage dont les dimensions relatives pour assurer la stabilité du massif rocheux se recoupant perpendiculairement suffisamment proches les unes de autres pour extraire une proportion substantielle du gisement et ne laissant que les "piliers" résiduels qui peuvent être maintenus en place ou foudroyés.

L'exploitation par chambres et piliers est une méthode très productive. La sécurité est fonctionnée de la hauteur des chambres et des dispositifs de soutènement mis en place. Le principal danger vient des chutes. Les chambres servent de voies de roulage pour letransport par wagonnet du minerai vers le silo de stockage. Les matériaux abattus sont chargés dans des camions sur le chantier (Figure 22).



Figure 22 : Méthode de chambres et piliers.

1.2. Technologie d'abattage

L'abattage dans les chantiers d'exploitation de kieselguhr à l'aide de pioches à double pic et arrivent à abattre un volume de minerais donnant au front une forme appropriée et en respectant la section de la galerie de 2.20 m X 2.20 m (Figure 23).



Figure 23 : Une plateforme de stockage

Au niveau de l'abattage ou du creusement des différentes opérations minières, le processus est le même sur tous les fronts : un ouvrier décompose le minéral diatomite, tandis qu'un autre ouvrier le charge et le transporte jusqu'à la plate-forme pour la journée, et inversement. Ouvrier le charge et le transporte jusqu'à la plate-forme pour la journée, et inversement (Figure 24 et 25).



Figure 24 : Opération de roulage à ce jour.



Figure 25 : Opération d'abattage manuelle

Le chargement du minéral s'effectue manuellement sur les wagonnets à l'aide de pelles ordinaires par les ouvriers. Ces wagonnets sont transportés sur des rails, du front de taille jusqu'à la plateforme de déversement et de stockage sur une distance d'environ 300 mètres (Figure 26).



Figure 26 : Produit extrait destiné à l'usine de traitement.

CHAPITR TROISIEME

I. INTRODUCTION

Dans ce troisième chapitre, nous aborderons une étude géochimique de la diatomite à travers un ensemble d'analyses de type DRX cela permettra de connaître la composition chimique et minéralogique. Notons que cette analyse a été effectuée au laboratoire de Substances naturelles et bioactives.

Il est Signalé que ce kieselguhr exploité dans le minerai TAHALAIT est distingué à des utilisations industrielles telles que le complexe de plastique et caoutchouc.

II. TRAITEMENT EN USINE (KIESELGUHR)

Après l'exploitation de diatomite, le minerai dispose de différentes étapes de traitements à l'unité de Sig, il est à signaler que cette substance traitée dans deux installations BIII pour les produits fini charge et BII pour les adjuvants et filtrant mais actuellement l'unité de l'ENOF de Sig réalisé uniquement un traitement au niveau de l'installation BIII.

A. Installation BIII

Une fois le matériel exploité brut est traité à l'installation BIII (Figure.29) est concassé dans des concasseurs à lames, il est par la suite acheminé vers le four par un tapis roulant. Il est à Signalé que la température de ce four est de 600°C, qui est une température idéale pour un bon séchage du produit dont l'humidité doit être < 4%).

Une fois cette opération achevée, la diatomite est concassée puis, le matériel sera stocké dans des sacs.

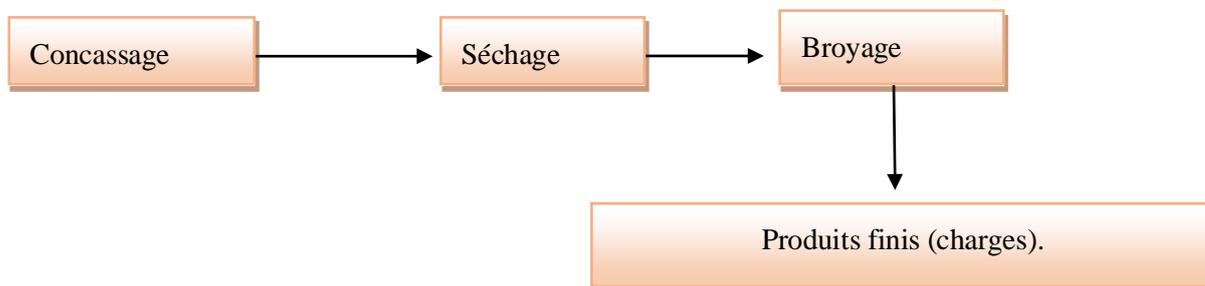


Figure 27 : Schéma de l'installation BIII.

1. Concassage

La fissuration ou concassage c'est la première partie de traitement qui consiste à réduire la taille des fragments de roche (Figure 28A).

2. Séchage de la diatomite

En raison de sa très grande porosité, la diatomite obtenue contient 5 à 60 % d'humidité, le processus de séchage est effectué une ou deux fois à une température de l'ordre de 600°C (dans un séchoir ou un broyeur séchoir à broches). A partir de ce processus de séchage, on obtiendra un produit avec une teneur en humidité de 4% (Figure 28.B).

3. Broyage

Après le Transport des particules de diatomites vers l'usine, seront broyé dans un premier temps étape afin de réduire la taille de ces particules (Figure 28C). La figure ci-dessous montre la procédure d'échantillonnage pour chaque étape de traitement.



Figure 28 : Différentes stations d'échantillonnage dans les stations d'épuration
A. Concasseur. B. Séchoir rotatif. C. Broyage. D. Stockage

Enfin, tous les échantillons collectés sont emballés dans des sacs en plastique pour être envoyés aux différentes Entreprises (Figure 29).



Figure 29 : Emballage de produit fini dans des sacs en plastique

II. ETUDE CÉOCHIMIQUE

A. Analyse physique

1. Mesure de taux humidité

Concernant cette analyse, deux mesures du taux d'humidité ont été réalisées, les résultats sont reportés dans les tableaux ci-dessous.

1.1. Procédure des essais

04 échantillons ont été prélevés le 13/03/2023 dont un échantillon prélevé est de Tout venant de kieselguhr ; les autres c'est du kieselguhr broyé. 08 échantillons ont été prélevés en date du 14/03/2023 dont 02 échantillons est de Tout venant de kieselguhr et les autres c'est du kieselguhr broyé. Résultat du 1^{er} jour Tableau 03 :

LES ANALYSES DE L'HUMIDITÉ DE KIESELGHUR DE CHARGE			
Date d'analyse : 13/03/2023			
HEURE	%H2O	PRODUIT	OBSERVATION
07H15	20	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
	15	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
08H25	22	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
	30	Kieselguhr tout-venant	T.V un peu humide
09H30	/	Kieselguhr de charge	Arrêt de l'installation B ₃

Tableau 03 : Estimation de l'humidité de diatomite de la journée du 13/03/2023.

D'après les résultats d'analyses qui sont reportés dans le tableau n°03, nous avons obtenu une variation de taux d'humidité de kieselguhr de charge entre 15% et 22% avec une moyenne de 19%. Le taux de l'humidité de tout-venant de kieselguhr est de 30%.

D'après ces résultats, l'humidité du produit fini est hors-norme pour quelques clients qui s'exigent un taux de 8% max de l'humidité du produit fini, par contre nous avons remarqué que l'humidité du tout-venant diminue dans le processus de traitement de 30 à 19% moye (-11% diff) donc nous avons récupéré 11% de pouvoir d'absorption.

Résultat du 2^{ème} jour Tableau 04 :

LES ANALYSES DE L'HUMIDITÉ DE KIESELGHUR DE CHARGE			
Date d'analyse : 14/03/2023			
HEURE	%H2O	PRODUIT	OBSERVATION
07H15	19	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
	17	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
08H25	18	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
	28	Kieselguhr tout-venant	TV un peu humide
09H10	15	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
10H00	19	Kieselguhr de charge	Produit fini humide
	25	Kieselguhr tout-venant	TV un peu humide
10H25	14	Kieselguhr de charge	Produit fini humide

Tableau 04 : Estimation de l'humidité de diatomite de la journée du 14/03/2023

D'après les résultats d'analyses qui sont reportés dans le tableau N°04, nous avons obtenu une variation de taux d'humidité de kieselguhr de charge entre 14% et 19% avec une moyenne de 17%.

Le taux de l'humidité de tout-venant de kieselguhr varie entre 25 et 28 % dont la moyenne est de 26,5%. D'après ces résultats l'humidité du produit fini est hors-norme pour quelque client qui s'exigent un taux de 8% max de l'humidité du produit fini, parcontre nous avons remarqué que l'humidité du tout-venant diminue dans le procès de traitement de 26,5 à 17 % moyenne (-9,5 % diff) donc on a récupéré 9,5% de pouvoir d'absorption.

B. Analyse géochimique par DRX

La diffraction des rayons X (DRX) est une technique non destructive puissante pour caractériser les matériaux cristallins. Cette analyse fournit des informations sur la structure cristalline, la phase, l'orientation préférée et d'autres paramètres structure tel que la taille moyenne des grains, la cristallinité, la déformation et les défauts cristallins (Figure 32). Les pics de diffraction des rayons X résultent de l'interférence constructive

des faisceaux de rayons X monochromatiques diffusés à des angles spécifiques sur chaque ensemble de plans réticulaires contenus dans l'échantillon.

L'intensité maximale est déterminée par la distribution des atomes dans le réseau. Ainsi, un diagramme de diffraction des rayons X est l'empreinte digitale d'un dispositif atomique périodique dans un matériau donné. En recherchant des modèles de diffraction des rayons X dans la base de données standard ICDD.

1. Préparation de l'échantillon

L'échantillon a été pris directement du produit fini de l'entreprise. Après la collecte, il a été emballé dans un petit sac d'échantillonnage en plastique et envoyé au laboratoire pour une analyse DRX. Une fois l'échantillon est arrivé au laboratoire, la poudre est réduite à une granulométrie contrôlée pour faciliter la manipulation. Les données de diffraction des rayons X sur poudre (DRX) ont été acquises avec l'appareil Rigaku du laboratoire de substances naturelles et bioactives de l'Université de Tlemcen.

L'analyse DRX a été réalisée sur l'échantillon de diatomite pour les identifications minéralogiques et chimiques, le diagramme correspondant est présenté dans la (Figure .30).

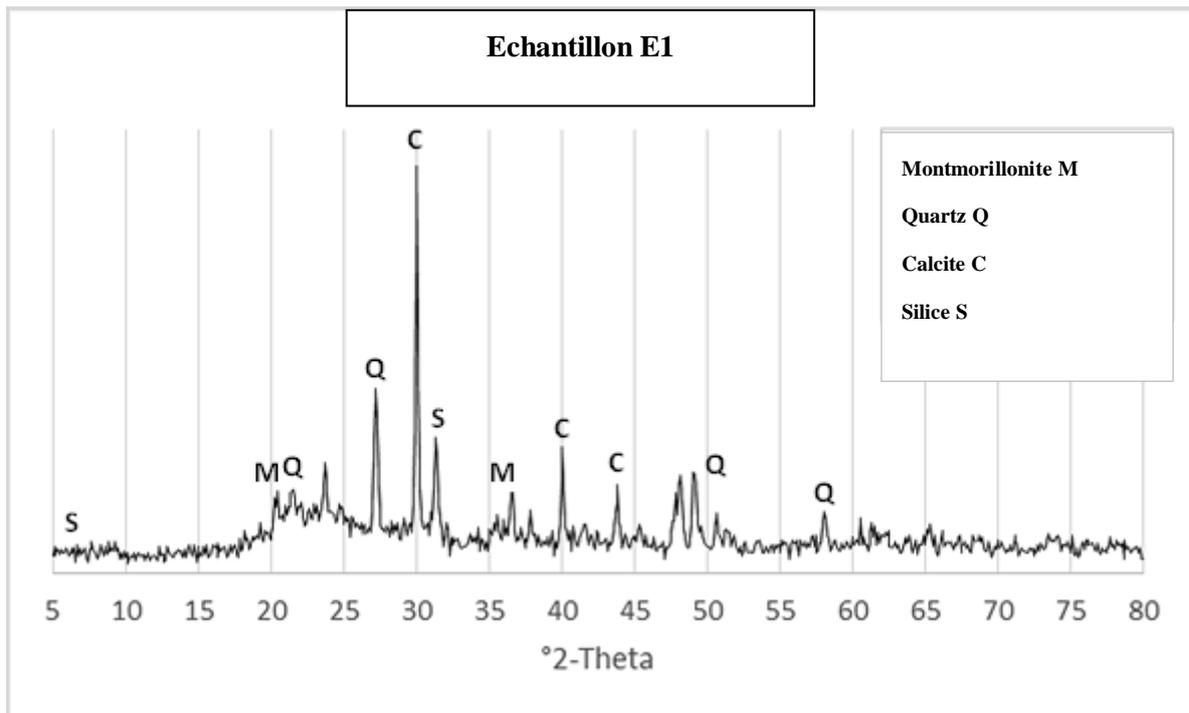


Figure 30 : Diagramme DRX de l'échantillon de diatomite (E1) de Sig.

Analyse : l'échantillon analysé avec la méthode DRX « powder diffraction » de 5 à 80 ($^{\circ}$ 2-Theta) montre un cortège minéral forme essentiellement de calcite, quartz et probablement d'argile de type montmorillonite.

L'ensemble des pics sont « Sharp » pointus, cela signifie que l'ensemble des minéraux présent (Silice, calcite et quartz) ont une très bonne cristallinité, c'est à dire des minéraux non altérés.

Il est important de noter que cet échantillon (E1) est composé essentiellement par la Calcite (CaCO_3), néanmoins la présence de la Silice (SiO_2) est présente en faible quantité.

Note : Si l'échantillon a été chauffé au préalable à une température supérieur à 500 $^{\circ}\text{C}$, cela explique pourquoi le pic des montmorillonites à 6 ($^{\circ}$ 2-Theta) a disparu.

2. Compositions chimiques du kieselguhr

Ils existent deux importantes qualités de kieselguhr d'après ENOF.

Les éléments	SiO_2	CaCO_3	Al_2O_3	MgO	Fe_2O_3	Na_2O_3
1ère qualité	75 - 80%	10-12%	2.9%	1%	1,09%	0,34%
2ème qualité	65 - 70%	12 - 20%	2.9%	0.8%	1,3%	0,54%

Tableau 05 : Les deux qualités de diatomite (d'après rapport de L'ENOF Sig, 2019. Plan d'exploitation de kieselguhr. Inédit)

Discussion :

Les teneurs les plus importants qui dictent la valeur de notre produit sont le SiO_2 et CaO . Simplement, plus SiO_2 est élevé et CaO faible, plus la valeur du produit est de bonne qualité, et inversement, plus SiO_2 est faible et CaO est élevé, plus la valeur du produit est de plus faible qualité.

Selon les résultats de DRX et les graphes au-dessous : nous avons :

- Les teneurs en CaCO_3 plus élevé dans l'échantillon de diatomite que le SiO_2 ;
- Les éléments majeurs d'après nos analyses DRX sont : la calcite et le quartz et la silice.

Enfin nous pouvons proposer que selon les critères cités par l'ENOF, et selon les caractéristiques de l'analyse chimique et les résultats des études de marché, nous pouvons classer le produit fini de diatomite en qualité 2, utilisé pour les fillers, utilisable pour charge.

IV. UTILISATIONS INDUSTRIELLES

A. Domaine utilisation de Kieselguhr

Utilisations	Domaines
Matériaux filtrants pour différents liquides	Structure en nid d'abeille, haute porosité et la résistance chimique permet une utilisation dans l'industrie alimentaire (huiles végétales et minérales, jus de fruits). Eau (eau potable, eaux usées, eaux industrielles), produits chimiques (élimination des particules). bactéries et virus colloïdaux), médicaments (filtration plasmatisque), etc.
Comme charge	Granulométrie fine, inertie chimique, faible densité, surface spécifique élevée, abrasivité, pouvoir absorbant, température, la diatomite fondue devient un matériau important pour la fabrication de charges Fabrication de peintures, de produits chimiques agricoles, etc.
Matériaux absorbants	Inertie chimique de la terre de diatomées, surface spécifique élevée, capacité à absorber jusqu'à 3 fois son poids en liquide (1g de la diatomite absorbe plus de 2,5 g d'eau), absorbants dans les industries alimentaires, chimiques et pétrolières est également utilisé protection de l'environnement (déversements de liquides contaminés) et déchets pour animaux de compagnie.
Industrie d'isolation	En raison de sa très faible conductivité thermique, isolation thermique des structures et installations industrielles (réservoirs) fonderies, production d'aluminium), fours, chaudières, pipelines, etc.) avec des températures de surface isolées jusqu'à 950°C.
Divers types d'industrie	Métallurgie, génie électrique, verre, ciment et pétrochimie ; industrie photovoltaïque pour la production de l'énergie solaire dans la construction utilise de la terre de diatomée brute ou transformée dans diverses applications : A. Fabrication de réfractaires tels que briques et tuyaux réfractaires chaudière ou béton isolant la terre de diatomée peut également être utilisée remplissage d'isolant en mortier ou en brique et isolation phonique construction. B. Fabrication d'éléments en béton léger et en maçonnerie légère (ex. brique couple). C. Fabrication de liants hydrauliques. Grâce à la silice et sa grande surface en particulier, la terre de diatomées peut être associée à la chaux. D. Améliorer les propriétés du béton prêt à l'emploi telles que l'homogénéité maniabilité et temps de durcissement.

Tableau 06 : les différentes utilisations de kieselguhr dans le monde.

B. Exemple d'utilisation de kieselguhr en Algérie

1. Étude d'un cas

Afin de donner une valeur socio-économique à notre travail dans le domaine industriel, nous avons effectuée une semaine de stage au sein de l'entreprise UNPC TRECYPOLASTE. Cette dernière est située à la zone industrielle BP N 154 ROIUBA ALGERIE, spécialisé dans la fabrication des produits en caoutchouc.

2. Présentation de l'unité

2.1. Historique

L'unité TC/1G (transformation de caoutchouc) a été mise en service en 1942 et été gérée par les associés Jaqueau et Bergereau jusqu'en 1966.

En janvier 1966, l'unité a été prise sous la protection de l'état et prend le nom de SONOCI (société nouvelle du caoutchouc industrielle) elle sera rattachée à la SONATRACHE en 1970 l'unité est nommée CFP 43 elle sera rattachée à l'ENPC dans le cadre de la restructuration de SONATEACH (site SEMAR). En janvier 2000 transfère du site SEMAR vers le site de RUIBA qui se trouve à la zone industrielle de RUIBA derrière l'entreprise de KANAGAZ et occupe une superficie de 12.000m² aménagée sous forme :

- De deux ateliers de production,
- D'un bloc administratif,
- De bâtiments annexes.

2.2. Cas de l'utilisation de kieselgur dans le caoutchouc

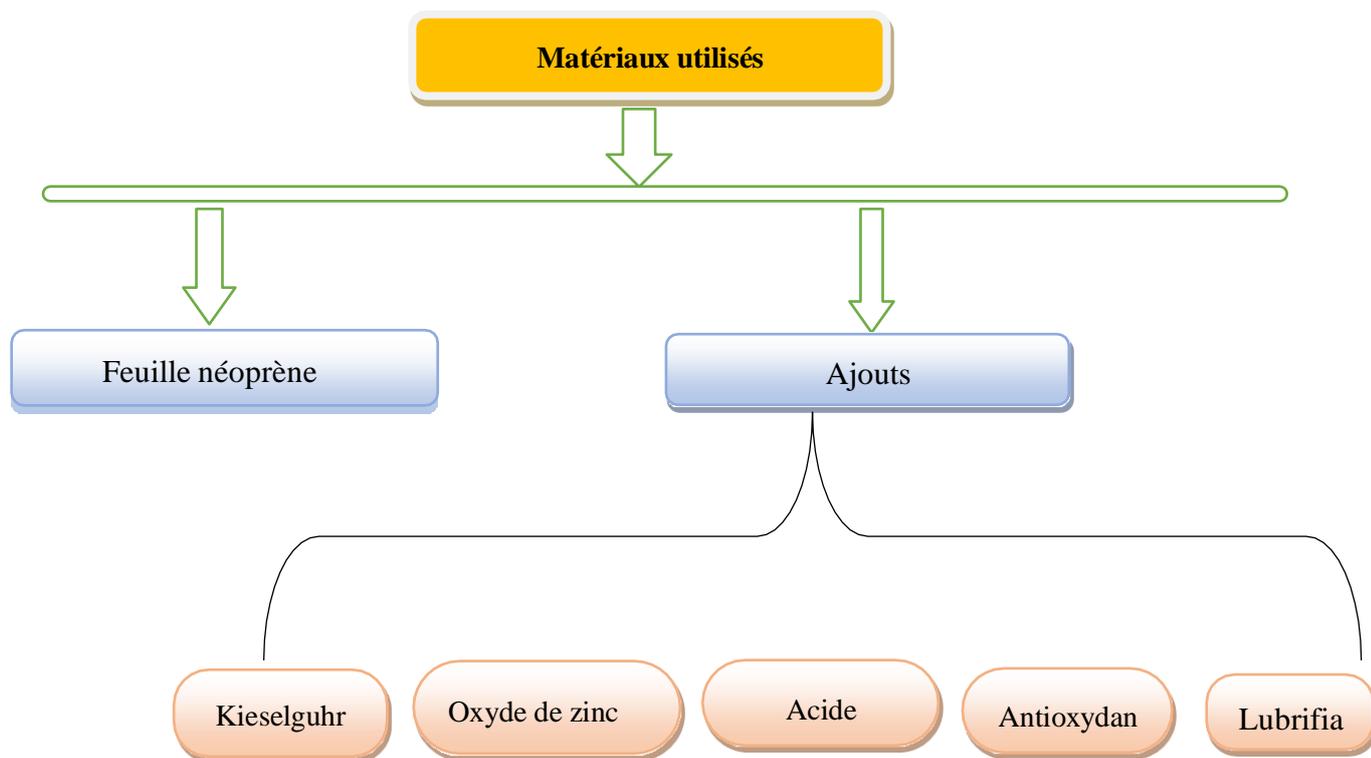


Figure 31 : Matériaux utilisés

2.2. Feuille néoprène

Le néoprène possède plusieurs des excellentes propriétés physiques du caoutchouc naturel, à savoir la résistance à la rupture et la résilience, alliées à la résistance aux huiles, graisse et solvants paraffiniques, stable à la lumière solaire et à l'effet oxydant de l'ozone, ainsi qu'au vieillissement par la chaleur.

Le néoprène a été développé en vue des usages pour lesquels le caoutchouc naturel s'avère peu satisfaisant en raison de certaines limitations imposées par ses propriétés physiques.

2.3. Introduire de kieselgur dans la feuille néoprène

Dans le processus de production de caoutchouc de nombreux produits chimiques tels que le zinc et l'oxyde et acide ect. Stéarique sont utilisés, en plus de kieselgur, qui est utilisé comme matériau pour le chargement direct sans subir d'additifs ou d'analyses.

Le kieselgur utilisé comme charge non active et unaire de remplissage dans la feuille néoprène de pourcentage 30 à 40%. Il peut aider à réduire les coûts de production en remplaçant partiellement d'autres charges plus coûteuses, tout en améliorant certaines propriétés, telles que la résistance à la chaleur et la résistance aux chocs.

Ce processus se fait en mélangeant le matériau Kieselgur avec le caoutchouc à l'intérieur du mélangeur interne (Figure 32).



Figure 32 : Mélangeur interne.

Une fois le mélange terminé, on examine attentivement le matériau pour vous assurer que le kieselgur est bien incorporé dans le caoutchouc. Il devrait être uniformément réparti et former une masse homogène (Figure 33).



Figure 33 : suiveur.

Après avoir bien mélangé, les matériaux sortent sous forme de feuille de néoprène a travers une calandre de la feuille. Machine de calandre de la feuille (Figure 34.)



Figure34 : Calandre de la feuille.

Une fois sortie d'une machine à calandre, une feuille de néoprène aura une apparence lisse et uniforme. Le néoprène est un matériau en caoutchouc synthétique utilisé principalement pour sa résistance aux intempéries, à l'abrasion et aux produits chimiques (Figure 35).



Figure 35 : Feuille néoprène (produit fini).

CONCLUSION

CONCLUSIONS ET PERCEPECTIVES

La diatomite ou terre à diatomées ou même Kieselguhr est une roche sédimentaire siliceuse biogénique composée principalement par des squelettes ou de frustules de diatomées fossilisées. Les diatomées sont des algues aquatiques unicellulaires présentes dans l'eau douce, saumâtre et salée.

Le gisement de diatomite de TAHALAIT est situé à 15 kilomètres au sud-est de la ville de Sig dans la Wilaya de Mascara, qui est produit et exploité par l'entreprise public ENOF.

La couche de diatomées du dépôt contient sept couches de matériau utile, mais seule la troisième couche a été développée car elle était considérée comme la plus appropriée en raison de sa forte teneur en SiO₂ et de sa grande épaisseur.

Ainsi, le gisement de TAHALAIT représenté par quatre formations que fait dans le site 6 de la région TAHALAIT. L'étude lithologique de ce gisement permet de caractériser quatre successions lithostratigraphique : il s'agit des marnes sableuses de couleurs jaunâtres à verdâtres qui se repèrent à la base de la coupe, de forme indure à toucher grumeleuse, un deuxième ensemble de formation diatomique qui représenté la partie la plus importante dans notre étude et qui contient des diatomites blanchâtres d'aspect massifs ou lités par endroit. Ces diatomites renferment parfois des coquilles de bivalve et huitres et des poissons

Le gisement de Sig est exploité selon la méthode des chambres et des piliers. L'extraction se fait à la main, à l'aide de pioches et de pelles. Pas besoin d'explosifs. Cette méthode est très économique. Le seul inconvénient est que les aiguilles résiduelles perdent 15 à 30% du minerai.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons tenté de déterminer les caractéristiques chimiques pour classer cette diatomite. L'échantillonnage effectué pour l'analyse de DRX d'un seul échantillon nous a permis d'arriver au résultat suivant :

-la teneur de CaCO₃ présente dans le produit fini renferme un grand pourcentage que SiO₂ qui est représentée en faible quantité.

-en tenant compte de la classification de SONARAM, on peut dire que le produit fini est de 2^{ème} qualité utilisé pour les matériaux de charge.

Au final, le gisement est de qualité modérée, mais son importance réside dans le rendement. Cependant, la réduction de la quantité de CaO₃ nocif par un traitement chimique ou thermique peut améliorer la qualité du minerai et fournir un produit de haute qualité rentable sur le marché.

Nous proposons quelques perspectives pour un enchainement de ce travail et qui consistent en :

- Il est important dans l'avenir d'augmenter le nombre des échantillons prélevés afin de bien effectuer une caractérisation plus complète et plus précise du minerai de diatomite par des analyses microscopiques, minéralogiques, chimiques :

- Effectuer des analyses analyse DRX avant et après chauffage et également le temps de chauffage est très important pour voir s'il n'a pas de transformations minéralogiques ;

- Procéder à des essais de filtration de différents produits agro-alimentaires ;

Les diatomites sont essentiellement utilisées comme additifs pour la filtration de multiples liquides, particulièrement alimentaires, en tant que charges, produits isolants, absorbants, réfractaires et comme support chromatographique.

Dans l'avenir, l'utilisation de la diatomite parait évidente à court terme dans le secteur de la filtration. Cependant, d'autres utilisations tel que :

- Produits isolants et réfractaires ;
- Absorbants ;
- La fabrication des peintures ;
- La fabrication de pâte pour empreintes dentaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBA F et BELKACEMI M. (2020) - Contribution à la valorisation de la diatomite dans la fabrication (brique, mortier et pâte de ciment) Mémoire de fin d'études de Master. UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

AIFA T, FEINGERG H, DERDER M E M, et MERABET N. (1992) - Rotations paléomagnétiques récentes dans le bassin du Chélif (Algérie). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences II, 314, pp. 915-922.

ARAB M, BRACÈNE R., ROURE F., ZAZOUN R.S., MAHDJOUB Y. et BADJI R. (2015)- Source rocks and related petroleum systems of the Chélif Basin, (western Tellian domain, north Algeria). *Marine and Petroleum Geology* , 64, pp. 363-385.

BELKEBIR L. (1986) - Le Néogène de la bordure nord - occidentale du massif de Dahra (Algérie). Biostratigraphie, Paléoécologie, Paléogéographie. *Thèse Doctorat*, Université de Provence, 289 p.

Bessedik, M., Benammi, M., Jaeger, J.-J., Ameer-Chehbeur, A., Belkebir, L., Mansour, B., 1997. Gisements à rongeurs d'âge tortonien dans des dépôts lagunaires et marins de transition en Oranie : corrélation marin continental. In : Mémoires et Travaux de l'Institut de Montpellier. Presented at the BiochroM'97, Ecole pratique des hautes études, Institut de Montpellier, pp. 293–300.

BELMEHDI N. (2015) - Elimination du phosphore sous la forme des phosphates Par adsorption sur la diatomite brute et diatomite modifiée au fer- FHMD. MEMOIRE. UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE d'ORAN Mohamed Boudiaf

BOUDIAF, A., RITZ, J. F. et PHILIP, H. (1998) - Drainage diversions as evidence of propagating active faults: example of the El Asnam and Thenia fault, Algeria. *Terra Nova* 10, 236-244.

DELFAUD J., MICHAUX J, NEURDIN-TRESCARTESJ. et REVET J. (1973)- Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne. Evolution de la région oranaise (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. *Bulletin de la société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 64, pp. 219-241.

DELTEIL J. (1974) - Tectonique de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du Tell oriental (Monts de la Mina, Beni Chougrane, Dahra). Thèse de Doctorat Etat, Université de Nice, 249 p.

DERDER M.E.M., HENRY B, MAOUCHE S., BAYOU B., AMENNA M., BESSE J., BESEDIK M., BELHAI D. et AYACHE M. (2013)- Transpressive tectonics along a major crustal structure on the Algerian continental margin: blocks rotations revealed

by a paleomagnetic analysis. *Tectonophysics*, 193, pp. 183-192.

DOMZIG A., YELLES K., LE ROY C., DÉVERCHÈRE J., BOUILLIN J.P., BRACENE R., MERCIER DE LÉPINAY B., LE ROY P., CALAIS E., KHERROUBI A., GAULLIER V., SAVOYE B. et PAUC H. (2006)- Searching for the Africa-Eurasia Miocene boundary offshore western Algeria (MARADJA'03cruise). *Comptes Rendus Géoscience*, 338, pp. 80-91

FENET B. (1975) - Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord-maghrébin, les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Nice, 301 p.

GUARDIA P. (1975) - Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie Nord-occidentale (Algérie), relation structurales et paléogéographiques entre Rif externe et le Tell de l'avant pays atlasique. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Nice, 289 p.

MEGHRAOUI M., et DOUMAZ F. (1996)-« Earthquake-induced flooding and paleoseismicity of the El Asnam (Algeria) fault-related fold » *J. Geophys. Res.*, 101, 17617-17644

MEGHRAOUI M. (1982) - Etude néotectonique de la région nord-ouest d'El-Asnam : relation avec le séisme du 10 octobre 1980. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université de Paris VII, 201 p.

MEGHRAOUI M. (1988) - Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie : Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique. Thèse Doctorat, Université de Paris XI, France, 356 p.

MEGHRAOUI M., MOREL J.L., ANDRIEUX J. et DAHMANI M. (1996) - Tectonique plioquaternaire de la chaîne tello-rifaine et de la mer d'Alboran. Une zone complexe de convergence continent-continent. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167 (1), pp. 141-157.

NEURDIN-TRESCARTES J. (1992) - Le remplissage sédimentaire du bassin néogène du Chélif, modèle de référence de bassins intra-montagneux. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Pau et Pays de l'Adour, 605 p.

RAMEDANI M et al. (2020). Contribution à l'étude de la diatomite de Sig (Algérie). Mémoire de fin d'étude de master. Université des Sciences et la Technologie Houari Boumediene

PERRODON A. (1957) - Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie*, 12, 328 p.

PHILIP H., et MEGHRAOUI M., (1983)- Structural analysis and interpretation of the surface deformation of the El Asnam earthquake of October 10, 1983, geodetic determination of vertical and horizontal movements. *Bulletin of the Seismological Society*

of America, 72, pp. 2227-2224

PHILIP H., et THOMAS G. (1977) - Détermination de la direction de raccourcissement de la phase de compression quaternaire en Oranie (Algérie). Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, 19 (4), pp. 315-324

PHILIP H., (1983)- structural-analysis and interpretation of the surface deformations of the El- Asnam earthquake of October 10, 1980, Tectonics 2: 17

SAINT-MARTIN J.-P. (1987) - Les formations récifale coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. Aspects paléoécologiques et paléogéographiques. Thèse Doctorat, Université d'Aix-Marseille 1, 214 p.

THOMAS H. (1985) - Géodynamique d'un bassin intra-montagneux. Le bassin du Bas Chéelif occidental durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Pau Pays de l'Adour, 594 p.

LISTE DES FIGURES

Fig. 01 :	Position géographique des bassins du Bas Chélif (PERRODON, 1957).	4
Fig. 02 :	Position géographique du secteur d'étude.	5
Fig. 03 :	Carte géologique de Bas Chélif (MAGHRAOUI 1982).	8
Fig. 04 :	Schéma structural du bassin du Bas Chélif (d'après Arab et al.2015, modifié).	9
Fig. 05 :	Frustules d'une diatomée.	10
Fig. 06 :	Les différentes formes de diatomées.	11
Fig. 07 :	Structure de la diatomée.	12
Fig. 08 :	Les deux type de diatomite dans le gisement de TAHALAIT.	13
Fig. 09 :	Photo d'un échantillon de diatomite de lamine de Sig vu sous microscope électronique, grossissement 1500x. SIDAM (d'après SAMAT, 2023).	13
Fig. 10 :	Matériels utilise au laboratoire.	15
Fig. 11 :	Échantillon de diatomite broyée.	16
Fig. 12 :	Situation géographique de gisement kieselgur de TAHALIAITE.	16
Fig. 13 :	Déformation syn-sédimentaire.	18
Fig. 14 :	Fille normale.	18
Fig. 15 :	Image satellite montrant la coupe de la mine de kieselguhr TAHALAIT (SITE 6) (Google Earth).	19
Fig. 16 :	Coupe litho-stratigraphique de TAHALAIT (site 6).	21
Fig. 17 :	Coupe litho-stratigraphie de galerie de TAHALAIT.	23
Fig. 18 :	Exemplaire d'un site de l'extraction de diatomite à ciel ouvert (ABBA et BELKACEMI, 2020).	24
Fig. 19 :	Mode d'exploitation souterrain.	24
Fig. 20 :	Les équipements utilisés pour l'exploitation.	25
Fig. 21 :	Vue d'une galerie au jour.	26
Fig. 22 :	Méthode de chambres et piliers.	27
Fig. 23 :	Une plateforme de stockage.	27
Fig. 24 :	Opération de roulage jusqu'au jour.	28
Fig. 25 :	Opération d'abattage manuelle.	28
Fig. 26 :	Produit extrait destiné à l'usine de traitement.	28
Fig. 27 :	Schéma de l'installation BIII.	29
Fig. 28 :	Différentes stations d'échantillonnage dans les stations d'épuration	30
Fig. 29 :	Emballage de produite fini dans des sacs en plastique.	31
Fig. 30 :	Diagramme DRX de l'échantillon de diatomite (E1) de Sig.	34
Fig. 31 :	Matériaux utilisés.	38
Fig. 32 :	Mélangeur interne.	39
Fig. 33 :	Suiveur.	39

Fig. 34 :	Calandre de la feuille.	40
Fig. 35 :	Feuille néoprène (produit fini).	40

LISTE DES TABLEAUX.

Tableau 02 :	Les coordonnées UTM de la coupe de TAHALAIT (site 6).	19
Tableau 03 :	Estimation de l'humidité de diatomite de la journée du 13/03/2023.	32
Tableau 04 :	Estimation de l'humidité de diatomite de la journée du 14/03/2023	33
Tableau 05 :	Les deux qualités de diatomite (d'après rapport de L'ENOF Sig, 2019 . Plan d'exploitation de kieselguhr. Inédit)	35
Tableau 06 :	Les différentes utilisations de kieselguhr dans le monde.	36

Annexes

Annexe

POINTS	UTM -Nord Sahara – fuseau 30	
	X	Y
1	758 400	3 930 500
2	758 400	3 929 800
3	757 800	3 929 800
4	757 800	3 929 500
5	758 000	3 929 500
6	758 000	3 929 100
7	757 300	3 929 100
8	757 300	3 929 200
09	757 000	3 929 200
10	757 000	3 929 300
11	756 800	3 929 300
12	756 800	3 929 400
13	756 700	3 929 400
14	756 700	3 929 500
15	756 500	3 929 500
16	756 500	3 930 100
17	757 000	3 930 100
18	757 000	3 930 200
19	757 600	3 930 200
20	757 600	3 931 100
21	758 000	3 931 100
22	758 000	3 930 900
23	758 100	3 930 900
24	758 100	3 930 800
25	758 200	3 930 800
26	758 200	3 930 700
27	758 300	3 930 700
28	758 300	3 930 500

Tableau N° 01 : Coordonnées (UTM) du périmètre du gisement de kieselghur

PLANCHE I



Fig. 01 : ancien tranché.

Fig. 02 : Diatomite altérée de couleur grise.

PLANCHE II

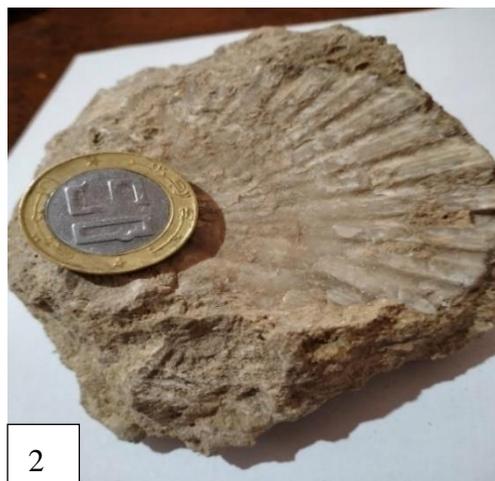


Fig. 01 : Un banc de marne séparée la même couche de diatomite.

Fig. 02 : Fossile à coquille.

Fig. 03 : Fossile à poisson.