

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
جامعة مولود معمري
+٠٧٠:٢+ ٢:١١:٧ + ٢.٢.٠
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES GÉOLOGIQUES



MEMOIRE
Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnement

Par : **AMGHAR ABDELKARIM**
Et
CHABBI CELINA

Thème :

**Etude d'impacts sur l'environnement de la carrière d'agrégat de Keddara
Wilaya Boumerdes (Unité C35)**

Soutenu publiquement le 15 / 09/ 2024 devant le Jury composé de :

| | | |
|----------------------|------------------------------------|--------------|
| M. SAMI Lounis | Professeur à l'UMMTO | Président |
| M.HAMIS Ahmed | M.C.B à l'UMMTO | Encadreur |
| Mme. HAMZA Hamida | Assistante de PDG COSIDER | Co-encadreur |
| Melle. GACI Nabila | Maitre assistante A à l'UMMTO | Examinatrice |
| Mr. ABDELLI Abdellah | Responsable d'exploitation COSIDER | Invité |

Remerciements

Il est primordial de remercier « Allah » de nous avoir donné le courage, la patience et la santé qui nous ont été indispensables tout au long de nos années d'études et pour la réalisation de ce modeste travail.

Ce projet a été pour nous une expérience inoubliable. Les personnes que nous avons pu rencontrer nous ont toujours aidé aussi bien dans le travail que dans le moral.

Nous tenons tout d'abord à remercier nos encadreurs, Mr HAMIS A. et Mme HAMZA H., d'avoir accepté d'encadrer notre travail, l'attention et le temps qu'ils nous ont accordé ainsi que les efforts qu'ils ont déployés pour la réussite de ce projet.

Nous voudrions remercier en particulier Mr BOUSSLAMA qui nous a accueillis au sein de Cosider Carrière et nous a orienté pour suivre un stage enrichissant.

Nous remercions notamment Mr DOUIDI M., directeur de l'unité C35, qui nous a accueillis chaleureusement et a partagé avec nous des conversations des plus intéressantes. Merci infiniment.

Nous tenons à remercier spécialement l'ingénieur d'exploitation de « C35 », Mr ABDELI A. qui nous a permis d'être en contact direct avec la pratique, pour son professionnalisme, ses conseils avisés tout au long de la rédaction de ce rapport, aussi les expériences qu'il a partagé avec nous.

Nous remercions également tout le personnel de la carrière Cosider unité C35 pour leur accueil chaleureux et le traitement qu'ils nous ont réservé.

Un grand merci également à tout le corps administratif et professoral du département des Sciences Géologie pour les efforts qu'ils ont fourni pour nous procurer une formation solide digne d'un ingénieur de l'avenir.

Et bien-sûr nous n'oublions pas nos familles et nos amis, pour leur soutien moral, leur compréhension et leur patience durant cette période intense.

Enfin, nous remercions également les membres de jury pour leur bienveillance à vouloir évaluer notre travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma chère mère,

Ma raison de vivre, pour son soutien indéfectible et ses prières constantes à mon égard.

A mon cher père,

Mon pilier, pour son appui inconditionnel et ses encouragements.

A mes frères Mohamed et Abdelghani,

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de nos études.

A ma chère sœur Hanane,

Pour son soutien moral et ces conseils avisés.

A mon cher grand-père,

À qui je souhaite une bonne santé. **A**

ma chère binôme Celina,

Pour son entente et sa sympathie.

A mon cher oncle Farid,

Pour son soutien indéfectible et sa patience infinie.

A mon cher oncle Mohamed,

Pour son aide et son soutien dans les moments difficiles.

A mes chers amis Anis, Ghiles, Fares,

Pour leurs aides et leurs soutiens et les beaux moments vécus ensemble le long de notre parcours universitaire **A**

toute ma famille,

Pour leurs amours constants et leurs sacrifices.

AMGHAR.A

Dédicace

Dieu merci

Ce modeste travail est dédié spécialement

A ma chère maman, ma raison de vivre, en témoignage de ma reconnaissance pour
sa patience, son amour et ses sacrifices

A mon très cher papa, pour son amour et son soutien

« A vous mes parents, je dis merci d'avoir fait de moi celui que je suis aujourd'hui
Aucune dédicace ne pourra exprimer mes respects, mes considérations et ma grande
admiration pour vous. Puisse ce travail vous témoigne mon affection et mon profond
amour. Que Dieu vous garde pour moi »

A ma grand-mère Fathma, mes chères sœurs Souad, Sabiha, Yasmine, et Soraya, belle-
sœur Rosa et mes chers frères Mokhtar et Arezki qui je le sais, ma réussite est
très importante pour vous.

A mes princesses : Bouchra, Manel, Nihal, Houda et Maya Et princes
: Ammar, Aylane, Danias, Anes et Fares

A mes copines d'amour : Leticia, Lamia et Souad

A toute ma famille

A mon cher binôme Abdelkrim

Pour finir, à mes amis, mes enseignants et pour ceux qui m'ont donné de l'aide un
jour, que Dieu vous paye pour tous vos bienfaits

CHABBI. C

RESUME

Cette étude évalue les impacts environnementaux de l'exploitation à ciel ouvert du gisement de granulats du Djebel Bourkane par COSIDER. Elle a utilisé une base de données bibliographiques et un stage de terrain pour suivre les différentes étapes de l'exploitation. Le calcaire karstique extrait est traité sur place et transporté par camion, engendrant de nombreux impacts environnementaux tels que les pollutions sonores, les émissions gazeuses et les poussières. L'application stricte des législations environnementales a contraint les industriels à adopter des mesures pour atténuer ces nuisances. L'étude propose des solutions pour identifier, évaluer et réduire les impacts environnementaux. À la fermeture de la carrière en 2035, des projets de réaménagement sont suggérés, dont un complexe sportif, un lac artificiel avec bungalows, et un village à résidences semi-collectives.

Mots clés : Impacts environnementaux, calcaires, granulats, minéralisations sulfurées, remise en état, COSIDER "Unité C35 Keddara".

SUMMARY

This study assesses the environmental impacts of open-pit mining of the Djebel Bourkane aggregate deposit by COSIDER. It used a bibliographic database and a field placement to follow the various stages of the operation. The karstic limestone extracted is processed on site and transported by truck, generating numerous environmental impacts such as noise pollution, gas emissions and dust. Strict enforcement of environmental legislation has forced manufacturers to adopt measures to mitigate these nuisances.

The study proposes solutions for identifying, assessing and reducing environmental impacts. When the quarry closes in 2035, redevelopment projects are suggested, including a sports complex, an artificial lake with bungalows, and a village with semi-collective residences.

| | |
|---|------------|
| Remerciements | ii |
| Dédicace | iii |
| Dédicace | iv |
| Introduction Générale | 15 |
| Chapitre I Généralités | |
| 1 Introduction | 3 |
| 2 But de travail | 3 |
| 3 Méthodologie et moyens de travail : | 3 |
| 4 Situation géographique de la région d'étude : | 4 |
| 5 Situation géographique de secteur d'étude : | 5 |
| 6 Climat, réseau hydrographie et hydrogéologie : | 7 |
| 6.1 Climat : | 7 |
| 6.2 Réseau hydrographique : | 7 |
| 6.3 Hydrogéologie : | 8 |
| 7 Historique de la carrière : | 8 |
| 8 Régime de fonctionnement de la carrière | 8 |
| 9 Capacité de production : 300 t/h (théorique) | 8 |
| Chapitre II Cadre Géologique | |
| 1 Géologie régionale | 10 |
| 1.1. Les zones internes ou Kabyles | 11 |
| 1.1.1 Les massifs cristallins | 11 |
| 1.1.2. Le Paléozoïque | 12 |
| 1.1.3. La dorsale kabyle | 12 |
| 1.1.4. Les flyschs | 13 |
| 1.1.5. Les formations Oligo-Miocènes | 15 |
| 1.1.6. Les Formations Magmatiques et Sédimentaires Post-Nappes | 16 |
| 1.2. Les zones externes | 17 |
| 2 Géologie de la région du Djebel Bourkane | 17 |
| 2.1 Le socle ancien | 17 |
| 2.2 La dorsale Kabyle | 18 |
| 2.2.1 La série Permo-Triasique | 18 |
| 2.2.2 La série du Lias inférieur et moyen | 18 |
| 2.2.3 La série du Lutétien : | 19 |
| 3 Tectonique régionale : | 22 |
| 4 Géologie du secteur (Géologie de gisement) :..... | 22 |
| 4.1 Litho stratigraphie : | 22 |
| a) Calcaire gris foncé : | 22 |
| b) Calcaire gris sombre : | 22 |
| c) La couverture : | 26 |
| 4.2 Tectonique : | 27 |
| 4.3 Géologie : | 28 |
| 4.3.1 Barytine : | 28 |
| 4.3.2 Galène : | 31 |
| 4.3.3. Azurite : | 32 |
| 4.3.4 Malachite : | 33 |
| Chapitre III Exploitation | |
| 1 Introduction | 36 |
| 2 Mode d'ouverture | 36 |
| 3 Caractéristiques qualitatives des calcaires du gisement de Dj. Bourkane | 37 |

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| 4 Réserves géologiques exploitables du gisement | 37 |
| 5 Processus d'exploitation de la carrière C35 | 38 |
| 5.1 Exploitation | 38 |
| 5.2 Les étapes de l'exploitation | 39 |
| 5.2.1 Décapage | 39 |
| 5.2.2 Travaux d'abattage : | 40 |
| a) Foration des trous de mines | 40 |
| b) Le tir de mine | 41 |
| c) L'amorçage | 42 |
| d) Le bourrage | 43 |
| e) La mise à feu | 43 |
| 6 Chargement | 44 |
| 7 Transport | 45 |
| 8 Description du processus de production des granulats | 46 |
| 8.1 Concassage primaire | 46 |
| 8.2 Concassage secondaire : | 46 |
| 9 Stockage et livraison : | 47 |
| Chapitre IV Evaluations Des Impacts Environnementaux | |
| 1 Introduction | 49 |
| 2 Méthode utilisée pour l'évaluation des impacts | 49 |
| 2.2 Identification des aspects | 49 |
| 2.3 Identification des impacts | 49 |
| 3 Analyse des aspects environnementaux de la carrière « C35 » | 50 |
| 3.1 Emission de bruit | 50 |
| 3.1.1 Mesures du bruit dans le site | 51 |
| 3.1.2 Périmètre de mesures (localisation et description) | 52 |
| 3.1.3 Résultats et analyses des mesures | 53 |
| 3.2 Les vibrations | 55 |
| 3.2.1 Mesure des vibrations due aux tirs de mine dans le site | 55 |
| 3.2.2 Paramètres de tir | 57 |
| 3.2.3 Données relatives à l'essai de vibration | 58 |
| 3.3 Emission de poussière | 61 |
| 3.4 Les déchets solides et liquides | 63 |
| 3.5 Emission des gazes | 65 |
| 4 Analyse des impacts liés à la carrière C35 | 65 |
| 4.1 Méthode d'analyse | 65 |
| 4.2 Impact sur le milieu physique | 66 |
| 4.2.1 Le sol | 66 |
| 4.2.2 L'air | 67 |
| 4.2.3 Climat | 67 |
| 4.3 . Impact sur le milieu biologique | 67 |
| 4.3.1 La flore | 67 |
| 4.3.2 La faune | 67 |
| 4.3.3 Paysage | 68 |
| 4.4 . Impact sur le milieu humain | 68 |
| 4.4.1 L'activité socio-économique | 68 |
| 4.4.2 Sécurité et santé | 69 |
| 4.4.3 Epuisement des ressources | 69 |
| 5 Matrice dévaluation | 70 |

Chapitre V Solutions Aux Impacts

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| 1. Introduction | 72 |
| 2. Mesures préventives aux émissions de bruit | 72 |
| 3. Mesures préventives aux émissions de poussière | 75 |
| 3.1 Proposition | 77 |
| 4 Mesures préventives aux émissions de gaz à effet de serre (GES) | 79 |
| 5 Faune et flore | 80 |
| 5.1 Au cours d'exploitation | 80 |
| 6 Paysage | 80 |
| 6.1 Au cours d'exploitation | 80 |
| Chapitre VI La Remise En Etat Des Lieux | |
| 1 Introduction | 83 |
| 2 Plan de la remise en état | 83 |
| 3 Propositions de réaménagement de la carrière : | 84 |
| 4 Cadre Légal | 87 |
| 5 Réglementation algérienne sur la réhabilitation des carrières | 87 |
| Conclusion : | 90 |
| Recommandations | 91 |

Listes des tables :

| | |
|--|-----------|
| Tableau 1 :Coordonnées du site (système de projection UTM) fuseau 31 | 7 |
| Tableau 2 : Analyses et essais effectués sur les différents échantillons de calcaire | 37 |
| Tableau 3 :Paramètre de tir | 44 |
| Tableau 4 : Modèle d'analyse des résultats | 53 |
| Tableau 5 : Mesures de bruit à la zone n°01 front de taille | 53 |
| Tableau 6 : Mesures de bruit à la zone n° 02 de station de concassage | 54 |
| Tableau 7 : Mesures de bruit à la zone n° 03 atelier de maintenance | 54 |
| Tableau 8 : Mesures de bruit à la zone n° 04 commercial et le poste de gardiennage et cabine des camion et chargeur | 54 |
| Tableau 9 : paramètre de tir | 57 |
| <i>Tableau 10 Les coordonnées en UTM des mesures et des sites de minage</i> | <i>58</i> |
| Tableau 11 : Résultats des mesures des vibrations causées par les tirs réalisés en date du 08 février 2023 au niveau de « C35 » mesure (stations). | 61 |
| Tableau 12 :Méthode d'évaluation des impacts selon la grille de Facteau | 66 |
| Tableau 13: Matrice dévaluations des impacts environnementaux | 70 |

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Figure 1 Carte de la wilaya de Boumerdès et ces contours (Khalil GACEMI 2013) | 5 |
| Figure 2 :Situation topographique de la zone d'étude Gisement de Djebel Bourkane COSIDER Carrière (Extrait de la carte topographique de Rouïba 34-EST) Echelle : 1/25 000e | 6 |
| Figure 3 : Les différents domaines structuraux du nord de l'Algérie (Durand Delga, 1969). . | 10 |
| Figure 4 : Coupe Nord-Sud montrant les principales unités structurales de l'Algérie (Durand Delga, 1969). | 11 |
| Figure 5 :Coupe dans le cristallin de Grande Kabylie (Monié et al, 1988) | 12 |
| Figure 6 :Coupe synthétique des maghrébides internes (Bouillin. JP, 1986) | 13 |
| Figure 7 : Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides | 14 |
| Figure8 : Schéma litho-structural simplifié de la commune de Keddara. Source A.N.B.T, digitalisé par Yahiaoui. A, 2018. | 19 |
| Figure 9 : Esquisse de la carte géologique représentative des affleurements méso-cénozoïques dans la région de Bouzegza-Keddara (Source A.S.G.A) | 20 |
| Figure 10 :Echantillon d'un calcaire massif gris sombre | 23 |
| Figure 11 : calcaire micritique à Nummulitidés. Lame mince LPA.G* 0.25 | 24 |
| Figure 12: calcaire sparitique à Nummulitidés. Lame mince LPA.G*0.25 | 24 |
| Figure 13 : Echantillon d'un calcaire massif gris claire | 24 |
| Figure 14 : calcaire micritique à nummulitidés et orbitoïdés. Lame mince LPA.G*0.25 ... | 25 |
| Figure 15 : calcaire micritique et sparitique à des Nummulitidés et orbitoïdés ,des oxydes de fer sont présent. Lame mince LPA.G*0.25 | 25 |
| Figure 16 : photo montrant la découverte marneuse à blocs et le couvert végétal | 26 |
| Figure 17 :Une faille au niveau 680m d'une direction N 60° et pendage 45° | 27 |
| Figure 18 : photo d'une faille au niveau 610m d'une direction NS180° et un pendage 30°... | 27 |
| Figure 19 : photo présente une fente de tension et un filon de barytine..... | 28 |
| Figure 20 :Texture granulaire | 29 |
| Figure 21 : Texture massive | 29 |
| Figure 22 : Texture fibreuse | 29 |
| Figure 23 :Texture massive et fibro radiée | 29 |
| Figure 24 : Veines de barytine fibreuses | 30 |

| | |
|---|----|
| Figure 25 : Texture massive à fibreuse | 30 |
| Figure 26 Calcaire à Nummulites recoupé par un filonnet de calcite-barytine. On observe deux générations de calcite (CaI) recoupée par la Barytine (Ba) et l'ensemble est recoupé par la calcite tardive (Ca II). Lame mince G*0.25 | 30 |
| Figure 27 : photo d'une galène | 31 |
| Figure 28 : Observation microscopique de galène. Section polie G*0.25 | 32 |
| Figure 29 : Echantillon d'une azurite (bleu) | 32 |
| Figure 30 : Observation microscopique de l'azurite (Bleu). Section polie G*0.25 | 33 |
| Figure 31 : Echantillon d'une malachite (vert) | 33 |
| Figure 32 : observation microscopique de malachite vert. Section polie G*0.25 | 34 |
| Figure 33 : photo de la carrière C35 | 36 |
| Figure 34 : Vue panoramique de la carrière | 38 |
| Figure 35 : Travaux de décapage, Pelle entrain d'enlever la découverte | 40 |
| Figure 36 : Un trou de mine | 41 |
| Figure 37 : Chariot de forage | 41 |
| Figure 38 : Photo de l'ANFOMIL | 42 |
| Figure 39 : Photo de TEMEX | 42 |
| Figure 40 : photo des DMR | 42 |
| Figure 41 : photo d'un cordeau détonant..... | 43 |
| Figure 42 : Pelle hydraulique "VOLVO 480" | 45 |
| Figure 43 : Camion de transport de marque "MERCEDÉS" | 46 |
| Figure 44 : Schéma de processus de production de granulats dans « C35 » | 47 |
| Figure 45 : Echelle de bruit (Atlas de l'environnement du Morbihan, ADEME) | 51 |
| Figure 46 : Sonomètre | 52 |
| Figure 47 : Surface du site in Google Earth | 53 |
| Figure 48 : Seismograph SUMMIT M VIPA Géophone DMT-3DD/N | 56 |
| Figure 49 : Géophone DMT-3DD/N | 56 |
| Figure 50 : Microphone EC | 57 |
| Figure 51 : photo prise lors de la préparation du tir de mine sur la 1er volée au niveau 650 m | 59 |
| Figure 52: localisation géographique des stations de mesures et les volées objet du tir de mine du 08/02/2023 au niveau du gisement de Cosider Carrière C35. (Image Satellite extrait de | |

| | |
|--|----|
| Google Earth | 59 |
| Figure 53 Nuage de poussières consécutif due au tir de 19/02/2024 | 62 |
| Figure 54 : Poussières soulevées par circulation des camions | 62 |
| Figure 55 : Concasseur alimenter | 63 |
| Figure 56 : Déchèterie de C35 | 64 |
| Figure 57 : Fosse de vidange de C35 | 64 |
| Figure 58 : Bassin de décantation appartenant à Cosider C35 | 65 |
| Figure 59 : Photo de blanchement des végétations riveraines | 67 |
| Figure 60 : Vu panoramique de front de taille | 68 |
| Figure 61 : Piste après arrosage avec de l'eau | 76 |
| Figure 62 : Aspersions d'eau au niveau de l'entrée du concasseur à mâchoires | 76 |
| Figure 63 : Système d'aspiration | 77 |
| Figure 64 : Citerne d'eau utilisée dans C35 | 77 |
| Figure 65 : Photo de brumisateurs | 79 |
| Figure 66 : Photo en 2D de complexe sportif | 85 |
| Figure 67 Photo de la 2D de la résidences semi-collectives | 86 |
| Figure 68 : photo 2D d'un lac artificiel entouré par des bungalows | 86 |

Liste des abréviations :

°C : Degré Celsius

ASGA : Agence des services géologiques de l'ALGERIE

C35 : carrière unité C35

Ca : Calcite **dB** : décibel, unité de mesure de bruit

DMR : Détonateur Micro-retard

E : Est

EIE : étude d'impact sur environnement

EPI : équipement de protection individuel

G* : Grossissement

GB : giga byte

GES : gaz à effet de serre

GPS : global position système

HCL : Acide chlorhydrique

HSE : hygiène sécurité environnement

Hz : Hertz

LPA : Lumière Polarisée Analysée

m: Mètre

mm : Millimètre

N : Nord **N°**

: Numéro

NE : Nord-Est

NS : Nord –Sud

NW : Nord –Ouest

PICB : Les protecteurs individuels contre le bruit

S : Sud

SE : Sud-Est

SW : Sud-Ouest

t/h : Tonne par heure

UMMTO : Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou

UNPG : Union Nationale des Producteurs de Granulats

USB : Universal Serial Bus

UTM : Universal Transverse Mercator

W : Ouest

Introduction

Générale

Introduction générale

De nos jours, les questions environnementales ont émergé comme un enjeu majeur à l'échelle mondiale. L'intensification des activités industrielles a créé de nombreux problèmes écologiques, suscitant des préoccupations croissantes. Parmi ces enjeux, les changements climatiques, la pollution de l'eau et de l'air, la perte de biodiversité et la dégradation des écosystèmes sont devenues des sujets de préoccupation urgents.

Dans ce contexte, l'évaluation des impacts environnementaux des carrières de granulats revêt une importance capitale. Ces carrières fournissent des matériaux essentiels pour le développement industriel et urbain, mais leur exploitation a souvent été réalisée de manière anarchique, préjudiciable aux composantes naturelles et humaines de l'environnement. De nombreuses zones naturelles sont aujourd'hui défigurées par les sites abandonnés d'anciennes carrières, et certaines régions ont subi les conséquences néfastes d'une exploitation abusive et anarchique.

Face à ce défi, les Etudes d'Impact Environnemental (EIE) ont été imposées depuis longtemps comme un outil essentiel pour concilier le développement économique avec la nécessité de préserver l'environnement pour les générations futures. Ces études permettent d'évaluer les conséquences potentielles des activités extractives, d'identifier des mesures d'atténuation et de proposer des recommandations pour minimiser les impacts négatifs.

L'étude d'impact est bien plus qu'un simple outil de prévention des atteintes à l'environnement. Elle contribue pleinement à la construction de projets environnementaux durables et sert de socle pour la concertation avec les parties prenantes. L'avenir de notre planète repose sur une coopération harmonieuse entre les gouvernements, les entreprises et les citoyens, visant à protéger l'environnement tout en garantissant une croissance durable.

Nous avons choisi ce sujet, l'évaluation des impacts environnementaux liée à la carrière Cosider « C35 », en raison de l'importance que l'Algérie accorde actuellement au volet environnemental. Les effets nocifs sur la santé des travailleurs et de la population concernée par les activités industrielles soulignent la nécessité d'intégrer pleinement la protection environnementale dans toutes nos actions.

Pour effectuer cette tâche, nous avons tracé le plan de travail suivant que nous avons développé sur six chapitres. Dans le premier chapitre, nous avons exposé les généralités sur la région et le secteur d'étude dont nous trouvons la situation géographique, dans le deuxième chapitre, on entame sur la géologie régionale et locale du secteur d'étude. Le troisième chapitre est consacré

INTRODUCTION GENERALE

à la présentation de la presseuse d'exploitation et de traitement des calcaires de la « C35 ». Le quatrième et le cinquième chapitre traitaient l'évaluation des impacts d'extraction des calcaires sur l'environnement et des mesures et propositions pour atténuer ou compenser ces derniers. Nous clorons ce travail, avec le réaménagement du site et une proposition d'une remise en état.

Chapitre I Généralités

1 Introduction

L'exploitation d'une mine implique l'extraction de roches ou de minéraux ayant une valeur économique. Une carrière est un lieu d'extraction de matériaux de construction tels que la pierre, le sable ou différents minéraux non métalliques ou carbonifères. Contrairement aux mines, qui extraient des matériaux stratégiques ou précieux de type métallique, les carrières sont des chantiers à ciel ouvert ou en fosse. Elles peuvent également être souterraines ou sous-marines. Les carrières exploitent des roches meubles ou des roches massives. En somme, une carrière est à la fois un lieu physique et une trajectoire professionnelle.

2 But de travail

Le but de notre étude consiste à évaluer, comprendre et minimiser au maximum les impacts environnementaux liés à l'exploitation de la carrière de Keddara, Unité C35, qui extrait des matériaux de construction (agrégats). Pour ce faire, nous examinons le processus global de la carrière, de l'extraction au traitement du minerai. Puis, nous abordons également la compréhension géologique, ensuite nous évaluons les aspects responsables des impacts sur l'environnement. A la fin, nous proposons des solutions visant à réduire ces impacts tout en suggérant un modèle de remise en état pour la carrière.

3 Méthodologie et moyens de travail

La méthodologie de ce travail repose sur les étapes suivantes :

- Une recherche bibliographique sur la région et le secteur d'étude ;
- Un stage pratique de quatre semaines durant lequel nous avons effectué :
 - Une présentation et reconnaissance de la carrière ;
 - Des observations du processus de traitement des calcaires ;
 - Une présence à deux tirs de mine ;
 - Et un suivi de plusieurs activités génératrices d'impacts directs sur l'environnement.
- Une sortie sur le terrain avec notre promoteur durant laquelle, nous avons réalisé l'étude des différentes formations sur le plan géologique et gîtologique ;
 - Réalisation d'un échantillonnage lors de la sortie ;
 - Réalisation des lames minces et des sections polies au laboratoire ;
 - Etude macroscopique et microscopique des échantillons.

Moyens d'étude :

- Documents et moyens mis à notre disposition au niveau de l'unité C35 tels que
 - Rapport géologique actualisé Octobre 2023 ;

- Historique de la carrière ;
- Audit environnemental 2016 ;
- Etude des vibrations ;
- Etude du bruit ;
- Rapport géologique de Djebel Bourkane ;
- Sur le terrain l'utilisation des moyens de protection (casque, gilet, chaussure spéciale) et lors de la sortie du terrain (marteau, boussole, loupe)

Matériaux utilisés aux laboratoire :

- Microscope polarisant ;
- Confection des lames minces et sections polies ;
- Etudes des lames minces et sections polies.

4 Situation géographique de la région d'étude

La wilaya de Boumerdès est une wilaya côtière du centre du pays, située au nord de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 1 456,16 km² et possède 100 km de littoral, allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'ouest jusqu'à la limite de la commune d' Afir. Ses limites géographiques sont : Au nord, la mer Méditerranée ; au sud, la wilaya de Bouira ; à l'ouest, elle est voisine des wilayas d'Alger et de Blida ; à l'est, elle est adjacente à la wilaya de Tizi Ouzou.

(Fig.1).



Figure 1. Carte de la wilaya de Boumerdès et ses contours (Gacemi K., 2013)

5 Situation géographique du secteur d'étude

La carrière de Keddara est située au lieu-dit Djebel Bourkane appartenant à l'entreprise COSIDER. Elle se localise à environ 1800 mètres au sud de l'agglomération de Keddara. Administrativement, elle est rattachée à la commune de Bouzegza/Keddara, dans la Daïra de Boudouaou, relevant de la Wilaya de Boumerdès. Les limites géographiques de cette carrière sont les suivantes :

- Au nord, elle est bordée par les communes de Boudouaou et Tidjelabine ;
 - À l'est, elle est délimitée par les communes de Béni-Amrane et Ammal ;
 - À l'ouest, elle est adjacente à la commune de Kharrouba ;
 - Au sud, elle est limitrophe de la commune de Bouderbala, relevant de la Wilaya de Bouira.
- L'accès au gisement se fait à partir de la route nationale N°29, reliant Keddara à Lekhdaria, via une piste carrossable de 1300 mètres. Ce gisement de calcaires attribué à Cosider est délimité sur la carte topographique de Rouïba 34 Est à l'échelle 1/25 000° (fig.2).



Figure 2. Situation topographique de la zone d'étude "Gisement de Djebel Bourkane COSIDER"

Carrière (Extrait de la carte topographique de Rouïba 34-EST). Echelle : 1/25 000e

Tableau 1 : Coordonnées du site (système de projection UTM) fuseau 31

| Point | X(m) | Y(m) |
|-------|--------|---------|
| 1 | 543500 | 4051400 |
| 2 | 543500 | 4052100 |
| 3 | 544200 | 4052100 |
| 4 | 544200 | 4051400 |

Ce gisement, occupe le flanc Nord de Djebel Bourkane, il est représenté par une topographie moyennement accidentée. Les côtes absolues dans les limites du gisement varient de 600m à 730m. La superficie totale du gisement est de 49 hectares.

6 Climat, réseau hydrographie et hydrogéologie

6.1 Climat

La wilaya de Boumerdès, est caractérisée par un climat méditerranéen avec des hivers froids et humides, tandis que les étés sont chauds et secs. Le climat de la région peut être résumé comme suit :

- Pluviométrie : La quantité de précipitations varie entre 500 et 1 300 mm par an. Il est important de noter que la région de Dellys reçoit davantage de pluie que le reste de la wilaya, avec une pluviométrie moyenne de 900 mm par an.
- Amplitudes thermiques annuelles : En raison de sa proximité avec la mer, la wilaya de Boumerdès présente généralement des amplitudes thermiques annuelles faibles.

La température moyenne est d'environ 18°C près de la côte et 25°C à l'intérieur des terres.

6.2 Réseau hydrographique :

La région est parcourue par un réseau fluvial étendu, comprenant notamment l'Oued Boudouaou, l'Oued Isser, l'Oued Corso et l'Oued El Hamiz. Sur ces cours d'eau, deux barrages ont été construits afin de fournir de l'eau potable et industrielle aux zones urbaines d'Alger et de Boumerdès. Le débit de ces oueds, généralement modeste, dépend étroitement des variations pluviométriques, soulignant la vulnérabilité de la région aux changements climatiques et à leurs répercussions sur les ressources hydriques.

6.3 Hydrogéologie :

L'émergence des eaux souterraines est étroitement liée aux volumes des quantités des précipitations annuelles, qui peuvent parfois s'élever jusqu'à 800 mm, aucune résurgence d'eaux souterraines ne se manifeste dans le périmètre du gisement.

7 Historique de la carrière :

L'unité C35 (gisement de calcaire de djebel Bourkane) a été mise en exploitation depuis 2015. La longévité de la carrière est intrinsèquement liée à plusieurs facteurs déterminants :

Régime de fonctionnement et capacité de production : La durée de vie est directement influencée par la fréquence d'exploitation et la capacité de production de l'unité. Un régime intensif avec une grande capacité peut accélérer l'épuisement des ressources.

Réserves géologiques exploitables : Les quantités de matières premières géologiquement disponibles pour l'extraction jouent un rôle crucial. Plus les réserves sont importantes, plus la carrière peut être exploitée longtemps.

Plan de charge de l'unité : Les prévisions de production, c'est-à-dire le volume de matériaux que l'on prévoit d'extraire sur une période donnée, sont également essentielles. Un plan de charge élevé peut réduire la durée de vie si les réserves ne sont pas suffisantes.

D'après les réserves géologiques exploitables qui sont estimées à 39 millions de tonnes ; la durée de vie de la carrière est de 33 ans.

8 Régime de fonctionnement de la carrière

- Nombre de jours ouvrables par an : 300 jours
- Nombre de jours ouvrables par semaine : 06 jours
- Nombre de postes de travail par jour : 02 postes
- Nombre d'heures de travail effectif par jour : 08 heures

9 Capacité de production : 300 t/h (théorique)

- Production journalière = 4 000 tonnes / jour
- Production mensuelle = 100 000 tonnes / mois

- Production annuelle = 1 200 000 tonnes / ans

*Chapitre II Cadre
Géologique*

1 Géologie régionale

La chaîne alpine d’Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l’orogène alpin périméditerranéen [Durand-Delga, 1969] d’âge Tertiaire qui s’étend de l’Ouest à l’Est sur 2000 km depuis l’Espagne du Sud à l’arc calabro-sicilien.

Dans ce domaine en forme d’anneau très aplati, on distingue classiquement les zones internes, situées à l’intérieur de l’anneau et représentées aujourd’hui par différents massifs, dispersés le long de la côte méditerranéenne et les zones externes situées à sa périphérie (Fig.3).

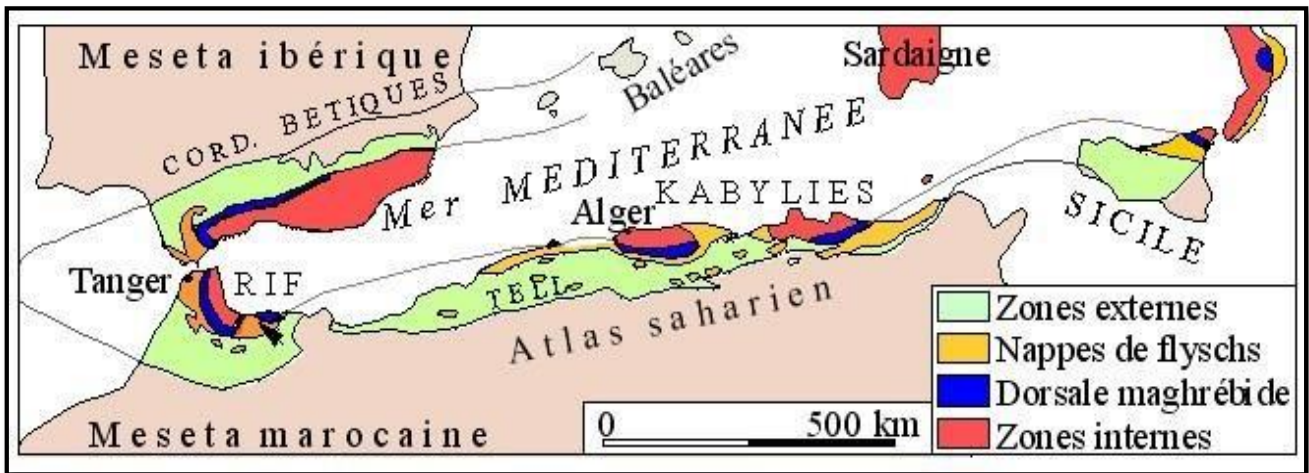


Figure 3. Les différents domaines structuraux du nord de l’Algérie (Durand Delga, 1969).

Le domaine de la chaîne des Maghrébides a connu des phases de déformations méso-cénozoïques aboutissant à la mise en place de nappes de charriages. C’est le domaine des nappes ou domaine allochtone.

En Algérie, la chaîne des Maghrébides montre du nord au sud les domaines suivants : (Fig.4).

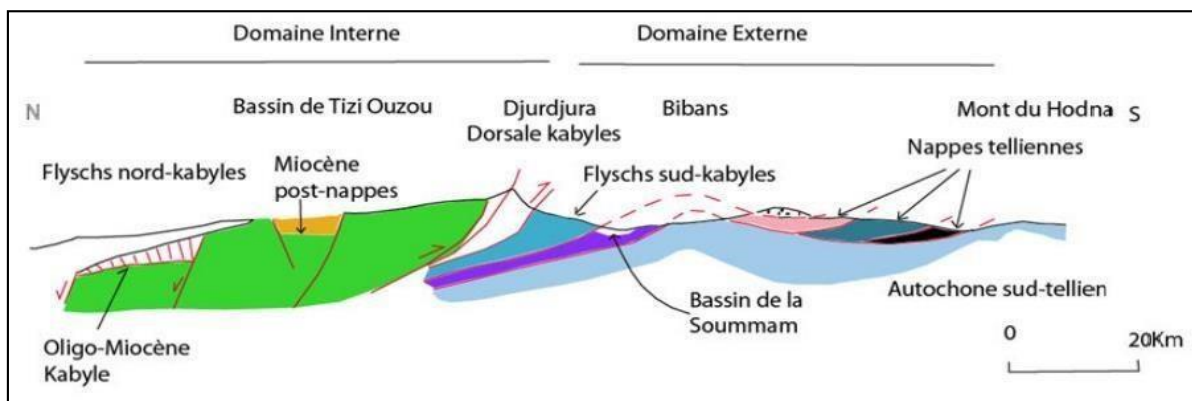


Figure 4. Coupe N-S montrant les principales unités structurales de l’Algérie (Durand Delga, 1969)

1.1. Les zones internes ou Kabyles

Le domaine interne des maghrébides en Algérie du Nord, appelé aussi domaine kabyle ou Kabylide, du fait que la grande partie affleure en Grande et petite Kabylie. On distingue : les massifs cristallins, le paléozoïque, la chaîne calcaire, les flyschs, les formations oligo-miocènes, les terrains magmatiques et sédimentaires post-nappes (**Fig.5**).

1.1.1 Les massifs cristallins

L'ensemble cristallin interne affleure d'Ouest en Est dans les massifs côtiers suivants : Le petit chicot de l'îlot de Berinschell du massif du Chenoua (à l'ouest d'Alger), le massif d'Alger, de Grande Kabylie, de Petite Kabylie (entre Jijel et Skikda) et de l'Edough. Cet ensemble cristallin, avec 120 km de long et 30 km de large, constitue le plus large affleurement du socle Kabyle en Algérie. Ce sont des terrains cristallins et métamorphiques anciens d'âge panafricain et hercynien [Bossière et Peucat, 1984]. Ils sont composés de granites, pegmatites, granitogneiss, gneiss, paragneiss, amphibolites, marbres, micaschistes et schistes. Ces massifs ont longtemps été considérés comme des noyaux rigides, mais cette notion est remise en cause par de nombreux auteurs pour qui les noyaux Kabyles ont subi des déformations accompagnées de métamorphisme alpin. L'âge du métamorphisme est aussi sujet à controverses. Pour certains, le métamorphisme principal des socles Kabyles est au moins antérieur au Carbonifère et vraisemblablement au Cambrien [Bouillin et Peucat, 1984]. Pour d'autres, ce métamorphisme est alpin [Monier et al., 1988, 1992] et les socles Kabyles ont été affectés au Cénozoïque par des déformations ductiles régionales [Saadallah, 1992, 2016 ; Saadallah et Caby, 1994, 1996]. Ces formations cristalloyphylles sont souvent agencées en unités ou piles tectonométamorphiques. Ces unités sont en contact les unes des autres le long des surfaces de nature ductile synmétamorphes soulignées par des granites orientés et des mylonites, d'autres contacts de nature magmatique et cataclastiques (Saadallah. A, 2016).

1.1.2. Le Paléozoïque

Le Paléozoïque affleure dans les massifs du Chenoua, de Grande et Petite Kabylie. C'est un ensemble de formations sédimentaires non ou très peu métamorphiques de type flyschoides (schistes et grès avec des niveaux de lydienes, calcaires et marnes) allant du Cambrien au Carbonifère. Ces formations sont recouvertes par des schistes satinés le long d'un contact cataclastique (Saadallah. A, 1992), considéré comme une ancienne discordance par certains auteurs [Bouillin et Peucat, 1984].

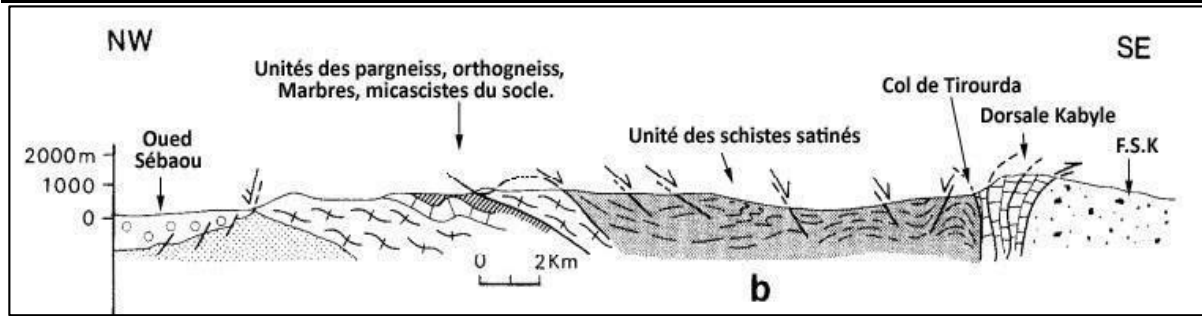


Figure 5. Coupe dans le cristallin de Grande Kabylie (Monié et al, 1988)

1.1.3. La dorsale kabyle

Le socle Kabyle est bordé au sud par les unités mésozoïques et cénozoïques de la dorsale Kabyle appelée parfois « Chaîne Calcaire » à cause de l'importance du Jurassique inférieur calcaire. Ce domaine est exceptionnellement étroit et ne dépasse jamais quelques km de largeur. Le premier affleurement de la dorsale Kabyle en Algérie est situé au Cap Ténès. On la retrouve ensuite dans le massif du Chenoua, puis au Sud Est d'Alger où elle constitue d'importants reliefs sur plus de 125 km de long (massifs de Larba, du Bou Zegza et du Djurdjura). Elle apparaît ensuite au Nord de Constantine (Dj. Sidi Dris), et on la suit sur 90 km jusqu'au Sud d'Annaba (Zit Emba).

La dorsale Kabyle se présente sous forme d'écailles d'âge Permo-triasiques à Eocène moyen (Lutétien). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Eocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias. La dorsale Kabyle a été subdivisée du Nord au Sud en trois unités qui se différencient par le faciès et l'épaisseur des calcaires : dorsale interne, médiane et externe.

En général, les faciès traduisent des conditions de sédimentation de plus en plus profondes lorsque l'on passe des formations de la dorsale interne (dépôts littoraux ou épicontinentaux) à celles de la dorsale médiane (dépôts marneux et plus profonds du Crétacé à l'Eocène), puis aux formations de la dorsale externe (qui montrent souvent des radiolarites au Dogger-Malm) (**Fig. 6**). Du côté sud, un contact anormal sépare la Dorsale Kabyle du domaine des flyschs. Les formations du domaine interne chevauchent le domaine des flyschs et le domaine externe tellien.

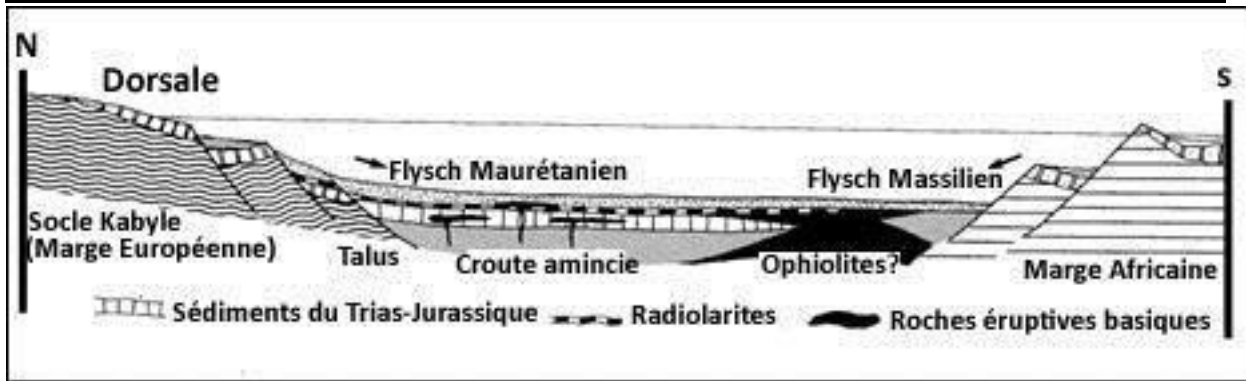


Figure 6. Coupe synthétique des maghrébides internes (Bouillin. JP, 1986)

1.1.4. Les flyschs

Les flyschs affleurant dans le domaine interne, dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie), sont regroupés en fonction de leur âge : Crétacé. Ils occupent des positions structurales très diverses, vis-à-vis des autres ensembles du domaine interne : ils sont accolés, chevauchants et chevauchés. Ces flysch se présentent de trois manières : en position interne, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétro charriées sur les zones internes, et appelés flysch nord Kabyle ; en position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flysch sud-Kabyle) et enfin, en position très externe, sous forme de masse isolées flottant sur le Telle charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au sud (Fig.7). Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités.

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, le flysch Mauritanien et le flysch Massilien :

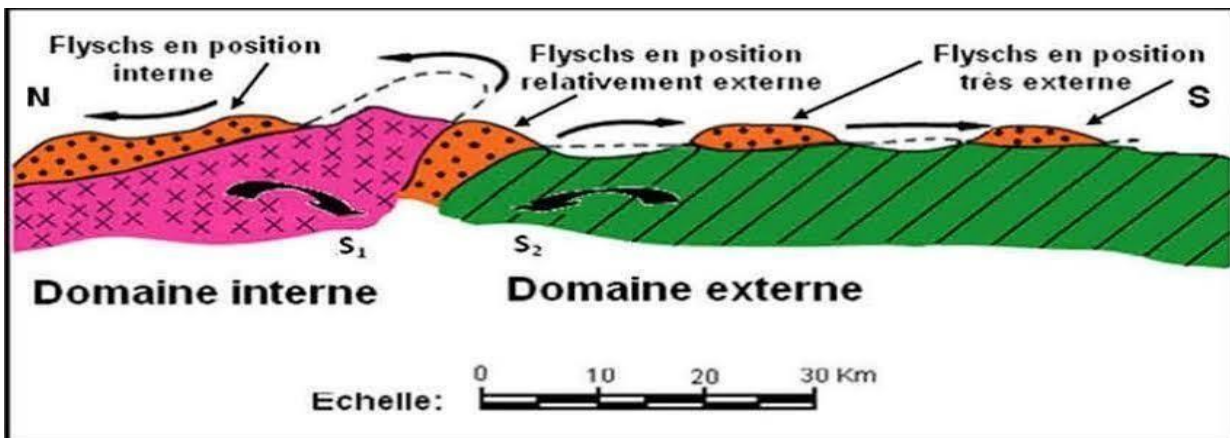


Figure 7. Position des nappes de flyschs par rapport aux unités de la chaîne des Maghrébides (Bouillin,1986)

a) Le flysch Maurétanien

Le terme de maurétanien a été défini par J.P. Gélard en 1969, pour désigner une série visible au col des chênes au Sud du massif de Chellata (Grande Kabylie). Le flysch maurétanien réunit la série du flysch de Guerrouche d'âge tithonique-crétacé inférieur, défini au Sud de l'Aouana (ex. Cavallo) par A. Lambert et M. Durand Delga (1955) équivalent de la nappe de J. Tisirène dans le Rif marocain (Durand Delga et Mattauer, 1959), et le flysch de Penthièvre (AïnElBarda) du Crétacé supérieur à l'Eocène-Oligocène (Neuman et Vila, 1967), équivalente de l'unité de Djebel Zima (Téfiani, 1967) et de Beni Ider, dans le Rif marocain (Durand Delga et Mattauer, 1959). La série du flysch maurétanien est bien représentée dans la région ouest algéroise. Au Sud des massifs de Ténès et celui de Chenoua et chevauché par ces derniers, il montre des faciès allant du Néocomien à l'Eo-Oligocène.

Ce flysch est relativement épais et occupe une position interne dans le domaine des flyschs. Il est composé d'une alternance de bancs argileux, calcaires et gréseux. La série débute par des radiolarites rouges du Dogger-Malm et se termine par des niveaux conglomératiques du Paléocène.

b) Le flysch Massylien

Le terme de massylien a été proposé par Raoult (1969) pour la série du Néocomien au Paléogène, décrite sur le versant méridional du Kef Mezzouch au Nord de Kef Sidi Driss (constantinois). Il fut repris et appliqué par certains auteurs (Bouillin et al. 1970) pour le généraliser à toute la série externe des flyschs maghrébins. C'est l'équivalent au Maroc de l'unité de J. Chouamat (Andrieux et Mattauer 1962) et de J. Melloussa (Durand Delga, 1965). Cette série présente des termes du Néocomien calcaro-gréseux à l'Eocène inférieur et comporte en outre, le flysch "albo-aptien", le Cénomano-Turonien à phanites et le Sénonien à microbrèches. Il occupe une position externe dans le domaine des flyschs et comporte une série péliito-quartzitique d'âge Crétacé inférieur, surmontée par une série péliito-micro-bréchiq ue d'âge Crétacé supérieur.

1.1.5. Les formations Oligo-Miocènes

Les formations Oligo-miocènes affleurent dans le domaine interne, et certaines affleurent dans les zones externes et sont souvent spécifiques à leur environnement immédiat. Ce sont des formations molassiques et/ou flyschoïdes postérieures à la tectonique transcurrente.

a) Oligo-Miocène Kabyle (OMK)

Connu en Grande et Petite Kabylie, l'OMK représente une formation essentiellement grésos-conglomératique remaniant des éléments détritiques du socle cristallin, du paléozoïque et de la dorsale. Il est partout discordant sur les schistes, représentant l'unité tectonométamorphique sommitale du socle cristallalloyphyllien.

b) L'Oligo-Miocène molassique de la Chaîne Calcaire (Grande Kabylie)

Affleure largement au Djurdjura, mais, il est également connu au Chenoua et en Petite Kabylie. Il est discordant sur les différentes unités de la Chaîne Calcaire, déjà structurées par la tectonique transcurrente Fini-Lutétien. C'est une formation détritique alimentée par les produits d'érosion de la Chaîne Calcaire, des formations du Paléozoïque, et du socle cristallophyllien.

c) Le Numidien

Connu sous l'appellation du flysch Numidien, il affleure dans toutes les zones internes et aussi dans les zones externes. Il est constitué de niveaux gréseux d'âge Oligocène terminal–Aquitainien épais de plusieurs centaines de mètres qui reposent sur des argilites versicolores oligocènes. Ce flysch a la particularité de constituer des nappes sommitales de tout édifice impliquant les nappes gravitaires.

d) Les Flyschs Grésos-Micacés

Connus dans les zones internes et toujours associés aux flyschs Crétacés. La présence des micas, indiquerait un démantèlement des produits du socle cristallin, comme ils emballent également du matériel des lames et fragments cristallins, de la chaîne calcaire et des flyschs crétacés.

e) Les Olistostromes

Accumulation chaotique de terrain, constitué d'olistolithes (gros blocs) dans des dépôts sédimentaires et constituent en général les semelles des nappes de flyschs, dans les bassins de contacts, et surtout dans les zones internes.

1.1.6. Les Formations Magmatiques et Sédimentaires Post-Nappes

Ce sont tous les ensembles postérieurs à la mise en place des nappes et sont postérieurs à la tectonique Miocène inférieur. Ces ensembles se rencontrent dans toute l'Algérie Alpine «domaine interne, externe et l'avant pays atlasique ».

a) Les bassins Post-Nappes

Ils sont connus dans les bassins de Sebkhia d'Oran, Chlef, Mitidja, Sebaou (Tizi Ouzou), Soummam, Annaba et dans le Hodna. Dans ces bassins sont déposées les formations

sédimentaires détritiques et marneuses d'âge Mio-Plio-Quaternaire avec des intercalations de formations volcaniques et volcano-détritiques.

b) Les Complexes Magmatiques

Les complexes magmatiques affleurant dans les zones internes sont des formations volcaniques en grande partie basaltiques à caractère calco-alcalin et des intrusions essentiellement granitiques de même caractère. Ces complexes magmatiques présentent une dualité quant à leur origine : mantellique et crustale. On remarque une tendance croissante de l'apport mantellique en se dirigeant vers l'Est, et devenant ultrabasiques en Petite Kabylie dans la région de Collo.

1.2. Les zones externes

Appelées aussi "Domaine Tellien", Elles sont constituées par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes, d'âge Crétacé moyen à Néogène. Ces nappes ont été charriées sur une centaine de km vers le Sud. On distingue du Nord au Sud : les nappes ultra-telliennes, aux formations du Crétacé et de l'Eocène et une série plus déritique au Sénonien et à l'Eocène, ne sont connues que dans l'Est algérien et en Tunisie. Elles présentent des caractères proches de ceux du flysch Massylien. Les nappes telliennes sensu-stricto formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé qui, déritique, devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses et les nappes péni-telliennes dont les séries néritiques du Crétacé à l'Oligocène sont carbonatées et marneuses. Les nappes péni-telliennes, définies dans l'Est algérien, présentent des caractères proches de ceux du néritique constantinois.

Ou domaine Tellien constitué par un ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen à Néogène et qui ont été charriées sur une centaine de km vers le sud.

2 Géologie de la région du Djebel Bourkane

La géologie du Djebel Bourkane a été résumée à partir du rapport inédit de "COSIDER" réalisé en 2019. En raison de la complexité structurale de cette région, l'étude stratigraphique sera réalisée par unités qui seront présentées de la plus ancienne à la plus récente (**Fig.9**) .

2.1 Le socle ancien

Le socle ancien ou cristallophyllien affleure au Nord de la commune de Keddara (Ikholfane, Haouch Bouzazen, Amasthas). Il constitue le prolongement occidental des terrains cristallins de

Grande Kabylie, qui sont accompagnés dans certains endroits d'écailles du Lias nummulitiques dans les schistes (Glangeaud. L, 1932). Ces roches cristallophylliennes sont subdivisées en deux assises :

- Une assise inférieure constituée de schistes hautement métamorphiques ;
- Une assise supérieure constituée de phyllite.

2.2 La dorsale Kabyle

Elle affleure au Sud de la commune de Keddara sous forme d'une étroite bande recouverte par les sédiments transgressifs de l'Oligo-Miocène Kabyle (Caire. A,1957 et Tefiani. M, 1973). Cette unité comprend plusieurs séries sédimentaires (**Fig. 8**).

2.2.1 La série Permo-Triasique

Les grès et les conglomérats du Permo-Trias se succèdent sous une bande étroite au Sud du village de Keddara, ils affleurent dans le chaînon de la carrière et dans les bois de Bouaneddas en bandes hectométriques orientées Est-Ouest.

2.2.2 La série du Lias inférieur et moyen

Cette formation affleure dans le chaînon de la mine Draâ Sahar, surmontée par des calcaires, elle disparaît au Nord dans le chaînon de la carrière et à l'Est dans les bois de Bouaneddas. Le Lias inférieur se présente sous forme d'un calcaire massif de couleur blanche parfois grise en bancs d'épaisseur métrique. Les calcaires représentent la couche productive d'agrégats du gisement de Keddara.

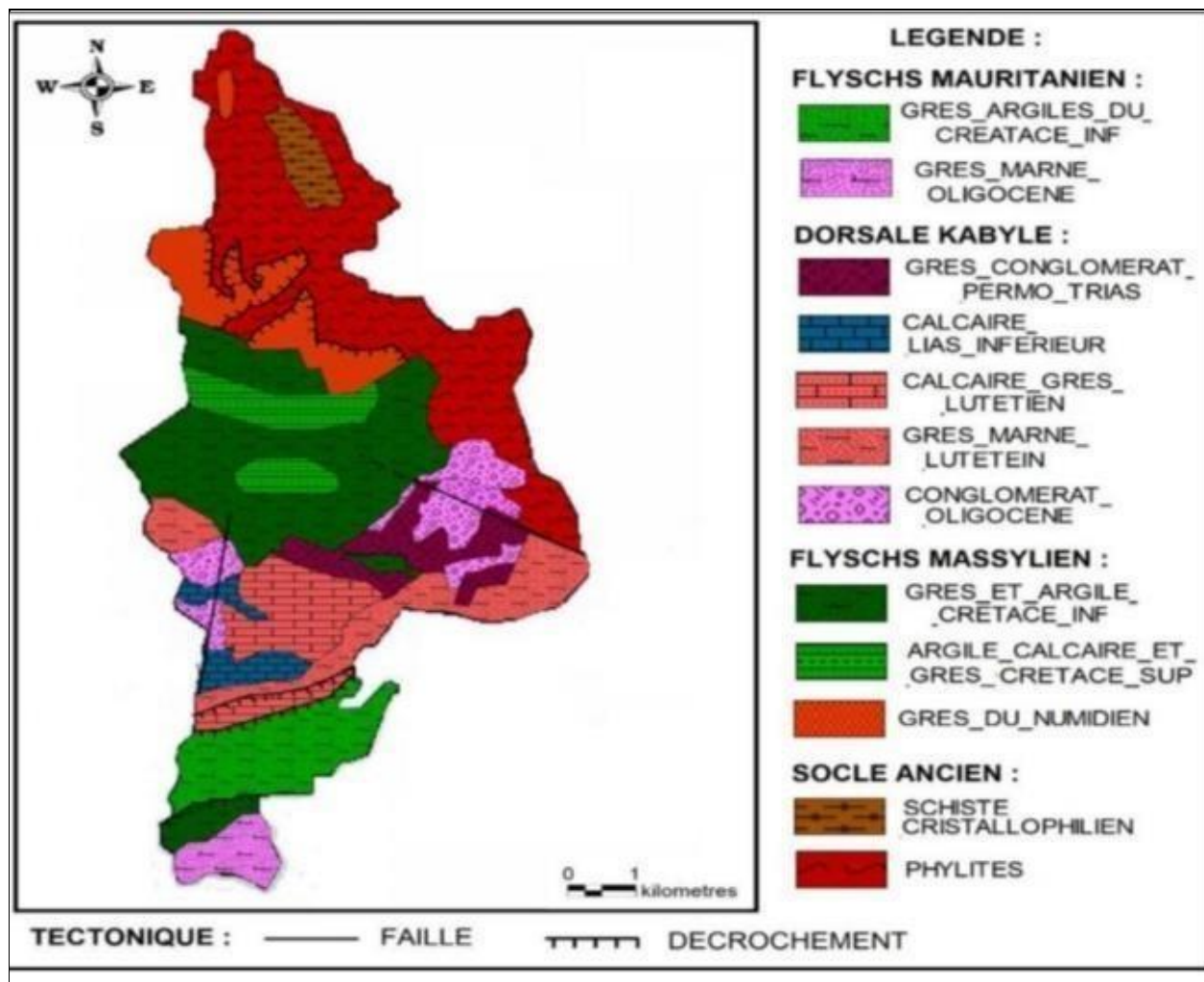


Figure 8. Schéma litho - structural simplifié de la commune de Keddara. Source A.N.B .T, digitalisé par Yahiaoui. A, 2018.

2.2.3 La série du Lutétien :

Le Lutétien présente deux termes lithologiques différents : des bancs calcaires mal stratifiés grisâtres intercalés de couches gréseuses.

Ces formations affleurent en synclinal orienté Est-Ouest localisé au Sud de l'agglomération chef-lieu de Zougara et à l'Est de l'agglomération chef-lieu dans les bois de Bouneddas sous forme d'écaillés délimitées par un accident d'orientation NW-SE.

Dans le chaînon de la mine, la couche repose sur le Lias inférieur en concordance apparente ou en discordance sur le Permo-Trias (**Figure 9**).

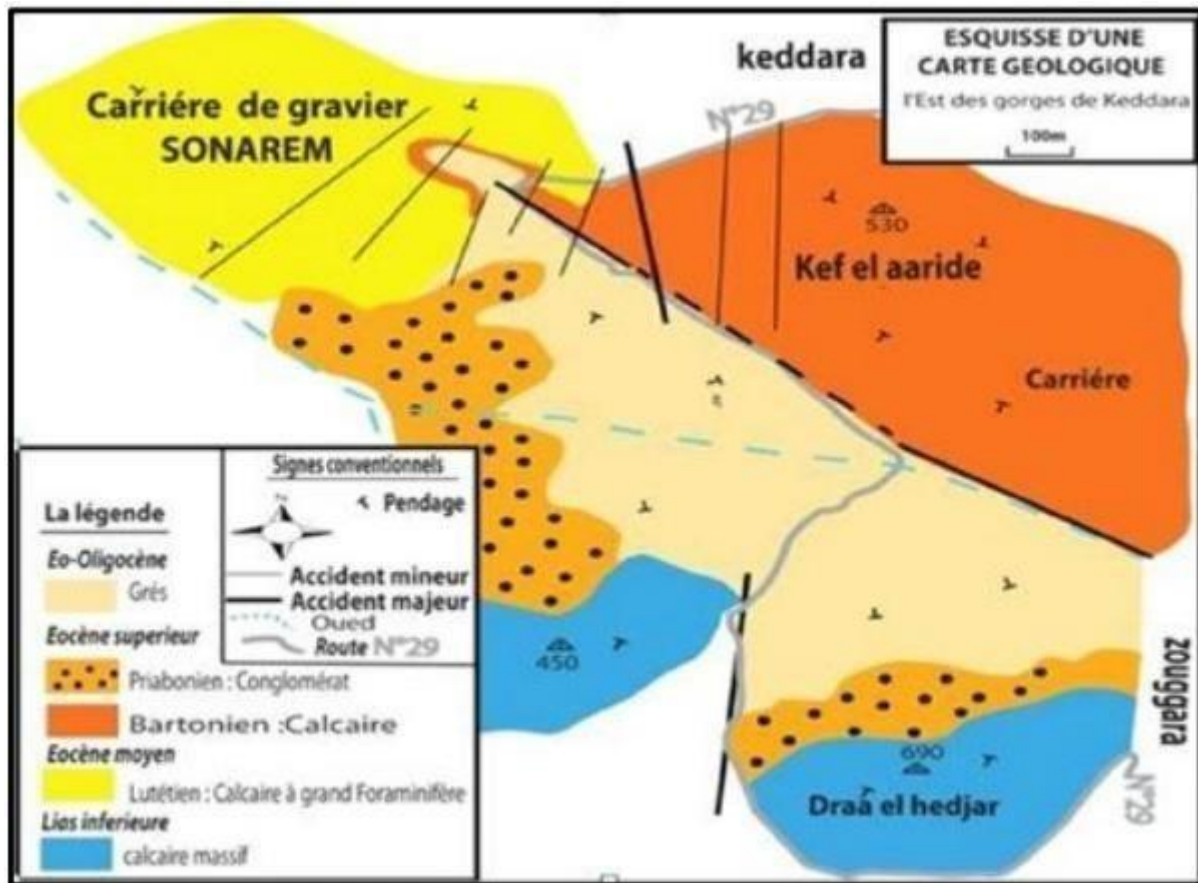


Figure 9. Esquisse de la carte géologique représentative des affleurements méso-cénozoïques dans la région de Bouzegza-Keddara (Source A.S.G.A)

Le flysch Massylien : Tefiani. M (1973) subdivise ce flysch massylien en plusieurs séries sédimentaires suivantes :

- **Les séries sédimentaires du Crétacé inférieur :** Formées par des séries détritiques, argilogréseuses, alternées, ces dépôts sont développés au Nord-Ouest de l'agglomération cheflieu de Keddara et à Ouled Ziane au Sud de la commune.
- **Les séries sédimentaires du Crétacé supérieur :** constituées par des séries carbonatées organisées en bancs calcaires intercalés d'argiles verdâtres et de grès s'étendant au Nord du chef-lieu Keddara.
- **Les grès numidiens :** Ce sont des séries sédimentaires gréseuses affleurant à Ouled Bouledrarène. Vers l'ouest de l'oued Isser et d'après (M. Tefiani 1968) repose une quatrième série qui est ;
- **Les séries gréseuses du paléogène :** Portant les assises éocène et oligocène comme suit :

- ✓ Eocène :**-Eocène Moyen (Lutétien) :**

Il est rencontré sous forme de blocs tectoniques, en nappes et en écaillés. Ce sont des calcaires massifs gris et gris clairs, renfermant de nombreux foraminifères. L'assise est d'une puissance de 100 m environ.

Au-dessus de cette assise repose une formation flyschoïde formée de grés grisâtre, Alternée avec des argiles, calcaires gris et des marnes. Cette formation est d'une puissance de 100 environ.

-Eocène supérieur –Oligocène inférieur :

C'est une formation flyschoïde incorporant des couches de conglomérats polygéniques pouvant atteindre jusqu'à 5 m de puissance. La puissance de ces dépôts est de 600 à 800 m environ.

✓ Oligocène

Il est représenté par une formation de type flyschoïde (série puissante) constitué d'une alternance de grés et de marnes à prédominance de grés arkosiques, de calcaires polygéniques grossiers, gris, assez consistants, en gros bancs (jusqu'aux graviers). La puissance de cette assise atteint 100 m.

• Les dépôts Quaternaires :

Représentés par plusieurs types génétiques :

- Type alluvionnaire : rencontré le long des terrasses de l'oued Keddara.
- Type diluvial –pluvial des creux et des versants des monts de Bouzegza Amestas et Djebel Bourkane (Keddara) ;
- Travertins formés par les sources qui sortent en surface traversant des couches de roches carbonatées. La puissance des dépôts du Quaternaire varie de 1,5 à 3m.

3 Tectonique régionale :

Les traits de cette région sont très chahutés, ils sont le résultat d'une tectonique complexe et polyphasée. De plus un métamorphisme généralisé affecte l'ensemble des terrains de cette région.

La région est affectée par une tectonique cassante, des chevauchements, ainsi que par des écaillages.

La structure de la région est assez compliquée ; y prennent part les dépôts du Paléozoïque, du Lias, du Crétacé, de l'Eocène et de l'Oligocène qui forment des plis de direction E-W recoupés par des accidents tectoniques de différents âges et de différentes directions.

Ces roches forment un grand anticlinal d'orientation E-W qui s'étend du Djebel Bouzegza au Djebel Ahmed. Cette structure est compliquée par des plis de second ordre et de direction sub-latitudinale.

4 Géologie du secteur (Géologie de gisement) :

La zone d'étude "C35" située dans le territoire de Keddara, est une partie intégrante du Djebel Bourkane appartenant aux zones internes. Le relief de la région est très complexe et accentué. Les formations géologiques de la région d'étude sont caractérisées par des dépôts carbonatés de la dorsale interne Kabyle allant du Paléocène à l'Eocène (Lutétien). Le caractère dur et résistant de ces roches ont fait un gisement caractéristique pour une exploitation d'agrégats de très bonne qualité.

4.1 Litho stratigraphie :

Les affleurements dans la "C35" sont essentiellement des carbonates représentés par une alternance de calcaires gris sombre et de calcaires gris clair, surmonté par des marnes. Ils sont souvent massifs et renferment de nombreux filons de barytine associés ou non à des sulfures de plomb et de cuivre. Ces calcaires ont subi une déformation alpine (Fini-Eocène) très importante.

Description macroscopique et microscopique des faciès

- a) **Calcaire gris foncé**
➤ **Observation macroscopique**

Ce sont des calcaires massifs d'épaisseur de 20cm à métrique très fissurés, finement cristallisés d'une couleur gris sombre, réagissent à l'acide (HCl). Ils ont une texture massive. Ces calcaires sont souvent traversés par des veines de calcite et de barytine (**Fig10**).



Figure 10. Echantillon d'un calcaire massif gris sombre



Figure 13. Echantillon d'un calcaire massif gris clair

➤ **Observation microscopique**

Les observations microscopiques montrent qu'il s'agit essentiellement d'un calcaire sparitique très riche en faune caractéristique de l'éocène. Il s'agit principalement de Nummulitidés et d'orbitoïdés montrant diverses formes, coupes et débris. La calcite tardive remplit les fissures et les vides géodique. (Fig11 et 12).

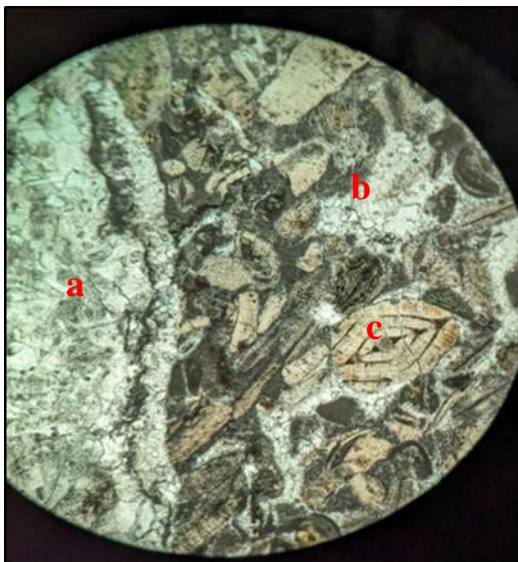


Figure 11. Calcaire sparitique à Nummulitidés.
Lame mince LPA.G*0.25

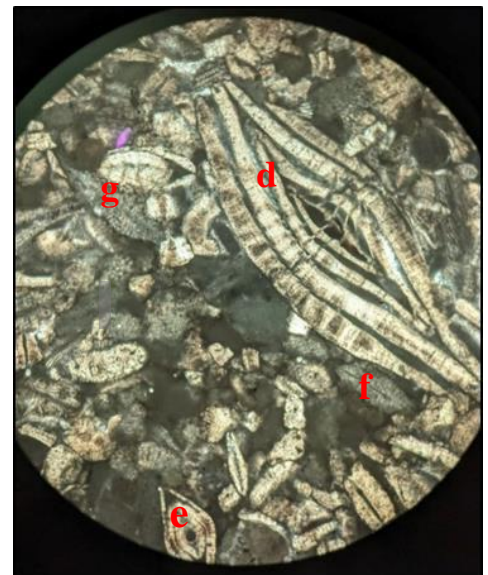


Figure 12. Calcaire micritique à Nummulitidés.
Lame mince LPA.G* 0.25

- a-b : Calcite
- c-d-e: Nummulitidés
- f-g : Orbitoïdés

b) **Calcaire gris clair**

➤ **Observation macroscopique**

C'est un calcaire massif d'épaisseur de 20cm à métrique très fissuré, finement cristallisé de couleur gris sombre et réagit à froid à l'acide chlorhydrique (HCl). Il présente une texture

massive, et montre aussi des teintes d'altérations. Ce calcaire dans la partie sommitale très fissurée, est minéralisé en galène et sera décrit dans le chapitre géologie (**Fig13**).

➤ **Observation microscopique**

Le calcaire apparaît en teinte gris clair, avec une texture généralement fine à moyenne. La matrice est principalement constituée de calcite (CaCO_3) qui se trouve généralement sous forme de grains fins ou de ciment calcaire. Des signes d'altérations sont souvent visibles, notamment autour des grains de calcite, où l'oxydation peut entraîner une coloration légèrement brunâtre ou rougeâtre, due à la présence d'oxyde de fer. On marque aussi la présentation des fossiles ou des fragments de coquilles qui sont bien visibles (Nummulitidés, Orbitoïdés et algues) (**Fig 14 et 15**).

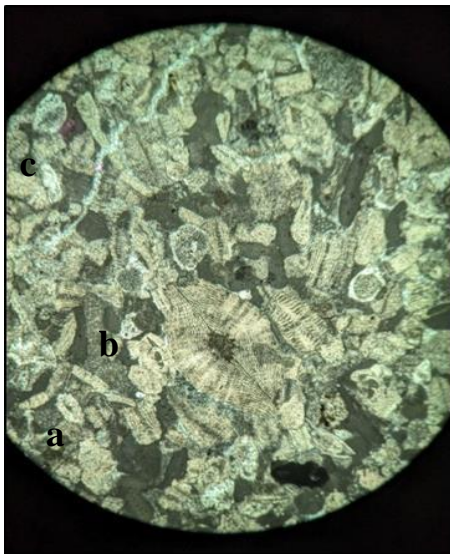


Figure 14. calcaire micritique à nummulitidés et orbitoïdés. Lame mince LPA.G*0.25

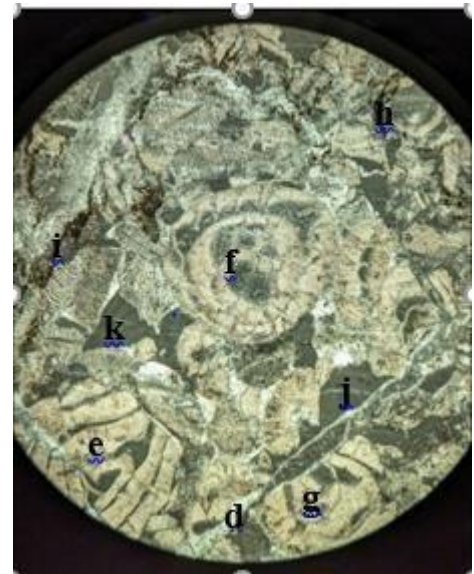


Figure 15 : calcaire micritique et sparitique à des Nummulitidés et orbitoïdés, des oxydes de fer sont présent. Lame mince LPA.G*0.25

a -b: Orbitoïdés c-d :Fissures remplies par la calcite e-f-g : Nummulitidés h-i: Altérations (oxydation de fer) j-k : Algues

c) La couverture :

➤ **Observation macroscopique :**

La découverte est constituée essentiellement par des marnes à gros blocs de manocalcaires plus dures et un couvert végétal plus ou moins dense. Ces marnes d'épaisseur métrique sont de couleur clair "marron à jaunâtre" (**Fig.16**). Ces marnes n'ont pas fait l'objet d'étude microscopique.



Figure 16 : photo montrant la découverte marneuse à blocs et le couvert végétal

4.2 Tectonique :

Le djebel Bourkane est un plis anticlinal « E-W » présente une structure tectonique complexe caractérisée par plusieurs failles et plis.

Les principales structures tectoniques de la région **observées sont :**

- **Failles inverses :** Ces failles résultent de la compression tectonique et sont responsables du soulèvement de blocs rocheux. Les failles inverses dans cette région sont souvent orientées selon un axe est-ouest, reflétant la direction de la compression principale.
- **Failles normales et décrochantes :** En plus des failles inverses, on observe des failles normales et des failles de décrochement qui témoignent des phases de distension et de déplacement latéral qui ont suivi les phases de compression.
- **Fente de tension :** Elles sont remplies de barytine et calcite (**Fig19**).
- **Plis :** La compression tectonique a également entraîné la formation de plis, dont certains sont bien visibles dans les affleurements rocheux. Ces plis peuvent être symétriques ou asymétriques, en fonction de l'intensité et de la direction des forces tectoniques



Figure 17 : photo d'une faille au niveau 610m et un pendage 30°

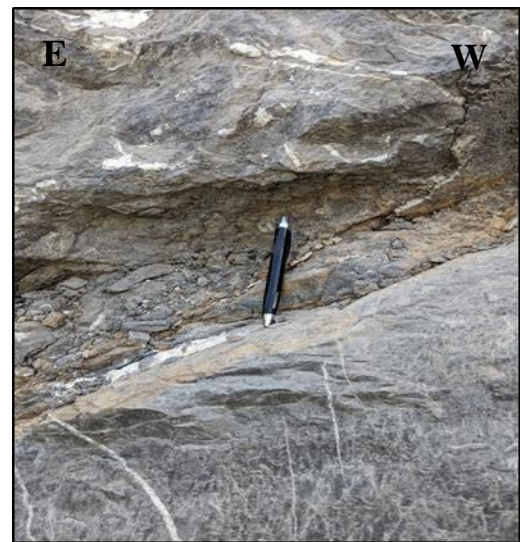


Figure 18 : faille au niveau 680m d'une direction N180° d'une direction N 60° et pendage 45°

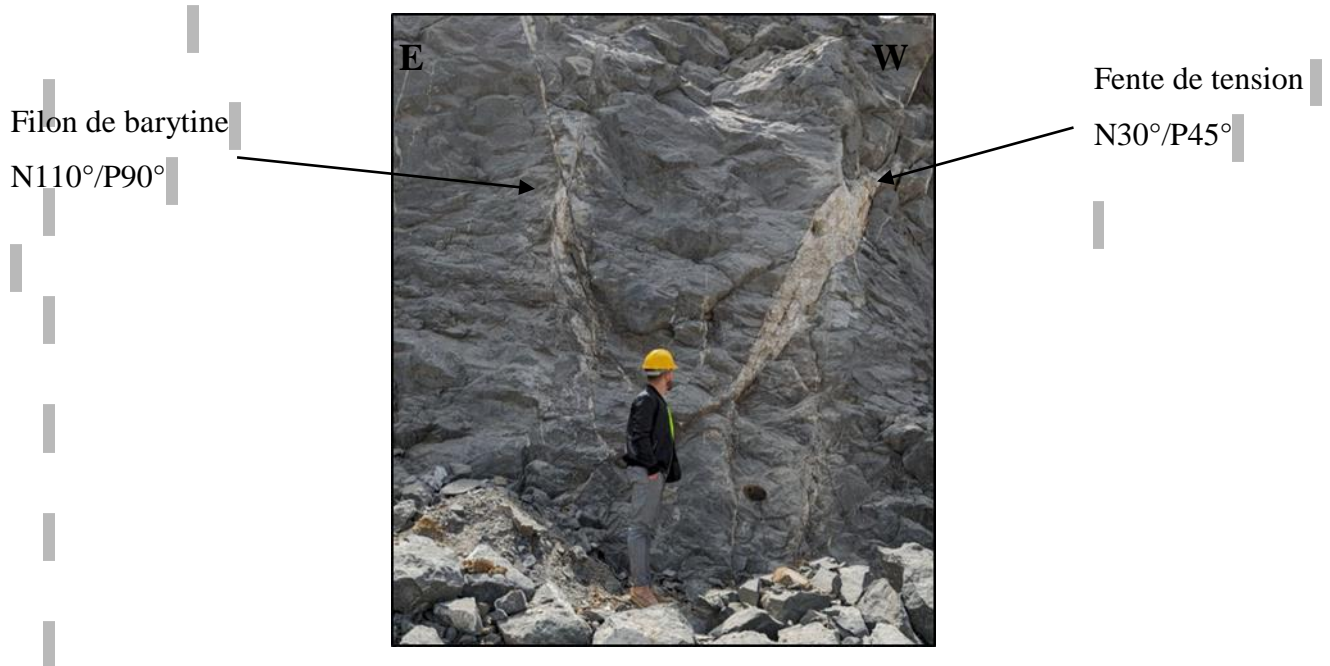


Figure 19 : photo présentant une fente de tension et un filon de barytine

4.3 Géologie :

Au niveau de la carrière « C35 », affleure une minéralisation barytique exploitée dans le passé par l'ENOF. Elle est associée à une minéralisation sulfurée de plomb et de cuivre qui se manifeste sous forme de galène, chalcopryrite, chalcosine et pyrite accompagnées de leurs minéraux d'altération supergène : Azurite, malachite et oxydes de fer.

4.3.1 Barytine :

a. Observation Macroscopique :

La barytine de djebel Bourkane présente plusieurs textures distinctives, reflétant les conditions géologiques locales de formation. Parmi les textures observées, nous pouvons citer :

- **Texture massive :** la barytine se présente sous forme de masses compactes, homogènes, sans cristaux individuels visibles. Cette texture est généralement dense et lourde, avec une surface lisse ou légèrement granuleuse. **(Fig.21)**
- **Texture granulaire :** La barytine peut également apparaître sous forme de masses granulaires ou agrégées, où les cristaux individuels sont petits et étroitement regroupés. Cette texture donne parfois à la barytine une apparence plus massive et moins cristalline. **(Fig20)**
- **Texture Fibro-radiée :** Dans certains cas, la barytine peut montrer une texture fibroradiée, où les cristaux se forment en rayons autour d'un point central, donnant une apparence fibreuse ou radiale. Cette texture est moins courante mais peut être trouvée dans certaines poches minéralogiques spécifiques de Djebel Bourkane. **(Fig.23)**
- **Texture fibreuse :** La barytine se présente sous forme de fibre ou d'aiguilles parallèles, parfois regroupées en faisceaux. Cette texture donne une apparence soyeuse et une certaine fragilité au minéral. **(Fig.22 et 25)**



Figure 21 : Texture massive



Figure 20 : Texture granulaire



Figure 23 : Texture massive et fibro radiée



Figure 22 : Texture fibreuse



Figure :25 Texture massive à fibreuse



Figure 24 : Veines de barytine fibreuses

➤ **Observation Microscopique :**

La barytine est bien cristallisée, avec une couleur grise. Elle est souvent associée à d'autres minéraux comme la calcite, elle se distingue par sa clarté optique, son faible niveau de biréfringence, ses clivages bien définis. (Fig.26)

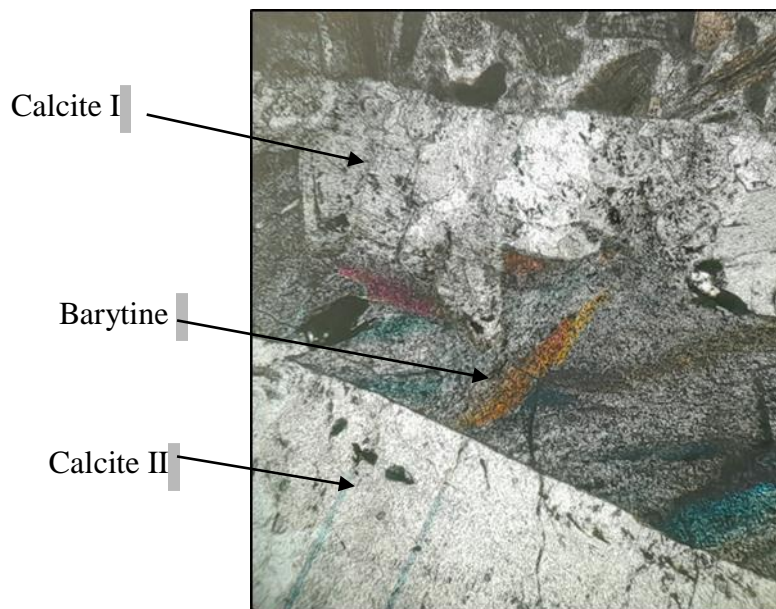


Figure 26 Calcaire à Nummulites recoupé par un filonnet de calcite-barytine. On observe deux générations de calcite (Ca I) recoupée par la Barytine (Ba) et l'ensemble est recoupé par la calcite tardive (Ca II). Lame mince G*0.25

4.3.2 Galène :

➤ **Observation macroscopique :**

La galène de cette région est très bien cristallisée, avec des faces lisses et réfléchissantes. La couleur est typiquement grise argenté, avec une brillance métallique intense. Les cristaux sont de petite à moyenne taille ; ils sont parfois associés à d'autres minéraux comme la calcite et la barytine (**Fig.27**).

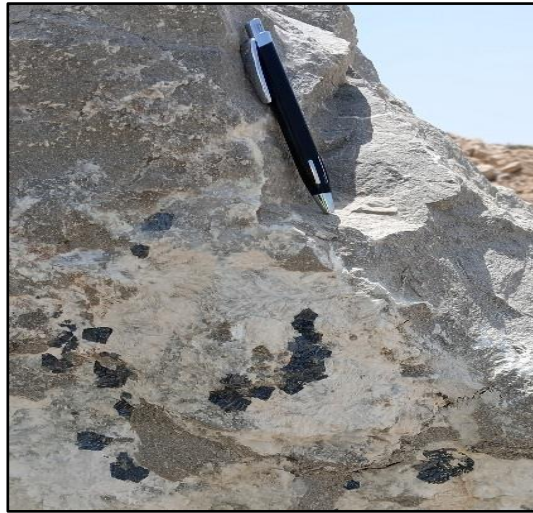
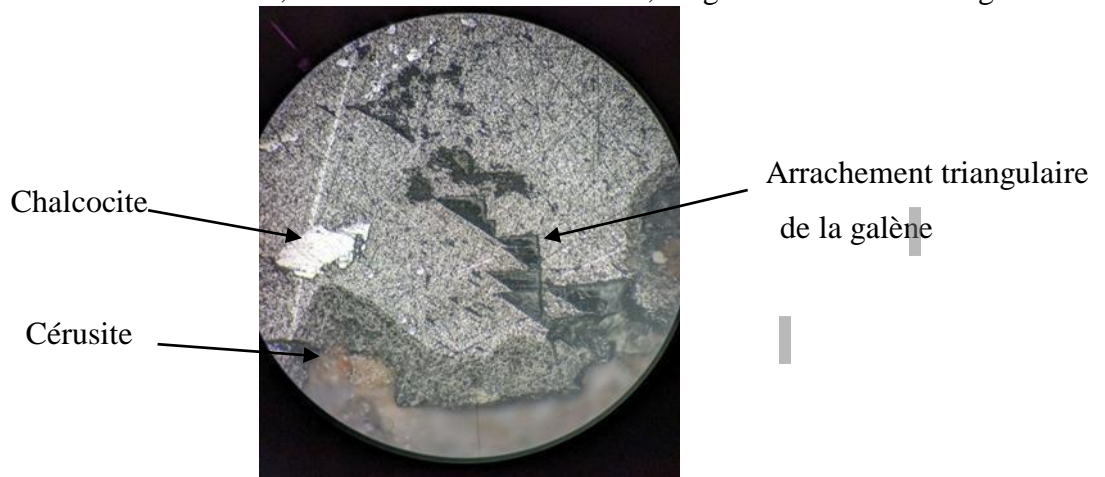


Figure 27 : photo d'une dissémination d'une galène

➤ **Observation microscopique :**

La galène apparaît en couleur blanche sous lumière réfléchi, avec des arrachements triangulaires. En section polie la galène porte un faible relief, elle est isotrope, ce qui signifie qu'elle n'affiche aucune variation de couleur ou de teinte sous lumière polarisée croisé.

On note la présence de chalcocite, aussi dans certaines zones, la galène montre des signes



d'altérations se traduisant par des veines de minéraux secondaires comme la cérusite (PbCO_3), ces altérations sont visibles en bordures de la galène (**Fig.28**).

Figure 28 : Observation microscopique de la galène. Section polie G*0.25

4.3.3. Azurite

➤ Observation macroscopique

Il présente une couleur bleue, souvent très brillante, cette couleur due à la teneur élevée en cuivre. Les cristaux d'azurite ne soient pas toujours bien développés dans cette région, sa texture peut varier de compacte à grenue, avec parfois des cavités ou des fractures remplies d'autres minéraux. (**Fig.29**)



Figure 29 : Echantillon montrant de l'azurite de couleur bleu

➤ **Observation microscopique :**

En lumière polarisée, l'azurite se distingue par sa couleur bleue intense, qui peut varier du bleu clair au bleu profond en fonction de l'épaisseur et de l'orientation du cristal. Sa texture est massive et se développe suivant les fractures (**Fig. 30**).

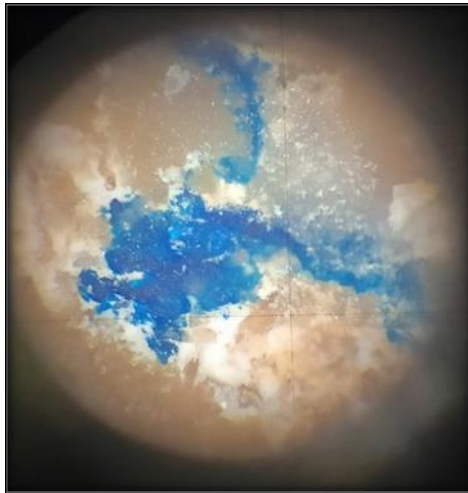


Figure 30 : Observation microscopique de l'azurite (Bleu). Section polie G*0.25

4.3.4 Malachite :

➤ **Observation macroscopique :**

La malachite de djebel Bourkane est d'un vert vif à vert foncé, avec des variations de teintes qui peuvent aller au vert émeraude au vert olive. Ces variations de couleur sont dues aux différentes concentrations de cuivre et à l'altération du minéral. Sa texture est souvent fibreuse ou grenue avec une surface lisse ou légèrement rugueuse. (**Fig.31**)



Figure 31 : Echantillon d'une malachite (vert)

➤ **Observation microscopique :**

Sous un microscope la malachite se distingue par sa couleur verte, qui varie du vert pale au vert intense en fonction de l'épaisseur du minéral et de sa composition. Elle est souvent associée à

d'autres minéraux secondaire de cuivre comme l'azurite. La malachite présente une structure fibro-radiée très nette. (Fig.32)

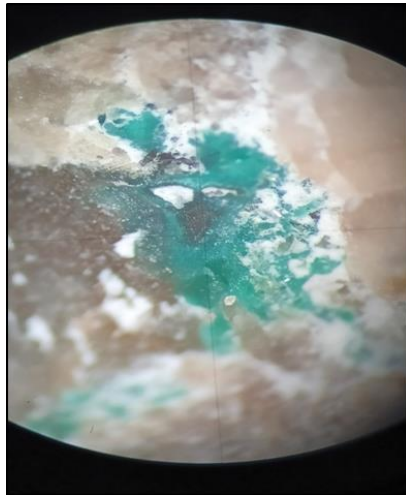


Figure 32 : observation microscopique de malachite vert. Section polie G*0.25

Chapitre III

Exploitation

1 Introduction

L'exploitation et le traitement des matériaux dans une carrière constituent des processus essentiels dans l'industrie des matériaux de construction. Ce chapitre vise à détailler les différentes étapes impliquées, de l'extraction initiale des calcaires à leurs transformations en produits finis prêts à être utilisés dans divers projets de construction.

2 Mode d'ouverture

Le gisement de Djebel Bourkane situé dans une région montagneuse, caractérisée par des pentes relativement douces. Cette topographie favorise l'ouverture du gisement par des demi-tranchés d'accès, s'étendant au niveau 630m jusqu'au dernier niveau 730m, en suivant une piste sinueuse.

L'ouverture se fait par creusement de deux pistes d'accès, l'une commence à partir de la station de concassage (niveau 620m) vers tous les niveaux de la carrière jusqu'au sommet (niveau 730m) Ouest de la carrière. Tandis que la deuxième piste, passe par le côté Est de la carrière pour faciliter le déplacement des engins, camions, chariots de foration (**Fig.33**).



Figure 33 : photo de la carrière C35

3 Caractéristiques qualitatives des calcaires du gisement de Dj. Bourkane

Concernant les caractéristiques qualitatives des calcaires de Djebel Bourkane, différentes analyses et essais ont été réalisées par COSIDER Carrières au sein du laboratoire central des matériaux (L.C.M).

Les résultats de ces analyses et essais effectués sur les différents échantillons sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Analyses et essais effectués sur les différents échantillons de calcaire (LCM 2023)

| Fraction en mm | Sable 0/4 | Sable | | | |
|--------------------------|-----------|------------|---------------|----------------|-----------------|
| Essais | | 0/4 traité | Gravillon 4/8 | Gravillon 8/16 | Gravillon 16/25 |
| Teneur en fine | 13.73 | 6.81 | 2.26 | 0.83 | 0.47 |
| Module de finesse | 2.99 | 3.7 | / | / | / |
| Equivalent de sable | 59 | 82 | / | / | / |
| Bleu de méthylène | 1.23 | 0.74 | / | / | / |
| LOS ANGELES LA | / | / | 24 | 24 | 24 |
| MICRO DEVAL MDE | / | / | 13 | 13 | 13 |
| Coefficient d'absorption | 0.19 | 0.53 | 0.37 | 0.23 | 0.21 |
| Masse volumique absolue | 2.68 | 2.7 | 2.74 | 2.71 | 2.72 |
| Masse volumique réelle | 2.67 | 2.67 | 2.72 | 2.69 | 2.7 |
| Aplatissement | | | 16 | 10 | 10 |

Discussion des résultats

D'après les résultats (Tableau n°1), les calcaires du gisement de Dj. Bourkane renferment une bonne qualité intrinsèque. Ils peuvent être utilisés pour la fabrication du béton de construction et ouvrages d'art, béton bitumineux et comme ballast pour les chemins de fer ainsi que pour le corps de chaussée.

Les deux qualités de sable fabriquées au niveau du gisement de Dj. Bourkane, renferment des caractéristiques qui répondent aux spécifications techniques normatives des sables.

4 Réserves géologiques exploitables du gisement

Les réserves géologiques exploitables du gisement de Dj. Bourkane sont mises à jour à partir d'un levé géologique réalisé en date du 17/08/2023, elles sont calculées dans les limites actuelles du périmètre d'exploitation et évaluées par blocs de réserves.

Hypothèse de travail :

Le niveau 610 m (plancher) fut arrêté comme niveau inférieur et de référence.

La méthode de calcul utilisée est celle des coupes parallèles.

Les coupes d'exploitation étant parallèles.

Formules de calcul appliquées :

$$V = [(S1 + S2)]/2 \times D..... (1)$$

S1 : surface coupe 1

S2 : surface coupe 2

D : distance entre deux coupes voisines.

Cette formule est appliquée dans le cas où la différence entre les deux coupes est inférieure à 40% de la plus grande surface. Dans le cas contraire, on applique le coefficient de correction suivant :

$$V = [(S1 + S2 + \sqrt{S1 \times S2})] / 3 \times D \dots\dots\dots (2)$$

5 Processus d'exploitation de la carrière C35

5.1 Exploitation

Pour le gisement de Dj. Bourkane, la méthode choisie est celle de l'exploitation à flanc de coteau. Cette décision repose principalement sur la morphologie et la nature du gisement. Les travaux d'exploitation se déroulent de haut vers le bas, et le front de taille progresse en direction de la limite de la carrière (**Fig.34**).



Figure 34 : Vue panoramique de la carrière

Avant de débiter l'exploitation du gisement, on prépare le sommet pour créer une plateforme suffisamment grande pour accueillir les engins. Ensuite, on entame l'exploitation du niveau supérieur à (730m) vers le niveau inférieur à (620m). Pour garantir la stabilité des talus, on aménage 12 gradins de 10 m de hauteur, compte tenu de la structure du gisement et de la dureté de la roche. L'inclinaison du talus est de 80°.

Tous les systèmes d'exploitation des carrières ont des éléments communs, qui sont :

- La hauteur et l'angle de talus du gradin ;

- Le front des travaux du gradin et de la carrière ;
- La plate-forme de travail.

L'exploitation consiste à extraire des roches, comme dans notre cas ou des minerais ayant une valeur économique.

Les techniques d'exploitation minières sont réparties en 03 types :

- La mine à ciel ouvert ;
- La mine souterraine ;
- L'exploitation par dissolution et la lixiviation in situ.

5.2 Les étapes de l'exploitation

5.2.1 Décapage

Les travaux de découverte consistent à retirer les terrains situés en surface pour mettre à nu les niveaux à exploiter. Ces matériaux de découverte sont stockés séparément dans des terrains réservés pour une réutilisation dans les travaux d'aménagement. Les matériels utilisés pour cette opération sont : un bulldozer, ou une pelle hydraulique.

La carrière de Dj. Bourkane se caractérise par un faible terrain de recouvrement dans l'ensemble du gisement (**Fig. 35**).



Figure 35 : Travaux de décapage, Pelle entrain d'enlever la *découverte*

5.2.2 Travaux d'abattage :

a) Foration des trous de mines

Le principe consiste à réaliser des trous de mine sub-verticaux, parallèles à une surface définie par la configuration des gradins / les fronts des tailles en respectant un plan de tir réalisé par l'ingénieur de l'exploitation qui contient les paramètres suivants :

- 1- Hauteur du gradin ;
- 2- Angle d'inclinaison des trous ;
- 3- Profondeur des trous ;
- 4- Diamètre du trou ;
- 5- Nombre de trous ;
- 6- Espacement entre les trous ;
- 7- Ligne de moindre résistance ;
- 8- Distance entre les rangés ;
- 9- Quantité d'explosif par trou.

Dans la carrière de Dj. Bourkane, l'opération de forage des trous de mines (**Fig. 37**) est assurée par un chariot de foration de type "ATLAS COPCO T35" (**Fig.36**).



Figure 37 : Un trou de mine



Figure 36 : Chariot de forage

b) Le tir de mine

On commence par le chargement des trous de mines (**Fig 37**) en explosif : **TEMEX** comme charge de pied (**Fig 39**) et **INFOMILE** (**Fig 38**) comme charge de colonne, ensuite la mise en place des détonateurs Micro-retard (DMR) (**Fig 40**) ce qui ont l'objectif de réduire l'impact de

bruit, vibration et aussi la réduction de l'éventualité d'avoir des trous coupés par la détonation des constructions.

La méthode de chargement des trous :

80% de charge brisons (la charge de pieds)

20% de charge de poussée (la charge de colonne)

Et pour le bourrage final, on utilise les déblais de foration (cutting).



Figure 39 : Photo de TEMEX



Figure 38 : Photo de l'ANFOMIL



Figure 40 : photo des DMR

c) L'amorçage

C'est l'opération consistant à placer un allumeur dans une charge explosive, afin qu'elle soit prête à être mise à feu. Un bon amorçage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- ✓ L'amorçage doit être soigneusement attaché à l'explosif, afin d'éviter que, durant le chargement, elle ne soit arrachée de sa position. Elle doit être enfoncée intégralement dans l'explosif, pour ne pas être cognée contre les parois du trou lors du chargement ;
- ✓ L'amorçage doit être dans la position convenant le mieux dans la charge, pour donner les meilleurs résultats ;
- ✓ Les fils et les cordons ne doivent jamais être sujets à des tensions trop fortes ;
- ✓ L'amorçage doit être l'épreuve de l'eau si nécessaire ;
- ✓ L'amorçage doit avoir une forme et une position qui permettent un chargement parfait.

L'unité C35 utilise l'amorçage latéral qui se réalise par un cordon détonant de 12 g et d'une vitesse de détonation 6500 m/s (**Fig41**). Il est placé tout au long du trou pour assurer l'amorçage de l'explosif, (l'utilisation de ce type à des raisons d'éviter la complexité de connexion et la détérioration des fils).



Figure 41 : photo d'un cordon détonant

d) Le bourrage

L'utilisation de bourrage provenant des déblais de forage est une procédure généralement acceptée, pour contrôler le travail de l'explosif dans le massif rocheux.

Un faible bourrage permettra aux gaz de l'explosion de se décharger, ce qui créera des problèmes de projection dans l'air, tout en réduisant l'efficacité du tir. Tandis qu'un fort bourrage, produira une faible fragmentation de la roche au sommet de la charge.

e) La mise à feu

La mise à feu ou la ligne de lancement sera normalement relier au milieu de la ligne principale du front. Les autres séquences du tir sont illustrées, la séquence du tir, après l'initialisation de la première ligne, est contrôlée par l'emploi des microretards.

La carrière Dj. Bourkane a effectué un tir le 07/02/2024, les paramètres de tir sont représentés dans le tableau n°3.

Tableau 3 : Paramètre de tir

| | |
|---|-------|
| Hauteur du gradin (m) | 13 |
| Longueur de foration (m) | 13.5 |
| Excès de forage (m) | 0.5 |
| Inclinaison du trou foré (°) | 80° |
| Ligne de moindre résistance (m) | 2.5 |
| Distance entre deux rangés (m) | 3 |
| Distance entre deux trous de même rangées (m) | 3 |
| Diamètre du trou (mm) | 89 mm |

6 Chargement

Le choix des engins d'extraction et de chargement dans une carrière à ciel ouvert dépend de la nature, de la quantité de matériaux à extraire et des caractéristiques géométriques de l'exploitation. Le chargement des matériaux dans la carrière Dj. Bourkane est effectué par une pelle hydraulique "VOLVO 480". (Fig.42)



Figure 42 : Pelle hydraulique "VOLVO 480"

7 Transport

Le transport de la matière du front d'abattage vers la station de concassage est un processus de grande importance. Les moyens d'évacuation des produits abattus doivent assurer une bonne sécurité et un rendement maximal.

Le choix du moyen de transport est pris en fonction d'un certain nombre de paramètres :

- La production de la carrière ;
- La topographie du relief ;
- L'état des routes (pente longitudinale des pistes) ;
- Le moyen de chargement utilisé.
- Le mode de transport utilisé est le transport par camions de marque "MERCEDES". (Fig42)



Figure 43 : Camion de transport de marque "MERCEDES"

8 Description du processus de production des granulats

8.1 Concassage primaire

Le tout-venant, avec une grosseur de 1000 mm environ, est déversé à l'aide des camions dans une trémie réceptrice. La fraction supérieure à 200 mm sélectionnée par un alimentateur passe par un concasseur à simple effet de marque "Triman TMM 1100" d'un débit de 250 t/h, où elle subit une réduction à 200 mm.

La fraction inférieure à 200 mm passant à travers la grille de l'alimentateur et en fonction de sa qualité, soit elle est soumise à un criblage préalable dans un crible à deux étages de marque "Triman CVT450" où la fraction 0/31.5 mm est exclue comme stérile, Et la fraction du 031/.5 à 200 mm sera stocké dans un stock pile d'une capacité de 10 000 tonnes.

8.2 Concassage secondaire :

À ce stade de concassage la fraction de 031.5 à 200 mm se passe dans une installation qui s'appelle "Triman. Dans un perceur à percussion de marque "Celick" d'un débit de 250 t/h, où elle est réduite à 70 mm.

Le produit issu du perceur subit des opérations de criblage sur deux cribles à trois étages et le deuxième de quatre étages travaillant en série de marque "Triman CVT 1750" Où les fractions suivantes sont mises en stock :

□ **Fractions du premier crible :**

Fraction supérieure à "70mm" avec la possibilité de la remettre dans le cycle pour un deuxième concassage dans le percuteur "Crifi". La fraction "40/70 mm" est mise en stock.

□ Fractions du deuxième crible :

Fraction "25/40mm" avec la possibilité de la soumettre soit au tertiaire "Crifi

CMT5" d'un débit de 120 t/h pour une réduction à 25mm. □ Fraction de deuxième crible

sans recyclage :

- Fraction 8/15mm ;
- Fraction 3/8mm ;
- Sable 0/3mm ;
- Gravier 15/25mm.

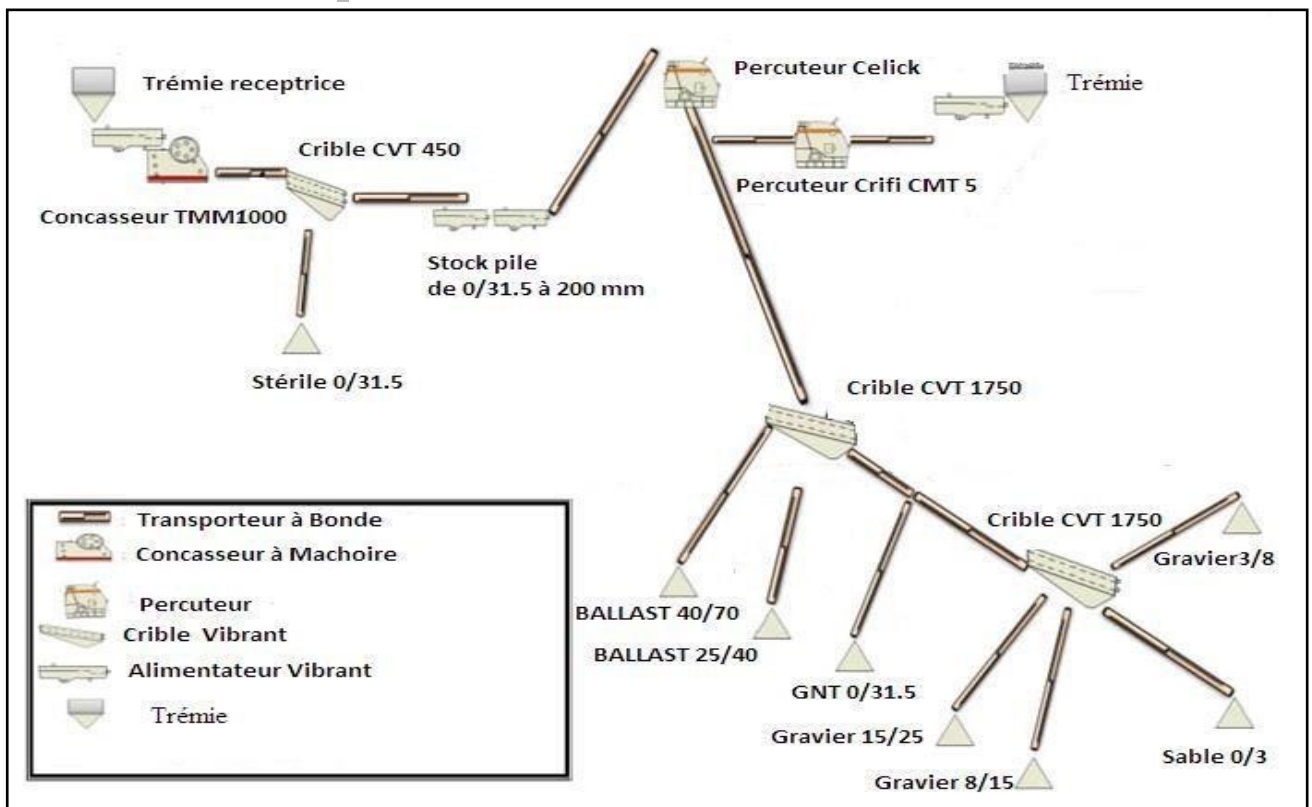


Figure 44 : Schéma de processus de production de granulats dans « C35 »

9 Stockage et livraison :

En fin de traitement, on obtient des produits de qualité répondant à des critères bien précis ; Les granulats sont traités et classés puis acheminés vers les aires de stockages, soit de formes individualisés, soit en trémies ou silos. Enfin de les livrer à la clientèle.

Chapitre IV
Evaluations Des Impacts
Environnementaux

1 Introduction

Ce chapitre vise à révéler les multiples aspects liés à l'exploitation de la carrière C 35, ainsi que les impacts causés par cette dernière sur son environnement proche et étendu. Sur la base d'une méthodologie rigoureuse et d'une analyse approfondie, nous explorerons les ramifications environnementales, inhérentes à cette activité.

2 Méthode utilisée pour l'évaluation des impacts

2.2 Identification des aspects

L'identification des aspects environnementaux exige un recensement minutieux de chaque composant des activités, produites ou services d'une entité susceptible d'interagir avec l'environnement. Cela implique une étude approfondie des différentes activités spécifiques au niveau de la carrière, en considérant l'équipement employé pour chacune. En d'autres termes, la connaissance technique du projet, permet de déterminer ses caractéristiques susceptibles d'être des sources d'impact, et de mieux les intégrer dans l'étude.

En analysant les différentes activités, celles-ci peuvent être considérées comme des aspects environnementaux générateurs d'impacts associés à l'activité de la carrière « C 35 ». (Pour plus de détails voir annexe (15, 14).

- Emission de bruit ;
- Emission de poussière ;
- Emission de gaz ;
- Vibration ;
- Génération de déchets liquide et solide ;
- Consommations de (huile, de pneu et batterie, d'eau, Energie).

2.3 Identification des impacts

Un impact désigne toute modification, qu'elle soit bénéfique ou préjudiciable, résultant de la contrainte exercée par une activité humaine sur l'environnement biophysique et ses répercussions sur les sociétés humaines. En effet, l'impact d'une exploitation minière varie considérablement selon la nature des matériaux extraits, la méthode d'extraction utilisée, et les caractéristiques écologiques du lieu d'implantation.

L'analyse portera sur les impacts potentiels à court, à moyen et à long terme de manière à couvrir tous les effets sur l'environnement durant toutes les phases de l'exploitation de la carrière. L'évaluation des impacts est basée sur :

- Le suivi et l'observation continue de toutes les activités réalisées dans la carrière (extraction, traitement, et transport des calcaires) ;
- Consulter l'étude d'impact préliminaire développée par Cosider pour obtenir le permis d'exploitation minière (afin d'obtenir des données et un aperçu de ces effets qui ont été constatés) ;
- La communication, qui permet de valider et de compléter l'évaluation du projet auprès des publics concernés ;
- Exploiter des études et des mesures effectuées par des experts comme témoins d'existence ou d'absence de certains impacts environnementaux.

Sur la base de cette démarche, nous avons formé une vision d'ensemble, et des connaissances qu'elles décrivent au maximum tous les impacts existants au niveau de la carrière. Ainsi, les principaux impacts sont déterminés et affectés dans l'ordre aux différentes activités qui lui sont liées. (Voir les tableaux en annexe 14, 15)

3 Analyse des aspects environnementaux de la carrière « C35 »

3.1 Emission de bruit

Le bruit, est un élément constant de notre quotidien, est défini par son absence d'harmonie et sa nature souvent aléatoire, engendrant une sensation auditive, généralement désagréable, sans distinction formelle d'avec le son (**Fig.45**).

Au niveau de la « C 35 », deux zones spécifiques sont les principales sources de bruit, à savoir :

- Le front de taille : les engins utilisés dans les différentes opérations d'exploitation provoquent des émissions sonores en continue (bulldozer, chariot de forage, brise-roche, la pelle excavatrice, chargeur, les camions) ;
- La station de concassage : elle est composée de plusieurs éléments (le concasseur à mâchoire, le crible à deux étages, et le concasseur à percussion, ...etc.).

L'abattage à l'explosif est aussi une source non négligeable d'émission de bruit, la particularité de cette source c'est qu'elle instantané mais intense.

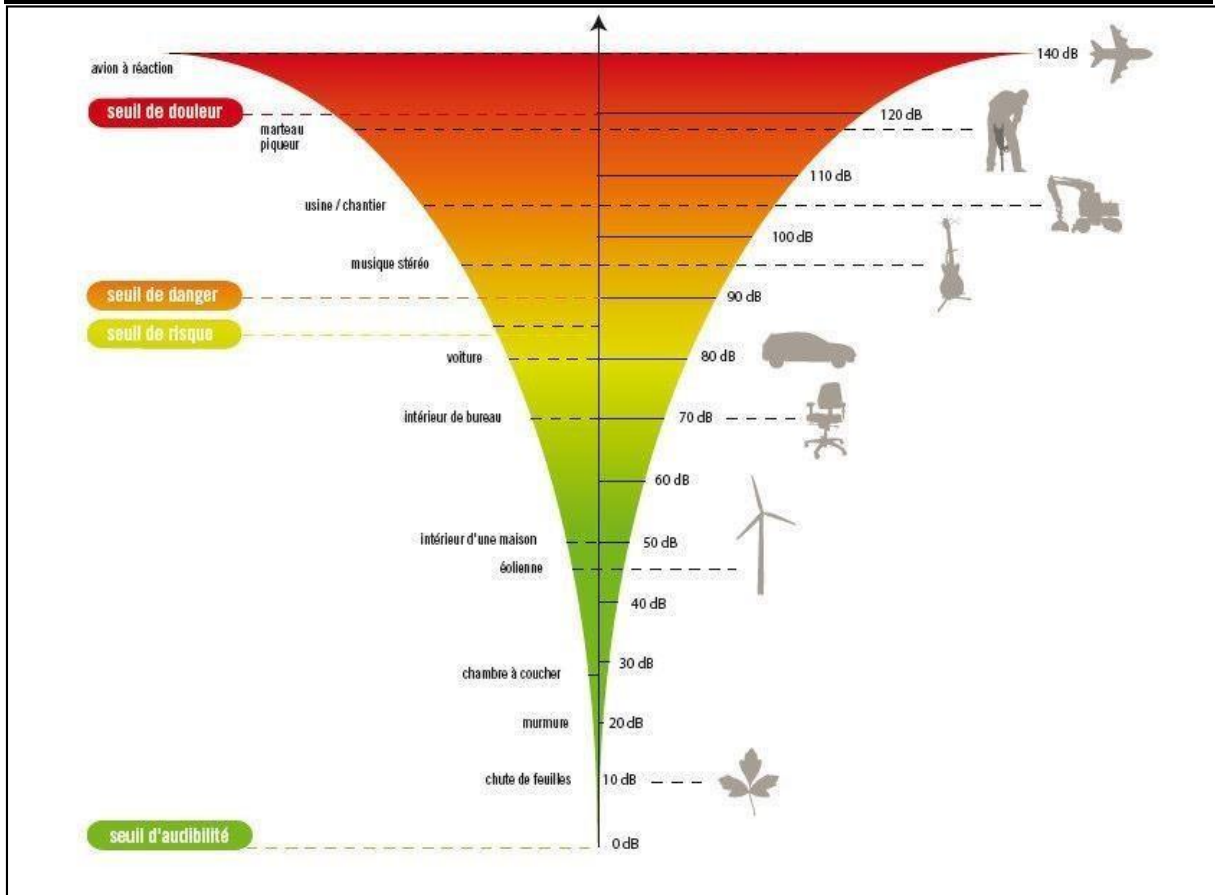


Figure 45 : Echelle de bruit (Atlas de l'environnement du Morbihan, ADEME)

3.2.1 Mesures du bruit dans le site

En ce qui concerne les mesures acoustiques, il s'est avéré indispensable de se référer aux données figurant dans le rapport d'analyse sonore, élaboré par le responsable HSE en date du 20 juin 2022.

Les mesures ont été effectuées par un sonomètre de modèle Pros Kit MT 4618 (Fig.2) avec les conditions météorologiques suivantes :

- Le vent était léger ;
- La direction du vent a été déterminée ; □ Le climat était relativement doux.

Le sonomètre est un instrument mesurant la pression acoustique, exprimée en décibels (dB), qui quantifie le volume sonore. (Fig.46)



Figure 46 :Sonomètre

3.2.2 Périmètre de mesures (localisation et description)

Pour évaluer l'ambiance acoustique préexistante du site, des relevés sociométriques ont été effectués dans les airs spécifiés et le périmètre de la carrière. **(Fig47)**

Les mesures ont été réalisées à différentes distances des sources d'émission. Compte tenu de l'isolement du site, et de l'absence d'habitations à proximité. (Les habitations les plus proches sont à un (1) Kilomètre), il était acceptable de limiter l'étude au périmètre de l'employeur, en se focalisant exclusivement sur les distances nécessaires.

La réglementation Algérienne sur le bruit en vigueur énoncée par le décret exécutif n° 93-184 du 27 juillet 1993, fixe les limites sonores à 70 dB en journée (6h-22h) et à 45 dB la nuit (22h-6h) pour les zones résidentielles et les espaces publics ou privés, rendant l'évaluation des nuisances sonores complexe.



Figure 47 : Surface du site in Google Earth

3.2.3 Résultats et analyses des mesures

Tableau 4 : Modèle d'analyse des résultats

| L _{Moy} | | |
|---------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Niveau du Risque de bruit | Code de couleur dB (A) | Définition |
| RB1 | [80 > 100] | Zone à risque inacceptable (critique) |
| RB2 | [70 > 80] | Zone à risque modéré |
| RB3 | [40 ≥ 70] | Zone à risque acceptable |

Tableau 5 : Mesures de bruit à la zone n°01 front de taille

| Unité de travail | Source de bruit | Mesures en Limites de Propriété - dB(A) | | | |
|------------------|-------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| | | Extérieure | | Intérieur | |
| | | L _{Min} | L _{Max} | L _{Min} | L _{Max} |
| Front de taille | Chariot de forage | 98.8 | 107.1 | 76.5 | 82.6 |
| | Pelle Brise roche | 80.2 | 98.0 | 67.6 | 84.6 |
| | Pelle godet | 62.7 | 99.7 | 62.7 | 86.2 |
| | Camion | 77.6 | 81.7 | 53.9 | 76.7 |
| | Bulldozer | 92.6 | 103.8 | 79.0 | 89.8 |

Tableau 6 : Mesures de bruit à la zone n° 02 de station de concassage

| Unité de travail | Source de bruit | Mesures en Limites de Propriété - dB(A) |
|------------------|-----------------|---|
|------------------|-----------------|---|

| | | Extérieure | | Intérieur | |
|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | L _{Min} | L _{Max} | L _{Min} | L _{Max} |
| Concasseur 1 | Concasseur | 99.2 | 109.4 | 74.6 | 87.6 |
| | Crible CR1 | 99.5 | 107.4 | | |
| Concasseur 2 | Percuteur (celick) | 90.2 | 99.0 | 66.6 | 71.5 |
| | Percuteur (krifi) | 89.6 | 93.5 | | |
| | Crible CR3 | 97.8 | 100.1 | | |
| | Crible CR2 | 98.1 | 100.8 | | |
| Station Sablière | Percuteur TMI2A | 85.2 | 88.9 | 66.6 | 71.5 |

Tableau 7 : Mesures de bruit à la zone n° 03 atelier de maintenance Tableau 8 : Mesures de bruit à la zone n° 04 commercial et le poste de gardiennage et cabine

| Unité de travail | Source de bruit | Mesures en Limites de Propriété - dB(A) | | | | | |
|------------------------|-----------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Intérieure (0m) | | Extérieur | | | |
| | | L _{Min} | L _{Max} | (02à 05m) | | (03à 10m) | |
| | | L _{Min} | L _{Max} | L _{Min} | L _{Max} | L _{Min} | L _{Max} |
| ATELIER DE MAINTENANCE | Clé à choc | 100.2 | 110.6 | 84.5 | 89.1 | 80.2 | 82.4 |
| | La meule | 89.8 | 93.5 | 75.9 | 84.6 | 67.1 | 81.6 |
| | Compresseur | 91.5 | 103.8 | 87.5 | 98.2 | 84.1 | 96.7 |

des camion et chargeur

| Unité de travail | Source de bruit | Mesures en Limites de Propriété - dB(A) | | | |
|--------------------|-----------------|---|------------------|----------------------|------------------|
| | | Intérieure | | Extérieure (02à 10m) | |
| | | L _{Min} | L _{Max} | L _{Min} | L _{Max} |
| Pont bascule | Camions | 55.8 | 60.0 | 66.8 | 73.9 |
| Poste de garde | | 68.2 | 76.9 | 76.6 | 77.6 |
| Cabine des camions | | 53.9 | 76.7 | 66.8 | 84,2 |
| Cabine de chargeur | Chargeur | 64.3 | 74.4 | 70.3 | 79,8 |

D’après les résultats des mesures et leur analyse, il est clair que les valeurs dépassent les seuils de risque acceptable. Dans la zone de front de taille, les valeurs maximales à l’intérieur des engins se situent toutes dans la zone de risque inacceptable (RB1), avec des valeurs-limites comprises entre 82 et 89 décibels (dB). Toutefois, le cas du camion présente une légère diminution, le classant ainsi dans la zone de risque modéré (RB2) avec 67,7 dB.

Les nuisances sonores à l’intérieur des salles de commande de la station de concassage atteignent 87,6 décibels (dB), ce qui classe le concasseur primaire dans la zone (RB1). Quant au concasseur secondaire et la station de sablière, ils se situent dans la zone (RB2) avec une valeur de 71,5 dB.

Dans l’atelier de maintenance, il est remarquable que les mesures de bruit dépassent 89 dB et atteignent même 110,6 dB (pour la clé à choc), ce qui est considéré comme la plus grande valeur enregistrée. De plus, presque tous les résultats se situent dans la zone rouge (RB1), à l’exception

de deux légères atténuations observées lors des mesures dans le périmètre de l'atelier de 2 à 10 m.

Pour la zone commerciale, le poste de gardiennage et la cabine (pour les camions et chargeurs), les limites maximales des mesures à l'intérieur montrent une diminution des nuisances sonores par rapport à toutes les zones précédentes. Les valeurs se situent entre 74 et 76 dB, ce qui les classes dans la zone (RB2). De plus, une valeur de 60 dB, considérée comme une mesure unique à classer dans la zone à risque acceptable (RB3).

A l'extérieur des cabines, toutes les mesures appartiennent à la zone à risque inacceptable avec de petites atténuations vers la zone à risque modéré.

3.2 Les vibrations

Les vibrations se manifestent par des oscillations mécaniques autour du point d'équilibre d'un objet, traduisant un état de fluctuation harmonique résultant de forces restauratrices. Les principales sources de vibrations au sein de la carrière proviennent des tirs à l'explosif, mouvement des engins, l'activité des concasseurs, l'utilisation de foreuse émettant des vibrations entretenues, brise roche avec des impulsions à intervalles courts.

3.2.1 Mesure des vibrations due aux tirs de mine dans le site

En l'absence d'équipement approprié pour mesurer les vitesses de vibration sur le site, il est recommandé de consulter l'analyse vibratoire préalable réalisée par NAIT KHALED Ouelhadj, expert minier certifié.

Afin de mesurer les vibrations engendrées par le tir effectué le 08 février 2023, nous avons recouru à trois sismographes de contrôle des vibrations (Nommés ST : station) provoqués par les tirs de mine. Ces sismographes sont dotés de géophones tridimensionnels et d'antennes GPS externes. La station de mesure numéro 02 (ST02) dispose également d'un microphone.

Sismographe SUMMIT M VIPA :

Système d'enregistrement sismique à trois canaux avec synchronisation GPS, capable d'opérer en réseau. Enregistrement en mode continu ou déclenché, mémoire interne de 4 GB, extensible via USB. **(Fig48)**



Figure 48 :Seismograph SUMMIT M VIPA Géophone DMT-3DD/N

Capteur triaxial mesurant la vitesse particulière jusqu'à 175 mm/s, avec une fréquence de base de 4,5 Hz ajustée numériquement à 1 Hz. Fonctionne comme géophone ou accéléromètre. (Fig.49)



Figure 49 :Géophone DMT-3DD/N

Antenne GPS :

Composant du système M VIPA, l'antenne GPS enregistre la position avec les données sismiques pour une localisation précise.

Microphone ECM 8000 :

Utilisé à la station ST02 pour mesurer la pression de l'onde aérienne en dB, complétant les données sismiques. (Fig.50)



Figure 50 :Microphone EC

Habitations environnantes la demeure initiale, située à proximité de la carrière qui fait l'objet de notre analyse, est établie à une distance excédante 1 km, dans la direction Nord-ouest du gisement de Djebel Bourkane, propriété de « C35 ».

3.2.2 Paramètres de tir

Les paramètres essentiels relatifs à l'opération de minage, réalisée le 8 février 2023 au sein du gisement de la carrière « C 35 », sont synthétisés dans le tableau ci-dessous (**tableau 9**) :

Tableau 9 : paramètre de tir

| Désignation paramètres | Unité | Quantité |
|---|-------|-------------|
| Nombre de trous par volée 1 respectivement | U | 67/62 et 84 |
| Nombre de volées | U | 3 |
| Ligne de moindre résistance | U | 3 |
| Espacement | M | 3 |
| Banquette | | 3 |
| Diamètre des trous de mine | mm | 89 |
| Inclinaison | (°) | 15 |
| Hauteur du gradin | M | 13 |
| Sous-foration | | 0.8 |
| Charge instantanée de la 1 ère volée | Kg | 270 |
| Charge totale de la 1 ^{ère} volée | | 3015 |
| Charge instantanée de la 2 ^{ème} volée | | 225 |
| Charge totale de la 2 ^{ème} volée | | 2790 |
| Charge instantanée de la 3 ^{ème} volée | | 315 |
| Charge totale de la 3 ^{ème} volée | | 3695 |
| Commande globale pour les 03 volées | | 9500 |

3.2.3 Données relatives à l'essai de vibration

a. Localisation

Dans le cadre de l'étude vibratoire associée au tir de mine datée du 8 février 2023, trois stations de mesure et de surveillance ont été érigées afin de consigner les diverses vibrations provenant des trois tirs exécutés de manière distincte en trois volets.

Les coordonnées des emplacements dédiés aux mesures ainsi que celles des sites de minage, selon la projection UTM du Fuseau31. (**Tableau.10**)

La détermination des coordonnées des points susmentionnés a été effectuée au moyen d'un appareil GPS MAP Garmin 64 S

Tableau 10 Les coordonnées en UTM des mesures et des sites de minage

| | Désignation | X(m) | Y(m) |
|----------|--|---------|-----------|
| 1 | Point de mesure N° 1 | 543 358 | 4 052 353 |
| 2 | Point de mesure N°2 | 543 445 | 4 052 811 |
| 3 | Point de mesure N°3 | 543 264 | 4 052 238 |
| 4 | Point de Tir N° 1 / Volée 1 | 543 573 | 4 051 820 |
| 5 | Point de Tir N°2 / Volée 2 | 543 636 | 4 051 746 |
| 6 | Point de Tir N°3 / Volée 3 | 543 664 | 4 051 637 |
| 7 | 1 ^{ère} habitation la plus proche | 543 510 | 4 052 897 |

NB. La distance mesurée qui sépare le point de tir N° 1 et la première habitation est supérieur à 1000 mètres, le point de mesure (station de mesure et surveillance) a été installé à 100m plus proche part rapport de cette habitation, et est à une distance de 574 m du point de tir N° 1 (**Fig. 51et tableau10**)

- La localisation des points de mesures ;
- La localisation des points de tirs ;
- La localisation des ouvrages à protéger et principalement, la première habitation la plus proche aux tirs de mines.



Figure 51 : photo prise lors de la préparation du tir de mine sur la 1er volée au niveau 650 m

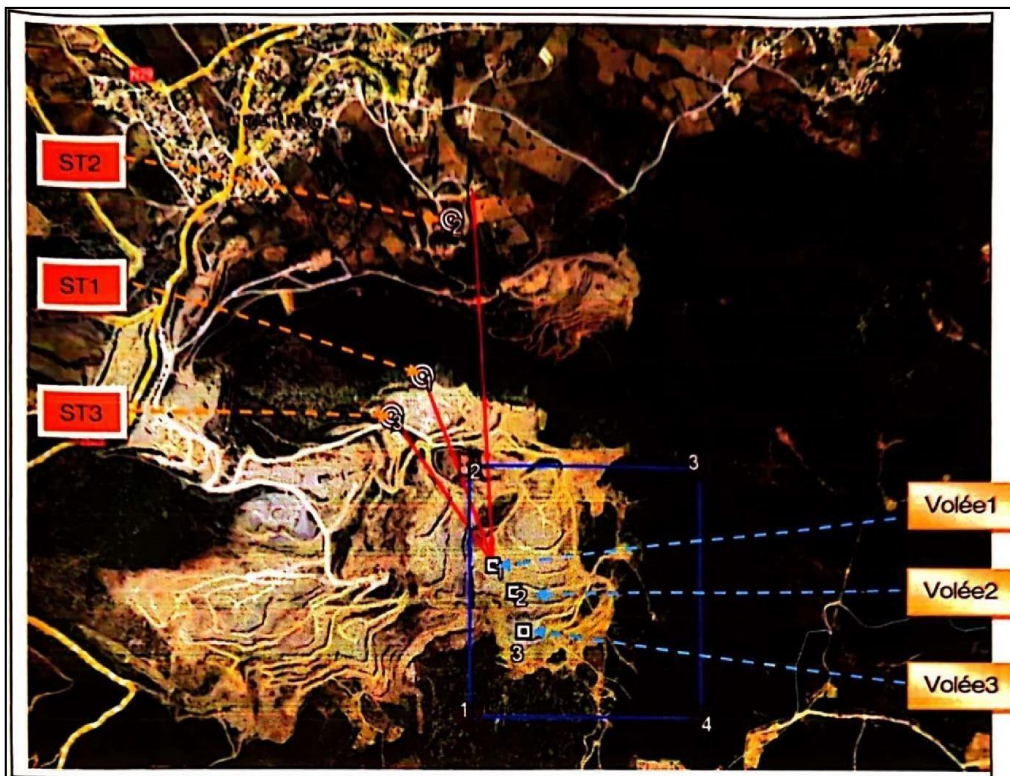


Figure 52: localisation géographique des stations de mesures et les volées objet du tir de mine du 08/02/2023 au niveau du gisement de Cosider Carrière C35. (Image Satellite extrait de Google Earth

Légende :

ST1 : la station de mesure N° 1 placée au niveau des vestiaires de l'unité « C 35 ».

ST2 : la station de mesure N° 2 placées à 100 mètres au sud de la première habitation.

ST3 : la station de mesure N° 3 placées au niveau du bloc administratif de « C 35 » Volées

1,2 et 3 : correspond aux plates-formes de tir de mines du 08/02/2023 **Résultats**

Les résultats des mesures des vibrations causées par les tirs effectués le 8 février 2023, enregistrés par les trois stations de mesure et de surveillance, sont synthétisés dans le **(tableau.10)**.

Dans ce tableau, nous exposons les données et les résultats probants issus des essais de vibrations. Il s'agit notamment :

- Des vitesses particulières maximaux (Vp) ;
- Des fréquences (FFT) ainsi que de la pression d'air enregistrées par les stations de surveillance lors des tirs ;
- De la charge explosive instantanée appliquée pour chaque volée ;
- Des distances respectives qui séparent les points de tir (volées) des emplacements de

Tableau 11 : Résultats des mesures des vibrations causées par les tirs réalisés en date du 08 février 2023 au niveau de « C35 » mesure (stations).

| Tir N° | Station | Distance | FFT (Hz) | | | Vp (mm/s) | | | Pression d'air | Charge instantanée |
|--------|---------|----------|----------|------|------|-----------|------|------|----------------|--------------------|
| | | | X | Y | Z | X | Y | Z | | |
| 1 | 1 | 574 | 15.1 | 7 | 15 | 2.62 | 3.29 | 1.88 | 74.3 | 270 |
| | 2 | 999 | 4.5 | 5.9 | 4.6 | 0.53 | 0.64 | 0.52 | | |
| | 3 | 520 | 7.5 | 7.3 | 8.1 | 1.47 | 0.32 | 1.75 | | |
| 2 | 1 | 667 | 16.4 | 16.6 | 18 | 0.87 | 0.57 | 0.66 | 66.9 | 225 |
| | 2 | 1082 | 4.6 | 4.4 | 4.7 | 0.15 | 0.22 | 0.21 | | |
| | 3 | 617 | 4.7 | 17.5 | / | 0.6 | 0.52 | 0.5 | | |
| 3 | 1 | 778 | 8.7 | 8 | 20.7 | 0.72 | 0.83 | 0.39 | 70.9 | 315 |
| | 2 | 1194 | 4.6 | 5 | 16.6 | 0.14 | 0.15 | 0.21 | | |
| | 3 | 722 | 12.2 | 9 | / | 0.69 | 0.36 | 0.44 | | |

Les ondes vibratoires solides, qui sont une forme de perturbation énergétique transmise à travers le sol suite à une explosion, sont considérées comme une source de gêne. Les réglementations actuelles tolèrent des vitesses de vibration allant jusqu'à **10 mm/s** (selon la loi de Chapote).

c. Interprétations des résultats

Toutes les mesures de vitesse particulière relevé durant les séances de dynamitage demeurent en deçà du seuil de 4 mm/s. La station ST01 a enregistré la valeur la plus élevée, s'élevant à 3.29 mm/s. (**Tableau11**)

Le microphone de sismographe utilisé pendant les 03 tirs a capté des valeurs inférieures à 75 (dB) qui varient entre 66.9 et 74.33 (dB).

d. Analyse des résultats

Les vitesses des ondes sismiques enregistrées sont inférieures aux valeurs-limites admissibles par la loi de Chapote qui est de 10 mm/s, et par conséquent, l'effet des vibrations induites par les différentes charges d'explosif est négligeable pour l'habitation le plus proche objet de notre étude ainsi que les 02 ouvrages inscrit à l'enceinte de l'unité de « C35 ».

Les valeurs concernant la surpression d'air généré lors du tir du 08/02/2023 sont inférieures à la valeur tolérée qui est de 130 (dB), qui explique que les trois tirs exécuter n'ont pas d'effet négative en matière de nuisances sonores

3.3 Emission de poussière

Les poussières dans le domaine des granulats, l'appellation « poussière » désigne des particules solides, inertes et non-solubles dans l'eau, dont le diamètre varie de 0 à 40 micromètres, selon Piédoue (1996). Il arrive que l'on emploie le terme « fines » en lieu et place de « poussière » pour qualifier les particules dont le diamètre est inférieur à 80 micromètres, ce qui correspond au seuil minimal du sable.

- Les travaux de forage s'effectuent via une foreuse à percussion ou rotation, générant de la poussière de calcaire évacuée par air comprimé. La poussière est atténuée par filtration, et les résidus, bien que compactés, mais restent vulnérables aux intempéries. La nature et la localisation de la roche accentuent le problème.
- L'extraction des calcaires par abattage à l'explosif provoque un nuage de poussières éphémère, formé surtout par les poussières existantes sur le sol. La source est ponctuelle et irrégulière, le vent et l'état de dessiccation sont des facteurs aggravants. (**Fig.53**)



Figure 53 Nuage de poussières consécutif due au tir du 19/02/2024

- La circulation des engins en carrière, liée au chargement et au transport de matériaux, est une source intermittente de pollution dépendant du nombre d'engins et exacerbée par le climat sec et venteux, la vitesse des véhicules et l'état des pistes. (Fig.54)



Figure 54 : Poussières soulevées par circulation des camions

- Le traitement des matériaux par concassage, criblage, produisent des particules fines, susceptibles de se disperser dans l'air, proviennent des mouvements des pièces constituant la station de concassage. Au niveau de concasseur, la chute des matériaux broyés, dont les ouvertures de socle sont surélevées, provoque un effet de cheminée qui

disperse les poussières, les cribles situés au sommet de la station et, de ce fait, sont très exposés aux vents. (Fig.55)



Figure 55 : Concasseur alimenter

- La mise en stock : lors du déchargement des matériaux fins depuis la benne d'un camion, les poussières sont également abondantes.
- L'opération de stockage et déstockage qui se répète fréquemment, génère des quantités des poussières importantes. La force du vent renforce la sensibilité aux poussières.
- Le chargement des matériaux pour l'expédition : le déversement des substances depuis l'engin de chargement dans les camions à benne de transport, constitue un facteur de dispersion des poussières d'autant plus que les éléments traités sont ténus et arides et que le processus est exposé aux courants aériens.
- L'évacuation des matériaux de la carrière est cruciale, avec les camions dispersant de la poussière le long de la route vers Keddara. La densité des poussières en suspension est influencée par la vitesse, la nature et la taille des matériaux, l'humidité du chargement et l'état des voies.

3.4 Les déchets solides et liquides

- Les déchets solides proviennent des travaux de maintenance telle que les remplacements des pneus des divers engins utilisés au niveau de la carrière C35, fut vide, ferraille, changements des pièces endommager, changement des batterie et d'autre déchets résultant des parités endommages de la station de concassage, bandes transporteuses, roulement, et. Ils sont tous prélevés et collectés à la déchetterie (Fig.56) en attendant d'être récupérés par les organismes par les quelle Cosider a un contrat.

- Les déchets résultants de l'administration papier, carton, plastique etc...



Figure 56 : Déchèterie de C35

- Les déchets liquides résultant aussi de l'activité de maintenance qui sont les huiles usagées (vidange moteur) des différents engins. Ces derniers sont vidés dans la fosse de vidange (**Fig. 57**) qui conduit vers le bassin de décantation qui traite ces huiles et sépare leurs constituant, permettant leur récupération par le service de NAFTAL (**Fig. 58**).



Figure 57 : Fosse de vidange de C35



Figure 58 : Bassin de décantation appartenant à Cosider C35

3.5 Emission de gaz

Les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre sont généralement liées à l'utilisation :

- D'engins lourds pour l'extraction et le transport des matériaux, ainsi qu'à l'utilisation de véhicules légers pour le transport du personnel ;
- Les explosifs utilisés dans le dynamitage produisent également des émissions indirectes

Ces activités entraînent la combustion de carburants fossiles, tels que le diesel, qui libère du dioxyde de carbone (CO₂), principal gaz à effet de serre.

4 Analyse des impacts liés à la carrière C35

4.1 Méthode d'analyse

On utilise la grille de Fecteau qui est une méthode d'analyse et dévaluation de risque basée sur trois critères (fonction de l'intensité, de la durée et de l'étendue), l'importance de l'ampleur des modifications observé sur la composante du milieu touché peut être majeur, moyenne ou mineure.

Tableau 12 :Méthode d'évaluation des impacts selon la grille de Facteau

| Intensité | Etendue | Durée | Importance absolue |
|-----------|------------|--------|--------------------|
| Forte | Régionale | Longue | Majeure |
| | | Moyen | Majeure |
| | | Courte | Majeure |
| | Locale | Longue | Majeure |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Moyenne |
| | Ponctuelle | Longue | Majeure |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Mineure |
| Moyenne | Régionale | Longue | Majeure |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Moyenne |
| | Locale | Longue | Moyenne |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Moyenne |
| | Ponctuelle | Longue | Moyenne |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Mineure |
| Faible | Régionale | Longue | Majeure |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Mineure |
| | Locale | Longue | Moyenne |
| | | Moyen | Moyenne |
| | | Courte | Mineure |
| | Ponctuelle | Longue | Mineure |
| | | Moyen | Mineure |
| | | Courte | Mineure |

4.2 Impact sur le milieu physique

4.2.1 Le sol

- L'érosion des sols lors des travaux de décapage entraîne une dégradation de ces derniers avec la perturbation de la couverture végétale.
- L'extraction des calcaires change la structure, en affectant sa capacité à retenir l'eau et les nutriments, et influence sur la fertilité du sol et sa capacité à soutenir la végétation.
- Le sol joue un rôle essentiel dans le stockage du carbone, donc lors de l'activité de la « C35 », elle libère du carbone dans l'atmosphère.

- En tenant compte de la nature des terrains calcaires, caractérisés par la présence de cavités karstiques, il est à noter que les vibrations se propageant à travers le substrat rocheux sont susceptibles d'affecter la stabilité de ces structures karstiques. Ces perturbations peuvent induire non seulement l'élargissement des fissures préexistantes, mais également la genèse de nouvelles discontinuités.

4.2.2 L'air

Les émissions de poussière et de gaz ont effets de serre provenu de l'activité d'exploitation de la « C35 » remplissent l'air en provoquant plusieurs effets sur l'environnement comme la dégradation de la qualité de l'air, entraînant des problèmes de santé publique.

4.2.3 Climat

Le gaz à effet de serre et le dioxyde de carbone (CO₂) produit lors de l'extraction et le transport des calcaires par l'utilisation des engins lourds contribue au réchauffement climatique. Modification de l'albedo (capacité de la surface à réfléchir la lumière solaire), une surface plus sombre adsorbe plus de chaleur, contribue au réchauffement local.

4.3 . Impact sur le milieu biologique

4.3.1 La flore

Les sources de nuisance pour la flore de cet écosystème de la région de Keddara sont les dépôts et les taux de poussière. Lorsque ces dépôts de poussière sont considérables, les particules fines qui se déposent sur les végétaux peuvent être assez importantes pour affecter la synthèse chlorophyllienne et freiner le développement des plantes. Ce qui influence le rendement de l'agriculture dans les environs (**Fig. 59**).



Figure 59 : Photo montrant la végétation riveraine blanchie par la poussière

4.3.2 La faune

On constate que les nuisances sonores et les vibrations perturbent diverses espèces, notamment les mammifères, les reptiles et les oiseaux. Cela entraîne un déséquilibre du milieu naturel de la faune et engendre également des changements dans leurs comportements.

Certaines espèces non adaptées aux nouvelles conditions de vie, désertent ce milieu à cause de la défiguration du milieu et de la dégradation de la qualité du climat. D'autres, sont attirés par les abords de l'administration (intéressants au niveau alimentaire) comme le cas des singes.

En outre, les poussières empêchent l'alimentation des bétails.

4.3.3 Paysage

- Dégradation visuelle : les excavations, les tas de matériaux et les structures associées altèrent l'apparence naturelle du paysage. Création de cicatrices visibles sur le terrain.
- Modification des formes de relief contribue au changement de la topographie naturelle en créant des dépressions et des buttes artificielles.
- Présence de contrastes de texture et de couleur des surfaces minérales présentent un contraste avec les zones boisées (**Fig.60**)



Figure 60: Vue panoramique de front de taille

4.4 . Impact sur le milieu humain

4.4.1 L'activité socio-économique

Elle présente en général, un impact positif en termes de création d'emplois. D'autre part, les effets négatifs sur la main-d'œuvre sont presque comparables à ceux décrits pour l'environnement naturel.

4.4.2 Sécurité et santé

Observation de plusieurs dangers telle que :

- L'incidence néfaste de la poussière se manifeste sans conteste sous toutes les formes sur la santé, notamment les irritations des voies respiratoires des surcharges pulmonaires,

pour les employés de la carrière exposés directement à ces poussières et d'une façon répétitive ;

- Malgré les mesures mises en place au sein de la carrière, la dispersion de poussière persiste et impacte à la fois la population et l'environnement. Ce phénomène est exacerbé par le trafic continu des camions, entraînant des conséquences néfastes pour les résidents locaux ;
- Lorsque l'atmosphère se charge de particules fines, le brouillard qui en résulte diminue la visibilité des conducteurs qui circulent dans la carrière ou à proximité, et constitue ainsi une facture de risque d'accidents ;
- Les effets des bruits directs sur l'oreille humaine induits sur l'organisme (la sphère lymphatique, système endocrinien, santé mentale, performance, et des effets sur la communication) ;
- Risque mortelle des riverains sur la route menant à la carrière « C35 » qui traverse le centre communal de Keddara et a malheureusement entraîné deux décès en 2023/24 ;

4.4.3 Epuisement des ressources

- Cet état de fait découle de l'utilisation de l'eau pour l'arrosage des pistes, la pulvérisation d'eau au niveau de la station de concassage et l'usage de l'eau à des fins sanitaires ;
- L'utilisation de l'électricité pour alimenter les composants mécaniques de la station de concassage (tels que le concasseur, le crible et le perceur...) permet de les faire fonctionner ;
- Consommation de gasoil pour le fonctionnement des divers engins utilisés dans le processus d'extraction (foreuse, pelle à chenille, camion) ;
- Les huiles et les lubrifiants pour les travaux de maintenance.

On note que toutes les ressources utilisées au niveau de la carrière Cosider C35 sont non renouvelables.

5 Matrice dévaluation

Pour synthétiser les impacts précédemment recensés et faciliter l'évaluation, nous préconisons l'utilisation d'une méthode matricielle. Cette approche met en évidence les impacts identifiés en se basant à la fois sur les éléments propres à la carrière et sur les composantes de l'environnement.

La matrice d'évaluation des impacts, révèle dans son ensemble que cette carrière génère d'avantage d'impacts négatifs que positifs (**Tableau13**).

Tableau 13: Matrice dévaluations des impacts environnementaux

| | | Phase de d'exploitation et traitement |
|----------------|------------------|---------------------------------------|
| Milieu | | |
| Naturel | Air | -- |
| | Paysage | - |
| | Eau | 0 |
| | Sol | - |
| | Faune | - |
| | Flore | - |
| Humain | Infrastructure | - |
| | Habitation | -- |
| | Risque sanitaire | -- |
| | Emplois | ++ |
| | Ressource | - |
| Bilan | | - 10 |

- : impact négatif mineur
- : impact négatif majeur
- + : impact positif mineur
- ++ : impact positif majeur
- 0 : aucun impact

Chapitre V

Mesures préventives aux impacts

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous résumerons les différentes solutions adoptées par les responsables de la carrière « C35 » pour réduire les impacts environnementaux. De notre côté, nous essayerons de proposer et de suggérer quelques solutions qui peuvent alléger ces derniers.

2. Mesures préventives aux émissions de bruit

2.1. Les moyens de protection collective

2.1.1. Réduction de bruit à la source

Le contrôle et la réduction du bruit, que ce soit à sa source ou sur son cheminement, doit être un élément central majeur des programmes de gestion du bruit ; il faut en tenir compte à la conception et lors de la maintenance de l'équipement et du lieu de travail.

Plusieurs méthodes de sécurité intégrée permettent d'y parvenir, notamment :

- L'isolation de la source, par le biais de son emplacement, son capotage ou l'amortissement des vibrations à l'aide de suspensions métalliques ou pneumatiques ou de supports en élastomère ;
- La réduction à la source ou sur le cheminement à l'aide de capotages et d'écrans, en dotant les pots d'échappement de silencieux, en réduisant les vitesses de coupe, de soufflerie ou d'impact ;
- Le remplacement ou la modification des machines notamment en privilégiant les transmissions à courroie par rapport aux équipements plus bruyants, et les outils électriques par rapport aux outils pneumatiques ;
- L'application de matériaux plus silencieux tels que les revêtements intérieurs dans les poubelles, les convoyeurs et les vibrateurs ;
- La réduction active du bruit (mesures « antibruit »), dans certaines circonstances ;
- La maintenance préventive : avec l'usure, le niveau de bruit de certaines pièces peut changer.

La modification de bruit à la source peut être considérée dans certain cas comme une meilleure solution pour le problème de contrôle de bruit, par exemple, au niveau de l'industrie qui utilise des ventilateurs centrifuges bruyants, on peut les remplacer par des ventilateurs hélicoïdaux qui sont moins bruyants.

2.1.2. Réduction de bruit aux trajectoires

Cette technique est très utilisable dans le cas où on le contrôle de bruit à la source n'est pas faisable. En effet, on place des isolants entre la source et le récepteur ; par exemple, on conçoit un mur antibruit dans lequel la trajectoire de bruit est modifiée ou bien atténuée.

Dans certain cas, on trouve des sources de bruit à l'intérieur des locaux, autrement dit le mur de bruit n'a aucune valeur. Dans ce cas, on opte pour une autre solution plus efficace qui consiste à couvrir les murs par des matériaux absorbants de bruit ou à ajouter des surfaces absorbantes.

- Obstacle : écran antibruit ;
- Encoffrement ;
- Isolation vibratoire : cas d'une propagation solide ;
- Absorption du local.

2.2. Les moyens de protection individuelle

Les EPI sont des « dispositifs ou moyens destinés à être portés ou tenus par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ou sa sécurité ».

Envisagée qu'en complément des autres mesures d'élimination ou de réduction des risques.

C'est à partir de l'évaluation des risques menée dans l'entreprise que doit être engagée la réflexion relative à l'utilisation des EPI.

- Place de la protection individuelle dans la démarche de prévention ;

Dans une situation de travail exposant les travailleurs à des nuisances, l'employeur doit au préalable identifier et évaluer ces risques.

Cette évaluation des risques va lui permettre de définir les mesures de prévention prioritaires afin de préserver la santé et la sécurité de ses salariés. Ces mesures auront pour objectif principal d'éliminer ou de réduire les risques.

La protection collective doit constituer la priorité. Cependant, lorsque l'analyse des risques révèle que celle-ci est insuffisante ou impossible à mettre en œuvre, l'employeur doit mettre à la disposition des salariés les EPI appropriés.

Et les moyens de protection individuelle concernent la réduction ou le contrôle de bruit au niveau de récepteur (l'oreille humaine).

Le contrôle de bruit au niveau de récepteur est la dernière solution pour contrôler le bruit dans un environnement bruyant. Dans le cadre de contrôle de bruit au niveau de récepteur, deux solutions qui sont largement utilisées dans les locaux industriels :

- Cabines : le principe des cabines, il s'agit d'isoler les travailleurs où sont installés de l'environnement bruyants. C'est-à-dire, on renferme le récepteur à l'exposition du bruit

- Les protecteurs individuels contre le bruit "PICB".

Lorsqu'il s'avère impossible pour des raisons techniques ou financières de réduire le niveau de bruit à un niveau compatible avec la santé des employeurs, il est alors nécessaire d'avoir recours aux équipements de protection individuelle de l'ouïe (ÉPI).

Les protecteurs individuels contre le bruit (PICB) reposent tous sur le même principe : former

un obstacle à l'accès des ondes sonores dans l'appareil auditif. a) Type de PICB :

1. **Serre-tête** : Composé de deux coquilles reliées par un arceau, avec des coussinets pour le confort et l'étanchéité. Disponible en plusieurs tailles et positions (sur la tête, derrière la nuque, sous le menton).
2. **Serre-tête monté sur casque** : Coquilles individuelles fixées à un casque de chantier.
3. **Serre-tête communicant** : Protection auditive avec communication longue distance (wifi, radio, Bluetooth), compatible avec téléphones et talkies-walkies.
4. **Bouchons d'oreille** : Insérés dans le conduit auditif, disponibles en versions jetables ou réutilisables, parfois reliés par un arceau ou un cordon.
5. **Bouchons d'oreille jetables** : Fabriqués en matériaux expansifs, comprimés avant insertion et renouvelés après chaque usage.
6. **Bouchons d'oreille reliés par un arceau** : Préformés ou à façonner, maintenus par un arceau, pouvant être portés dans différentes positions.
7. **Bouchons d'oreille sur mesure** : Moulés à la forme du conduit auditif, avec différents filtres pour l'affaiblissement, fabriqués en silicone ou résine acrylate, parfois via impression 3D.

b) les critères de choix des PICB

Lors du choix des PICB, il est essentiel de considérer l'analyse fréquentielle du bruit et de s'assurer que le protecteur porte la marque CE. Les fiches techniques ou l'emballage fournissent des informations sur l'atténuation pour chaque fréquence centrale de 63 Hz à 8000

Hz, ainsi que la valeur moyenne d'atténuation (SNR). La formation et la sensibilisation du personnel sur l'utilisation correcte des PICB sont cruciales pour garantir une atténuation effective.

Il est important de choisir le type de protecteur le plus approprié en fonction de l'environnement sonore et des besoins spécifiques. Les critères à prendre en compte incluent :

1. Le marquage CE.
2. Un affaiblissement acoustique adapté.
3. Le confort du porteur.
4. L'environnement de travail et l'activité.
5. Les éventuels troubles médicaux.

Le processus de sélection doit être renouvelé régulièrement pour maintenir une atténuation effective.

2.3. Propositions

- Remplacement des vitres simples avec des vitres insonorisées ou de double vitrage sur les engins de chantier pour isoler phonétiquement les cabines et protéger les conducteurs des nuisances sonores. Cette solution contribue à créer un environnement de travail plus confortable et plus sûr pour le personnel ;
- L'adoption des nouveaux engins est des équipements modernes qui peuvent attribuer à la réduction des bruits ;
- La planification des opérations qui signifie à organiser les activités de manière à éviter la simultanéité des tâches bruyantes qui excèdent les limites de décibels acceptables.

L'idéal est de les réaliser de façon synchrone lorsque cela est possible.

3. Mesures préventives aux émissions de poussière

La réduction des émissions de poussières est un objectif permanent pour tout exploitant, pour cela Cosider a réalisé des actions pour réduire au maximum l'impact de ces émissions tel que :

- Arrosage des pistes (accès), en utilisant un camion-citerne (arroseur) à eau. **(Fig61)**



Figure 61 : Piste après arrosage avec de l'eau

- Aspersion d'eau au niveau des points de production de poussières dans la station de concassage avec l'aide de système de distribution simple relié à une citerne qui l'alimente en eau. **(Fig.62)**



Figure 62 : Aspersion d'eau au niveau de l'entrée du concasseur à mâchoires

- L'aspiration centralisée fixe, aspirer les poussières à l'aide d'un aspirateur de grande capacité qui permet de récupérer les particules en suspension à travers toute une série de filtres à manches fabriquées en tissu spécial. **(Fig.63)**



Figure 63 : Système d'aspiration

3.1 Proposition

Pour atténuer les émissions et optimiser le système d'arrosage, notre analyse suggère l'installation d'une citerne de grande capacité, similaire à celles employées pour le système d'arrosage pour le concasseur et le crible etc. Cette citerne serait installée au sommet de la carrière, alimentant un réseau de conduites d'eau aériennes soutenues par des poteaux disposés le long des voies de circulation. Cette configuration permettrait une distribution efficace et une couverture étendue, essentielles pour minimiser la dispersion des poussières et des particules fines. **(Fig.64)**



Figure 64: Citerne d'eau utilisée dans C35

- Confiner des équipements, lorsque cela est réalisable, constitue une mesure préliminaire qui réduit ces particules de se disperser dans l'air. Cette technique peut être appliquée aux cribles, au moyen d'un habillage (Covering) en matériau métallique ou souple,

complété par des joints hermétiques. Aussi l'utilisation des couvertures pour les bandes transporteuse et concasseur ;

- L'UNPG recommande de minimiser l'exposition des travailleurs aux poussières en optimisant la conception des infrastructures pour faciliter l'entretien, en instaurant des procédures de sécurité strictes, et en organisant les opérations de maintenance. Les mesures spécifiques incluent la diversification des tâches de nettoyage entre le personnel, la limitation du temps de nettoyage, et la réduction de la présence des opérateurs dans les zones à risque ;
- L'automatisme et contrôle par vidéo, il s'agit de la surveillance à distance permet d'isoler les opérateurs des émissions de poussières, en utilisant un automate, un ordinateur ou un combiné des deux, ainsi que des capteurs (sondes de bourrage, détecteurs de rotation, etc.). C'est possible de n'intervenir sur site qu'en cas d'incident et lors des visites de contrôle
- La mise hors poussière s'effectue dans des locaux alimentés en air filtré et maintenus en légère surpression pour empêcher les introductions de poussières. Cette technique concerne aussi bien des cabines fixes, où il n'y a aucune manipulation de matières, que les locaux annexes à la production ;
- Pour l'optimisation des paramètres de production, on suggère d'installer un autre système plus fiable et rentable (le brumisateuse) qui consiste à atomiser de l'eau, au moyen de gicleurs spéciaux qui produisent une brume de gouttelettes microscopiques, sur les points de production de poussière, comme par exemple sur les échanges entre les transporteurs, les trémies de réception, les concasseurs et les broyeurs. Chaque point d'application est relié à un réseau de tubes en polyamide avec de l'eau sous pression de 60 à 110 bars. La consommation en eau est très faible et l'installation se fait de manière simple et rapide ; **(Fig.65)**



Figure 65 : Photo de brumisateur

- Construction des (Wind-breaks) brise-vent qui bloque ou détourne les courant d'air des points qui provoquait ces émissions ;
- Contrôle de la vitesse des engins et des véhicules ;
- L'utilisation des chanine anti patinage pour et les engins à pneumatiques.

4 Mesures préventives aux émissions de gaz à effet de serre (GES)

- Limiter la vitesse des engins et des camions de chantier afin de réduire leurs émissions. En effet, il est établi qu'une augmentation de la vitesse entraîne une augmentation de la consommation de carburant et de la combustion, ce qui se traduit par une augmentation de la production de gaz à effet de serre ;
- L'éteignaient des engins lors de défaillances techniques permet d'éviter une consommation superflue de carburant et les émissions qui en découlent durant les arrêts imprévus. Nous recommandons fortement cette procédure dans le cadre d'une gestion énergétique optimisée ;
- Adopter une stratégie de planification optimale des trajets, cela implique l'élaboration d'un plan détaillé qui minimise les distances parcourues ;
- Entreprendre une rénovation progressive du parc de machineries lourdes, en substituant les appareils vétustes par des versions innovantes, dont l'efficacité énergétique est accrue ;

- Assurer une maintenance régulière en bon état des engins pour maintenir leur efficacité énergétique.

5 Faune et flore

5.1 Au cours d'exploitation

- L'application des mesures d'atténuations des bruits ;
- Limitation des émissions de poussière avec l'application des mesures préventives motionné plus haut ;
- Préserver les espèces vivant adapter aux nouvelles conditions de vie ;
- Protection de la saison de nidification des oiseaux en évitant les travaux de décapage durant cette période.

5.2 Fermeture de site

- Réintroduire les espèces vivantes qui existaient dans la zone avant l'installation du site ;
- L'utilisation des stériles (découverte), riche en matières organiques pour améliorer la qualité de sol et favoriser la croissance végétale ;
- Enrichir le milieu en introduisant de nouvelles espèces végétales et animale ;
- Procéder au boisement du site avec différents types d'arbres et de plantes afin de favoriser l'évolution de nouveaux écosystèmes.

6 Paysage

6.1 Au cours d'exploitation

- Stockage des stériles afin de pouvoir les réutiliser pour le réaménagement futur des zones exploiter ;
- Création d'une pépinière pour planter des arbres qui poussent et seront prêts à être planter dans les zones ou l'extraction a été achever ;
- Restauration progressive pendant l'exploitation (boisement, remblaiement) ;
- La bonne gestion des stocks de produit finis, stérile. ;
- L'utilisation des engins doit être limitée aux itinéraires spécifiquement désignés afin de préserver les espaces verts non destinés à l'extraction.

6.2 Fermeture de site

Le réaménagement de site pour réduire l'impact sur le paysage peut prendre des formes différentes

- Reboisement
- Création des zones humides
- Réaménagement agriculture
- Base loisir
- Réaménagement urbain
- Combinaison de plusieurs usages

Chapitre VI

Remise En Etat Des Lieux

1 Introduction

A la fin de l'extraction, le site doit être réaménagé de manière responsable en collaboration avec la collectivité publique.

En effet la carrière est réaménagée progressivement au fur à mesure de la ré-exploitation pour devenir un nouveau lieu s'intégrant dans l'environnement.

La reconstitution des terres agricoles, création de base de loisir, reconstitution des zones écologiques par l'amélioration de la biodiversité locale à l'aide d'un aménagement favorable de la faune et de la flore.

2 Plan de la remise en état

La remise en état des lieux est une obligation de la loi minière de la république Algérienne, un reboisement adéquat pour atténuer l'effet de l'évasion est une solution à envisager, et de réinsérer le site dans son milieu naturel.

Dans ce contexte, il est approprié de prendre les mesures suivantes :

- Obtenir un modèle topographique, aussi agréable à l'œil et bien intégré dans le paysage. Un soin tout particulier doit être apporté à l'enlèvement, au stockage et à la réutilisation des terres de découverte ;
- Il est indispensable de purger les talus et les gradins en roches de calcaire pour éviter les chutes de blocs. Les accès dangereux doivent être condamnés ;
- Enlever toutes les constructions du chantier ;
- Eviter autant que possible les formes géométriques ;
- La végétation que l'on envisage de mettre en place doit être adaptée à la nature du sol qui lui servira de support et se composer de préférence d'espèces locales ;
- Procéder à la remise en état des lieux, en respectant les recommandations du responsable de projet de restauration.

Pour cette restauration nous proposons un aménagement d'espace vert et des loisirs.

❖ La partie 1 : aménagement en boisement forestiers

Il est nécessaire de disposer d'un matériau meuble en quantité suffisante pour recouvrir le fond de la carrière d'une couche épaisse au minimum 1.5 m.

Étalé d'abord une couche de stérile ou gravillons sur le fond de l'exploitation au niveau sur une épaisseur de 40 Cm.

Recouvrir les stériles d'une couche de 40 Cm de **limons** extrait de l'exploitation. Puis, on termine par la couche noire de terre végétale en évitant le compactage. ❖ **Partie 2**

: loisirs

Préparation d'un soubassement stable, correctement aplani pour éviter les mouillères, et présentant une pente vers le bas pour assurer un écoulement convenable des eaux en excès.

Nettoyage et calibrage des fossés de drainage

Aménagement des pistes de circulation

Aire de jeux pour enfants

Des espaces les plates formes existantes déjà à corriger elles seront dédiées aux visiteurs.

❖ **Recommandations**

Au terme du présent travail qui vise à enrichir le milieu estudiantin en matière de technique d'exploration et d'exploitation rationnelle des carrières et gisement divers, nous proposons d'autre recommandations nécessaires et indispensables afin de faire pertes ; ?????

- Clôturer et délimiter le périmètre d'exploitation ;
- Prévoir des aires distinctes pour le concassage, le stockage des matériaux et l'entretien du matériel ;
- Créer des pistes d'accès à la carrière et aux fronts de taille larges et compactes ;
- Respecter les consignes de sécurité de l'ingénieur ;
- Baliser et signaler les zones à risques dans les carrières ;
- Doter du personnel de vêtement de travail, de matériel de premiers secours et d'anti incendies ;
- Prévoir des campagnes d'analyse des rejets et de contrôle de la carrière par des spécialistes et des experts du domaine ;
- Remettre en état le site au fur à mesure de l'avancement de l'exploitation.

Ces recommandations restent indispensables pour le bon déroulement de l'activité minière.

3 Propositions de réaménagement de la carrière :

Selon la durée de vie de la carrières « C35 » (23à 25 ans environ) l'exploitation sera au niveau 110m, où nous pouvons utiliser cet espace pour créer plusieurs installations notamment :

- Un complexe sportif (**Fig.66**)
- Un village avec des résidence semi- collectives (**Fig.67**) dotées de :

- Parking pour les véhicules
 - Parc pour enfants
- Un lac artificiel entouré de bungalows pour les touristes (**Fig.68**);

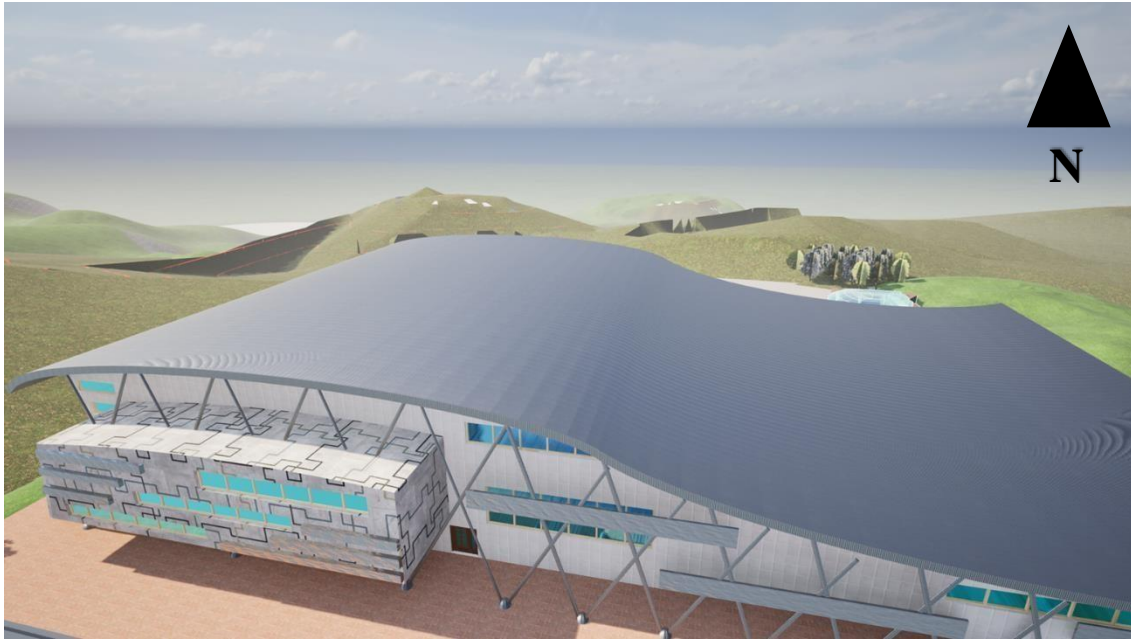


Figure 66 :Photo en 2D de complexe sportif



Figure 67 : Photo de la 2D de la résidences semi-collectives



Figure 68 : photo 2D d'un lac artificiel entouré par des bungalow

4 Cadre Légal

La loi minière prévoit que tout postulant à l'obtention d'un titre minier doit présenter à l'appui de sa demande une étude d'impact sur l'environnement de l'activité minière projetée.

L'étude d'impact doit accompagner d'un plan de gestion environnementale.

Le cadre légal du travail réalisé s'inscrit dans la législation suivante :

- Loi 10-01 du 03 juillet 2001 portant sur la loi minière et ses textes d'application ;
- Loi N°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable et ses textes d'application ;

Ordonnance N°76-04 du 20 Février relatives aux règles d'application en matière de sécurité contre les risques de l'incendie et de panique et à la création de commission de prévention et de protection civile ;

- Loi N°83-17 du juillet 1983, modifié et complétée portant code des eaux ;
- Loi N°84-12 du 23 juin 1984, modifié et complété portant régime générale des forêts ;
- Loi N°85-05 du 16 Février 1985, modifié et complété relative à la protection et à la promotion de la santé ;
- Loi N°29-23 du 17 Décembre 1989, modifié et complété modifié et complétée relative à la normalisation ;
- Loi N°90-30 du 7 Avril 1990 relative à la commune ;

- Loi N° 01-19 du 12 Décembre 2001 relative à la gestion, au control et à l'élimination des déchets ;
- Loi N°01-20 du 12 Décembre 2001, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.

5 Réglementation algérienne sur la réhabilitation des carrières

Décret exécutif N°07-145 du 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices impact sur l'environnement.

Etudes d'impact sur l'environnement : document élaboré dans les conditions prévues par les dispositions législatives relatives à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Gestion de l'après-mine : actions et responsabilités pour la restauration et la remise en état des sites miniers après la fin du permis minier, tenant compte de la santé des populations riveraines et de la sécurité du public, du respect de l'intégrité écologique et des principes du développement durable.

Plan de restauration et de la remise en état des lieux : document, sans préjudices des dispositions législatives relatives à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, élaboré par le demandeur du permis d'exploitation de mine ou de carrières, et faisant partie de l'étude d'impact sur l'environnement. Ce plan comporte les opérations, les actions et les travaux à exécuter par le titulaire du permis d'exploitation de mines ou de carrières pour la restauration et de la remise en état des lieux exploités durant l'exploitation et après la fin du permis minier.

Conclusions et Recommandations

Conclusion générale :

L'objectif central de ce travail est d'évaluer les impacts environnementaux liés à l'exploitation du gisement de calcaire de la carrière de Keddara, Unité C35 par la société Cosider Carrière.

Les données géologiques et minières pertinentes pour l'exploitation de ce gisement confirment que ce dernier est composé d'unités de calcaires gris sombre et gris clair blanchâtre, surmontées de marnes. Ces formations massives contiennent de nombreux filons de barytine, parfois associés à des sulfures de plomb et de cuivre, d'âge Éocène moyen (Lutétien). Concernant les mesures de bruit, les enregistrements montrent des niveaux sonores dépassant le seuil de risque acceptable énoncé dans le décret exécutif n° 93-184 par la réglementation Algérienne du 27 juillet 1993.

Les mesures de vibration ont montré que les ondes sismiques enregistrées sont inférieures aux valeurs-limites admissibles par la loi de Chapote qui est de 10 mm/s. Leurs effets sont donc négligeables pour l'habitation la plus proche de la carrière.

L'évaluation des impacts environnementaux de l'exploitation de la carrière C35, telle que présentée dans le bilan final, indique que la majorité de ces impacts sont négatifs. Cependant, grâce aux efforts et aux mesures d'atténuation mises en place par l'entreprise Cosider, il a été possible de contrôler et de réduire ces impacts au sein de la carrière.

Néanmoins, un facteur majeur de l'impact environnemental négatif de cette carrière est la route qui y mène, traversant la ville de Keddara. Cette situation engendre de nombreux impacts significatifs non maîtrisés par l'entreprise, tels que des accidents mortels causés par les camions de transport, des accidents divers, la poussière soulevée par ces véhicules, ainsi que la fissuration et la dégradation de cette route. Il est important de noter que ces impacts ne tiennent pas compte de l'impact collectif des autres carrières de la région utilisant la même route.

Nous pouvons affirmer que l'aspect qui confère à cette carrière un impact Environnemental négatif ne réside pas dans les processus d'extraction et de traitement, mais plutôt dans le transport des granulats hors de la carrière pour leur utilisation. Cette problématique de transport, notamment via la route traversant la ville de Keddara, est la principale source des impacts environnementaux significatifs observés.

Nous avons constaté que l'évaluation d'ensemble des impacts d'une carrière, permettent non seulement d'identifier ces impacts et leurs aspects, mais aussi de proposer des mesures

d'atténuations efficaces. Des pratiques de remise en état et le réaménagement bien planifier peut transformer des sites dégradés en zones écologiquement viables et socialement bénéfiques.

Les recommandations et les mesures d'atténuation formulées dans ce mémoire visent à améliorer les pratiques d'exploitation des carrières en Algérie. En adoptant des approches plus durables, les entreprises peuvent non seulement minimiser leur empreinte écologique, mais aussi contribuer positivement au bien-être des communautés locales.

L'avenir de notre planète dépend de notre capacité à intégrer pleinement la protection environnementale dans toutes nos activités. Les gouvernements, les entreprises et les citoyens doivent collaborer pour développer des solutions innovantes et durables. La sensibilisation et l'éducation jouent également un rôle clé dans ce processus.

Enfin, ce mémoire souligne l'importance d'une approche équilibrée entre développement économique et préservation de l'environnement. Les carrières de granulats, bien que nécessaires pour le développement, doivent être gérées de manière responsable pour garantir un avenir durable pour les générations futures.

Recommandations :

Sur la base de cette recherche, nous espérons que Cosider prendra en compte la principale cause de l'impact environnemental négatif de sa carrière, à savoir la route traversant le centre de la ville de Keddara. En conséquence, nous formulons les recommandations suivantes :

- Prendre contact avec d'autres entreprises qui exploitent des carrières dans cette zone et utilisent la même route afin d'intensifier les efforts visant à trouver une solution à cet impact majeur sur l'environnement.
- Création d'un raccourci vers ces carrières, car elles sont situées dans une même zone et sont contiguës les unes aux autres avant d'atteindre à la ville de Keddara, si possible.
- La route menant à cette ville doit être bien aménagée et goudronnée tous les trois ans, ce qui est une estimation et peut changer en fonction de l'état de la route.
- Prendre des mesures strictes à l'égard des entreprises ou des parties prenantes qui achètent ces granulats et le transportent par cette voie.
- Construction des dos d'âne tous les 30 mètres environ pour contrôler la vitesse de ces camions, notamment au niveau de l'école primaire où s'est produit le dernier accident.
- Installations de Panneaux de limitation de vitesse, passage pour piétons, école, etc.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

ARIBA.H(2017) - Etude d'impacts sur l'environnement. Cas de la carrière de Beni Senous (Wilaya de Tlemcen).Mémoire fin d'étude , université Abou bekr Belkaid- Tlemcen.35 pages

AZAICHE.S, KHENDEK.K (2018) : Contribution à l'étude d'impact d'une

BAHARI I. M., et al., (2019) - Impacts environnementaux et socioéconomiques de production de granulats (sable, gravier) de la plaine alluviale du fleuve Niger à Niamey. Article 17 pages

BELAMINE.CH (2021) : Contribution à l'audit environnemental ; Etude du cas de la carrière d'El Msloub, commune, Daïra de Melka, Wilaya de Tizi Ouzou, mémoire fin d'étude, université UMMTO, 73 pages.

BOUDJENIH.M(2020) - Amélioration de la blocométrie lors de l'abattage des roches dans un massif fissuré pour l'assurance de la qualité des granulats, -Cas de la carrière de

BOULEMAREDJ.A, HARIDI.F (2022) - Pollution sonore en Algérie. Article 17 pages Constantine. Mémoire fin d'étude, université des frères Mentouri Constantine1, 65 pages.

COQUARD.A (2012) - Exposition aux poussières provenant d'une mine à ciel ouvert

DARKAOULA, OUAHMAN.B (2019) - Impacts environnementaux de

DESCOTEAUX.M (2012) - Diminuer les émissions de poussières d'un site d'extraction et de traitement de pierre calcaire. Mémoire fin d'étude, université de Sherbrooke Québec.97 pages.

GACINA.R, DIMITRIJEVIC.B (2022) - Reducing environmental impact caused by mining activities in limestone mines

Installation classe : Cas de la briqueterie Izerkhef, mémoire fin d'étude, université Keddara Djebel BOURKANE, Cosider. Mémoire fin d'étude, université Polytechnique El Harrach,121 pages.

KEMEDJIM, IDIR.A (2017) - Exploitation des substances utiles à ciel ouvert et impact sur l'environnement - cas de carrière (Chouf Amar m'sila). Mémoire fin d'étude, université Abderrahmane Mira Bejaia. 111 pages.

KHELFALLAH. A (2015) - Evaluation des impacts environnementaux liés à

Khelfaoui.A, 2019, Etude géologique et impact sur l'environnement de la carrière d'agrégat de Cap Djinet (Boumerdes), université UMMTO

KHELFIA.M, YKHLEF.S (2015) - Amélioration de la fragmentation de la roche à l'explosif dans les conditions de la carrière des granulats d'Adrar Oufernou. Mémoire fin d'étude université Abderrahmane Mira Béjaia. 74 Pages

L'exploitation des carrières dans les oasis d'Ouarzazate. Article 14 pages

L'exploitation et le traitement du grès. Cas la société Africaver. Mémoire fin d'étude Université Badji Mokhtar Annab. 85pages

Lamri.Z , (2021) - impacts de l'extraction des sables et graviers de la carrière géante d'ibn badis sur l'environnement de l'est de la wilaya de

M. LANSIRAT (2008) : Evaluation des impacts environnementaux des carrière (avancement des travaux, synthèse 2005-2007. Article 33 pages

Mémoire fin d'étude Université UMMTO 80 pages

OUAISSA.S (2009) - Utilisation sélective des sables de carrières dans l'industrie du bâtiment (aspect technique et comparaison avec les sables de rivière). Mémoire fin d'étude Ecole national Polytechnique El-Harrach,71pages.

OUKID.Y (2021) : Etudes d'impacts sur l'environnement de la carrière de calcaire MOUHEB de KEDDARA, mémoire fin d'étude, université UMMTO,78 pages

RAMBOLARIMANANA.T (2017) : Diagnostic de territoire et étude d'impacts environnementaux de la domestication du tsiperifery Cas de cinq Fokontany de la Commune Rurale d'Ambongamarina. Mémoire de master, école supérieure Polytechnique d'Antananarivo UFR Scinces économique et de gestion de Bourdeaux, 65pages.

SAM.L Cours L3 RM Textures des Minerais

TEFIANI, M (1968) : Unités des Tamaekennit : Un nouvel élément de la chaîne calcaire

UMMTO,108 pages

YAHIAOULA (2018) - Evaluation du projet d'exploitation de la carrière de granulats du gisement de Djebel Bourkane, commune de Keddara, wilaya de Boumerdes.

YETTO.I (2016) - Évaluation des nuisances sonores et élaboration d'une cartographie de bruit au niveau de la raffinerie d'Alger. Mémoire fin d'étude, université Boumerdes. 104 pages Janicot, Serge, et al., éditeurs. « Chapitre 7. Les émissions de gaz à effet de serre ». Changement climatique, IRD Éditions, 2015, <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.29426>.

ZOBIRI.R (1992) : Projet d'ouverture de la carrière de DJEBEL-BOUZEGZA. Mémoire fin d'étude, école national Polytechnique. 87 pages

Rapport cosider :

- Audit environnemental, carrière d'agrégat de Keddara,
- Wilaya de Boumerdes
- Rapport géologique de Djebel Bourkane, 21 pages
- Rapport de mesure de bruit au milieu professionnel unite C35. 32 Pages
- Rapport géologique actualisé du gisement de Djebel Bourkane à Keddara (Wilaya Boumerdes)
- Etude de vibrations induites par des tirs de mines. Tir miner n° 03/2023 du 08/02/2023. Rapport 45 pages

Webographie :

[Www.airpl.org](http://www.airpl.org) : EMCAIR (2018). Emissions des carriers dans l'air

[Www.loiret.gouv.fr](http://www.loiret.gouv.fr) : Colas centre ouest. Carrière de Saint-Genevieve-Des-Bois (45) juillet 2014, étude d'impacts chapitre 2- Description du projet

[Www.geotech-fr.org](http://www.geotech-fr.org) : Revenue française de géotechnique N°17. Rapport général de L. Primel (exploitation a ciel ouvert).

[Www.mineralinfo.fr](http://www.mineralinfo.fr) : Exploitation minière et traitement des minerais Tome 6 Février 2017

<http://upchaux.fr> : Carrières, poussières et environnement

[Www.dordogne.fr](http://www.dordogne.fr) : Meac La tour blanche livret 3

[Www.platform-unpg.fr](http://www.platform-unpg.fr) : Prévention des risques lies aux émissions de poussières en carrières

[Www.isere.gouv.fr](http://www.isere.gouv.fr) : Projet d'ouverture d'une carrière de roches massive calcaires

[Www.acoucite.org](http://www.acoucite.org) : les effets de bruit sur la sante

[Www.ineris.hal.science](http://www.ineris.hal.science) : Hygiène et sécurité dans les carrières. Les poussières

[Www.atmo.occitanie.org](http://www.atmo.occitanie.org) : pollution atmosphérique et gaze a effet de serre 2008-2018

[Www.epinl.fr](http://www.epinl.fr) : plan de prévention du bruit dans l'environnement ppbe ville d'epinal 2015-2018

[Www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr) : Intégration d'une carrière dans son environnement naturel

[Www.bassinversant.org](http://www.bassinversant.org) : Elaboration des études d'impact de carrières. Guide de recommandations

[Www.correze.gouv.fr](http://www.correze.gouv.fr) : impact visuel et paysager de la carrière (résumé) + chapitre 3

[Www.eial.nl](http://www.eial.nl) : Guide pour l'évaluation des EIE de projets miniers

Références Bibliographiques

[Www.professionnels.ofb.fr](http://www.professionnels.ofb.fr) : L'évaluation des impacts environnementaux d'un projet ou d'une action

[Www.bibliotheque-unpg.fr](http://www.bibliotheque-unpg.fr) : évaluation des impacts environnementaux potentiels de la production de granulats en France

[Www.blog.nobatek.inef4.com](http://www.blog.nobatek.inef4.com) : Guide granulats recyclés

Annexes

Annexe 1 : Tableaux des entrants et sortant relative à la carrière C35

| ACTIVITES | ASPECTS | IMPACTS |
|---|---|---|
| Découverte végétale | <ul style="list-style-type: none"> - Dé paysage - Emission de bruit - Emission de poussière - stérile | <ul style="list-style-type: none"> - défiguration de l'aspect - nuisance sonores - pollution de l'air |
| Forage | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de poussière - Emission du bruit | <ul style="list-style-type: none"> - pollution de l'air - nuisances sonores |
| Abattage de la roche | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de gaz - Vibration - Poussière et bruit | <ul style="list-style-type: none"> - pollution de l'air - Fissuration du sol et du sous-sol - pollution de l'air - influence sur la nappe phréatique. |
| Extraction / débitage | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières - Gaz d'échappement | <ul style="list-style-type: none"> - nuisance sonore - pollution de l'air |
| Transport des roches vers station concassage et le transport des agrégats | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières - Emission de gaz d'échappement | <ul style="list-style-type: none"> - nuisance sonore - pollution de l'air |

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| <p>Concassage / criblage</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières | <ul style="list-style-type: none"> - nuisance sonore - pollution de l'air - Epuisement des ressources |
| <p>- Travaux de maintenance</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Consommation de l'huile - Consommation de pneu et batterie - Consommation d'eau - Consommation d'Energie | <ul style="list-style-type: none"> - contamination du sol et sous-sol - génération des déchets spéciaux dangereux - Epuisement des ressources naturelles non renouvelable |

Annexe 2 :Tableau récapitulatif d'évaluation des aspects et les impacts liée à l'exploitation de la carrière cosider C35

| Entrants | ACTIVITES | Sortant |
|--------------------|------------------------------|--|
| <p>- Bulldozer</p> | <p>- Découverte végétale</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières - Stérile - Gaz d'échappement - Tache d'huile |

| | | |
|--|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Foreuse - Forage - Emission de poussières |
| - Substances Explosifs et accessoires | - Abattage de la roche | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières - Vibration due au tir, - gaz |
| <ul style="list-style-type: none"> - Roche abattue - pelle excavatrice sur chenilles | - Extraction / débitage | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières - Gaz d'échappement - Tache d'huile |
| - Camions | <p>Transport de TVC vers la station de concassage</p> <p>- transport d'agrégats</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières - Gaz d'échappement |
| - Station de concassage | Concassage / criblage | <ul style="list-style-type: none"> - Emission de bruits - Emission de poussières |
| <ul style="list-style-type: none"> - Huile de vidange - pneu / Batterie - pièce de rechange - Eau - Energie : gasoil / Electricité | - Travaux de maintenance | <ul style="list-style-type: none"> - Huile utiliser - Pneu utiliser - batterie utiliser - pièce de rechange usées |