

N° d'ordre : 01/DSTU/2022



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

Noureddine BOUKENADEL

&

Elhoussein MARMOURI

**CARACTERISATION GEOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DES
ARGILES ET DES CALCAIRES DU GISEMENT DE BEN ZIREG
(NE BECHAR)**

Soutenu le 02 juillet 2022 devant les membres du jury :

Salamet MAHBOUBI, MC (A), Univ. Tlemcen
Mustapha BENADLA, MC (B), Univ. Tlemcen
Abdellah SALHI, Directeur ANAM, Béchar
Choukri SOULIMANE, MC (A), Univ. Tlemcen

Président
Encadreur
Co-Encadreur
Examineur

DEDICACES

Dédicaces

Louanges à Dieu, Clément et Miséricordieux

C'est avec beaucoup de joie et d'émotion que je dédie ce mémoire à :

- Ma défunte mère que la miséricorde de Dieu soit sur vous et même le destin vous a kidnappé de nous, votre soutien et vos encouragements ont toujours été dans ma conscience.
- Mon père à qui je dois dédier ma réussite et surtout le remercie pour son accompagnement et son soutien permanent.
- A vous mes frères (Mohammed, Abdelhamid) et sœurs (Fadhila, Hafida et Radia) qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études et aussi à toute la grande famille.
- Mon binôme MARMOURI Elhoussein pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.
- Enfin, je dédie ce modeste mémoire à tous les Professeurs qui ont contribué à ma formation durant le cursus et à qui j'exprime mon entière reconnaissance.

Noureddine

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma très chère mère pour son amour, ces encouragements et ses sacrifices,

A mon très cher père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

A mes très chers frères Elhassane, Abdelwahab et mes très belles sœurs Amal et Kheira, qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études, et aussi à toute la grande famille.

A ma grande mère et mon grand père, mes oncles et mes tantes. Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie et aussi à tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Je les remercie pour leurs amours, leurs encouragements et leurs soutiens.

Je ne peux clôturer ces dédicaces sans oublier mon binôme BOUKENADEL Nouredine pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet de fin d'étude.

Enfin, je dédie ce modeste mémoire à tous les Professeurs qui ont contribué de près ou de loin à ma formation durant le cursus et à qui j'exprime mon entière reconnaissance.

Elhoussein

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	4
RESUME	6
ABSTRACT	7
ملخص	8

Premier chapitre : **INTRODUCTION GENERALE**

I. INTRODUCTION	9
II. OBJECTIFS DU MEMOIRE	9
III. CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	01
A. Cadre géographique	01
1. Situation générale de bassin de Béchar	01
2. Situation générale de la région de Benzireg	00
B. Cadre géologique	00
1. Cadre géologique général du bassin de Béchar	00
1.1. Au plan lithostratigraphique	00
1.1.1. Le Paléozoïque	01
a. Cambrien	01
b. Ordovicien	01
c. Silurien	01
d. Dévonien	01
e. Carbonifère	01
1.1.2. Le Mésozoïque	02
a. Jurassique	02
b. Crétacé	02
1.1.3. Le Tertiaire	02
a. Eocène-Miocène	02
b. Pliocène- Quaternaire	03
1.2. Au plan structural	15
2. Cadre géologique de la région de Benzireg	16
2.1. Au plan lithostratigraphique	16
2.1.1. Le Carbonifère	16
2.1.2. Le Jurassique	16
2.1.3. Le Crétacé	16
2.1.4. Le Tertiaire	17
2.2. Au plan structural	17

IV. METHODOLOGIE	17
A. Sur le terrain	18
B. Au laboratoire	18
1. Plaques minces	18
2. Analyse chimique	18

Deuxième chapitre : **ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

I. INTRODUCTION	21
II. CONTEXTE GEOGRAPHIQUES DES GISEMENTS	21
A. Localisation géographique de la carrière des schistes de Benzireg	21
B. Localisation géographique de la carrière de Djebel Madjouz	22
III. GEOLOGIE DES GISEMENTS	24
A. Carrière des schistes de Benzireg	24
1. Géologie de gisement de Benzireg	24
2. Structure de gisement	25
B. Carrière de Djebel Madjouz	25
1. Géologie de gisement de Djebel Madjouz	25
2. Structure de gisement	26
IV. ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES GISEMENTS	27
A. Carrière d'argiles de Benzireg	27
1. Unité basale	27
1.1. Ensemble basal (A)	27
1.2. Ensemble sommital (B)	27
2. Unité médiane	29
3. Unité sommitale	29
B. Carrière de Djebel Madjouz	29
1. Etude microfaciologique	29
1.1. Microfaciès bioclastique	31
1.2. Microfaciès oolithique	31
1.3. Microfaciès dolomitique	32
V. PROCESSUS DE LA FABRICATION DU CIMENT	33
A. Production des matières premières	33
1. Concassage mélange Calcaire/argile	33
2. Concassage des Ajouts	33
B. Production de cru et clinker	35
1. Broyage Cru	35
2. Atelier de cuisson	35

C. Production de ciment	36
D. Expédition ciment	36

Troisième chapitre : **ETUDE GEOCHIMIQUE**

I. INTRODUCTION	37
II. ETUDE QUALITATIVE DE LA SUBSTANCE UTILE	37
A. Les argiles	37
1. Etude chimique	37
B. Les calcaires	38
1. Etude chimique	38
2. Conclusion	40
CONCLUSION GENERALE	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
LISTE DES FIGURES	44
LISTE DES TABLEAUX	45
PLANCHES	46
ANNEXE	50

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Au terme de la réalisation de ce mémoire de Master Professionnel, nous avons le plaisir d'exprimer nos gratitudee à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à son élaboration.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à notre encadreur Mr **M. BENADLA**, Maître de conférences classe (B) à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen pour la proposition de sujet, ces encouragements, sa disponibilité, son suivie et ses conseils constructifs le long de la réalisation de ce mémoire. Malgré ces nombreuses préoccupations, ses conseils nous a été une source constante de motivation.

Nos vifs remerciements s'adressent à notre Co-encadreur Mr. **A. SALHI** Directeur de l'Agence Nationale des Activités Minières (**A.N.A.M.**) pour l'accueil chaleureux qu'il nous a réservé lors de notre mission de terrain et dont nous gardons un agréable souvenir. Ses connaissances de terrain nous a été très bénéfiques.

M^{elle}. **S. MAHBOUBI**, Maître de Conférences classe (A) à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen pour avoir voulu présider le jury de ce travail.

Mr. **C. SOULIMANE**, Maître de conférences classe (A) à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen pour avoir bien voulu examiner et critiquer notre travail. Sa présence aujourd'hui dans ce jury en qualité d'examineur nous honore beaucoup. Nous lui adressons nos dévouements et nos profondes reconnaissances.

Qu'il nous soit permis d'exprimer nos remerciements à **Mr KADRI**, Directeur de la Cimenterie de Béchar pour l'accueil chaleureux qu'il nous a réservé lors de notre passage dans la cimenterie et dont nous garderons un agréable souvenir.

Nous tenons à remercier aussi le Centre de Recherche et Développement de Boumerdès pour la confection des lames minces ainsi que pour les analyses chimiques. Nous penserons tout particulièrement à Mr.**KHADRAOUI**.

Une mention spéciale est accordée à Mr. **A. MAROK**, Professeur à l'Université Abou-Bekr Belkaid de Tlemcen pour l'intérêt particulier qu'il nous a apporté à notre sujet malgré ses lourdes tâches. Nous profitons aujourd'hui pour lui exprimer notre profonde gratitude pour sa contribution à notre formation au Master Géo-Ressources Professionnel ainsi pour les entretiens fructueux qu'il nous a accordés.

Une pensée toute particulière à Mr **MARMOURI**, Wali de la Wilaya de Tlemcen pour avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires dont nous avons besoin pour la réalisation de ce travail. Nous tenons à vous exprimer nos plus vifs remerciements pour votre accompagnement, votre aide moral d'un grand intérêt, vos encouragements, ainsi que votre disponibilité malgré vos nombreuses tâches

Nous remercions également l'ingénieur d'ANAM Mlle **F. BAHOUSSI** qui nous a accompagné durant nos jour de sortie sur terrain.

A cette occasion, nous tenons à remercier Monsieur **BLEDDI**, PDG de la cimenterie de Béchar (**S.S.C.**) Mr **F.HARROUZ** chef de carrière, Mr **W. HELLAL**. Directeur de laboratoire, et Mlle **M. BAHOUSSI** pour leurs engagements et accueil chaleureux le long de notre formation.

Enfin, nous ne pouvons oublier de remercier nos amis de la promotion Master Gé-Ressources professionnel 2021-2022 pour leur soutien et leurs encouragements.

RESUME

RESUME

Située à 45 km au Nord Est de la ville de Béchar, sur la bordure Nord Est du bassin de Béchar, la nouvelle cimenterie de ciment de Saoura a fait l'objet d'une étude lithologique et géochimique des matières premières exploitées par cette dernière. Elle couvre deux sites d'exploitation qui sont les argiles schisteuses et les calcaires.

L'étude lithostratigraphique et pétrographique a montré que les argiles qui constituent la carrière de Benzireg sont de nature compact, admettant des passées carbonatées. Par ailleurs, les calcaires exploités dans la carrière de Djebel Madjouz sont caractérisés par un empilement carbonaté, légèrement dolomitique, mal stratifiés, compact et massif.

Les résultats des analyses chimiques par fluorescence aux rayons X ont montré que les argiles de Benzireg présentent des teneurs en éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3) constante et conforme aux exigences techniques et sont aptes à être utilisés comme matière de sous dosé pour la production du ciment portland. Cependant, l'élément chimique fondamental « oxyde de calcium » (CaO) entrant dans la constitution des calcaires de gisement de Djebel Madjouz, se présente par des teneurs appréciables (49,61% à 53,92%) attestant ainsi la bonne qualité de la substance utile de ce gisement.

Mots-clés : Bassin de Béchar, Saoura, Lithologie, Géochimie, argiles, pétrographie, analyses chimiques.

ABSTRACT

ABSTRACT

Located 45km North-East of Bechar city, on limit North East of the Bechar bowl, the new cement plant Saoura has been the subject of the study lithology and geochemistry raw materials used by the latter, it covers two localizations used which are shale and limestone.

Study lithostratigraphy and petrography have shown that shales that constitute quarry Benzireg are in compact nature, admitting carbonate pasts. Otherwise, limestones used in the quarry Djebel Madjouz are characterized by carbonate a stack. Slightly dolomite, poorly stratified, compact, and massive.

The results of chemical analyzes by X-ray fluorescence (XRF) showed clays of Benzireg present major element content (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) consistent and compliant technical requirements and are suitable for use as an under-dosed material for the production of portland cement. However, the fundamental chemical element is calcium oxide (CaO). Incoming in the constituent deposit limestones of djebel Madjouz. Present by appreciable content (49, 61 à 53, 92%). good quality of the useful substance.

Keywords: The Bechar bowl, Saoura, lithology, geochemistry, clays, petrography, chemical analyzes.

ملخص

ملخص

على بعد 45 كم شمال شرق مدينة بشار، و على الحدود الشمالية الشرقية لحوض بشار، يقع مصنع الإسمنت الجديد- الساورة، الذي هو موضوع الدراسة الحجرية و الجيوكيميائية للمواد الخام المستغلة من طرف هذا المصنع والتي تغطي موقعين للاستغلال و احدهما للطين للحجر الكلسي.

أظهرت الدراسة البتروغرافية أن الطين المكون لمحجر بن زيراق هو طين مضغوط، يحتوي علي طبقات من الحجر الكلسي، اما الكلس المستغل من طرف محجر جبل ماجوز فيتميز بتراكم كلسي ضخم قليل الدولوميا، وذو طبقات سيئة التراصف.

نتائج التحليلات الكيميائية بواسطة الأشعة السينية الفلورية اظهرت أن طين بن زيراق يبين مستويات العناصر الرئيسية (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) ثابتة و موافقة للمتطلبات التقنية و هي مناسبة لاستخدام كمادة ذات جرعات للإنتاج الاسمنت البورتلاندي. مع ذلك، العنصر الكيميائي الاساسي " اكسيد الكالسيوم" (CaO) الداخلة في تشكيل الاحجار الكلسية لمحجر جبل ماجوز يمثل بالمستويات مهمة (49.6% الى 53.92%) تشهد على النوعية الجيدة للمادة المستعملة في المحجر.

الكلمات المفتاحية : حوض بشار، الساورة، لبتولوجية، الجيوكيميائية، الطين، البتروغرافية، التحليلات الكيميائية.

Premier chapitre : **INTRODUCTION GENERALE**

I. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années, de nombreuses cimenteries ont été installées en Algérie afin de répondre au besoin nationale de cette matière qui est très demandée dans le secteur de construction et de travaux publique. Parmi ces cimenteries nouvelles, on cite la cimenterie de ciment de Saoura (Cimenterie de Béchar), cette dernière a fait l'objet de la présente étude qui est consacrée essentiellement à l'étude lithologique et géochimique des matières premières exploitées par cette cimenterie, en particulier les argiles schisteuses et les calcaires.

En effet, ce sujet rentre dans le cadre d'une collaboration scientifique entre l'Université de Tlemcen et la Société de Ciment de Saoura (**SCS**), dont l'objectif de cette collaboration consiste à étudier l'aspect géologique des calcaires et les argiles exploitées dans le domaine de la cimenterie d'une part, et à réaliser une analyse chimique (**FRX**) dans ces matières premières d'autre part. Cette analyse permette d'établir les principales caractéristiques chimique de schistes et de calcaires exploités par la cimenterie de Saoura.

Pour la clarté de mémoire nous avons répartis cette étude en trois chapitres bien distincts, mené en collaboration avec la Société de Ciment de Saoura et l'agence notionnelle des activités minières de Béchar.

-Le premier chapitre est consacré à la présentation des cadres géographiques et géologiques du bassin de Béchar et en particulier à la présentation de la région de Benzireg.

-Le deuxième chapitre est consacré à la description lithologique des deux coupes levées dans les deux carrières d'exploitation des matières premières exploitées par la cimenterie de Béchar (schistes et calcaires).

-Le troisième chapitre est focalisé à la détermination des principales caractéristiques chimiques des schistes et des calcaires exploités par ladite cimenterie.

II. OBJECTIFS DU MEMOIRE

Le but de notre travail est l'étude lithologique et géochimique de deux carrières d'exploitation de la matière première utilisées pour la fabrication du ciment de la Saoura (cimenterie de Béchar) sous in conformité carbonifère et dans un environnement carbonaté. Ces deux carrières sont nommées schiste de Benzireg et calcaire de Djebel Madjouz. De ce fait, les principaux objectifs abordés dans ce travail consiste à :

-Déterminer la stratigraphie et la nature lithologique des formations rencontrées dans les deux gisements de provenance de la matière première (carrière de schiste de Benzireg et carrière de Djebel Madjouz).

-Décrire le processus de la fabrication du ciment de la Saoura.

-Etablir les principales caractéristiques chimiques des matières premières exploitées par la cimenterie de Béchar.

III. CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

A. Cadre géographique

1. Situation générale de bassin de Béchar

La région étudiée au cours de ce travail, fait partie de l'ensemble des terrains de la plate-forme saharienne situés au Sud de Haut Atlas Marocain et de l'Atlas saharien occidental est désignés sous le terme de bassin de Béchar. Ce dernier est limité au Nord par les Monts de Ksour et le Haut Atlas Marocain, à l'Ouest par la frontière algéro-marocaine et la Hammada de Draa, au Sud par la chaîne d'Ougarta et enfin à l'Est par le grand erg occidental. (Fig. 01).

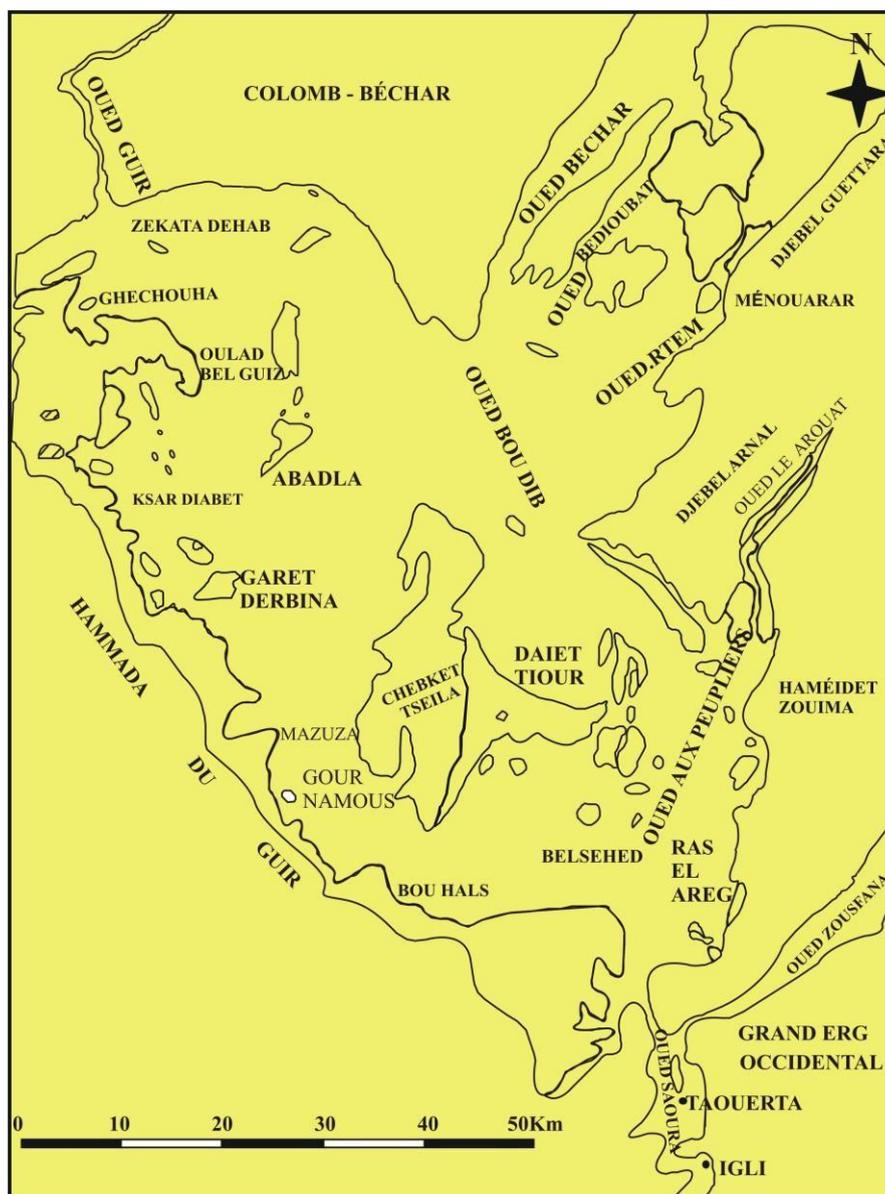


Fig. 01 : Situation géographique générale du bassin de Béchar (Carte d'après CHAVALLON, 1964).

2. Situation générale de la région de Benzireg

La région étudiée dans ce mémoire est située à l'extrémité nord orientale du bassin de Béchar, à 50 km au Nord Est de la ville de Béchar. Elle est bordée, au Nord Ouest par le Djebel Antar, au Sud, par celui de Djebel Madjouz et Teneit Madjouz, à l'Ouest par la termination nord orientale du synclinorium de Béchar-Kénadza et enfin à l'Est par le relief de Ras Lahrach (Fig. 02 et 04).

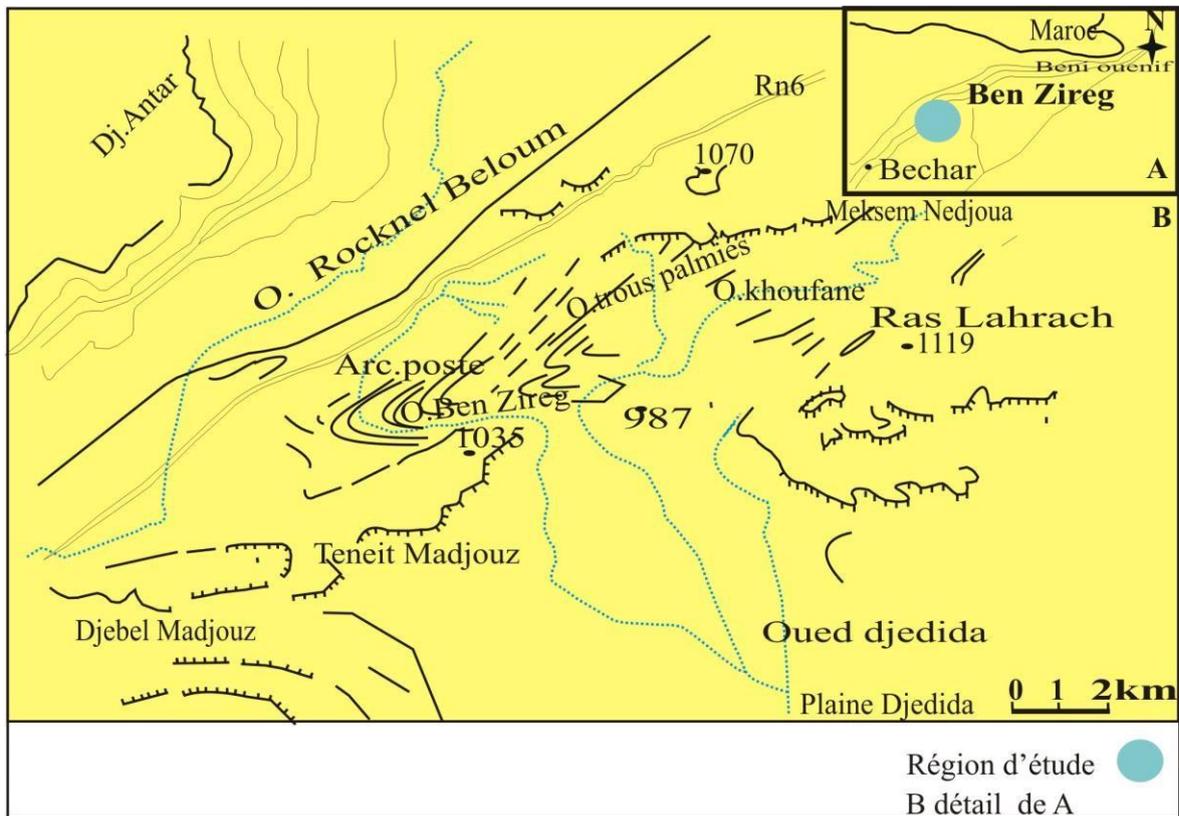


Fig. 02 : Localisation géographique de la région de Benzireg (Extrait de la carte topographique 1/200 000, feuille de Benzireg).

B. Cadre géologique

1. Cadre géologique général du bassin de Béchar

1.1. Au plan lithostratigraphique

Dans le bassin de Béchar affleurent des formations cambro-ordoviciennes à méso-cénozoïques. Les formations de Carbonifère sont celles qui affleurent le plus et forment l'architecture des différentes structures observées dans la région. Elles constituent les bassins du Mézarif, Béchar-Kenadza et Abadla-Mennouna séparés respectivement par le Djebel Béchar et l'anticlinal de Chebket Mennouna (DELEAU, 1952 ; PAREYN, 1961 ; NEDJARI, 1982 & 1991). Dans l'ordre ascendant nous résumerons la série lithostratigraphique de bassin de Béchar comme suit (Fig. 03) :

1.1.1. Le Paléozoïque

Le Paléozoïque comprend des terrains allant du Cambrien au Carbonifère inclus (DELEAU, 1952 ; ALIEV et *al.*, 1971). Dans l'ordre ascendant, la série lithostratigraphique du Paléozoïque de bassin de Béchar est résumée comme suit :

a. Cambrien

La succession des assises de cet intervalle chronologique est représenté de bas en haut, comme suit :

- Une série sédimentaire inférieure où se superposent des calcaires, des grès et des conglomérats,
- Un complexe volcanique, reposant sur la série précédente. Il comprend une superposition de colées andésitiques avec tufs et brèches volcaniques et quelques intercalations sédimentaires de grès et de conglomérats.
- Une série supérieure sédimentaire débute par de puissants conglomérats, dits de Tabalicine, reposant vraisemblablement en concordance sur le complexe volcanique et formant la base du Cambrien daté.

b. Ordovicien

Il est représenté par deux assises, une inférieure « argilites d'Ariche el Megta » et l'autre supérieure « grès et argile de Meharez ». La première est datée de l'Ordovicien inférieur. La deuxième formation est constituée la partie supérieure de l'Ordovicien de bassin de Béchar.

c. Silurien

Il affleure à 40 et 80 km au Nord du bassin de Béchar, à Talzaza et vers la plaine du Tamlet. Il est composé des marnes schisteuses reposant en concordance sur les grès cambro-ordoviciens. Ces marnes sont intercalées par des niveaux argileux renfermant une faune de Graptolithes.

d. Dévonien

Il repose en concordance, tout au moins apparente, sur les schistes siluriens. Le faciès est calcaro-schisteux à Ammonoïdes. Ce faciès admette des intercalations marneuses schisteuses vertes aciculaires.

e. Carbonifère

DELEAU (1952) à résume le grand cycle sédimentaire du Carbonifère qui commencerait par une transgression. Aux marnes schisteuses du Viséen succède le faciès récifal et subrécifal du calcaire carbonifère, puis viennent les dépôts terrigènes de plateau continental. L'émersion sous un régime de subsidence et de sédimentation permet la formation d'un Houiller productif qu'un climat désertique, dans un bassin fermé, fait cesser dès le Westphalien terminal.

1.1.2. Le Mésozoïque

a. Jurassique

Il est transgressif sur le Dévonien et Carbonifère et est rendu visible par érosion de sa couverture cénomano-turonienne. Il affleure au NE de bassin de Bechar, et plus précisément entre Figuig et le Nord du Djebel Antar. Il comprend de grandes barres calcaires souvent complètement dolomitisées pendant le Lias inférieur et moyen. Durant Le Lias supérieur, les faciès deviennent plus marneux, avec des intercalations de marnes, de calcaires sublithographiques.

b. Crétacé

Dans le bassin de Béchar, les seuls terrains secondaires datés relèvent du Cénomaniens et du Turonien. Ils sont représentés par des marnes jaunes surmontés par une épaisse barre de calcaire dolomitique (25 à 30 m) de teinte rose. Cette barre carbonatée forme au Nord de la ville de Béchar et de Kénadza une cuesta dénommée première barga qui prolonge au Nord de 18 à 20° et en discordance angulaire par rapport aux assises du Carbonifère situées 30 à 50 mètres plus bas.

Les formations supra-Turonien (Eocène inférieur)

Ces formations succèdent la formation précédente. Elles sont représentées par une puissante accumulation (100 à 650 m) de dépôts lagunaires gypsifères comprenant de bas en haut :

- Des marnes brunes et rouges admettant des niveaux d'anhydrites.
- Des marnes bariolées avec anhydrites et gros banc de sel gemme à la base.
- Des marnes sableuses rouges ou roses, vertes ou bariolées, à filonnets ou petits bancs de gypse (0.15-0.20 m) et de calcaires lacustres jaune chamois au sommet.

Ces marnes gypsifères supra-turonien et dont la partie supérieure, elles sont surmontées par une barre de grès bruns, de poudingues bruns à galets de Primaire.

1.1.3. Le Tertiaire

a. Eocène-Miocène

Les terrains tertiaires sont résumés en trois cycles sédimentaires :

-Premier cycle sédimentaire continental tertiaire (Eocène supérieur ?) : Il s'agit des marnes sableuses, admettant vers le haut, des lentilles marneuses gypsifères de couleur blanchâtre. L'ensemble est coiffé par une dalle de calcaires lacustres blancs, dur, de 15 à 20 m d'épaisseur. Cette barre carbonatée forme la seconde barga.

-Deuxième cycle sédimentaire continental tertiaire (Aquitainien) : Ce sont des marnes blanches moins dures.

CHOURBERT (1945) considère cette série comme représentant un « cycle sédimentaire indépendant », dont les couches sont plissées.

-Troisième cycle sédimentaire continental tertiaire (Hammada) : Il correspond à des grès gris, grossiers, quartzeux et des poudingues à nombreux galets de paléozoïque. Passant à des marnes sableuses rose rougeâtre, à lits gréseux. L'ensemble est couronné par une dalle de calcaires lacustres (20 à 25 m).

b. Pliocène- Quaternaire

Il s'agit des cailloutis et des poudingues déposés après le démantèlement du Hammadien (Hammada du Guir). Ils sont constitués par des galets primaires et des éléments calcaires plus ou moins anguleux de la deuxième barga.

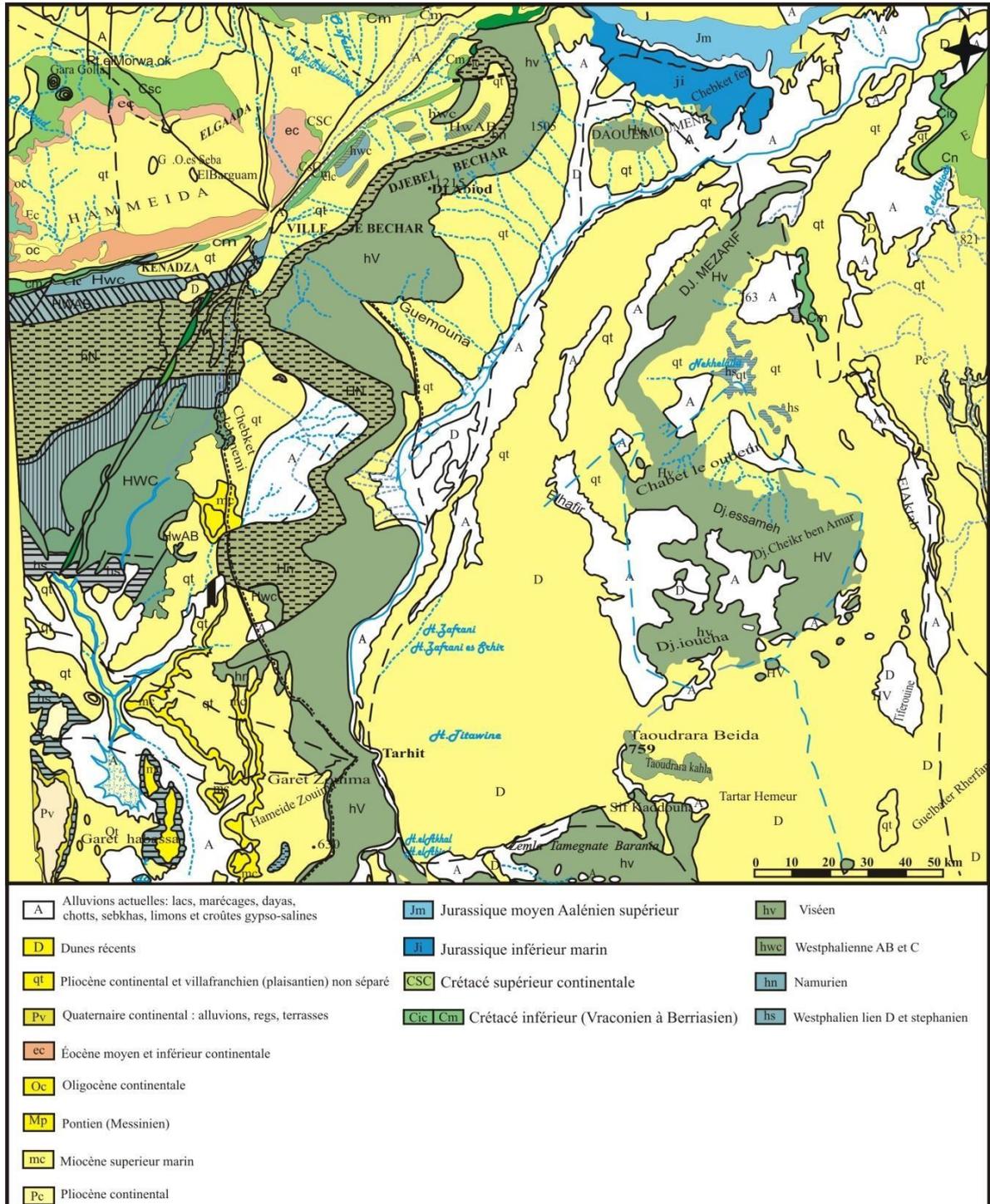


Fig. 03 : Carte géologique du bassin de Béchar (Extrait de la carte géologique de l'Algérie, échelle 1/500 000).

1.2. Au plan structural

Du point de vue tectonique le bassin de Béchar comprend les dépressions d'Abdla et de Grand Erg Occidental, le sillon de Benoud, la voûte d'Oued Namouss, le dôme de Meharez et les bordures ouest des voûtes d'Allal et de Tihment (Fig. 04).

Plusieurs directions de plis et de failles ont été mises en évidence dans le bassin de Béchar. Trois grandes familles de failles ont été retenues (DELEAU, 1952) :

-Les failles de direction Est-Ouest: observées au Nord du bassin. Ces accidents constituent la limite entre l'Atlas Saharien occidental au Nord où les formations du Mésozoïque dominantes à l'affleurement et ceux le bassin de Béchar avec l'apparition des assises du Paléozoïque.

-Les failles de direction NE-SO (N 35° à N 40°): elles sont détectées au centre du bassin et en particulier au Sud de la dépression de Kenadza.

-Les failles subméridiennes: ce sont les derniers cisaillements de la couverture carbonifère entre les axes principaux à émission fissurale de dolérite.

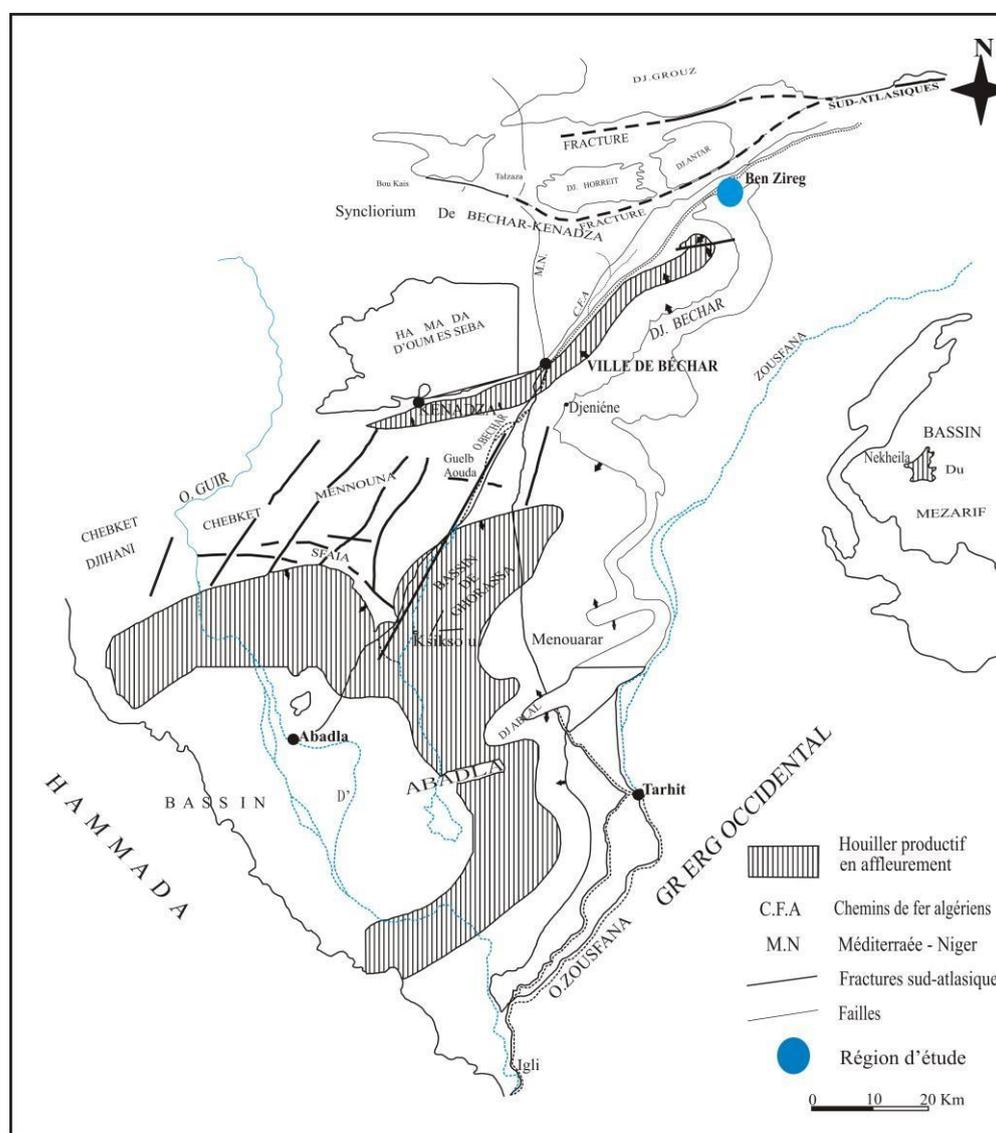


Fig. 04 : Carte structurale du Bassin de Béchar (DELEAU, 1952).

2. Cadre géologique de la région de Benzireg

2.1. Au plan lithostratigraphique

Dans ce paragraphe, nous présentons une description sommaire des formations géologiques rencontrées dans la région de Benzireg :

2.1.1. Le Carbonifère

Dans la région de Benzireg, ce système du paléozoïque est représenté par :
-Carbonifère moyen « Viséen » : au point de vue lithologique il se subdivise en une partie inférieure « gréseuse », une partie moyenne « calcaires à brachiopodes » et en celle supérieure « alternance des schistes verts, de silstones à passées conglomératiques et de brèches ». L'épaisseur totale de cette série atteint dans cette région 500m (PAREYN 1962).

Cet ensemble, à son tour, est recouvert de calcaires récifaux et de calcaires à Encrines (récifs inférieur à Lithostrotions).

-Carbonifère supérieur « Namuro-Westphalien » : Il est largement développé dans cette région. Il est formé de bas en haut par la succession des formations suivantes :

-La formation de Djenien : l'épaisseur de cette formation augmente du Sud au Nord-Est à partir de 50m (Djebel Alrar) jusqu'à 325m (Ben-Zireg). Il s'agit d'un empilement des barres de calcaire, rifogène.

-« La formation de Mezarif » : Elle est constituée essentiellement de grès fins à grossiers, à stratification oblique, souvent ferrugineux, renfermant des passées d'argiles vertes rubanées et de calcaires oolithiques et cristallins.

-« La formation d'Oued Oubaranat » : représentée par une alternance d'argilites multicolore (rouges, jaunes, grises) renfermant des passées de calcaires cristallins.

La limite du Carbonifère supérieur (le Stéphanien) est représenté, en général, par des formations terrigènes, apparaissent des faciès continentaux tels que : grès, argiles et schistes argileux. Epaisseur des sédiments continentaux atteint 100m.

2.1.2. Le Jurassique

Il est représenté au Nord du bassin de Béchar, et plus précisément au niveau de la chaîne du Grouz par une puissante corniche dolomitique surmontant des barres calcaires marneuses. Ces dernières sont d'âge liasique.

A l'Est de la région de Benzireg, dans la haute Zousfana, le Jurassique est directement transgressif sur le paléozoïque et présente un faciès lagunaire ou épicontinental.

2.1.3. Le Crétacé

Il est constitué par une importante accumulation de marnes gypsifères reposant sur une dalle carbonatée plus ou moins dolomitique. Cette dernière dalle forme vers le sud, la première Barga.

2.1.4. Le Tertiaire

Il forme des buttes composées essentiellement, de calcaires, marnes et de grès grossier.

2.2. Au plan structural

Au Nord de Béchar, le long de l'axe Boukais-Benzireg-Beni Ounif passe la limite entre la plate-forme saharienne et le Haut Atlas Marocain et l'Atlas saharien occidental. Cette importance « ligne de suture » de l'écorce terrestre marque une limite naturelle entre les deux domaines d'évolutions différentes (ZERROUKI, 2003).

La zone de passage de l'accident sud atlasique laisse voir au moins deux branches situées au Nord et au Sud de la boutonnière protérozoïque de Boukais, entre lesquelles existent au moins deux accidents de moindre importance. Le long de ces accidents, on peut décrire des structures plissées, flexurées, déversées et parfois renversées témoignant d'un fonctionnement complexe, au cours des phases tectoniques hercynienne et alpine.

Les branches de cette zone d'accident sud atlasique sont généralement sublatitudinales, parfois NE.

Les accidents sont bien visibles dans les formations jurassiques et crétacées de la région et au contact avec les formations anciennes paléozoïques. L'impact de cette tectonique est aussi visible dans les formations carbonifères, à Manouarar, au Nord de Taghit (80km au Sud de l'accident sud atlasique).

A l'échelle de la région les différents accidents montrent des structures losangiques plaçant pour la mise en place de bassin en « pull-apart » tel que cela a été décrit plus à l'Est, au passage de l'accident sud atlasique (KAZI TANI, 1985).

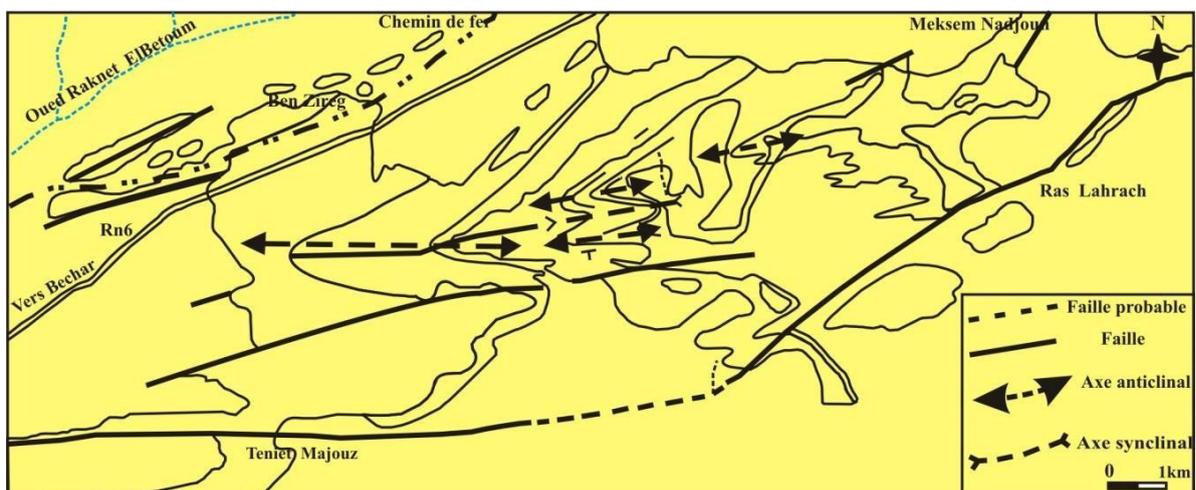


Fig.05 : Carte structurale de la région de Benzireg (Carte d'après PAREYN, 1961).

IV. METHODOLOGIE

Pour entreprendre cette étude, nous avons effectué différents travaux de terrain et de laboratoire.

A. Sur le terrain

Le travail de terrain est consacré essentiellement sur des levés de deux coupes lithologiques dans les deux gisements de provenance des matières premières exploitées dans la nouvelle cimenterie de Béchar, notamment les argiles schisteuses de Benzireg et les calcaires de Djebel Madjouz. Ce travail a été complété par un prélèvement de 07 échantillons d'une façon systématiques dans les combes argileuses pour le gisement de schiste et 05 échantillons concernant les bancs de calcaire pour le gisement de Djebel Madjouz. Ces échantillons sont réservés à l'analyse chimique en chapitre 3.

Chaque prélèvement est emballé dans un sachet de plastique avec une étiquette indiquant leur emplacement exact sur la coupe.

B. Au laboratoire

Le précédant travail de terrain a été suivie au laboratoire par les techniques et les analyses ci-dessous :

1. Plaques minces

Quelques lames minces ont été confectionnées au laboratoire de Sonatrach (CRD) de Boumerdes. Leur étude au microscope a permis de déterminer la texture des carbonates exploités dans le Djebel Madjouz, ainsi de reconnaître les éléments biogènes et non biogènes constituant ces carbonates.

2. Analyse chimique

Cette analyse est effectuée par nous même au niveau de laboratoire analytique de la cimenterie de Béchar. Elle a été réalisée par spectrométrie de fluorescence des rayons X pour la détermination des éléments majeurs : Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, et Ti.

Pour appliquer cette technique, on doit subir à l'échantillon plusieurs phases lors de la préparation dont les plus importantes sont comme suit :

- Préparation et nettoyage de l'anneau qui va contenir l'échantillon.
- Séchage de la matière à analyser.
- Broyage de la matière à analyser à l'aide d'un broyeur (Fig. 06).



Fig. 06 : Broyeur électrique.

-On pèse 20 gr de la matière broyée.

-Préparation de pastille (anneau + matière broyée) à l'aide d'une pastilleuse (Fig. 07).



Fig. 07 : Pastilleuse.

-Analyse de l'échantillon préparé par FRX (spectroscopie fluorescence X) (Fig. 08).



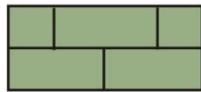
Fig. 08 : Spectroscopie fluorescence X.

Deuxième chapitre : **ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

LÉGENDE DES FIGURES



Argile



Calcaire



Slump



Récif



Tige d'échinoderme



Gastéropode



Bivalve

I. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons étudier, avec plus de détail, la lithologie de la région de Benzireg qui forme une unité paléogéographique assez particulière, et dans laquelle se trouvent nos deux carrières d'étude.

Les coupes étudiées ici sont celles du secteur de Benzireg pour les schistes et le secteur de Djebel Madjouz pour les calcaires verdâtres.

Les terrains affleurant dans la carrière de schiste sont en nombre assez limités. Il s'agit essentiellement du Carbonifère moyen « Viséen » (appelé formation « de schiste de Benzireg ») et du Turonien « calcaire à nodules de silex » qui se dépose en une discordance angulaire sur la formation précédente. Contrairement aux calcaires de Djebel Madjouz où les affleurements sont représentés par une puissante corniche carbonatée repose en concordance sur la formation précédente, elle est nettement visible dans la topographie.

II. CONTEXTE GEOGRAPHIQUES DES GISEMENTS

A. Localisation géographique de la carrière des schistes de Benzireg

La carrière de schiste Benzireg est située à 50km au Nord Est de la ville de Bechar. Elle est bordée au Nord et en particulier le Nord-Ouest par la route nationale n°6 reliant Bechar à Oran et à l'Est par Oued Benzireg (Fig. 09 et 10).

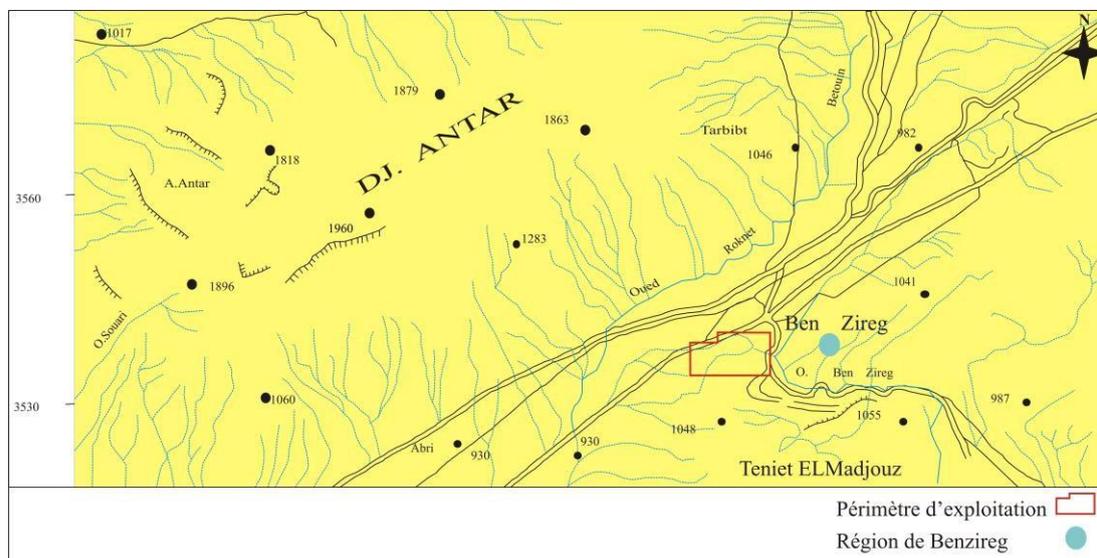


Fig. 09 : Carte topographique du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de schiste de Benzireg.

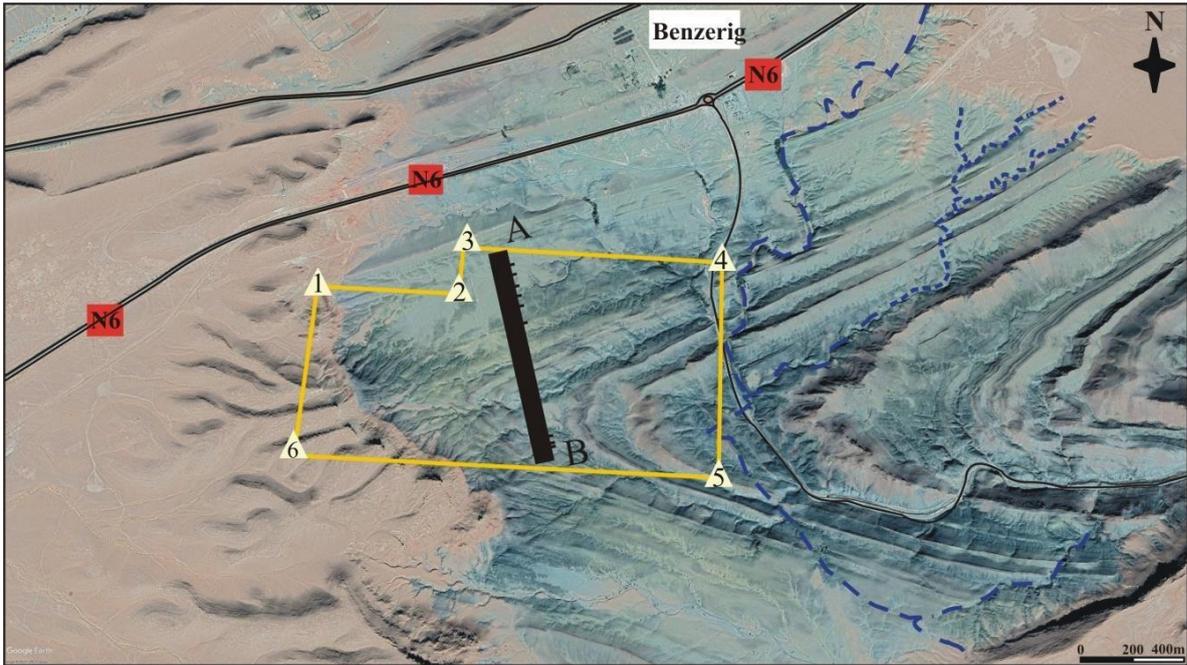


Fig. 10 : Photo satellitaire du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de schiste de Benzireg (Google Earth; 2022).

Le périmètre d'exploitation concerné possédant la superficie de 141ha. Les coordonnées en UTM des points limites de la carrière sont représentées comme suit : (Tabl. 01).

N° BORNES	X(m)	Y(m)
1	608 200	3 531 400
2	608 800	3 531 400
3	608 800	3 531 600
4	609 900	3 531 600
5	609 900	3 530 700
6	608 200	3 530 700

Tabl. 01 : Coordonnées UTM N.S Fuseau 30 des bornes limites du périmètre de la carrière de schiste de Benzireg.

B. Localisation géographique de la carrière de Djebel Madjouz

La grande carrière de calcaire de Djebel Madjouz est creusée dans la bordure Nord-Est de la chaîne montagneuse de Djebel Bechar et plus précisément sur l'extrémité occidentale de Djebel Madjouz. Celle-ci est située à 40km au Nord Est de la ville de Bechar et à 10km environ au Nord-Est de la localité Benzireg (Fig. 11 et 12).

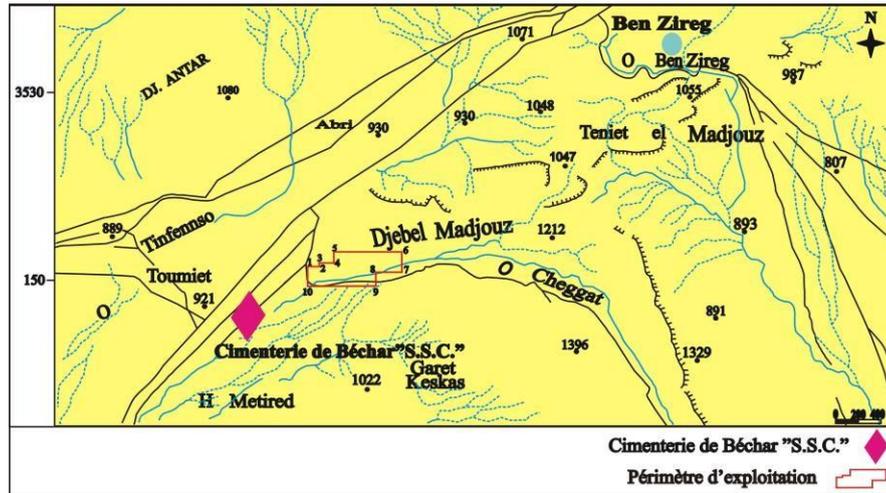


Fig. 11 : Carte topographique du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de calcaire de Djebel Madjouz.

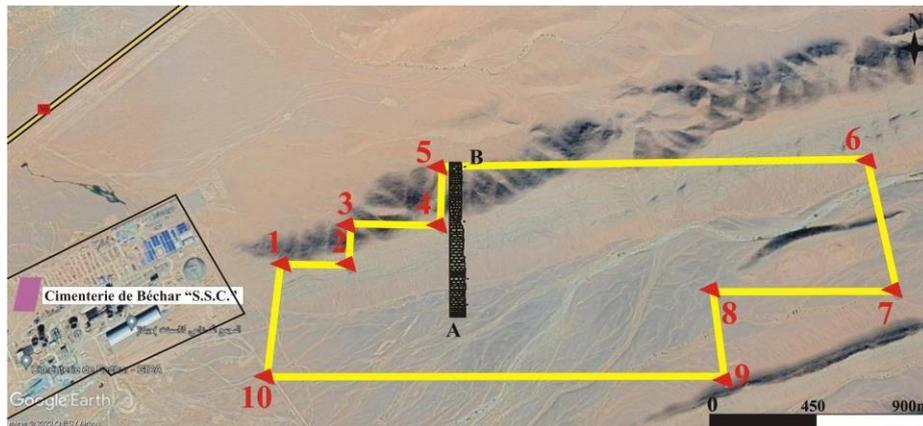


Fig. 12 : Photo satellitaire du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de calcaire de Djebel Madjouz (Google earth; 2022).

Cette carrière s'étale sur une superficie de 211Ha. Ses points limites définis par les coordonnées UTM sont illustrés dans le tableau suivant (Tabl. 02):

N° BORNES	X(m)	Y(m)
01	601 800	3 524 900
02	602 100	3 525 900
03	602 100	3 525 100
04	602 500	3 525 100
05	602 500	3 525 400
06	604 500	3 525 400
07	604 500	3 524 800
08	603 700	3 525 800
09	603 700	3 525 400
10	601 800	3 525 400

Tabl. 02 : Coordonnées UTM N.S Fuseau 30 des bornes limites du périmètre de la carrière de calcaire de « Djebel Madjouz ».

III. GEOLOGIE DES GISEMENTS

A. Carrière des schistes de Benzireg

1. Géologie de gisement de Benzireg

Le gisement de schiste Benzireg fait partie de la chaîne montagneuse du Djebel Bechar qui domine la région. Ce gisement se localise dans la partie extrême Nord-Est de cette chaîne.

Son relief épouse une topographie relative à un terrain plat dont les altitudes maximale et minimale sont respectivement de 980m et 920m. IL est affecté en surface par des nombreux ravinements qui sont présents dans la partie sud du gisement. A proximité du gisement passe l'oued Benzireg peu profond (2-3m) et servant de limite Est du gisement.

La formation géologique constituant le gisement se rapporte aux dépôts du carbonifère (étage Viséen) (Fig. 13). Elle est constituée par des schistes très compacts et durs de couleur gris foncé et ferrugineux par endroits. Sur la base des informations obtenues lors des travaux de sondages, la coupe lithologique du gisement étudié est représentée de haut en bas par des roches de la couverture stérile et de l'assise de schiste.

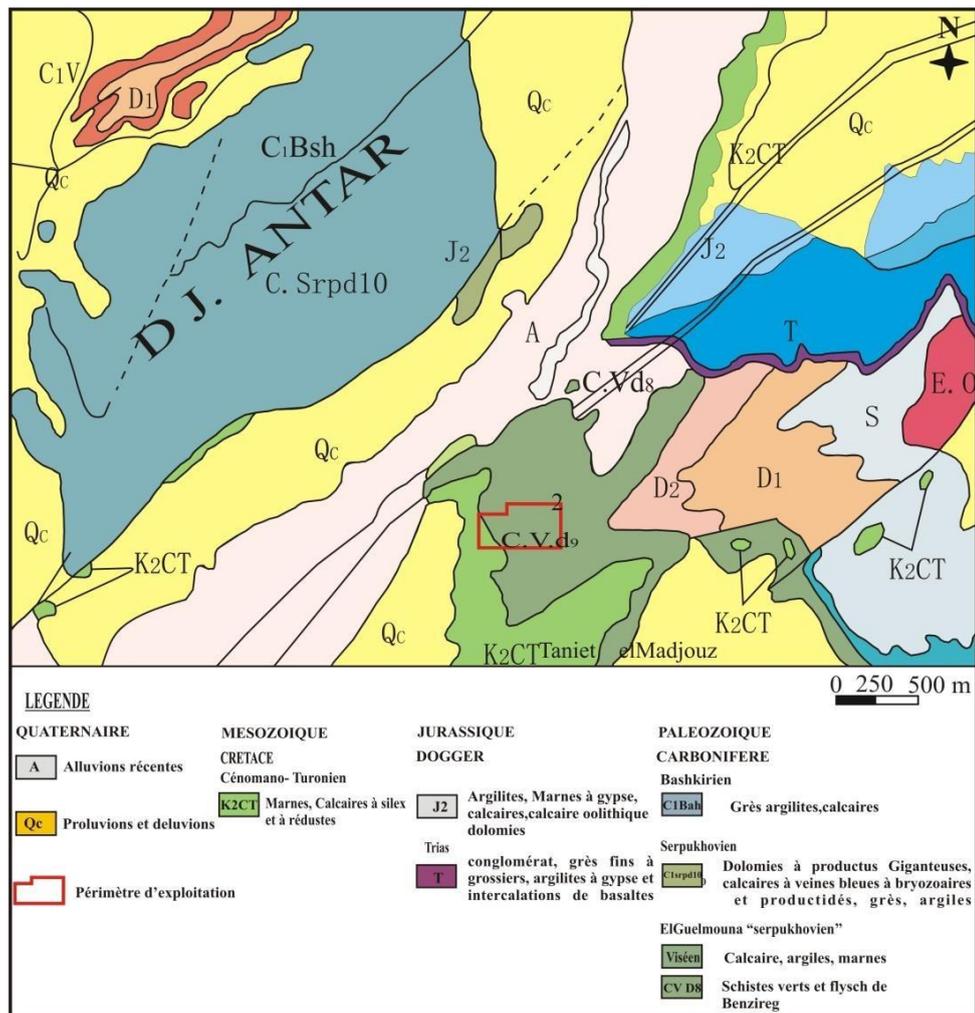


Fig. 13 : Carte géologique de la carrière de schiste.

2. Structure de gisement

Le gisement étudié attribué aux dépôts du carbonifère (étage viséen) constitue le noyau de l'anticlinal de BENZIREG. Ce dernier représente une unité morphologique d'une étendue limitée. IL est constitué par un pli étroit de roches du carbonifère serrées entre les massifs de Djebel Antar au Nord et du Djebel Béchar au sud.

La charnière de la structure est orientée vers l'Ouest.

Le gisement est caractérisé par une structure monoclinale.

Les couches de schistes dont l'azimut de pendage est de 340° reposent sous un angle de 60° à 80° vers le Sud-Est.

Les dislocations disjonctives ne sont pas relevées dans le gisement.

La surface du gisement est divisée en deux secteurs (Nord et Sud) à cause de présence d'un banc de calcaire dans la partie médiane du gisement ; Ce dernier servant d'écran naturel aux différents niveaux hydrostatiques des eaux souterraines.

B. Carrière de Djebel Madjouz

1. Géologie de gisement de Djebel Madjouz

La formation géologique constituant ce gisement et d'âge carbonifère (étage viséen) (Fig. 14). Elle est constituée par des calcaires, dolomies et des marnes. En tenant compte des informations obtenues lors des travaux de sondage, la coupe lithologique du gisement étudié et représentée de haut en bas par des roches de la couverture stérile et de l'assise de calcaire.

Le gisement est pratiquement recouvert par une terrasse alluviale du quaternaire ; Celle-ci est composée par des dépôts alluvionnaires représentées par des débris, des éboulis et cailloutis de roches carbonatées mélangées avec des matériaux sablo argileux. C'est une roche bréchique très hétérogène consolidée par un ciment carbonaté et argileux. Les calcaires affleurant en surface s'étendent sur une superficie de 105ha; Ces derniers sont pratiquement dénudés en surface caractérisant le versant sud du massif Montagneux de Djebel Madjouz et la puissance de l'assise utile visible sur le terrain est de 250m à 400m.

Les calcaires riches en organismes fossilifères constituent une assise homogène qui est traversée par des fissures de différentes directions remplies par des dépôts argileux, oxydes de fer et des veinules de calcite d'ordre millimétriques

Les calcaires renferment des filonnets de calcite dont l'épaisseur est de 1 à 2cm ; Celle-ci varie de 0.5m à 1m dans les zones de fissurations intenses. C'est une calcite blanchâtre microcristalline avec des plans de clivages nettement prononcés.

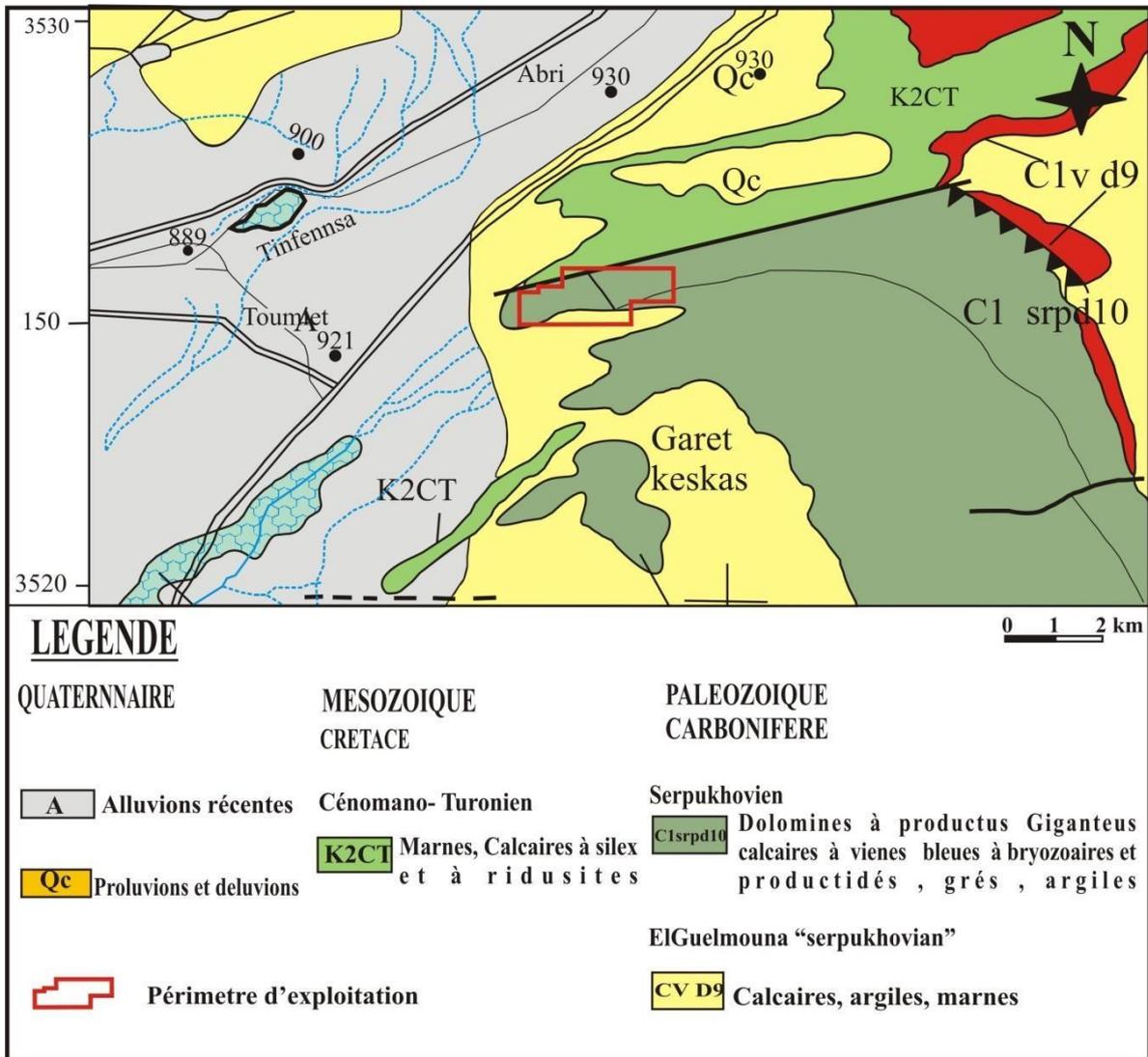


Fig. 14 : Carte géologique de la carrière de calcaire.

2. Structure de gisement

Le gisement de Djebel Madjouz s'organise en bancs massifs sub-tabulaires. Cette dernière structure est caractérisée par la présence des veinules multidirectionnels à la bases et elles deviennent de plus en plus diaclasés et fissuré vers le sommet, où on y reconnaît des filons blanchâtres, subverticaux à la stratification. Ces filons sont stylolithisés et prend une grande ampleur selon une direction S-N (direction atlasique) (Fig.15).

Notons l'existence de plusieurs filons et fractures conjuguées multidirectionnels affectant la stratification de ce gisement.

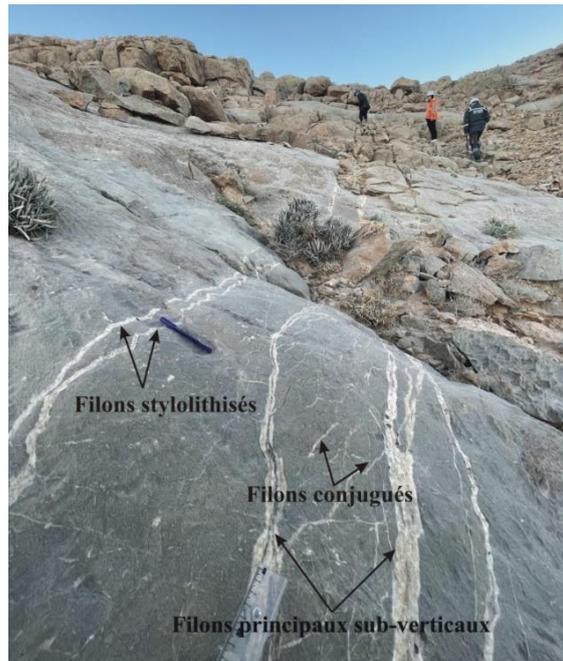


Fig. 15 : filons stylolithés sub-verticaux affectant les calcaires de Djebel Madjouz.

IV. ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES GISEMENTS

A. Carrière d'argiles de Benzireg

Facilement accessible, la carrière de schiste de Benzireg ne se trouve qu'à une deux de kilomètres au Nord-Ouest de la cimenterie de Béchar et en bordure de la route nationale. Dans cette carrière « les argiles de Benzireg » sont épaisses de 200m et sont subdivisées en trois Unités :

1. Unité basale

Cette unité montre la superposition de deux ensembles lithologiques sur une épaisseur de 22m environ.

1.1. Ensemble basal (A)

Il s'agit des argiles schisteuses de couleur essentiellement verdâtres à grisâtres. Ces argiles sont azoïques et n'admettent aucune intercalation.

1.2. Ensemble sommital (B)

Alternance rapprochée des argiles schisteuses de teinte verdâtres de calcaires récifaux. Ces derniers, se présentent en strates irréguliers et renferment essentiellement des polypiers isolés et des tiges de crinoïdes. On y observe des silex stratiformes.

Nous signalons, que les niveaux calcaires sont affectés par des phénomènes de glissement de type « slump ».

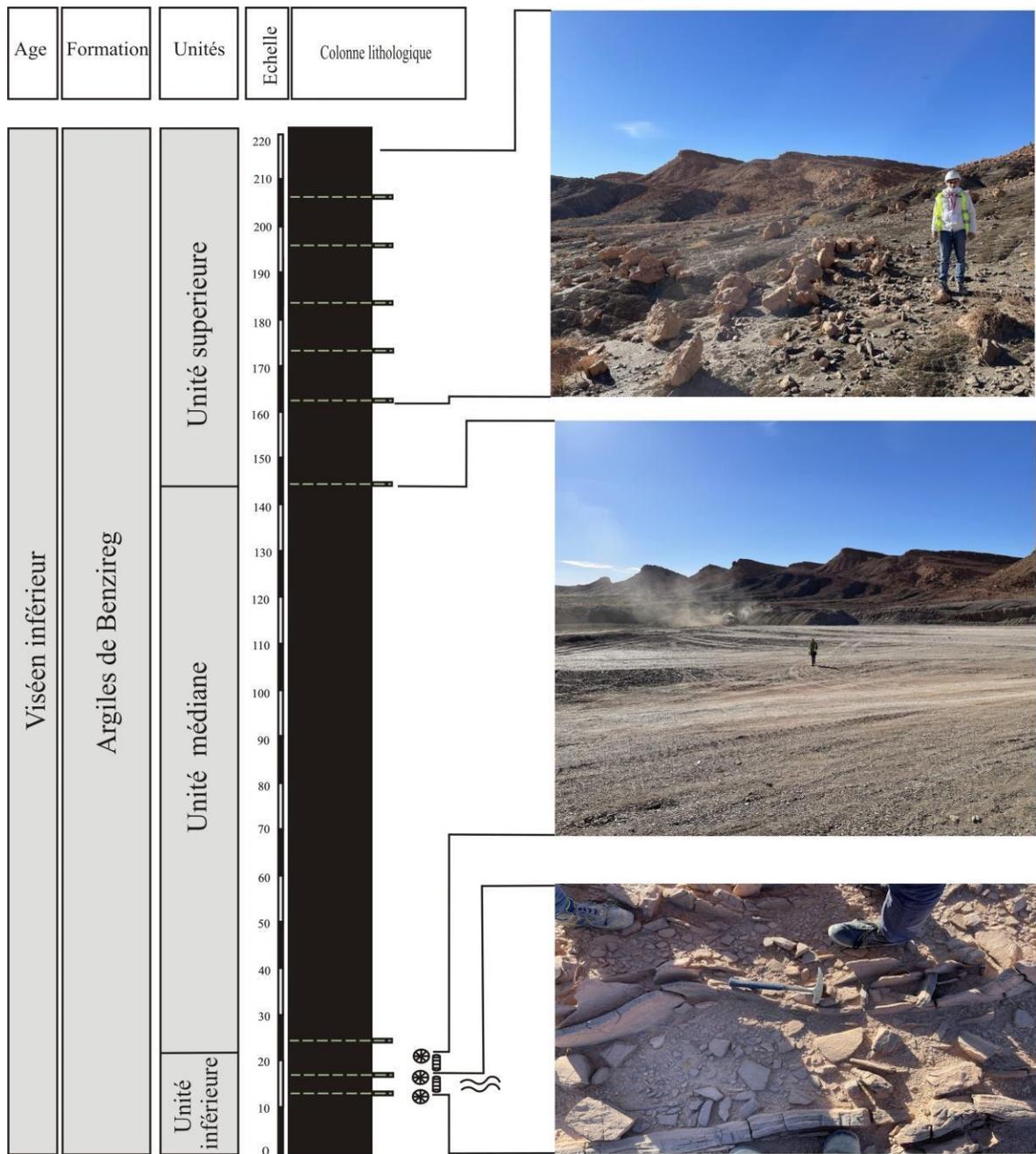


Fig. 16 : Colonne lithologique de gisement de schiste de Benzireg.

2. Unité médiane

Sur une épaisseur d'environ 120m, on observe des argiles schisteuses verdâtres qui se débitent en petits feuillets, sans interruption carbonatée. Ces argiles sont à toucher talqueux, compacts et légèrement durs.

3. Unité sommitale

Il correspond à la partie sommitale de la formation « des argiles de Benzireg ». Il se présente sous forme d'une masse d'argiles fortement schistosée, de couleur verdâtres, comportent de minces bancs de calcaires irréguliers de couleur verdâtre à la patine et grisâtre à verdâtre à la cassure. Ces niveaux carbonatés sont bioturbés et montrant localement des laminites. Le dernier banc calcaire de cette alternance se termine par une surface ferruginisée de couleur noirâtre.

Notons que, la limite supérieure est une discordance angulaire avec la corniche carbonatée du Turonien.

B. Carrière de Djebel Madjouz

Cet ensemble correspond à 300 bancs décimétriques à la base, métriques vers le haut. Ce sont des calcaires récifaux de couleur verdâtre à la patine et grisâtre à verdâtre à la cassure, renfermant des colonies isolé de polypier, des tiges de crinoïdes, bivalves et gastéropodes, abondants au sommet de la formation, plus rares dans la partie basale. Il est caractérisé par un empilement carbonaté, légèrement dolomitique, mal stratifiés, compacte, massif et séparés par des diastèmes. L'épaisseur de cette corniche carbonatée a été estimée à 50m.

Ces calcaires stratocroissant sont souvent marqués par des veinules à la bases et ils deviennent de plus en plus diaclasés et fissuré vers le sommet, où on y reconnaît des filons subverticaux à la stratification. Ces filons sont stylolithisés et prend une grande ampleur (Fig. 17).

1. Etude microfaciologique

L'étude micropéetrographique détaillée permet de mettre en évidence trois microfaciès principaux et qui sont de bas en haut:

- Microfaciès bioclastique ; correspond à la partie basale de la formation
- Microfaciès oolithique ; caractérise la partie médiane
- Microfaciès dolomitique : correspond à la partie sommitale

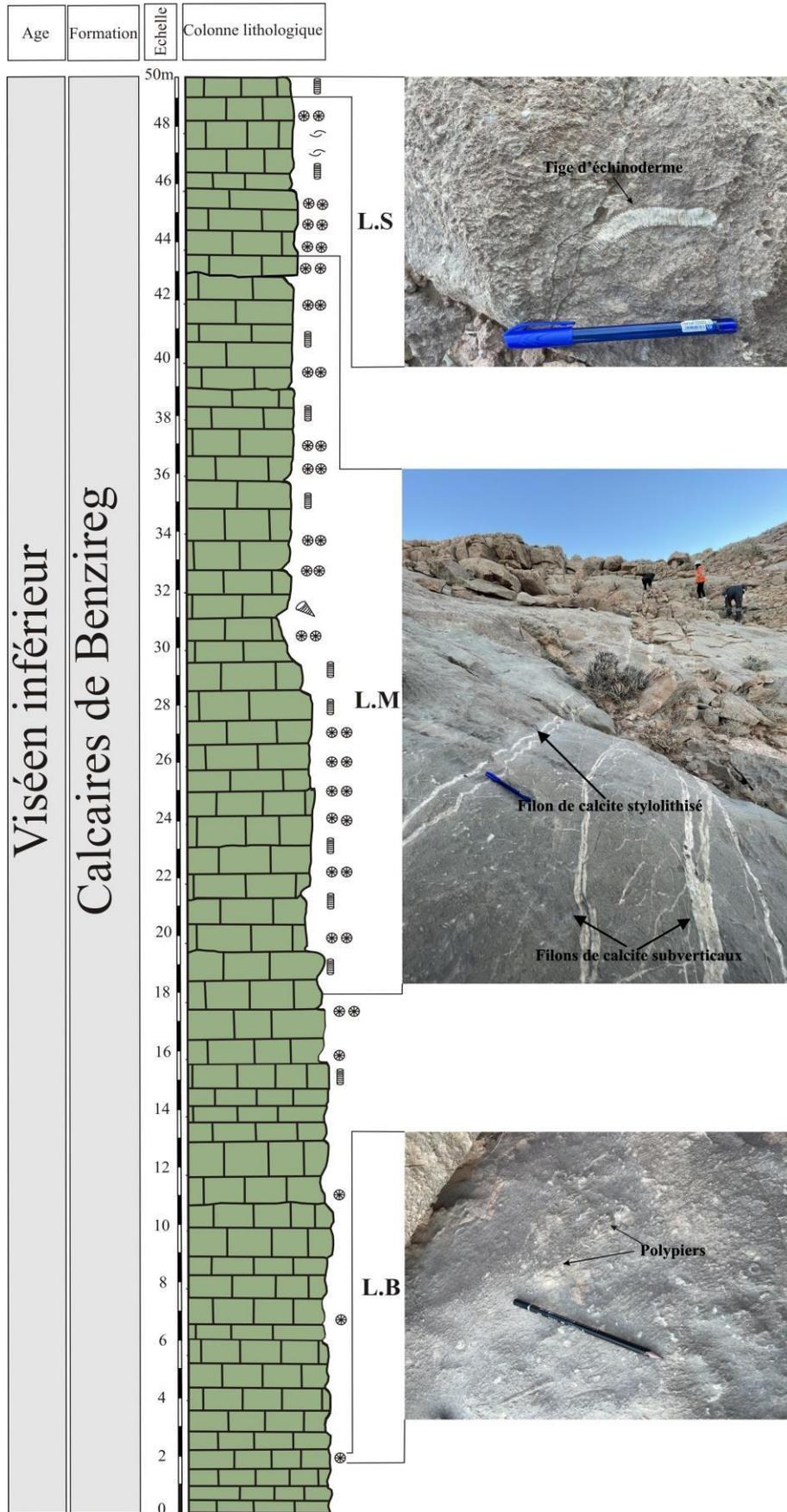


Fig.17: Colonne lithologique de gisement de Djebel Madjouz.

1.1 Microfaciès bioclastique

Il s'agit en général un grainstone bioclastique, contenant des bioclastes recristallisés (Fig. 18). Ces derniers sont représentés par des foraminifères (25%), des bivalves (15%), des échinodermes (15%) et des ostracodes (5%).

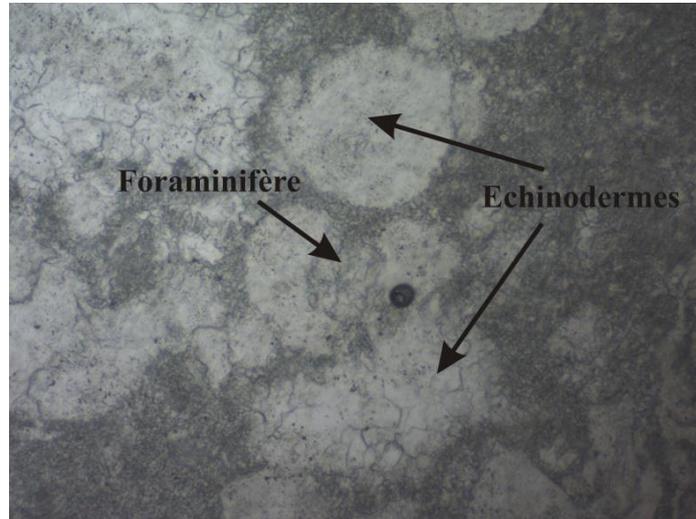


Fig. 18 : Exemple des bioclastes recristallisés (lame B×10).

1.2 Microfaciès oolithique.

Il est représenté par des peloosparites passant à des oosparites. Les oolithes présentent un cortex irrégulier recristallisé (Fig. 19). Leur texture est de type grainstone.

La granulométrie s'accroît vers le sommet. Ainsi, à la base les pellets dominent (50%), les oolithes sont représentés par un faible pourcentage (5%). Vers le haut, le faciès s'enrichit en oolithes de formes fibro-radiées (50%). Il évolue vers des calcarénites oolithiques.

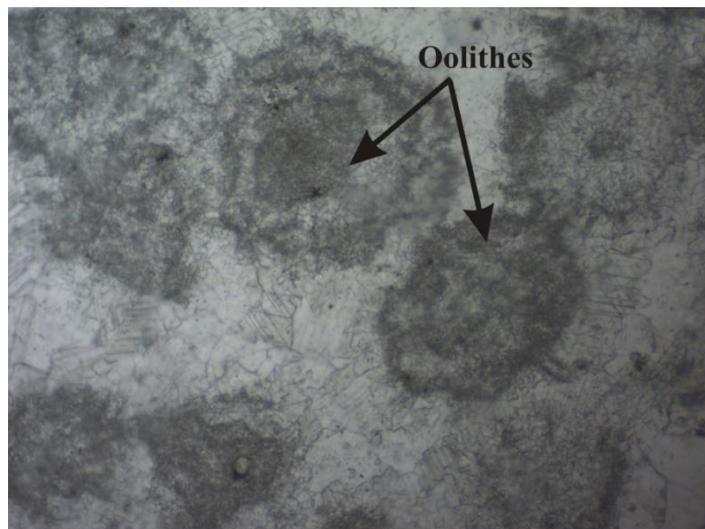


Fig. 19 : Exemple des oolithes à cortex irrégulier recristallisé (lame M ×10).

Parmi les phénomènes diagénétiques, nous notons la présence des microfissures subverticales remplies secondairement par la sparite (Fig. 20).

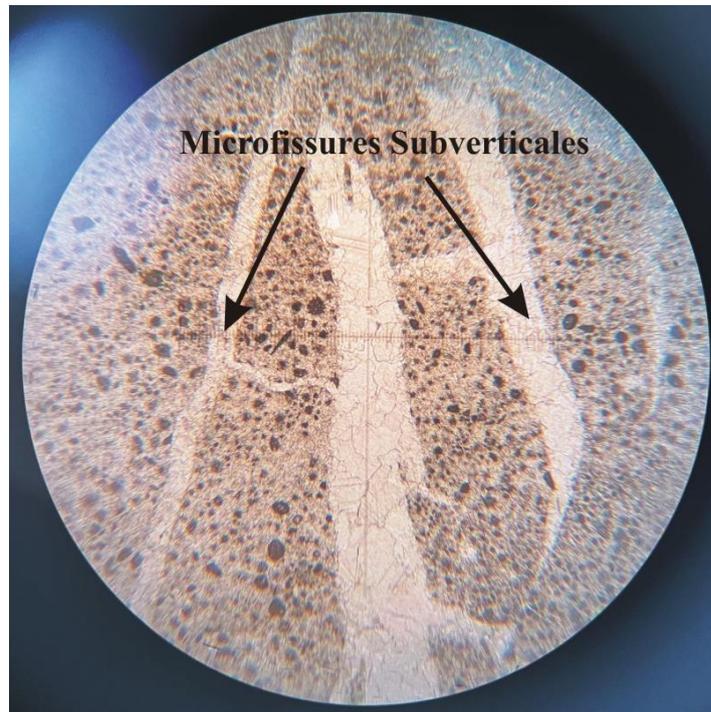


Fig. 20 : Microfissures subverticales remplies par la sparite (lame M×10).

1.3. Microfaciès dolomitique

Il correspond à une dolomie cristalline à rares fantômes de bioclastes (Fig. 21). Il s'agit de dolosparite légèrement bioclastiques. Les débris bioclastiques ne sont pas identifiés.

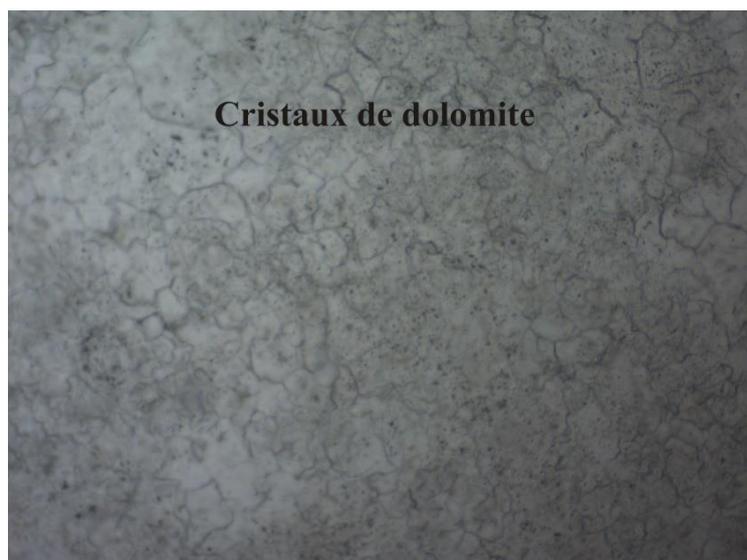


Fig. 21 : Dolomitisation de la partie sommitale de la formation « calcaire de Djebel Madjouz » (lame S×10).

V. PROCESSUS DE LA FABRICATION DU CIMENT

Les matières premières utilisées pour la production du ciment portland sont principalement les calcaires et les argiles ou schistes. Les constituants du ciment contenu dans ces matières sont essentiellement les oxydes de silicium, de calcium, de aluminium et de fer.

La possibilité d'avoir un produit fini est de procéder au mélange de ces deux matières dont les proportions sont généralement de 75% à 80% de calcaire et de 20% à 25% de schiste. Le mélange de ces deux composants (calcaire et schiste) donne rarement des proportions convenables et se caractérise par des excès ou déficit des teneurs en oxydes (silice, alumine et calcium) non conformes aux normes de l'industrie du ciment. Pour cela, des composants correcteurs sont ajoutés au mélange parmi lesquels on cite les sables et le minérale de fer.

Ce processus de la fabrication de ciment de la Saoura est résumé comme suit : (Fig. 22)

A. Production des matières premières

1. Concassage mélange Calcaire/argile

L'atelier de concassage mélange est installé au nord-ouest de la carrière. Il est équipé d'un concasseur à impact à doubles rotors avec un débit de 1200 t/h pour une granulométrie $95\% \leq 80\text{mm}$ (PLANCHE I ; Fig ; 1)

Le calcaire est versé dans la trémie de volume de 160m^3 . L'argile est versée dans la trémie de volume de 100m^3 . Chacune de ces deux trémies est équipée d'une caméra. Les deux matières mélanges sont transportées au concasseur par des transporteurs à tabliers métalliques. Le débit d'alimentation de calcaire et d'argile sera réglé par le contrôle de vitesse d'alimentateur. Il sera installé un transporteur à bande à vitesse de 1m/s sous le concasseur. Les poussières accumulées par le concassage seront rassemblées par un filtre à manches afin d'assurer l'émission sortie dans l'atmosphère sera moins de $10\text{mg}/\text{Nm}^3$. Un analyseur en ligne de type PFTNA (sans source radioactive) est installé sur le transporteur à bande. Le signal d'analyse sera retransmis à la salle de contrôle (CCR) pour ajuster les vitesses des alimentateurs afin de contrôler le dosage du calcaire et de l'argile.

Les matières concassées sont transportées par un transporteur à bande. Le stockage pré-homogénéisé circulaire est prévu pour le mélange calcaire/argile concassé avec la capacité d'utile de 40,000tonnes et le diamètre de 90m. La capacité nominale du stacker est de 1200t/h et celle du gratteur des 500t/h.

2. Concassage des Ajouts

L'atelier concassage des ajouts est installé au niveau de la carrière. Cet atelier est composé d'un concasseur à impact à double rotors ayant une capacité de 400t/h pour des produits de dimension de moins de 30mm. Ce concasseur est utilisé pour le concassage de minerai de fer, gypse et du calcaire (PLANCHE I ; Fig ; 2).

Fig. 22. Processus de la fabrication de ciment de la Saoura

Les ajouts sont transportés par des camions qui sont ensuite déchargés dans une trémie de capacité de 100m³. Le concasseur est alimenté par un alimentateur à tablier et le débit est contrôlé par l'ajustement de la vitesse de l'alimentateur à tablier. Les matières fines sont déchargées dans la trémie by-pass de capacité de 40m³ et sont transportées directement au stockage sans passer le transporteur.

B. Production de cru et clinker

1. Broyage Cru

Le bâtiment de dosage des matières premières se compose de 4 trémies d'alimentation, une pour le mélange calcaire/argile de capacité de 600t, les 3 autres pour le calcaire haut titre (HT), le minerai de fer, le sable avec la capacité de 300t chacune.

La composition chimique du mélange des matières entrant dans le broyeur est déterminée par un analyseur en ligne, type PFTNA (source à neutrons) installé sur le transporteur alimentation broyeur ensuite un ordinateur exploite les résultats des analyses

Pour réguler le module du facteur de saturation en chaux et du module silicique (LSF, SM et MAF).

Le broyage des matières premières est assuré par un broyeur vertical à galets (VRM) avec une capacité nominale minimale de 350T/H de produit sec (farine crue) à refus qui est de 12 % sur tamis de 90µm et avec une humidité inférieure à 0.5%. Le broyeur est équipé d'un séparateur dynamique à haute efficacité de dernière génération. Un système d'injection d'eau est prévu pour le contrôle de l'épaisseur du lit des matières et de la température des gaz (PLANCHE I ; Fig ; 3).

Un séparateur magnétique et un détecteur métal sont installés sur la bande d'alimentation des broyeurs. Dans le cas de détection de métaux, un double-clapet pneumatique by-pass ramacera ces métaux dans une trémie de réception. Sous cette trémie, prévoir un système de pesage équipé un clapet et une bande transporteuse VSD, qui est équipée d'un détecteur métal pour le recyclage de ces matières après séparation des métaux vers l'élévateur de recirculation du broyeur. Les métaux séparés sont déviés via un double-clapet pneumatique vers un bac de réception ou vers camion.

Le produit fini cru est mélangé et transporté via des élévateurs à godets (un principal et l'autre en stand-by) et des aéroglissières vers les silos de pré-homogénéisation. Un système d'échantillonnage automatique est prévu avant l'alimentation du silo afin de contrôler la qualité. Les élévateurs à godets et les aéroglissières sont dépoussiérés.

2. Atelier de cuisson

Cet atelier est composé d'une tour de préchauffeur de 5 étages et d'un précalcinateur de type NSF, la dimension de préchauffeur 2xΦ5.4m+2xΦ7.2m+2xΦ7.5m, la dimension de précalcinateur est 6.2x44m, la dimension de four rotatif est de Φ4.3x64m. La capacité de four est 3200t/j (PLANCHE I ; Fig ; 4).

Un nombre suffisant de canons à air comprimé sont installés dans des endroits nécessaires du préchauffeur pour éviter les bourrages.

La farine est préchauffée dans la tour et précalcinée dans le précalcinateur NSF, où elle est décarbonatée à 92~95%.

Un refroidisseur clinker du type pendulaire avec une surface de 80m² est installé à la sortie du four pour baisser la température du clinker à 65°C au-dessus de la température ambiante.

Le clinker sorti du refroidisseur est transporté en haut des silos par un transporteur métallique à augets. Le clinker incuit après stockage dans un silo d'incuit, il est extrait et dosé avec le bon clinker.

Le clinker conforme est stocké dans un silo clinker par un transporteur métallique à augets et aussi dans un autre silo par un autre transporteur métallique à augets. Deux transporteurs métalliques à augets sous silos clinker déversent dans un autre transporteur métallique à augets qui alimente les trémies clinker dans le bâtiment dosage des deux broyeurs ciment. Une trémie d'urgence d'une capacité de 10m³ est installée sur le transporteur métallique à augets pour alimenter les trémies clinker en cas de besoin. Cette trémie sera équipée d'un piquage pour dépoussiérage.

C. Production de ciment

Les ajouts, calcaire et gypse sont respectivement transportés aux trémies par des transporteurs à bande. Le clinker est transporté par le transporteur métallique à augets vers les trémies clinker. (PLANCHE II ; Fig ; 1).

L'atelier de broyage ciment se compose de deux broyeurs à boulets à circuit fermé, ayant chacun les dimensions de 4.6mx14m et la capacité de 120t/h, avec une finesse de 3200 - 3400cm²/g Blaine, le type de ciment est en CPA (95%clinker, 5% gypse). (PLANCHE II ; Fig ; 2).

Après broyage du clinker et ajouts, le ciment est transporté par un élévateur et des aéroglisteurs au séparateur. Le refus est retourné via l'aéroglisteur et le débitmètre d'impact vers le broyeur pour être rebroyé à la finesse requise. Le produit fini est transporté avec les gaz vers les filtres. Les différents types de ciment fini seront transportés dans l'élévateur par des aéroglisteurs vers quatre (04) silos. Pour contrôler (refroidir) la température du ciment fini à 90°C, il est prévu une entrée d'air frais sur le circuit du séparateur et une injection d'eau dans le broyeur. (PLANCHE II ; Fig ; 3).

D. Expéditions ciment

Pour l'expédition du ciment par wagon en vrac, le ciment est transporté à partir du silo 3 par un aéroglisteur jusqu' à la bouche vrac installée au point du chargement wagon avec un pont bascule de 120t. Les aéroglisteurs et élévateurs assurent le transport du ciment à partir de chaque silo vers les quatre (04) ensacheuses (PLANCHE II ; Fig ; 4.).

Troisième chapitre : **ETUDE GEOCHIMIQUE**

I. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous voulons étudier, avec plus de détail, la composition chimique et minéralogique de la matière première exploitée pour la fabrication de ciment de la Saoura, en particulier le calcaire de Djebel Madjouz et les argiles de Benzireg. A cet effet, douze échantillons ont été sélectionnés dont cinq prélevés dans les calcaires et sept pour les argiles schisteuses. Ces analyses géochimiques nous permettent de déduire la qualité de la substance utile des deux gisements.

II. ETUDE QUALITATIVE DE LA SUBSTANCE UTILE**A. Les argiles**

1. Etude chimique

Les résultats des analyses chimiques effectués sur les sept échantillons d'argiles prélevés lors de notre mission de terrain permettent d'établir les principales caractéristiques de schistes exploités par la cimenterie de Saoura. Les résultats d'analyse chimique sont représentés dans le tableau ci-dessous (Tabl. 03) :

N° Echts.	Résultat d'analyse chimique (%)								
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃
Bz2's3	0,52	2,6	16,67	56,26	0,03	0,001	2,8	2,92	7,43
Bz2's2	0,27	2,47	17,88	57,03	0,02	0,001	3,98	2,28	6,5
Bz2's1	0,15	3,18	18,66	54,26	0,03	0,002	4,38	2,47	7,38
Bz2'm3	0,16	2,26	17,58	57,19	0,04	0,007	3,75	2,35	6,62
Bz2'm2	0,24	2,83	16,48	57,47	0,06	0,003	3,35	3,24	6,1
Bz2'm1	0,21	2,62	16,59	58,41	0,09	0,003	3,33	3,11	5,85
Bz2'b	0,08	2,22	16,02	60,97	0,06	0,004	3,36	2,55	5,35

Tabl. 03 : Résultats d'analyse chimique des argiles de Benzireg.

Les résultats affichés dans le tableau n°03 indiquent que les trois principaux éléments chimiques (SiO₂, Al₂O₃ et Fe₂O₃) entrant dans la composition des schistes se distinguent par des teneurs supérieures à 50% en silice (54,26 à 60,97%), des valeurs supérieures à 16% en alumine (16,02 à 18,66%) et des taux supérieurs à 5% en oxyde de fer (5,35 à 7,43%).

Ces valeurs qui sont conforme aux exigences techniques (annexe 01), confirment la bonne qualité des schistes constituant l'assise utile de ce gisement et sont aptes à être utilisés comme matière de sous dosé pour la production du ciment portland.

Les éléments secondaires tels que l'oxyde de calcium (CaO) présente des valeurs faibles dont le pourcentage ne dépasse ps les 3,24%.

Les éléments nocifs à la matière première sont désignés par les sulfates (SO₃) dont le pourcentage varie entre (0,02 et 0,09%), le chlore (Cl) où sa teneur (0,001 et 0,007%) et enfin le MgO qui varie entre (2,22 et 3,18%). Ces valeurs des quatre éléments nocifs indiquent des valeurs insignifiantes et par conséquent ils sont conformes aux exigences industrielles (voir annexe 01).

Les alcalis (Na₂O et K₂O) présentent des teneurs légèrement élevées et conforme aux exigences chimiques.

En ce qui concerne l'évolution verticale de ces oxydes le long de la coupe de schiste de Benzireg, la figure 23 montre dans l'ensemble, une évolution homogène le long des échantillons. Une légère distinction a été observé au niveau des échantillons Bz2'b et Bz2's1. Ce dernier enregistre des valeurs plus faibles en SiO₂ (54,26%) et (0,08%) en Na₂O et des valeurs plus élevés en Al₂O₃ (18,66%), MgO (3,18%) et K₂O (4,38%), contrairement au premier échantillon Bz2'b qui montre des teneurs plus élevés en SiO₂ (60,97%), et des teneurs plus faibles en Al₂O₃ (16,02%) et Fe₂O₃ (5,35%).

B. Les calcaires

1. Etude chimique

Les résultats de cinq échantillons de calcaire récifal soumis aux analyses aux FX ont permis de déterminer les compositions chimiques suivantes (Table. 04).

N° Echts.	Résultat d'analyse chimique (%)										
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	loss
DM270	0,07	3,2	0,67	2,44	0,04	0,009	0,11	49,61	0,53	0,03	42,478
DM190	0,02	2,6	0,28	1,09	0,05	0,009	0,04	51,82	0,27	0	43,558
DM20	0,02	0,43	0,22	0,73	0,02	0,004	0,05	51,9	0,22	0	41,265
DM10	0,03	0,44	0,28	0,82	0,03	0,005	0,05	53,92	0,27	0	42,862
DM1	0,03	0,66	0,48	1,61	0,03	0,007	0,1	52,93	0,36	0,02	42,319

Tabl. 04 : Résultats d'analyse chimique des calcaires de Djebel Madjouz.

Les résultats affichés dans le tableau ci-dessus montrent que l'élément chimique fondamental « oxyde de calcium » (CaO) entrant dans la constitution des calcaires se présente par des teneurs appréciables (49,61 à 53,92%) attestant la bonne qualité de la substance utile de ce gisement.

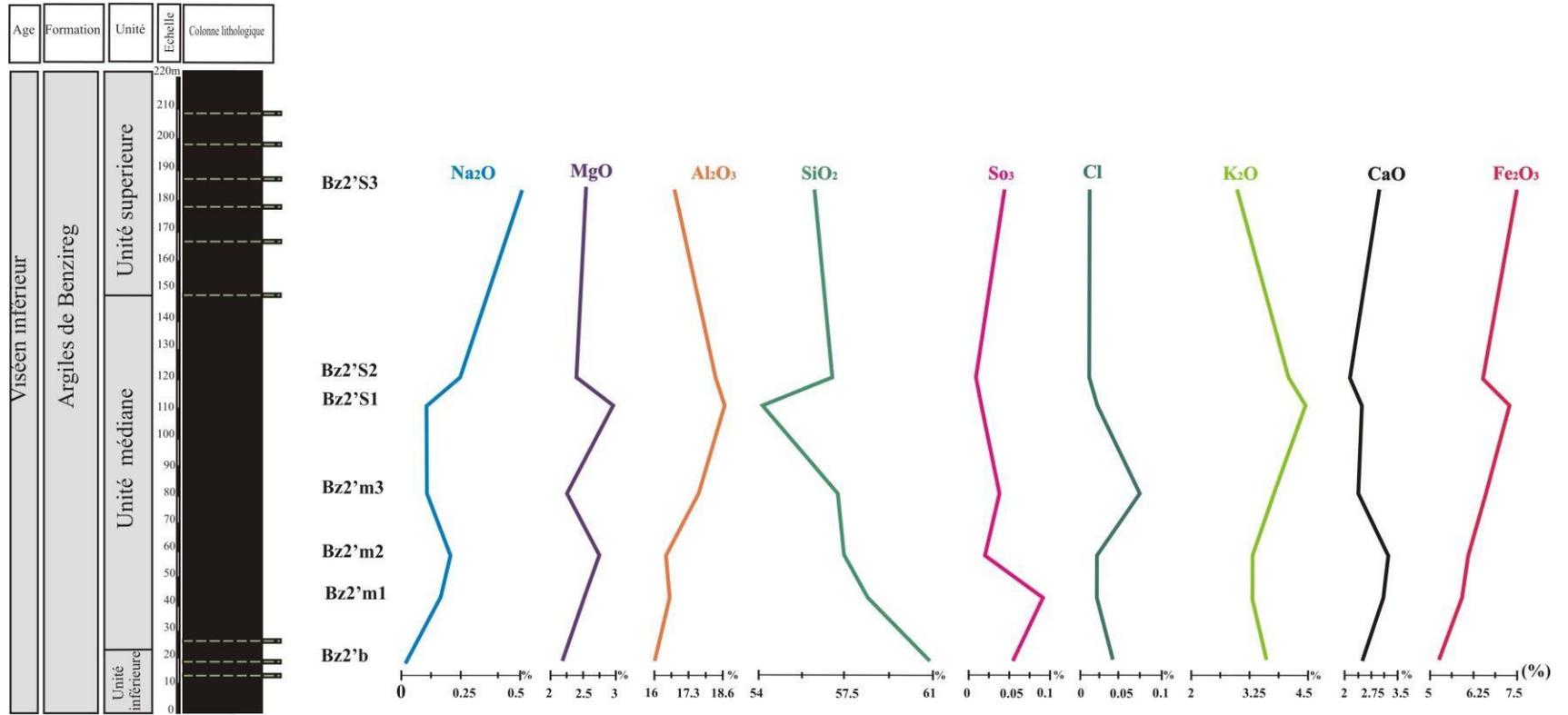


Fig.23 : Evolution verticale des éléments chimiques le long de la coupe de Benzireg.

Par ailleurs, les éléments secondaires tels que (SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3) se distinguent par des valeurs faibles qui varient entre 0.22 à 2.44%.

Les éléments nocifs tels que les oxydes (MgO , SO_3 , et TiO_2) ainsi que les chlorures (Cl) ont enregistré des teneurs insignifiantes dont le pourcentage variant entre 0 et 3,2%.

Ces valeurs sont conformes aux exigences industrielles (annexe 01). Cependant, les alcalis (Na_2O et K_2O) accusent des teneurs très faibles où le pourcentage varie entre 0,02 et 0,11%.

L'évolution verticale de ces oxydes le long de la coupe de calcaire de Djebel El Madjouz (Fig.24) suggère une excursion négative de tous les oxydes (Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , SO_3 , Cl , K_2O , CaO , Fe_2O_3 et TiO_2) au niveau de l'échantillon DM20. A partir de ce niveau jusqu'à la partie sommitale (DM270), on assiste à une allure positive de tous les oxydes, à l'exception de l'élément chimique fondamental « Oxyde de Calcium » (CaO) où il présente une allure inverse.

2. Conclusion

En se basant sur les analyses chimiques des calcaires de Djebel Madjouz, nous constatons que la partie basale de ce gisement est considérée comme la partie la plus intéressante qui renferme la meilleure qualité de carbonate destinée à la fabrication de ciment. Ce résultat chimique confirme le résultat attiré par l'analyse microfaciologique où elle montre que la partie sommitale de ce gisement est totalement affectée par le phénomène de la dolomitisation.

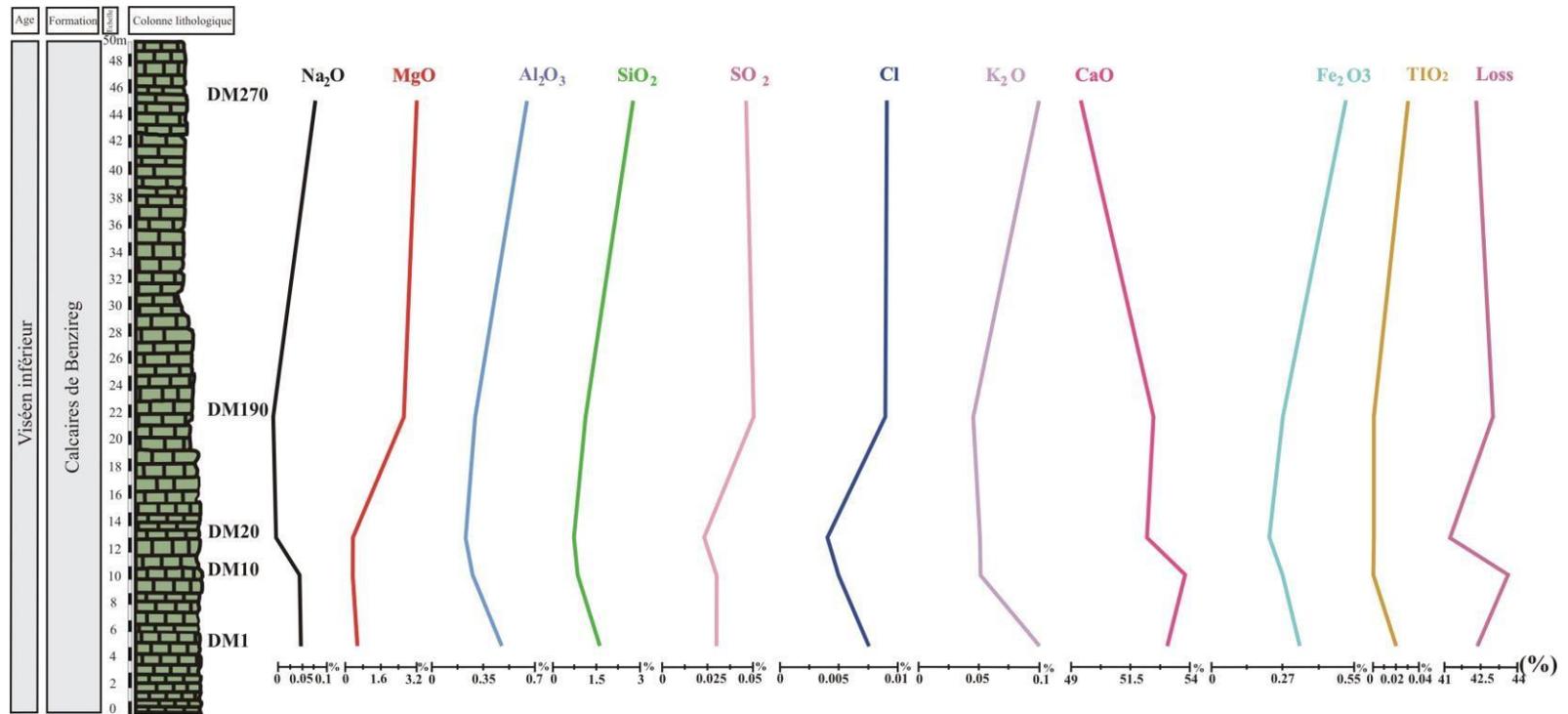


Fig.24 : Evolution verticale des éléments chimiques le long de la coupe de Djebel Madjouz.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans ce modeste travail, nous avons étudié, avec plus de détail, la nature pétrographique et la composition chimique de la matière première exploitée pour la fabrication de ciment de la Saoura. Cette matière première provient de deux gisements différents qui sont respectivement, la carrière des argiles de Benzireg et la carrière de calcaire de Djebel Madjouz.

La première carrière est située à 50km au Nord Est de la ville de Bechar, en bordure de la route nationale n°06. Il s'agit des argiles schisteuses de couleur essentiellement verdâtres à grisâtres. Ces argiles sont azoïques et admettant des calcaires irréguliers de couleur verdâtre à la patine et grisâtre à verdâtre à la cassure.

La seconde carrière est creusée dans l'extrémité occidentale de Djebel Madjouz. Celle-ci est située à 40km au Nord Est de la ville de Bechar. Elle est caractérisée par un empilement carbonaté, légèrement dolomitique, mal stratifiés, compacte, massif et séparés par des diastèmes.

L'étude microfaciologique de ces carbonates nous a permis de distinguer trois principaux microfaciès :

- Microfaciès bioclastique ; constitue la partie basale de la formation. Il s'agit en général d'un grainstone bioclastique, recristallisés.
- Microfaciès oolithique ; forme la partie médiane. Il est représenté par des pelosparites passant à des oosparites.
- Microfaciès dolomitique : correspond à la partie sommitale. Il est caractérisé par une dolomie cristalline à rares fantômes de bioclastes.

Les résultats des analyses chimiques affirment que les trois principaux éléments chimiques (SiO_2 :57,37% ; Al_2O_3 :17,13% et Fe_2O_3 :6,46%) qui entrent dans la constitution de l'assise utile du gisement de schiste de Benzireg affichent des teneurs moyennes conformes aux exigences techniques. Les éléments chimiques nocifs ont enregistré des teneurs insignifiantes qui se situent dans la fourchette admise par les normes exigées par l'industrie de ciment.

Parallèlement, les analyses chimiques des calcaires de Djebel Madjouz montrent que l'élément chimique fondamental « oxyde de calcium » (CaO) entrant dans la constitution des calcaires qui se présente par des teneurs appréciables (49,61% à 53,92%) attestant la bonne qualité de la substance utile de ce gisement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALIEV M., AIT LAOUSSINE N., AVROV V., ALEKSINE G., BAROULINE G., LAKOVLEV B., KORJ M., KOUVYKINE J., MAKAROV V., MEDVEDEV E., MKRTCHIANE O., MOUSTAFINOV R., ORIEV L., OROUDJEVA D., OULMI M. et SAID A. (1971)** – Structures Géologiques et perspectives en pétrole et en gaz du Sahara Algérien. *Copyright : SONATRACH*, tome I, 274 p.
- CHOUBERT G. (1945)** – Note préliminaire sur le Pontien du Maroc (Essai de synthèse orogénique du Maroc atlasique). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5 séries, XV, pp. 607-674.
- CHAVAILLON J (1964)** – les formations quaternaires du Sahara nord-occidental, 5^{ème} séries, *C.N.R.C.* (France), 393 p.
- DELEAU P (1952)** – La région de Colomb-Béchar XIXème Congrès géologique international. *Monographies régionales*, 1^{re} Série : ALGERIE –N° 8, 104 p.
- KAZI TANI (1986)** – Evolution géodynamique de la bordure nord- africaine : le domaine intra plaque nord - Algérien. Approche mégaséquentielle. *Thèse Doctorat d'état*, Pau, 784 p., 361 fig.
- NEDJARI, (1982)** – Les formations permo-carbonifères du bassin de Mezarif Nekheila (Sud-ouest oranais, Algérie). *Publications de la Sous- Direction de la géologie, Nouvelle Série, Bulletin, 49*, 118 p., 35 fig., 6 pl.
- NEDJARI, (1991)** – Dynamique du remplissage littoral et continental moscovo- permien du bassin d'avant fosse de Béchar. Electroséquences, modèles sédimentaires, paléo pédogénèses. *Thèse Doctorat. ésSci*, U.S.T.H.B. Alger, 289 p
- PAREYN C.I. (1961)** – Les massifs carbonifères du Sahara sud-oranais. *Pul. Centre Rech. Sahariennes, Serv. Géol.*, 1, 2, pp. 244- 325.
- ZERROUKI A. (2003)** – Présentation de la carte géologique à 1/200 000 de la feuille Ben Zireg (NH 30 XXIII). 2^{ème} *Séminaire National de Stratigraphie, Beni Abbès*, Algérie, pp 76-78.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Fig.01:	Situation géographique générale du bassin de Béchar (Carte d'après CHAVALLON, 1964).....	10
Fig.02:	Localisation géographique de la région de Benzireg (Extrait de la carte topographique 1/200 000, feuille de Benzireg).....	11
Fig.03:	Carte géologique du bassin de Béchar (Extrait de la carte géologique de l'Algérie, échelle 1/500 000).....	14
Fig. 04:	Carte structural du Bassin de Béchar (DELEAU, 1952).....	15
Fig.05 :	Carte structurale de la région de Benzireg (Carte d'après PAREYN, 1961).....	17
Fig. 06 :	Broyeur électrique.....	19
Fig. 07 :	Pastilleuse	19
Fig. 08 :	Spectroscopie fluorescence X.....	20
Fig. 09 :	Carte topographique du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de schiste de Benzireg.....	21
Fig. 10 :	Photo satellitaire du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de schiste de Benzireg (Google earth ; 2022).....	22
Fig. 11 :	Carte topographique du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de calcaire de Djebel Madjouz.....	23
Fig. 12 :	Photo satellitaire du périmètre de permis d'exploitation de la carrière de calcaire de Djebel Madjouz(Google earth ; 2022).....	23
Fig. 13 :	Carte géologique de la carrière de schiste.....	24
Fig. 14 :	Carte géologique de la carrière de calcaire.....	26
Fig. 15 :	filons stylolithisés sub-verticaux affectant les calcaires de Djebel Madjouz.....	27
Fig. 16 :	Colonne lithologique de gisement de schiste de Benzireg.....	28
Fig. 17 :	Colonne lithologique de gisement de Djebel Madjouz.....	30
Fig.18 :	Exemplaire des bioclastes recristallisés (lame B×10).....	31
Fig.19:	Exemplaire des oolithes à cortex irrégulier recristallisé (lame M ×10)...	31
Fig.20:	Microfissures subverticales remplies par la sparite (lame M×10).....	32
Fig 21:	Dolomitisation de la partie sommitale de la formation « calcaire de Djebel Madjouz » (lame S×10).....	32
Fig 22:	Processus de la fabrication de ciment de la Saoura.....	34
Fig 23:	Evolution verticale des éléments chimiques le long de la coupe de Benzireg.....	39
Fig.24:	Evolution verticale des éléments chimiques le long de la coupe djebel Madjouz.....	41

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 01 :	Coordonnées UTM N.S Fuseau 30 des bornes limites du périmètre de la carrière de schiste de Benzireg.....	22
Tabl. 02 :	Coordonnées UTM N.S Fuseau 30 des bornes limites du périmètre de la carrière de calcaire de « Djebel Madjouz ».....	23
Tabl. 03 :	Résultats d'analyse chimique des argiles de Benzireg.....	37
Tabl. 04 :	Résultats d'analyse chimique des calcaires de Djebel Madjouz.....	38

PLANCHES

PLANCHE I
Production des matières premières et cru

Fig. 1 : Concassage mélange Calcaire/Argile

Fig. 2 : Concassage des ajouts

Fig. 3 : Broyage cru

Fig. 4 : Atelier cuisson

PLANCHE I

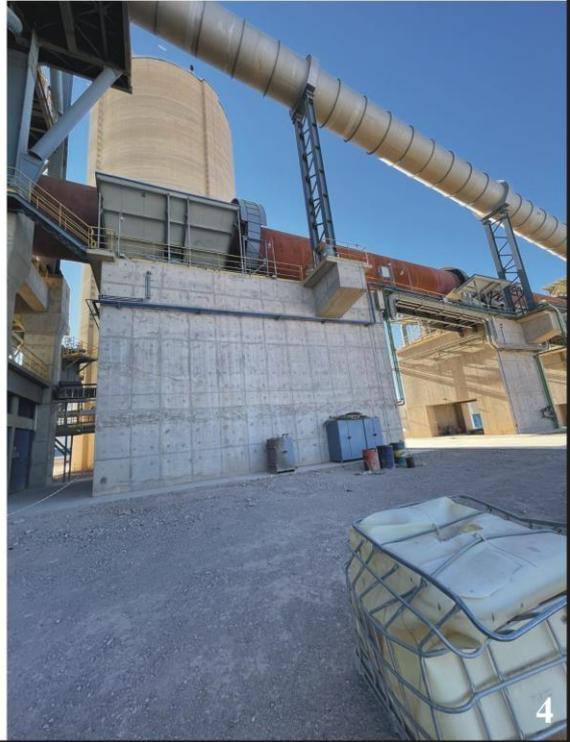
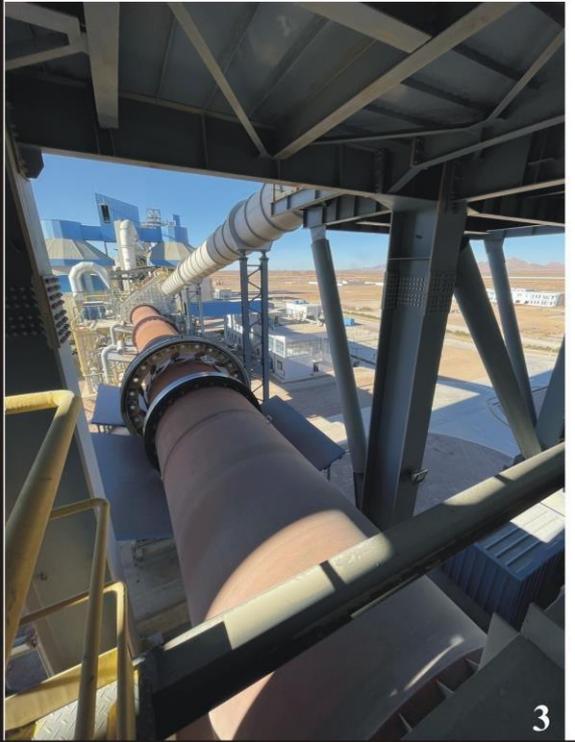


PLANCHE II
Production de ciment

Fig. 1 : Transporteurs des ajouts

Fig. 2 : Broyage ciment

Fig. 3 : Sillon du ciment

Fig. 4 : Expédition du ciment

PLANCHE II



ANNEXE

ANNEXE

Composition chimique des matières premières (calcaire/argile) adopté pour la fabrication de ciment portland (selon les exigences industrielles)

calcaire	schiste
<p>CaO : supérieur à 48%</p> <p>MgO : inférieur à 3.2 à 3.5%</p> <p>Na₂O + K₂O : inférieur à 0.04%</p> <p>P₂O₅ : inférieur à 0.4%</p>	<p>SiO₂ : supérieur à 45%</p> <p>CaO : inférieur à 15%</p> <p>MgO : inférieur à 6%</p> <p>SO₃ : inférieur à 5%</p> <p>Na₂O+K₂O : inférieur à 3.5%</p> <p>TiO₂ : inférieur à 2%</p> <p>P₂O₅ : inférieur à 0.6%</p> <p>Chlore : inférieur à 0.015%</p>

MEMOIRE DE MASTER

Type de Master : Professionnel

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géo-Ressources

Titre du mémoire : Caractérisation géologique et physico-chimique des argiles et des calcaires du gisement de Ben Zireg (NEBéchar)

Auteurs : Nouredine BOUKENADEL & Elhoussein MARMOURI

Résumé

Située à 45 km au Nord Est de la ville de Béchar, sur la bordure Nord Est du bassin de Béchar, la nouvelle cimenterie de ciment de Saoura a fait l'objet d'une étude lithologique et géochimique des matières premières exploitées par cette dernière. Elle couvre deux sites d'exploitation qui sont les argiles schisteuses et les calcaires.

techniques et sont aptes à être utilisés comme L'étude lithostratigraphique et pétrographique a montré que les argiles qui constituent la carrière de Benzireg sont de nature compact, admettant des passées carbonatées. Par ailleurs, les calcaires exploités dans la carrière de Djebel Madjouz sont caractérisés par un empilement

carbonaté, légèrement dolomitique, mal stratifiés, compacte et massif.

Les résultats des analyses chimiques par fluorescence aux rayons X ont montré que les argiles de Benzireg présentent des teneurs en éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3) constante et conforme aux exigences

matière de sous dosé pour la production du ciment portland. Cependant, l'élément chimique fondamental « oxyde de calcium » (CaO) entrant dans la constitution des calcaires de gisement de Djebel Madjouz se présente par des teneurs appréciables (49,61 à 53,92%) attestant ainsi la bonne qualité de la substance utile de ce gisement.

Mots-clés: Bassin de Béchar, Saoura, Lithologie, Géochimie, Argiles, Pétrographie, Analyses chimiques.