

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques et Géologiques
Département des Sciences Géologiques

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Ressources Minérales Géomateriaux et Environnement

Thème :

Etudes d'impact sur l'environnement de la carrière de calcaires MOUHEB de KEDDARA



Présenté par :
OUKID Yanis

Devant le Jury composé de :

HAMIS Ahmed	MCB/UMMTO	Président
MAKHLOUF Ali	MCA/UMMTO	Examineur
IZRI Dahbia	MAA/UMMTO	Encadrant
Mr Elhachmi	INGENIEUR	Encadrant

Session 2021 / 2022

Remerciements

*Je tiens à remercier **M^{me} IZRI** qui m'a suivi et aidé tout au long de ce travail.*

Je suis aussi reconnaissant à tous les enseignants du département des Sciences Géologie qui ont contribué à ma formation.

*Je remercie aussi l'entreprise **SARL MOUHEB**, qui m'a permis de faire le stage pratique, ainsi que **M^r ELHACHMI** qui m'a encadré.*

*Ma profonde gratitude va également aux membres du jury qui me feront l'honneur d'évaluer ce travail **M^r HAMIS** et **M^r MAKHLOUF**.*

Je désire exprimer mes remerciements à tous ceux qui par leurs aide et encouragements, m'ont permis d'achever ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant ma formation

A mes chers frères : Chabane et Koceila,

A mes chères sœurs : Dihya et Lilia,

A ma belle-sœur : Kahina,

A mon beau-frère : Asmane

A la mémoire de mes Grands Parents,

A mon neveu : Dany,

A mes nièces : Louise et Nelya,

A mes proches : Oncle, Tantes, cousins et cousines,

A mes amis : Mehdi, Sid Ali, Thamila, Djafar, Samy, Remdane, Syfaks,

Ghania, et mon ami d'enfance Mourad.

A toute ma promotion.

Yanis

Résumé

La carrière de MOUHEB sis à Keddara, est à 22 Km de la ville de Boumerdès. L'ensemble des formations constituant le massif, sont des calcaires d'âge Jurassique.

Ce gisement est en cours d'exploitation à ciel ouvert, les matières extraites sont utilisées pour la fabrication d'agrégats de différentes classes utilisées dans BTP.

La méthode d'exploitation de ce gisement est une exploitation à ciel ouvert, à l'explosif.

Les activités de la carrière se résument en :

Extraction de la roche par abatage à l'explosif ainsi que le concassage de la roche pour en extraire des agrégats à la commercialisation.

L'étude environnementale a permis de mettre en évidence certains éléments :

Les poussières issues lors des travaux d'extraction de la carrière sont des produits nuisibles. Les sources d'émission de ces polluants les plus importantes dans la carrière, sont celles liées au trafic induit sur les pistes, à l'extraction de matériaux et les tirs d'explosifs ainsi que le processus de la station de concassage. Ce taux d'émission de poussières peut être contrôlé et limité par la prise de certaines mesures.

L'impact paysager qui est lié à deux points particuliers qui sont le décapage et l'extraction qui aboutissent à une modification du site. La remise en état de la carrière, est la seule façon pour dissimiler les dommages engendrées par les travaux d'exploitation et redonner au site un bon aspect paysager.

Mots clés : Calcaire, formation, gisement, exploitation à ciel ouvert, impact, environnement, carrière, poussières, polluants, air, concentrations, collecteur, remblayage, réaménagement, bruit.

Abstract

The quarry of MOUHEB located in Keddara, is 22 km from the city of Boumerdès. The whole of the formations constituting the massif, are limestones of Jurassic age.

This deposit is being exploited in the open air and the extracted materials are used for the manufacture of aggregates of different classes for the building industry.

The mining method for this deposit is open-cast mining, using explosives.

The quarry activities are summarised as follows:

Extraction of the rock by blasting and crushing of the rock to extract aggregates for marketing.

The environmental study highlighted certain elements:

Dust from quarrying operations is a harmful product. The most important sources of emission of these pollutants in the quarry are those linked to the traffic induced on the tracks, the extraction of materials and the blasting as well as the process of the crushing station. This dust emission rate can be controlled and limited by taking certain measures.

The landscape impact which is linked to two particular points which are stripping and extraction which result in a modification of the site. Rehabilitation of the quarry is the only way to conceal the damage caused by the quarrying works and to give the site a good landscape appearance.

Key words: Limestone, formation, deposit, open pit mining, impact, environment, quarry, dust, pollutants, air, concentrations, collector, backfill, redevelopment, noise.

mm	Millimètre
cm	Centimètre
m	Mètre
m³	Mètre cube
km	Kilomètre
km²	Kilomètre carré
Ha	Hectare
RN	Route nationale
UTM	Urchin tracking module
WGS84	World geodetic system 84
C	Celsius
SO	Sud-Ouest
NE	Nord Est
ONO	Ouest Nord-Ouest
ENE	Est nord Est
t	Tonne
KVA	Kilovoltampère
°	Degré
g	Gramme
h	Heure
TVC	Tout venant compris
j	Jours
Db	Décibels
KPA	Kilo pascale
mm/an	Millimètre par an
R*	Roche

Résumé

Abstract

Introduction générale.....1

Chapitre I : Généralités

1	But du travail.....	3
2	Méthodologie.....	3
3	Situation géographique.....	3
4	Climat.....	5
5	Réseau Hydrographique.....	6
6	Les travaux Antérieures.....	7

Chapitre II : Aspect Géologique

1	Géologie régionale.....	10
1.1	Introduction.....	10
1.2	La chaine des Maghrébides.....	11
1.2.1	Domaine interne.....	11
1.2.2	Le domaine des flyschs.....	13
1.2.2.1	Les flyschs maurétaniens.....	14
1.2.2.2	Les flyschs massyliens.....	14
1.2.2.3	Les flyschs numidiens.....	14
1.2.3	Domaine externe.....	14
1.3	Evolution géodynamique des Maghrébides.....	16
1.3.1	Tectonique.....	16
1.3.2	Tectonique récente.....	17
1.3.3	Magmatisme.....	17
1.3.4	Métamorphisme.....	17
2	Géologie locale.....	18
2.1	Stratigraphie.....	20
2.1.1	Introduction.....	20
2.1.1.1	Le socle ancien et sa couverture paléozoïque.....	20
2.1.1.2	La dorsale Kabyle.....	20

2.1.1.2.1	Unité septentrional interne.....	20
a)	Le Trias.....	20
b)	Le Jurassique.....	21
c)	Le Crétacé.....	21
d)	Le Paléogène.....	21
2.1.1.2.2	Unité méridionale médio-externe.....	21
a)	Lias.....	21
b)	Crétacé.....	22
c)	Eocène.....	22
d)	Eo-Oligocène détritique.....	22
2.1.1.2.3	Unité méridionale externe de Bouzegza.....	22
a)	Le Trias.....	22
b)	Eo-Oligocène détritique.....	22
c)	Le Jurassique calcaire du Lias.....	22
3	Conclusion.....	23

Chapitre III : Zone d'étude

1	Introduction.....	25
2	Généralités sur le site.....	25
2.1	Situation géographique.....	25
2.2	Superficie et l'infrastructure.....	26
2.3	Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du gisement.....	26
2.3.1	Hydrogéologie.....	26
2.3.2	Réseau hydrographique.....	26
2.3.3	Topographie.....	26
2.4	Description de l'installation de traitement.....	27
2.5	Moyens humains et matériels.....	28
2.5.1	Moyens humains.....	28
2.5.2	Moyens matériels.....	29
3	Condition technico-minièrre de l'exploitation.....	29
3.1	Système d'exploitation.....	29
3.2	Méthode d'exploitation utilisée.....	29

3.2.1	Règles relatives à la mise à l'abri du personnel et à la garde des issues pendant les tirs.....	30
3.2.1.1	Avant le tir, le boutefeu doit.....	30
3.2.1.2	Le boutefeu (et lui seul).....	30
3.2.1.3	Délai d'attente après le tir.....	30
3.2.1.4	Vérification du tir.....	30
3.2.1.5	Purge des fronts après le tir.....	30
3.2.1.6	Mesures de sécurité publique vis-à-vis des tirs de mines.....	30
3.2.2	Couverture et stérile.....	31
3.2.3	La découverte.....	31
3.2.4	L'extraction.....	31
3.2.5	Paramètre du tir.....	32
3.2.6	Calcul des paramètres pour un plan de tir type.....	32
3.2.7	Traitement des matériaux.....	33
3.2.8	Description et schéma de fabrication.....	33
3.3	Capacité de production de la carrière.....	35
3.4	Régime de fonctionnement de la carrière et sa durée.....	35
3.5	Caractéristiques géométriques des ouvrages miniers.....	36
3.5.1	Gradin.....	36
3.5.2	Bernes de sécurité interne.....	37
3.5.3	Bernes de sécurité externes.....	37
3.5.4	La piste d'accès.....	37
3.5.5	La largeur de la piste.....	37
3.5.6	la pente de la piste.....	38
3.5.7	Le rayon de virage.....	38
3.5.8	Décharges ou déblais.....	38
3.5.9	Paramètres géométriques.....	38
4	Les phases d'exploitation de la carrière.....	39

Chapitre IV : Contribution à l'audit environnemental de la carrière

1	Introduction.....	52
2	Réglementation Algérienne sur l'exploitation minière, son impact sur l'environnement et la réhabilitation des carrières.....	52
3	Méthode d'évaluation des impacts sur l'Environnement.....	56
3.1	L'impact de l'exploitation d'une carrière sur l'environnement.....	56
3.1.1	Impact sur les ressources en eau.....	56
3.1.2	Impact hydrologique.....	56
3.1.3	Impact sur la faune et la flore (Impact biologique).....	57
3.1.4	Impact sur l'atmosphère.....	57
3.1.5	Impact sur le paysage.....	57
3.1.6	Impact sur les infrastructures.....	57
3.1.7	Bruits et vibrations.....	58
4	Evaluation des impacts au niveau de la carrière de Keddara.....	58
4.1	Impact sur le site et le paysage.....	58
4.2	Impacts sur les eaux.....	59
4.2.1	Impact sur les eaux superficielles.....	59
4.2.2	Impact sur les eaux souterraines.....	59
4.2.3	Impacts sur l'agriculture.....	60
4.2.4	Impacts sur la faune et la flore.....	60
4.2.5	Impacts liés aux bruits.....	60
4.2.6	Impact liés aux vibrations.....	61
4.2.7	Impact liés aux transports.....	61
4.2.8	Hygiène et sécurités.....	61
4.3	Déchets solides.....	62
4.3.1	Terre de procès « stériles ».....	62
4.3.2	Déchets de la vie sur site.....	62
4.4	Déchets liquides.....	63
4.5	Constat de l'étude.....	64
5	La description des mesures envisagées.....	64
5.1	Protection visuelle et paysagère.....	64

5.2	Mesures relatives à la formation des poussières.....	64
5.3	Mesures relatives aux équipements.....	65
5.4	Mesures relatives à la protection des travailleurs.....	65
5.5	Mesures relatives au transport des matériaux.....	65
5.6	Mesures pour assurer la stabilité des terrains.....	65
5.7	Hygiène.....	65
6	Plan de gestion environnementale.....	67
6.1	Procédure de contrôle.....	67
6.2	Procédure d'audit.....	67
6.3	Réponse aux urgences environnementales.....	67
7	Plan de remise en état.....	67
7.1	Aménagement du terrain en reboisements forestiers.....	68
7.2	Aménagement d'espace vert et de loisirs.....	68
	Conclusion Générale.....	72
	Bibliographie.....	74

Figure 1: Limites du site projetées en UTM NS sur levé topo.....	4
Figure 2: Situation géographique de la zone d'étude (google earth).....	5
Figure 3: Diagramme ombrothermique Boumerdès.....	6
Figure 4: Coupe géologique N-S du Nord de l'Algérie (M. Durand Delga 1969) La chaîne des Maghrébides.....	11
Figure 5: L'orogène alpin périméditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969).....	12
Figure 6: Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Maghrébides (modifiées d'après Durand-Delga, 1969).....	13
Figure 7: Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des maghrébides (Boullin, 1986).....	13
Figure 8: Coupe générale synthétique des maghrébides de l'Est Algérien (région du constantinois) (Villa J.M, 1980).....	15
Figure 9: Reconstitution paléogéographique des différents domaines des Maghrébides au Crétacé inférieur (d'après Bouillin, 1986).....	16
Figure 10: Répartition et âge du volcanisme récent en Afrique du Nord (Wildi.W, 1983).....	17
Figure 11: Situation géographique de la zone d'étude (google earth) avec projection des coordonnées.....	19
Figure 12: Carte géologique de la région du site de la Keddara (Boumerdes).....	19
Figure 13: Situation géographique du site carte topographique (1/50000 INCT).....	25
Figure 14: Pont bascule et bureau.....	26
Figure 15: Gradin au sommet de la carrière.....	27
Figure 16: Station de concassage mobile.....	31
Figure 17: Montrant la foreuse en train de forer.....	33
Figure 18: Concasseur primaire.....	33
Figure 19: Convoyeur à bandes.....	34
Figure 20: Schémas du process.....	34
Figure 21: Paramètres géométriques du gradin et du talus.....	39
Figure 22: Première phase d'exploitation.....	40
Figure 23: Deuxième phase d'exploitation.....	42
Figure 24: Troisième phase d'exploitation.....	44
Figure 25: Quatrième phase d'exploitation.....	46

Figure 26: Cinquième phase d'exploitation.....	48
Figure 27: Sixième phase remise en état.....	50
Figure 28: Impact paysager de la carrière.....	58
Figure 29: Barrage de KEDDARA.....	59
Figure 30: Fosse de vidange et de récupération.....	60
Figure 31: Présence d'huile et de gasoil dans la carrière.....	63
Figure 32: Engin en panne non réparé.....	63
Figure 33: Les différents déchets spéciaux.....	63
Figure 34: Schéma de l'aménagement après exploitation.....	69

Tableau 1: Coordonnées de la zone d'étude.....	4
Tableau 2: Tableau climatique de la wilaya de Boumerdès.....	6
Tableau 3: Les différentes étapes du process.....	28
Tableau 4 : Moyens humains de la carrière et l'unité.....	28
Tableau 5: Moyens matériels de la carrière.....	29
Tableau 6: Durée de vie de la carrière.....	35
Tableau 7: Tableau montrant le niveau sonore dans la carrière.....	60

Introduction générale

Une carrière est le lieu d'où sont extraits des matériaux de construction tels que les agrégats les pierres de tailles, le sable ou différents minéraux non métalliques ou carbonifères. Le chantier se fait à ciel ouvert, soit « à flanc de coteau », soit « en fosse » jusqu'à une centaine de mètres de profondeur parfois.

Tout projet de développement d'une carrière, est basée sur une évaluation géologique géotechnique technico-économique et environnementale. La rentabilité du projet est évaluée selon tous ces paramètres. L'ouverture d'une carrière est soumise à l'approbation de tous les services d'une wilaya, agriculture, hydraulique, domaine, environnement.

L'objectif principal de ce présent mémoire est de montrer les différents impacts environnementaux liés à l'exploitation à ciel ouvert de la carrière de MOUHEB dans la région de KEDDARA

Pour cela le thème de ce travail est intitulé comme suit :

« Etudes d'impact sur l'environnement de la carrière de calcaires MOUHEB de KEDDARA».

Ce mémoire se divise en quatre chapitres :

- Le premier chapitre : généralités sur la région d'étude
- Le deuxième chapitre : On a le cadre géologique à différentes échelles ; régionale et locale.
- Le troisième chapitre : présentation du gisement, caractéristiques géologiques et hydrogéologiques, condition technico-minièrre de l'exploitation et les méthodes d'exploitations utilisées.
- Le quatrième chapitre : la mise en évidence des différents impacts sur l'environnement et la proposition des solutions.

Chapitre I

Généralités

1 But du travail :

Notre étude s'intéresse au potentiel de la carrière MOUHEB et l'évaluation géologique technique et environnementale du projet d'exploitation de la carrière.

L'objectif principal de ce travail est accès sur :

- La description des faciès composant la carrière de MOUHEB.
- L'estimation du potentiel de réserves.
- Une évaluation des impacts de l'exploitation de la carrière de MOUHEB sur l'environnement.
- La description de mesures envisagées.
- Un plan de gestion de l'environnement.

2 Méthodologie :

Ce travail a nécessité l'utilisation de méthodes classiques en commençant par une synthèse bibliographique sur les travaux antérieurs sur la région, relative à la géologie et la géologie, ensuite on a effectué un stage de terrain dans notre zone d'étude.

Les travaux de terrains ont consisté, en un levé géologique et pour le volet environnement, il a consisté en un ensemble d'investigations telles que les levés sonores et point géographiques du site.

Le traitement de données via le logiciel d'Auto-Covadis.

3 Situation géographique :

La carrière est située dans la wilaya de Boumerdes, cette dernière est une wilaya côtière du centre du pays qui s'étend sur une superficie de 1 456,16 km² avec un profil littoral de 100 km allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest, à la commune d'Alger à l'Est.

La wilaya de Boumerdes a été créée en 1984 à la suite de la promulgation de la loi n°84-09 du 4 février 1984 relative au découpage territorial administratif. Boumerdes résulte du partage des communes d'Alger, Tizi-ouzou, Blida et Bouira. Elle compte actuellement 32 communes et 9 daïras.

La wilaya de Boumerdes est délimitée :

- Au nord, par la Méditerranée ;
- A l'ouest, par les wilayas d'Alger et de Blida ;
- A l'est, par la wilaya de Tizi Ouzou ;
- Au sud, par la wilaya de Bouira.

Le gisement de calcaire El Kharrouba occupe le flanc nord du Djbel Bouzegza, il est situé dans la commune d'El Kharrouba, Daïra de Boudouaou.

Il est situé à environ 22Km au sud du chef-lieu de la wilaya de Boumerdès, d'une superficie de 15 Ha.

L'accès au site se fait à partir de la RN°29 au niveau de la localité de Keddara en empruntant une piste d'environ 2,5 Km.

Le périmètre de la présente étude est délimité par les coordonnées UTM Nord Sahara voir le tableau 1 et la figure 1.

Tableau 1: Coordonnées de la zone d'étude

Points	Coordonnées UTM Nord Sahara Fuseau 31	
	X(m)	Y(m)
1	541300	4052200
2	541300	4052100
3	541100	4052100
4	541100	4051800
5	540600	4051800
6	540600	4052000
7	540900	4052000
8	540900	4052100
9	541000	4052100
10	541000	4052200

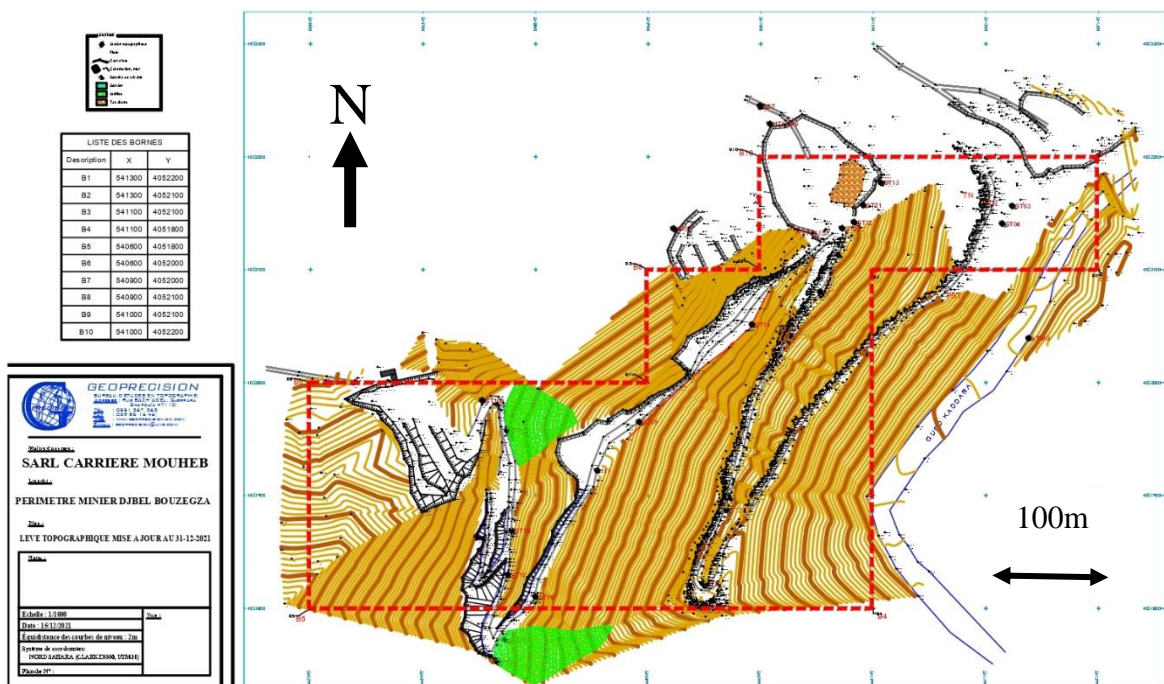


Figure 1: Limites du site projetées en UTM NS sur levé topo.

La zone étudiée, se situe à une cinquantaine de kilomètres de la ville d'Alger, entourée des quatre agglomérations de Zouggar, Keddara, Kharouba et Arbatache, elle constitue un site favorable à l'épanouissement d'une faune et d'une flore variée. Malheureusement, l'installation systématique de carrières à granulats nuit à l'équilibre écologique d'une façon dramatique.

Le massif du Bouzegza représente le prolongement occidental de la chaîne du Djurdjura; à quelques différences près, nous y retrouvons globalement le même dispositif structural. Un socle métamorphique au nord chevauchant parfois une unité de la dorsale septentrionale constituée essentiellement de terrains triasiques et éocènes et dont les principaux affleurements sont d'Est en Ouest (figure 2).

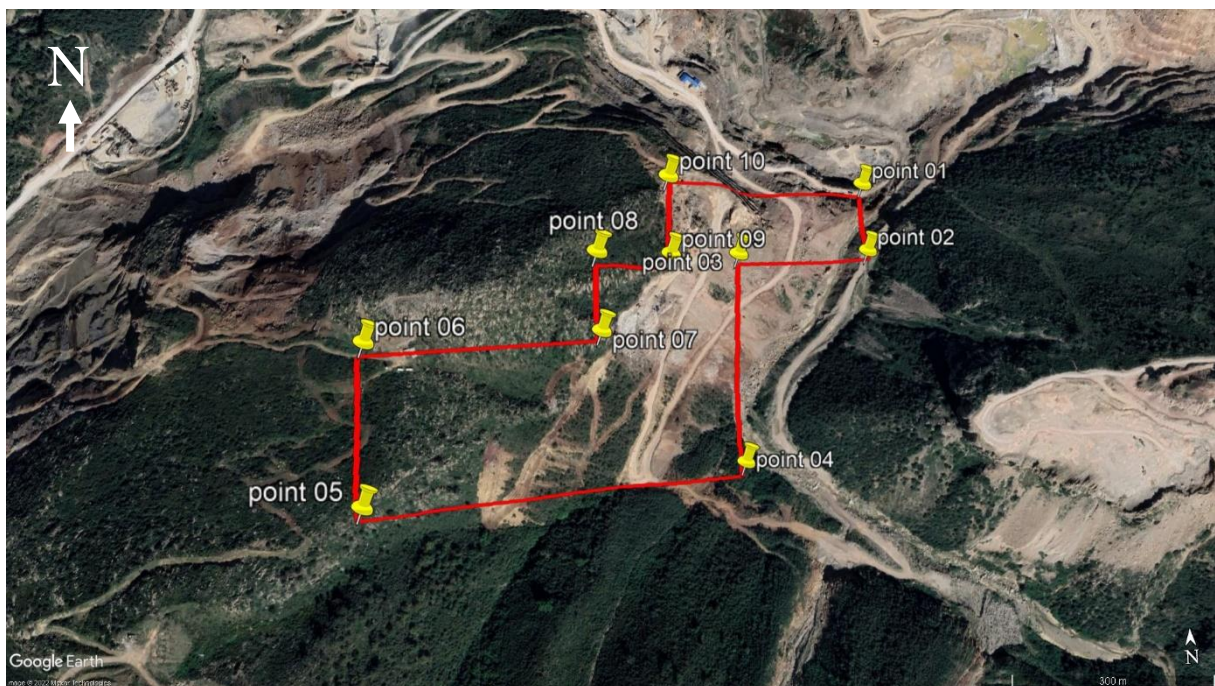


Figure 2: Situation géographique de la zone d'étude (google earth)

4 Climat :

Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat de la wilaya de Boumerdes est de type méditerranéen (Csa) froid et humide en hiver, chaud et sec en été. Boumerdès affiche une température annuelle moyenne de 18 °C. Sur l'année, les précipitations varient entre 500 et 1300 mm. On constate que Dellys est la zone la plus hydrique de la wilaya avec une pluviométrie moyenne de 900 mm/an (figure 3 et tableau 2).

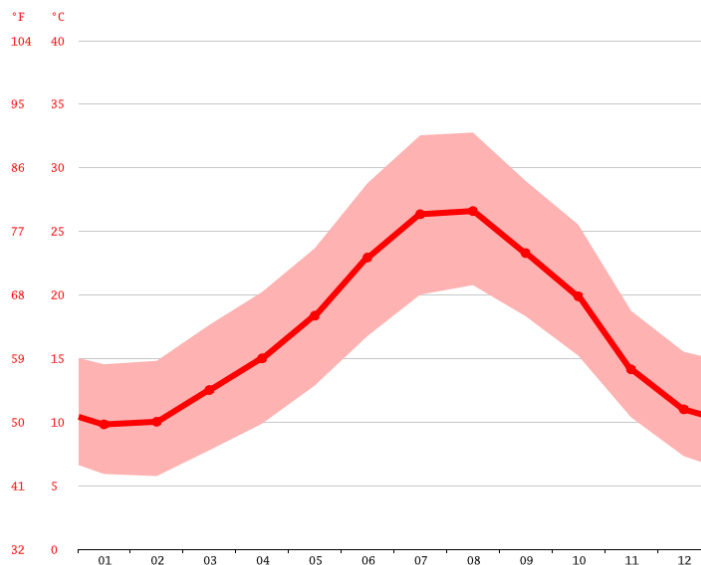


Figure 3: Diagramme ombrothermique Boumerdès

Tableau 2: Tableau climatique de la wilaya de Boumerdès.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	9.8	10	12.5	15	18.4	22.9	26.4	26.6	23.3	19.9	14.1	11
Température minimale moyenne (°C)	5.9	5.8	7.8	9.9	12.9	16.8	20	20.8	18.3	15.2	10.4	7.3
Température maximale (°C)	14.5	14.8	17.6	20.2	23.7	28.8	32.6	32.8	29	25.5	18.8	15.5
Précipitations (mm)	94	79	74	69	53	9	2	9	34	61	96	92
Humidité(%)	75%	73%	72%	71%	69%	59%	54%	56%	63%	64%	71%	74%
Jours de pluie (jrée)	9	8	7	7	5	2	1	1	5	6	9	8
Heures de soleil (h)	6.8	7.5	8.7	9.9	11.0	12.3	12.4	11.4	10.1	8.9	7.3	6.8

5 Réseau Hydrographique :

La région est sillonnée par un réseau d’oueds bien développés, dont l’oued Boudouaou, l’Oued Isser, Oued Corso et Oued El Hamiz, sur lesquels deux barrages (dont le barrage de Keddara Bouzegza fait partie) sont réalisés pour alimenter en eau potable et industrielle les agglomérations d’Alger et de Boumerdès. Avec ses nombreux affluents, leur débit, en général faible, est tributaire des fluctuations pluviométriques.

6 Les travaux Antérieures :

Les premières connaissances portant sur la chaîne du Djurdjura, se limitaient à ces bordures. Elles furent effectuées par E. Renou 1848 et H. Coquand 1854.

L'ingénieur Ville 1868, dans ces travaux, attribuait d'une manière générale, aux calcaires du Djurdjura un âge crétacé. Mais la découverte de la première ammonite par le botaniste M. Letourneux, a permis de parler de l'existence du Lias dans le Djurdjura.

Par la suite, NICAISE 1870, a reconnu l'extension de la formation liasique sur les crêtes. Il donna également quelques indications sur les formations détritiques nummulitiques.

Durant la période de 1884 à 1910, les travaux de E. Ficheur se sont concrétisés par la publication de la première carte géologique générale au 1/20000 de la Kabylie et une carte au 1/50 000 du massif de Beni Khalfoun.

Il fut le premier à distinguer plusieurs îlots de calcaires liasiques de ceux du nummulitique. Il proposa le nom de formation nummulitique (Eocène moyen) pour désigner les calcaires et grès riches en nummulites et qu'il subdivisa en trois : infranummulitique (étage A), nummulitique (étage B), et supranummulitique (étage C).

E. Ficheur, 1890 rattacha au Djurdjura un certain nombre de massif qui présentait un certain nombre de caractères communs : massif de Beni Khalfoun, massif d'Ammal, et Djebel Bouzegza.

A partir de 1924, F. Ehrman, A. Lambert et J. Flandrin reprirent l'étude de la dorsale et publièrent une série de notes.

En 1932, L. Glangeaud publia son étude géologique sur la province d'Alger, il désigna sous le nom de la chaîne calcaire la sous-zone 1 ce qui correspond à la chaîne liasique de F. Ficheur.

Il montra également que les étages A et C de F. Ficheur ne constituent qu'un seul et même ensemble stratigraphique et qu'il attribua à l'Eocène supérieur.

A partir de 1938, J. Flandrin effectua des recherches approfondies sur la région occidentale du Djurdjura connue sous l'appellation de massif de Bouzegza et il proposa une nouvelle classification des terrains tertiaires.

J. Flandrin 1948 quant à lui, désigne sous le terme de Bouzegza, le Djebel de Bouzegza proprement dit ainsi que le tronçon de chaîne compris entre les monts de Lakhdaria et barrage du Hamiz.

En 1952 et à l'occasion du congrès géologique international d'Alger, il publia les nouvelles conceptions du Djurdjura accompagnées par une carte géologique au 1/50 000 en coupure spéciale, avec note explicative.

A partir de 1968 M. Tefiani commença à publier son travail sur le massif de Bouzegza. Il mit en évidence une nouvelle unité (unité de Tamarkennit) considérée comme un nouvel élément de la chaîne du Djurdjura faisant la liaison avec le domaine des flyschs.

En 1970, l'étude géologique du massif de Koudiat el Madène, a permis, au même auteur de le définir comme une unité interne de la dorsale occidentale du Djurdjura, éclairant cette fois les rapports avec le socle.

En 1975, M.Tefiani, présenta quelques traits sur la tectonique de l'Ouest de la grande Kabylie.

En 1979, J.P.Gelard et A.Coutelle entamèrent une nouvelle série de publication sur la géologie du Djurdjura et ses alentours.

En 1981, J.P Gelard, J.F Raoult et M. Tefiani publièrent une note sur l'albien de la dorsale kabyle dans le Djurdjura mal connu auparavant.

De nouveau M.Tefiani en 1982, présenta une note sur les phénomènes tectono-sédimentaires durant l'eo-oligocène de la dorsale de l'algérois.

En 2021, M.Boubekri, a réalisé un mémoire de fin étude sur l'indice de Barytine de Djebel Bouzegza.

Chapitre II

Cadre Géologique

1 Géologie régionale :

1.1 Introduction :

L'Algérie fait partie de l'ensemble Nord-Ouest Africain, son histoire géologique s'inscrit dans une longue évolution géodynamique.

Dans son état actuel, l'Afrique du Nord correspond à une zone ayant subi plusieurs phases de déformation et de sédimentations depuis le Précambrien à l'actuel.

Du point de vue géologique, l'Algérie est subdivisée en deux domaines géologiques :

Un domaine septentrional ou Algérie du Nord, la géologie de cette partie est marquée par l'empreinte de l'orogénèse alpine (domaines tellien et atlasique), édifié au cours du Tertiaire et qui demeure encore instable aujourd'hui.

L'Algérie saharienne, domaine relativement stable depuis la fin du Précambrien, constitué d'un socle déformé par les orogénèses éburnéenne et panafricaine, d'une couverture paléozoïque généralement tabulaire affectée localement de plis hercyniens et d'une couverture méso-cénozoïque tabulaire.

Le linéament majeur entre ces deux domaines correspond à l'accident sud-atlasique qui suit le revers sud de l'Atlas saharien.

La région étudiée, Djebel Bouzegza appartient au premier domaine. Elle fait partie de l'Atlas tellien qui est une chaîne téthysienne formée au Tertiaire.

L'Algérie du Nord est constituée d'ensembles structuraux et sédimentaires portant l'empreinte de la tectonique alpine. On peut distinguer du Nord vers le Sud, de la mer Méditerranée jusqu'à la flexure Sud Atlasique, les ensembles géologiques suivants (figure 4) :

- La chaîne des Maghrébides ou chaîne alpine d'Afrique du Nord, constituée d'unités allochtones charriées sur la marge africaine.
- Les Hauts Plateaux, constitués de terrains méso-cénozoïques tabulaires qui reposent sur un socle paléozoïque plissé et métamorphisé durant l'orogénèse hercynienne.
- L'Atlas saharien, Formé surtout des terrains paléozoïques.

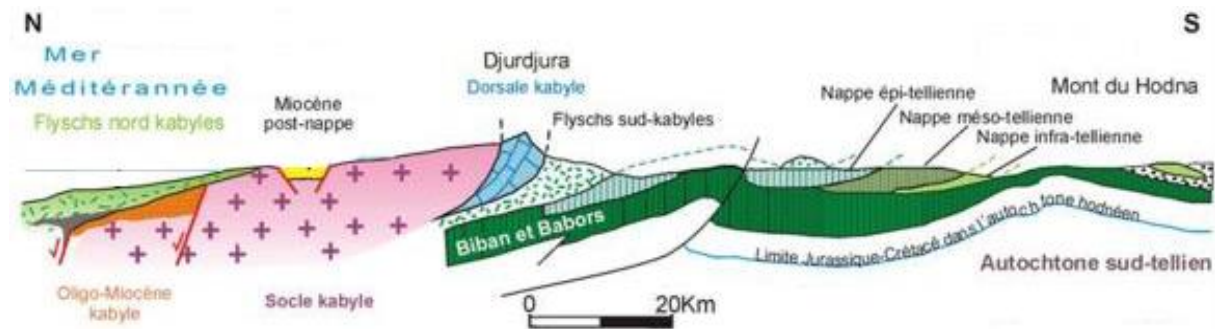


Figure 4: Coupe géologique N-S du Nord de l'Algérie (M. Durand Delga 1969) La chaîne des Maghrébides.

1.2 La chaîne des Maghrébides :

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogène alpin péri-méditerranéen (Durand-Delga, 1969) figure 4, 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.

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 :

1.2.1 Domaine interne :

Appelé aussi **socle kabyle** ou **Kabylide**, est composé de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) peu métamorphique.

Ce socle affleure d'ouest en est dans les massifs du Chenoua (à l'ouest d'Alger), d'Alger, de Grande Kabylie et de Petite Kabylie (entre Jijel et Skikda). Ce dernier, avec 120 km de long et 30 km de large, constitue le plus large affleurement du socle kabyle en Algérie.

Le socle est par endroits recouvert en discordance par des dépôts détritiques (principalement des molasses conglomératiques) d'âge Oligocène supérieur–Miocène inférieur, appelés Oligo-Miocène Kabyle. Les massifs internes des Maghrébides ont donc constitué une zone haute de la fin du Paléozoïque à l'Oligocène supérieur.

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.
- Dorsale médiane.
- Dorsale 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) (Bouillin, 1986).

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 5 et 6).

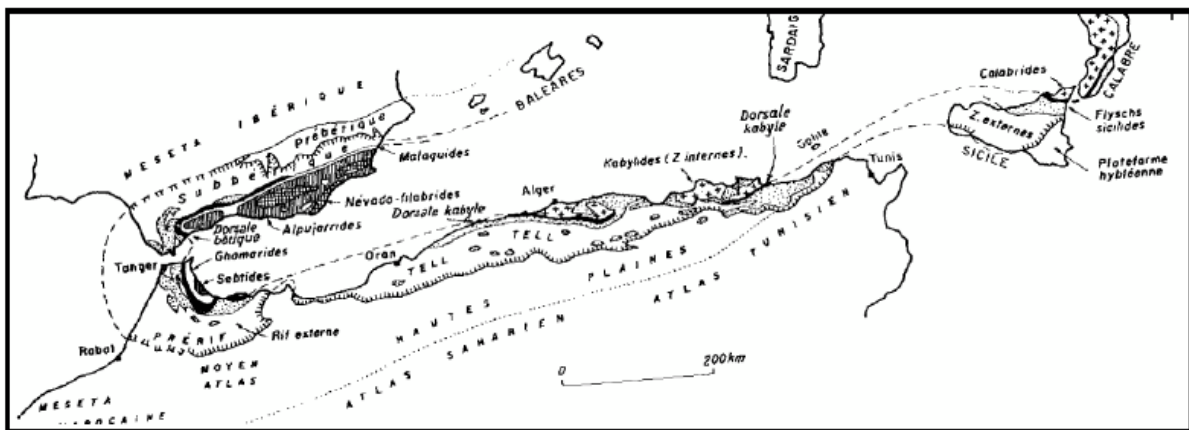


Figure 5: L'orogène alpin périméditerranéen (d'après Durand-Delga, 1969)

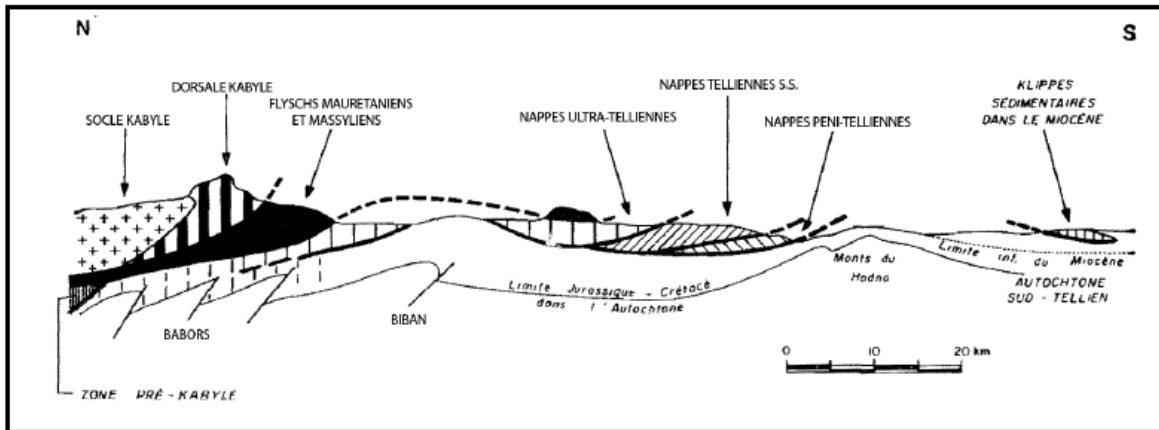


Figure 6: Rapports structuraux entre les différentes unités de la chaîne des Magrébides (modifiées d'après Durand-Delga, 1969)

1.2.2 le domaine des flyschs :

Constitué par des nappes de flyschs crétacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie). Il s'agit essentiellement de dépôts de mer profonde mis en place par des courants de turbidités. Ces flyschs se présentent de trois manières (figure 7) :

- En position interne, superposés aux massifs kabyles, c'est-à-dire rétro charriés sur les zones internes, et appelés flyschs nord-kabyles
- en position relativement externe à la bordure sud de la Dorsale kabyle (flyschs sud-kabyle)
- en position très externe, sous forme de masse isolées flottant sur le Tell charriées jusqu'à une centaine de kilomètres au sud.

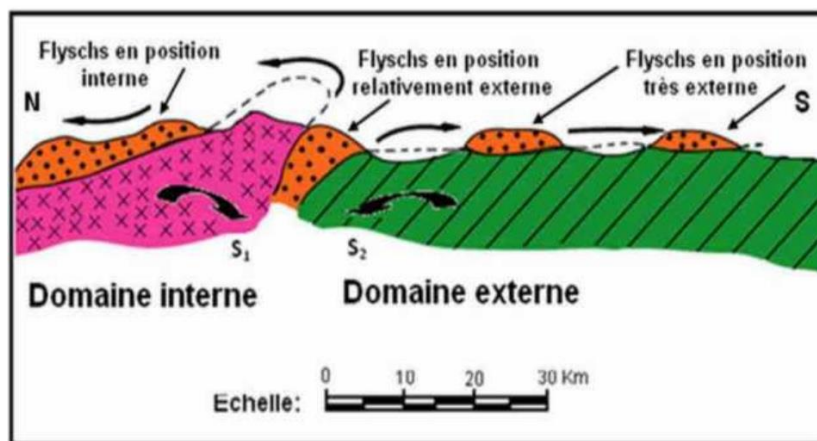


Figure 7: Position des nappes de flysch par rapport aux unités de la chaîne des maghrébides (Bouillin, 1986).

On distingue du Nord au Sud deux grands groupes de flyschs, les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens auxquels s'ajoutent un troisième groupe de flyschs plus récent, les flyschs numidiens d'âge Oligocène supérieur – Burdigalien inférieur.

1.2.2.1 les flyschs maurétaniens :

Sont relativement épais et occupent une position interne dans le domaine des flyschs. Ils sont composés d'alternances 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.

1.2.2.2 les flyschs massyliens :

Occupent une position externe dans le domaine des flyschs et comportent une série pélito-quartzitique d'âge Crétacé inférieur surmontée par une série pélito-micro-bréchiique d'âge Crétacé supérieur.

1.2.2.3 les flyschs numidiens :

Constitués de niveaux gréseux d'âge Oligocène terminal–Aquitaniens épais de plusieurs centaines de mètres qui reposent sur des argilites versicolores oligocènes. Ces flyschs reposent anormalement à la fois sur les zones internes et sur les zones externes.

1.2.3 Domaine externe :

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.

On distingue du Nord au Sud :

- **les nappes ultra-telliennes**, aux formations bathyales du Crétacé et de l'Eocène et une série plus détritique 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** formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé qui, détritique, devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses.
- **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.

Dans le domaine externe existe des unités encore plus externes et d'allochtonie notable, mais moindre, structurées au Miocène moyen qu'on appelle séries de l'avant-pays allochtone ou tellien et se placent entre les nappes telliennes au Nord et l'autochtone ou para-autochtone atlasique au Sud.

On distingue ainsi d'ouest en est :

- l'ensemble allochtone sud-sétifien (séries des Djebels Guergour, Anini, Zdimm, Youssef, Braou, Tnoutit, Sékirine, Tafourer, Agmérrouel, Zana, Azraouat, Hammam, Ain el Ahdjar, Koudiat Tella et série supérieure du Djebel Kalaoun) à matériel carbonaté et marneux du Jurassique au Miocène, et qui apparaît plus à l'ouest dans la fenêtre des Azerou dans la région des Biban. Il se présente sous la forme d'un vaste empilement d'écailles limité par des accidents cisailant.
- La nappe néritique constantinoise, à matériel carbonaté épais et massif du Jurassique–Crétacé, figure 8.
- plus au sud, l'unité des écailles des Sellaoua, dont le Crétacé possède des faciès de bassin.

La figure 8 montre un exemple d'agencement des différents domaines et unités cités précédemment en Algérie (exemple du Constantinois, Algérie nord-orientale).

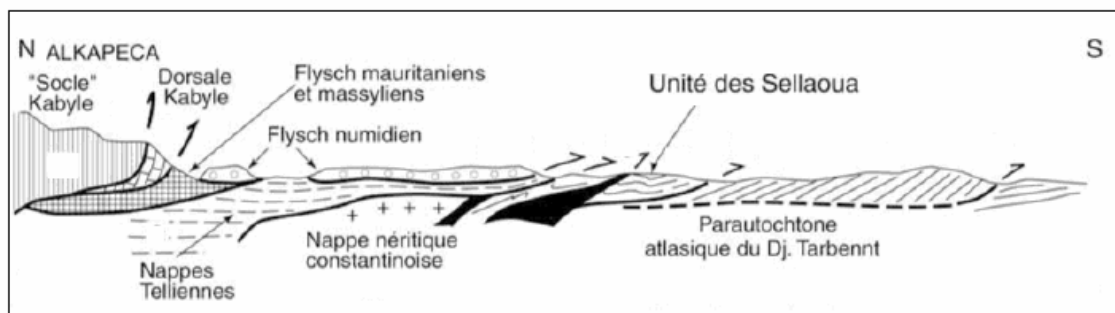


Figure 8: Coupe générale synthétique des maghrébides de l'Est Algérien (région du constantinois) (Villa J.M. (1980)).

On admet aujourd'hui que le domaine interne de la chaîne des Maghrébides faisait autrefois partie d'un micro-continent ou terrane appelé AlKaPeCa (pour Alboran, Kabylies, Paloritain et Calabre qui sont les différents massifs internes de l'orogène péri-méditerranéen) qui était situé beaucoup plus au Nord et appartenait à la marge européenne.

La dorsale kabyle constituait la marge méridionale et le talus continental de ce bloc. Les flyschs se sont déposés dans le bassin océanique profond qui séparait la marge européenne (ou le bloc AlKaPeCa) et la marge africaine.

Les flyschs maurétaniens se sont déposés au pied de la dorsale kabyle et sont alimentés par les zones internes.

Les flyschs massyliens se sont déposés au pied de la marge africaine et sont alimentés par les zones externes. Certains flyschs, tels ceux de Ziane ou de Tamalous présentent des caractères mixtes où s'inbriquent verticalement tous les faciès caractéristiques de l'une ou l'autre des deux séries de flyschs, ce qui indique qu'ils se sont probablement déposés dans une zone de milieu de bassin, recevant aussi bien du matériel d'origine méridionale que d'origine septentrionale.

Les nappes telliennes correspondent à la couverture sédimentaire qui s'est déposée sur la marge nord de la plaque africaine.

Les deux domaines externe et interne se sont affrontés suite au rapprochement des plaques africaine et européenne. Ceci a conduit à la fermeture du bassin des flyschs, et celle du sillon tellien, l'écaillage de la dorsale kabyle et le déplacement des flyschs et des unités telliennes en nappes pelliculaires loin vers le sud (la figure 9).

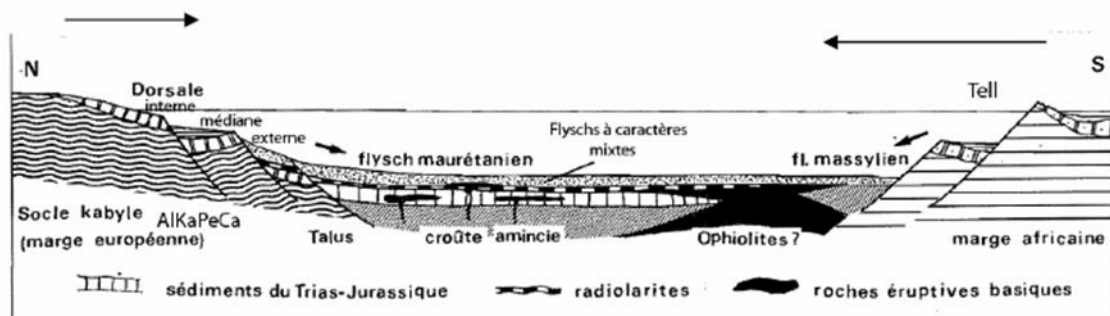


Figure 9: Reconstitution paléogéographique des différents domaines des Maghrébides au Crétacé inférieur (d'après Bouillin, 1986).

Enfin, signalons que des formations sédimentaires du Miocène au Quaternaire recouvrent en discordance les différentes unités précédentes, et sont déposées postérieurement aux grands chevauchements des zones internes, des nappes de flyschs et des nappes telliennes formant de grands bassins post-nappes tels que la Mitidja et le bassin du Cheliff, orientés OSO-ENE et les bassins de Constantine et de la Soummam. Au sein des bassins post-nappes littoraux, s'est mis en place un magmatisme calco-alcalin et alcalin d'âge Miocène et Quaternaire. Ces roches magmatiques sont présentes dans les zones côtières à l'ouest d'Oran, dans l'algérois (régions de Cherchell, Dellys et Thénia), autour de la baie de Bejaia, dans le massif de Collo, et entre Skikda et Annaba.

1.3 Evolution géodynamique des Maghrébides :

1.3.1 Tectonique :

Du Mésozoïque au Tertiaire, l'évolution des Maghrébides est déterminée par la progression géodynamique de la méditerranée occidentale. Elle est caractérisée par le repoussement des plaques Européennes et Africaines.

L'hypothèse la plus récente « Citra » : le domaine kabyle (bloc d'alboran de Wildi, 1984) : il y a 10 millions d'années, la Kabylie faisait partie du même bloc que la Sardaigne et la Sicile.

L'ensemble est appelé ALKAPECA qui est un microcontinent situé à l'intérieur du domaine téthysien entre les plaques Iberia et l'Europe au Nord, Afrique au Sud, Apulie à l'Est.

Aujourd'hui, la Sicile et la Sardaigne sont des îles, tandis que la Kabylie est attachée au continent africain sur le territoire algérien.

1.3.2 Tectonique récente :

Cette phase tectonique post-nappes (Guellal S. et al. 1997) est responsable de l'orographie actuelle. Elle a induit le comblement des bassins Mio-Pliocènes, alimentés par la destruction des reliefs environnants.

1.3.3 Magmatisme :

Le magmatisme Néogène post-collisionnel de la marge méditerranéenne du Maghreb, forme une chaîne magmatique qui s'étend sur 1200km des Mogods (Tunisie) à Ras Tarf (Maroc).

- Au Langhien : l'Algérie centrale et orientale est caractérisée par une dominance de magma calco-alcalin généralement riche en potassium, avec des granitoïdes métallumineux et pérallumineux (dacite et andésite associées) Wildi W. (1983).
- Durant le Serravalien : déplacement de l'activité calco-alcaline vers l'Est (Tunisie) et vers l'Ouest (Oranie et Maroc septentrional) Wildi W. (1983).
- Tortonien-Paléo-Pléistocène : développement d'un volcanisme alcalin aux extrémités de la chaîne magmatique Néogène qui borde la marge méditerranéenne du Maghreb Wildi W. (1983).
- Le volcanisme Néogène en Grande Kabylie est caractérisé par des basaltes et des andésites dans la région de Dellys et Cap Djinet et par des granitoïdes et des rhyolites à Zemmouri et Thenia, ce magmatisme est daté à 19-11Ma (El Azzouzi et al, 2014).

La nature du magmatisme de la méditerranée du Maghreb et son évolution au cours du temps sont compatibles avec un processus de rupture de la lithosphère subductée, (René.C. Maury et al, 2000),(figure 10).

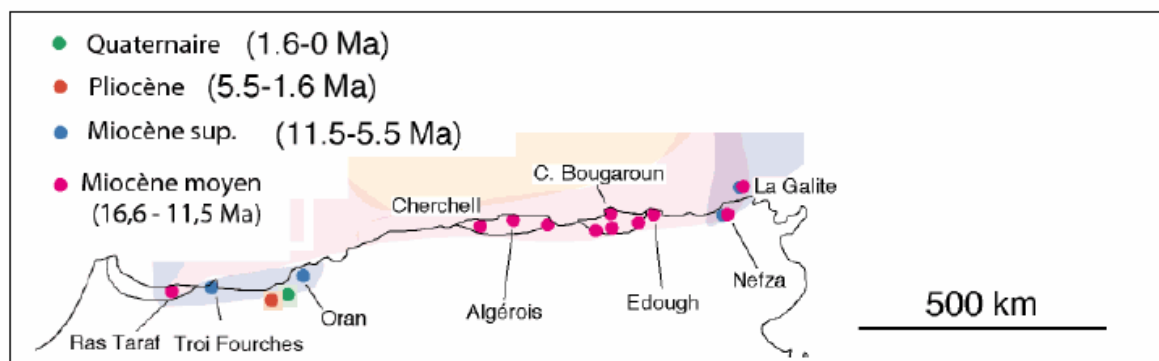


Figure 10: Répartition et âge du volcanisme récent en Afrique du Nord (Wildi W. 1983).

1.3.4 Métamorphisme :

Le métamorphisme affectant le socle de Grande Kabylie est de haute température et haute pression dans les gneiss œillés et au niveau de la nappe de SABN avec les blastomylonites (Saadallah ; 1996). Deux unités métamorphiques sont distinguées :

- L'unité supérieure à faible métamorphisme constituée par la série schisteuse et sa couverture paléozoïque.
- L'unité inférieure à haut grade métamorphique comportant le complexe gneissique, la zone mylonitique et l'unité de SABN.

2 Géologie locale :

Le secteur d'étude appartient au tronçon Alpin Algérien, plus précisément aux zones internes des Maghrébides. Cette chaîne s'étend d'Est en Ouest, de la Calabre jusqu'au rif Marocain et aux Cordillères Bétiques Espagnoles.

En Algérie, cet orogène est représenté par le socle et la dorsale kabyle qui constituent le domaine interne et les dépôts de passées flyschs et matériel des nappes telliennes constituant le domaine externe (figure 11 et 12).

Les études antérieures initiées par Ficheur (1890), puis poursuivies par les générations successives de géologues, ont permis la définition de plusieurs domaines; on y distingue ainsi :

- **Les zones internes :**
 - Au Nord, un socle métamorphique et sa couverture paléozoïque.
 - Plus au Sud et discordante sur les niveaux du Paléozoïque et du socle, une dorsale du Méso-Cénozoïque, constituée de diverses unités.
 - Un Oligo-Miocène détritique dit Kabyle, discordant sur le socle et sur l'unité de dorsale la plus interne.

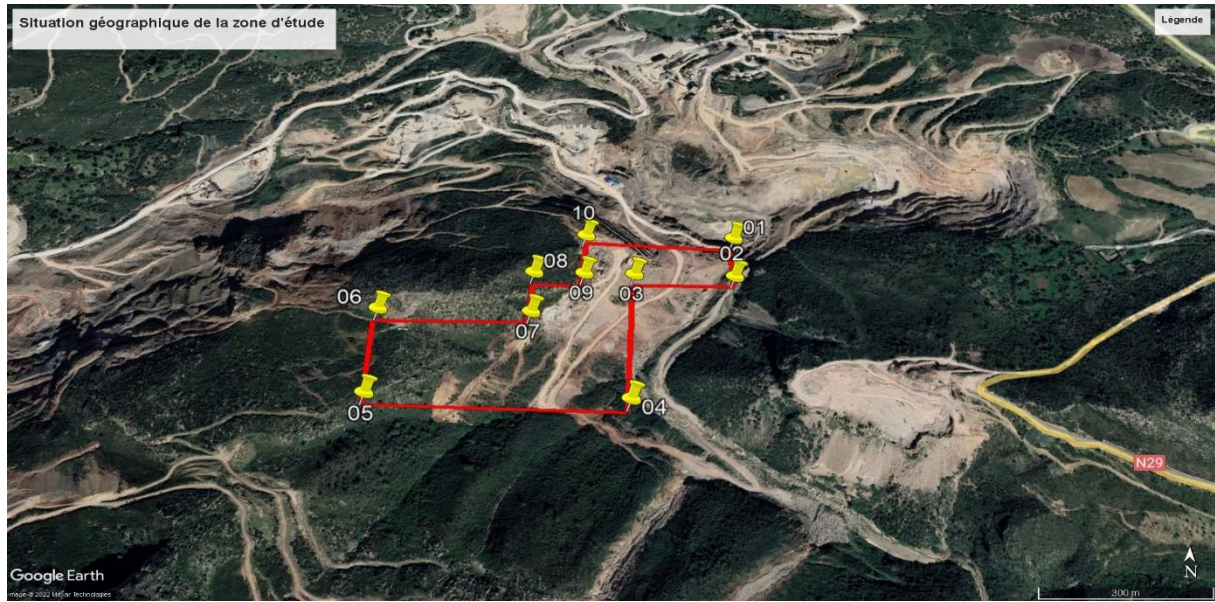


Figure 11: Situation géographique de la zone d'étude (google earth) avec projection des coordonnées

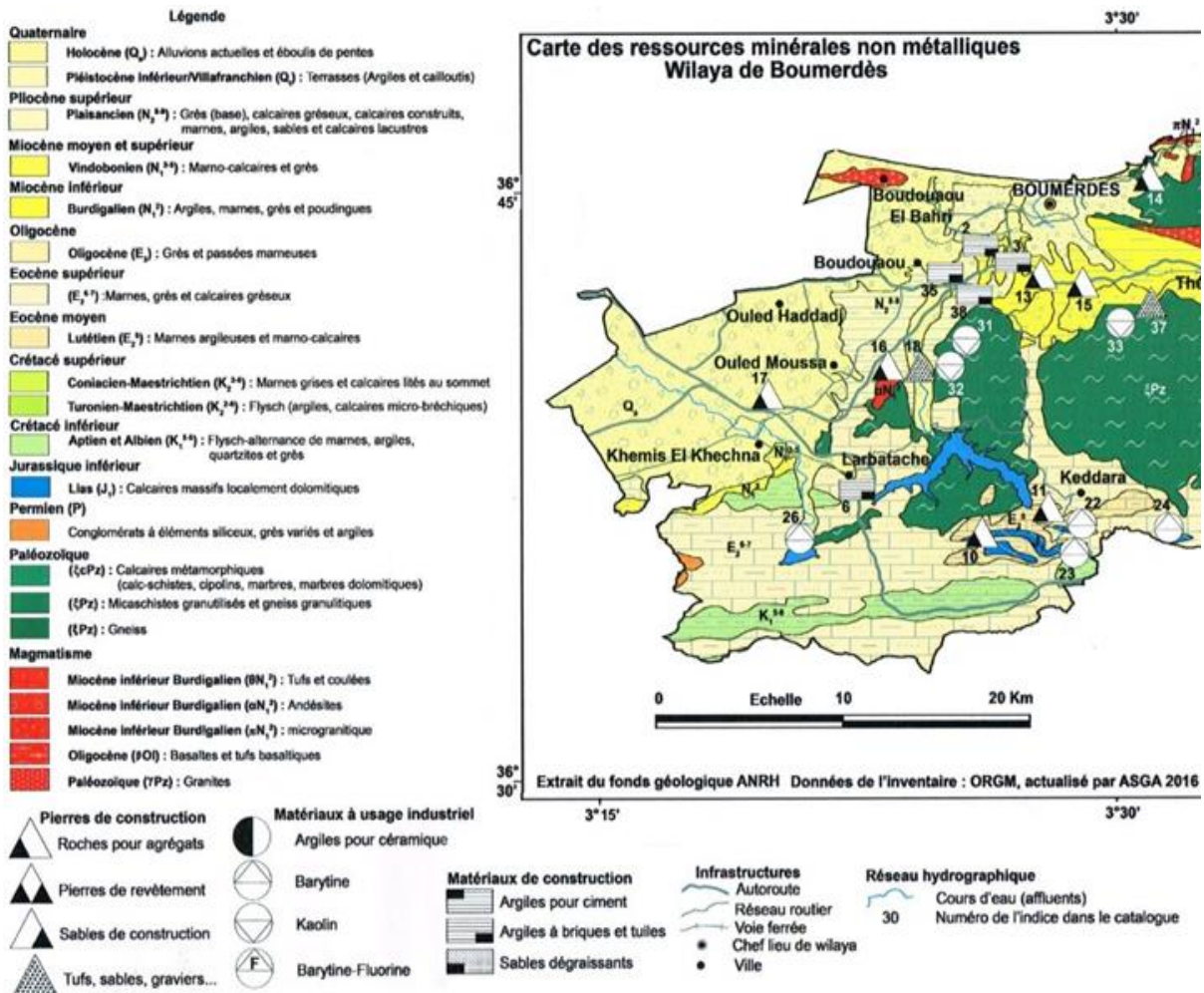


Figure 12: Carte géologique de la région du site de la Keddara (Boumerdes).

2.1 Stratigraphie :

2.1.1 Introduction :

Du fait de la complexité structurale de la zone, l'étude stratigraphique se fera par unités; celles-ci seront donc présentées de la plus interne à la plus externe et des terrains les plus anciens aux plus récents.

C'est une étude classique d'un terrain complexe ayant nécessité plus de neuf semaines pour bâtir des coupes abondamment échantillonnées.

2.1.1.1 Le socle ancien et sa couverture paléozoïque :

Le socle cristallophyllien affleure au Nord du massif du Bouzegza, depuis Oued Keddara à l'Est jusqu'à Oued El Haad l'Ouest, sous forme de schistes satines gris à reflets bleutés, parfois bruns, recoupés par de nombreux filons de quartz, présentant un pendage général vers le Nord.

Le contact stratigraphique de cette formation avec les terrains sous-jacents n'a pu être observé en cet endroit de la Dorsale, il est cependant classiquement cité comme étant un passage en continuité de la formation des schistes à la série paléozoïque.

La série paléozoïque, quant à elle, n'affleure que très localement, au Nord-Ouest de Tala Raba, entre "Café Maure" et Oued El Haad.

Elle comporte à la base une série détritique fine, légèrement métamorphique, présentant une schistosité peu apparente et une granulation; ce sont des grès schisteux verts, affleurant sur une épaisseur de cinquante mètres environ.

Au sommet, on retrouve une formation volcano-sédimentaire épaisse d'une trentaine de mètres, composée de grauwackes, celle-ci est recouverte en discordance par de l'Oligo Miocène kabyle.

Ce paléozoïque serait donc l'équivalent de celui décrit par G.BOSSIERE (1972) au Djebel Aissa Mimoun et qui aurait un âge Ordovicien.

2.1.1.2 La Dorsale Kabyle :

Elle affleure dans la région en direction Est-Ouest et regroupe les unités suivantes :

2.1.1.2.1 Unité septentrional interne :

Elle est représentée par le chaînon de Zouggarra dans la région de Keddara et par la fenêtre de Koudiat el Madène, elle est constituée de :

a) Le Trias :

Il est bien développé dans la région, il se présente en alternance de grès rouges conglomératiques à la base avec des pélites sombres. La puissance de l'ensemble est variable de 2 à 20 m.

b) Le Jurassique :

Est représenté par les formations liasiques. L'infra-Lias est reconnu par des dolomies grises de quelques mètres, le passage du Trias au Lias et surmonté par un niveau calcaire très oxydé. Ces derniers sont suivis par un calcaire fin blanc à oolites, pelletoides et lamellibranches. Enfin, on trouve une brèche à éléments liasiques pris dans une matrice gréseuse rouge.

c) Le Crétacé :

Il s'agit de calcaires gréseux gris à vert à Gastéropodes de puissance métrique surmonté d'un niveau gris-vert à pate plus fine. Le crétacé affleure dans un seul endroit et n'excède pas quelques mètres carrés.

d) Le Paléogène :

- **Le Paléocène :**

Il est représenté par des conglomérats calcaires mal cimentés remaniés de bélemnites du Crétacé inférieur, du quartz blanc triasique et des calcaires fins à radiolaires du Tithonique et passant latéralement à des calcaires gréseux jaunes à microcodiums à trainées rouges.

On note la présence des quartzites et des débris de socle cimentés par des microcodiums en touffes, et des calcaires gréseux jaunes ocre à des nummulites, pelletoides et d'alvéolines et de quartz détritique.

- **L'Eocène :**

Il est très important dans cette unité et constitué des termes suivant :

Calcaires massifs grisâtres, mal stratifiés et riches en Nummulites d'Eocène inférieur (lutitien).

Alternance de calcaires gréseux avec des marnes verdâtres d'âge Eocène moyen.

- **Eo-Oligocène :**

C'est une série détritique formée de conglomérat à éléments de la dorsale et de socle, suivis d'une alternance d'argiles jaunes verdâtres et des grés micacés fins grisâtres avec des passages de calcaires et de marnes et finalement vient une série slumpée puissante.

2.1.1.2.2 Unité méridionale médio-externe:

Elle est représentée par quatre séries d'Est en Ouest :

- La série de Koudiat Zekharch.
- La série des gorges de Lakhdaria.
- La série de Hadjar Tiraiene.
- La série de Draa Sahar.

Ces séries sont constituées de :

a) Lias :

Formé essentiellement de calcaires gréseux ou silteux grisâtres à oolithes et à grains de quartz détritiques. Au sommet, il devient marneux.

b) Crétacé :

Ce sont des calcaires jaunes en bancs décimétriques intercalés de marnes verdâtres à silex en rognons.

c) Eocène :

Au sud du Lias inférieur, des lambeaux de calcaires à silex, bélemnites et ammonites, baignent, en blocs lenticulaires décimétriques à métriques, dans une masse marneuse jaune à petites nummulites.

d) Eo-Oligocène détritique :

Discordant, débutant par un conglomérat de base à éléments centimétriques à décimétriques de calcaires liasiques, silex et éléments du socle, à ciments argileux ou gréseux.

La discordance de ce conglomérat sur les calcaires est visible nettement après le tunnel des gorges de Lakhdaria.

Plus au sud, la série détritique est chevauchée par le Lias inférieur dolomitique et marno-micro conglomératique à éléments de calcaires liasiques, et débris des roches volcaniques et métamorphiques.

2.1.1.2.3 Unité méridionale externe de Bouzegza :**a) Le Trias :**

Il est bien développé dans la région, il se présente en alternance de grés rouges conglomératiques à la base avec des péllites sombres. La puissance de l'ensemble est variable de 2 à 20 m.

b) Eo-Oligocène détritique :

Discordant, débutant par un conglomérat de base à éléments centimétriques à décimétriques de calcaires liasiques, silex et éléments du socle, à ciments argileux ou gréseux. La discordance de ce conglomérat sur les calcaires est visible nettement après le tunnel des gorges de Lakhdaria. - Plus au sud, la série détritique est chevauchée par le Lias inférieur dolomitique et marno-micro conglomératique à éléments de calcaires liasiques, et débris des roches volcaniques et métamorphiques

c) Le Jurassique calcaire du Lias :

Est représenté par les formations liasiques. L'infra-Lias est reconnu par des dolomies grises de quelques mètres, et le passage du Trias au Lias surmonté par un niveau calcaire très oxydé. Ces derniers sont suivis par un calcaire fin blanc à oolites, pelletoides et lamellibranches. Le lias est formé essentiellement de calcaires gréseux ou silteux grisâtres à oolithes et à grains de quartz détritiques. Au sommet, il devient marneux.

3 Conclusion :

Le gisement fait partie du flanc Nord-Ouest de la vallée de Oued Bouzegza, à l'est de M'hana représenté par des calcaires d'âge Jurassique, allongé Nord Est-Sud-Ouest et qui s'étend sur 700m.

Les calcaires affleurent sur toute l'étendue du périmètre, sur une hauteur visible de 140m.

Le secteur d'étude se situe dans une région formée par un compartiment élevé « Horst » et un compartiment abaissé « Graben », causé par deux failles majeures de direction SW-NE et WNW-ENE.

Il consiste en une écaille calcaire d'âge Jurassique, en deux endroits, elle supporte deux affleurements attribués l'un au Lias moyen supérieur (Facies Calcaire du Djurdjura), l'autre au Jurassique supérieur Crétacé inférieur (présence d'aptychus) cette écaille est enveloppée dans une série détritique lutétienne puissante qui vient en transgression sur les terrains antérieurs.

L'étude tectonique a montré dans la partie orientale, que ce massif présente une structure monoclinale déversée vers le Nord, dans la partie occidentale, il est structuré en écailles, le tout encaissé dans le Lutétien.

L'assise utile est présentée par des calcaires gris blanc, avec un massif très dur avec des concentrations de veinules de calcite. Une assise détritique irrégulièrement répartie, développée surtout au voisinage des îlots calcaires dont elle empreinte les éléments, puissante de 200m cette assise passe latéralement aux couches supérieurs de phyllades et schistes, conglomérats et quartzites. Les conglomérats à grains de quartz et les petits lits de quartzites se retrouvent à plusieurs niveaux.

Au niveau de ce périmètre les faciès du Sud vers le Nord sont comme suit :

- poudingues infra nummulitiques
- assise détritique irrégulièrement répartie, développée surtout au voisinage des îlots de calcaires, dont elle empreinte les éléments, puissante de 200 m.
- suivie par une assise calcaire objet d'étude à relief très prononcé.

Il s'agit d'un calcaire homogène non stratifié, massif, compact de couleur gris clair à la cassure fraîche, dépourvu de toute altération.

Chapitre III

Zone d'étude

1 Introduction :

La carrière est l'ensemble des ouvrages destinés à l'exploitation du gisement en découvertes.

Une carrière à ciel ouvert est exploitée à l'air libre, soit à flanc de colline, soit dans une fosse qui va en s'approfondissant et en s'élargissant. Le profil d'une telle carrière montre des gradins constituant le front de taille et progressant horizontalement dans le matériau.

La hauteur des gradins va de 5m à 15 m, la pente du talus limitant un gradin est de 60° à 80° elle est dépendante de la tenue des terrains.

Entre chaque gradin, il existe des banquettes horizontales réunies entre elles par des rampes assurant ainsi la circulation des camions qui évacuent les matériaux.

Avant d'ouvrir une telle carrière, il faut savoir si le volume de stériles ou morts terrains à extraire n'est pas trop important par rapport au volume de matériaux. De plus, ce type de carrière montre quelques avantages par rapport à l'exploitation souterraine : le gisement peut être exploité à son maximum, il n'y a pas d'espaces semi-abandonnés, comme pour les exploitations souterraines, à la fin de l'extraction.

2 Généralités sur le site :

2.1 Situation géographique :

La carrière est située dans la localité de Keddara, à 22 Km au sud du chef-lieu de la wilaya de Boumerdès. Il est accessible via la RN N°29 qui se situe au NE du site (figure 13).

Du point de vue administratif, le gisement de calcaire d'El Kharrouba est rattaché à la wilaya de Boumerdès, Daïra de Boudouaou.



Figure 13: Situation géographique du site, carte topographique (1/50000 INCT).

2.2 Superficie et l'infrastructure :

La superficie de site est de 15 Ha. L'accès à la carrière est assuré par une piste à droite de la route nationale N°29 d'une longueur de 2,5 Km.

- **Infrastructures fonctionnelles :**

Un atelier complètement couvert sur dalle béton avec une aire étanche.

Les bureaux sont composés du bureau bascule d'une capacité de 60t, d'une petite pièce de rangement et du bloc administratif qui sert également de salle de réunion, (figure 14) ;

Des sanitaires et douches ;

Ces installations sont alimentées en eau pour le fonctionnement des chasses d'eau, des lavabos, et douches sur la carrière.



Figure 14: Pont bascule et bureau

2.3 Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du gisement :

2.3.1 Hydrogéologie :

La topographie fortement disséquée du gisement facilite l'émergence des eaux souterraines dont la quantité est en fonction des précipitations annuelles.

Aucune résurgence d'eaux souterraines ne se manifeste dans le périmètre du gisement.

2.3.2 Réseau Hydrographique :

Le secteur d'étude est inclus dans la plaine de Mitidja, la région est sillonnée par un réseau d'oueds bien développé, dont l'Oued Boudouaou et l'Oued Isser sur lesquels deux barrages sont réalisés pour alimenter en eau potable et industrielles les agglomérations d'Alger et Boumerdès.

Avec de nombreux affluents, leurs débits en général est tributaire des fluctuations pluviométriques.

2.3.3 Topographie :

La carrière d'El Kharrouba est caractérisée par une topographie très accidentée, les côtes absolues dans les limites du gisement varient entre 200 m et 510m au sommet (figure 15).



Figure 15: Gradin au sommet de la carrière.

2.4 Description de l'installation de traitement

Actuellement l'installation de traitement présente une puissance installée de 1230 Kva. Elle se compose des éléments suivants (tableau 3) :

- Concasseur primaire et secondaire à mâchoire,
- Convoyeur à bandes
- Crible à étages
- Séparateur dynamique

Tableau 3: Les différentes étapes du process.

	
<p>Abattage à l'explosif</p>	<p>Déplacement vers la station par chargeur</p>
	
<p>Criblage de la matière première</p>	<p>Stockage des différents produits</p>

2.5 Moyens humains et matériels :

2.5.1 Moyens humains :

Tableau 4 : Moyens humains de la carrière et l'unité.

Catégorie	Effectif
Cadre	02
Maitrise	08
Exécution	42
Total	52

2.5.2 Moyens matériels :

Tableau 5: Moyens matériels de la carrière

Désignation	Nombre
Station de concassage	01
Compresseur et chariot de foration	01
Bulldozer	01
Pelle hydraulique sur chenille	02
Chargeur	01
Camions	02
Véhicule utilitaire	01

3 Condition technico-minièrre de l'exploitation :

Le périmètre d'exploitation du site se dégage nettement sur un relief de colline dont la cote de niveau absolue se situe 510 m.

Les calcaires sont homogènes non stratifiés, massifs et compacts de couleur gris a la cassure et dépourvus de toute altération.

3.1 Système d'exploitation :

L'exploitation est à ciel ouvert se fait par gradins superposés de haut vers le bas, et par tranches transversales.

Le gisement est un polygone dont les paramètres physiques sont :

- Hauteur de gradin 10 m.
- Largeur de la plateforme de travail 40*20 m.
- Angle de Talus du gradin en exploitation 90°
- Angle de Talus du gradin en liquidation 80°.

La présente carrière comprend :

- 1) Une activité abattage de calcaires à l'explosif ;
- 2) Une activité **concassage** : broyage des Calcaires ;
- 3) Une activité **criblage** étapes ou se fait la séparation et le classement ;
- 5) Une activité transport des matériaux : les produits stockés en vue de leurs déplacement ou commercialisation.

3.2 Méthode d'exploitation utilisée :

La progression de l'exploitation se fera du Sud-Ouest vers le Nord-Est, la remise en états des lieux suivra progressivement.

L'exploitation se fait par abatage explosif.

3.2.1 Règles relatives à la mise à l'abri du personnel et à la garde des issues pendant les tirs

3.2.1.1 Avant le tir, le boutefeu doit :

- S'assurer qu'aucun produit explosif n'est resté au chantier ;
- Faire évacuer le chantier et la zone dangereuse ;
- Interdire l'accès de la zone dangereuse ;
- Annoncer le tir par un signal spécifique, perceptible et connu du personnel.

3.2.1.2 Le boutefeu (et lui seul) :

- Raccordera la ligne de tir à la volée ;
- Vérifiera la continuité et la résistance du circuit électrique de tir ;
- Raccordera l'engin de mise à feu ;
- Déclenchera le tir avec le seul moyen de manœuvre (et dont il disposera personnellement).

3.2.1.3 Délai d'attente après le tir :

Pendant trois minutes au moins, aucune personne ne devra pénétrer dans la zone dangereuse dont l'interdiction d'accès est maintenue.

3.2.1.4 Vérification du tir :

A l'expiration du délai d'attente, le boutefeu, assisté au besoin d'une autre personne, devra procéder à la reconnaissance du chantier afin de rechercher les anomalies éventuelles :

- S'il n'y a aucune anomalie, le boutefeu lèvera l'interdiction d'accès (par un signal différent du premier) ;
- S'il y a une anomalie, il faudra la résoudre avant de lever l'interdiction d'accès.
- En tir électrique, lorsque la foudre se manifesterait, le chargement des trous de mines sera arrêté et la zone dangereuse sera évacuée par le personnel jusqu'à ce que le risque disparaisse.

3.2.1.5 Purge des fronts après le tir

Une fois le tir réalisé, le responsable désigné par le chef d'exploitation procède à une visite détaillée des fronts de la carrière en vue de déceler l'existence éventuelle d'éléments dangereux ou susceptibles de présenter des dangers tels que : surplombs, blocs instables, cassures ou poches terreuses.

3.2.1.6 Mesures de sécurité publique vis-à-vis des tirs de mines

Avant de procéder au tir, le personnel s'assure, dans un périmètre de 150 m autour du point de tir (notamment dans les zones boisées riveraines en période de chasse par exemple), de l'absence d'individu et, à contrario, d'en faire évacuer momentanément ceux qui s'y trouvent.

Le tir est annoncé par un signal convenu diffusé au moyen d'une sirène. Le personnel et les riverains sont au préalable avertis de la signification de ce signal.

La levée de l'interdiction d'accès au périmètre de sécurité est signalée au moyen de la sirène une fois l'inspection du chantier et du périmètre achevée et la présence de dangers écartée.

Les tirs de mine ont lieu si possible à la même heure.

L'exploitation de la carrière est réalisée suivant les opérations suivantes :

3.2.2 Couverture et stérile :

Les dépôts de couverture sont composés de terre végétale qui varie entre 30 et 40 cm suivant la morphologie du site. En profondeur la masse rocheuse est homogène pure sur l'ensemble du périmètre.

3.2.3 La découverte :

Elle a pour but de mettre à nu le gisement. Durant cette phase, on procède au défrichage boisé et l'aménagement des pistes de chantiers.

Les produits décapés de la couche de couverture et le stérile extrait, sont passés dans un concasseur mobile pour séparer le stérile des roches, qui sont ensuite vendus séparément (figure 16).



Figure 16: Station de concassage mobile.

3.2.4 L'extraction :

L'extraction se fait par abatage à l'explosif, pour détacher du front de taille des blocs de roche de dimension 0 à 70 cm.

Après l'abatage, la taille des roches abattues sera diminuée à l'aide d'une brise roche puis transporté vers la station de concassage.

3.2.5 Paramètre du tir :

Le schéma de tir applicable pour assurer les besoins de la production est :

- Hauteur du gradin : 10 m
- Diamètre du trou : 89 mm
- Inclinaison : 0° vertical
- Banquette maximal (v-max) : 3 m
- Banquette pratique : 2,5 m
- Sur forassions : 1 m
- Profondeur des trous : 11 m
- Déviation de forassions : 0 à 2 %
- Espacement entre trous : 2 m
- Espacement entre rangés : 2,5 m
- Nombres de trous : 84
- Volume abattu : 8741 m³ en place soit 13 112 m³
- Quantité d'explosif : 4 318 kg
- Consommation spécifique d'explosif : 0,329 kg/m³ ou 190 g/t

3.2.6 Calcul des paramètres pour un plan de tir type (figure 17) :

- Hauteur du gradin : 10 m
- Nombre de trous : 02 volées
- Nombre de rangée : 04 de 21 trous
- Longueur de la volée : 42 m
- Volume abattu : 8 741 m³ soit 13 112 T
- Quantité d'explosifs totale : 4 318 kg
- Longueur de cordeau détonant nécessaire : 2 500 m
- Nombre de détonateurs : 86
- Longueur de fil électrique nécessaire : 500 m



Figure 17: Photo montrant la foreuse en train de forer.

3.2.7 Traitement des matériaux :

Les calcaires détachés sont chargés par des pelleteuses dans des camions vers la station de concassage qui se situe en bas de la carrière.

3.2.8 Description et schéma de fabrication :

- **Concasseur primaire :**

Le concasseur primaire reçoit des roches de diamètre de 0 à 70 cm. Le concasseur les broie en des roches de 0 à 20 cm, à l'aide d'un vibreur il sépare la roche de la terre amenée par le camion, puis les roches sont stockées pour être envoyées au concasseur secondaire (figure 18).



Figure 18: Concasseur primaire.

- **Concasseur secondaire et tertiaire :**

Sous les roches stockées du concasseur primaire se trouve un tunnel avec trois vibreurs qui envoie sur une bande roulante de 1,50 m de large vers le concasseur secondaire (figure 19).

La roche entre dans le concasseur secondaire, qui à l'aide du percuteur la broie maximum en 25 cm grâce à l'écrou qui régule le maillage. Après cela ce dernier est envoyé vers le tamisage ou on récupère des agrégats de 0/3, 3/8, 8/15, 15/21.

Les roches de plus de 25 cm qui ne sont pas passées dans le tamisage sont redirigées vers le concasseur tertiaire pour être broyées ensuite renvoyer au tamisage.



Figure 19: Convoyeur à bandes.

- **Le stockage des agrégats :**

Les agrégats sont déplacés, vers un endroit de stockage aménagé à cet effet, en attendant leur vente (figure 20).

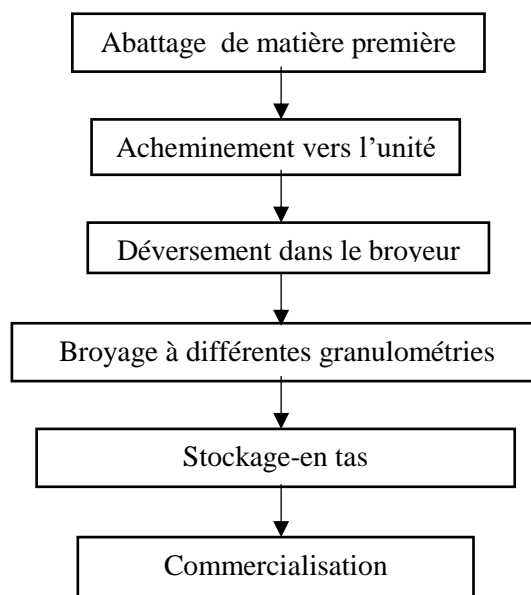


Figure 20: Schémas du process.

3.3 Capacité de production de la carrière :

Les capacités théoriques de la station de concassage existante sur le site sont de 200 t/h, soit 457600 t/an, en tenant compte du coefficient d'utilisation des équipements de production et de la station de concassage qui est estimée à 85%, la production réelle sera de 388112t/an, soit 233376 t/an foisonnée.

Les différentes capacités de production sont présentes dans le tableau ci-dessous :

Production	R* en place (m³)	TVC (m³) foisonné	Produit marchand (m³)	Produit marchand en (t)
Production par poste	336,2	504,3	453,87	786,71
Production par jour	672,41	1008,61	907,75	1573,43
Production hebdomadaire	4034,43	6051,65	5446,49	9440,57
Production mensuelle	17482,55	26223,82	23601,44	40909,16
Production annuelle	192308	288462	259615,8	450000,72

Les objectifs de la société est de maintenir la production de 500 000 t soit 288 462 m³ d'agrégats.

3.4 Régime de fonctionnement de la carrière et sa durée :

Le régime de fonctionnement de la carrière est de 8h/j, avec une rotation de deux équipes dans une journée, 6j/semaine, 26j/mois et 286j/an.

La production moyenne annuelle est calculée sur la base des rapports annuels de rendement de la carrière, la moyenne produite est 288462 m³/an.

Les réserves géologiques exploitables au 31/12/2021 : 1 679 147,078 m³.

Le permis d'exploitation minier a été délivré le 10/04/2016 et expire le 10/04/2026 qui sera sujet à un renouvellement. Ce qui nous reste 4 ans d'exploitation (tableau 6).

Tableau 6: Durée de vie de la carrière.

Productions annuelles M³	Réserves exploitables M³	Temps (ans)
288 462	1 679 147,078	5 ans et 10 mois

3.5 Caractéristiques géométriques des ouvrages miniers :

3.5.1 Gradin :

Conformément à la réglementation en cours, les gradins auront une hauteur maximale de 10 m avec un angle de talus 90°.

Le choix de la hauteur maximale de 10 m du gradin, est préconisé d'après l'abaque de Taylor relative aux sols cohérent, l'angle du talus critique pour une hauteur de 10 m est comme suit :

Pour une valeur de cohésion C= 20 KPA :

$$\text{Coefficient de stabilité} \quad N_S = \frac{\gamma h}{c}$$

- γ : poids volumique
- h : hauteur du Talus
- c : cohésion

$$N_S = \frac{2,5 \cdot 10}{20} = 1,25$$

Si $\Phi=0^\circ$ l'angle de Talus critique = 53°

Si $\Phi=25^\circ$ l'angle de Talus critique = 78°

Pour un facteur de sécurité $F_s = 1,5$ l'angle de Talus sera de 85° Si $\Phi=0^\circ$ est de 80° Si $\Phi=25^\circ$

Pour une valeur de cohésion C= 40 KPA :

$$\text{Coefficient de stabilité} \quad N_S = \frac{\gamma h}{c}$$

- γ : poids volumique
- h : hauteur du Talus
- c : cohésion

$$N_S = \frac{2,5 \cdot 10}{40} = 0,63$$

Si $\Phi=0^\circ$ l'angle de Talus critique = 80°

Si $\Phi=25^\circ$ l'angle de Talus critique = 90°

Pour un facteur de sécurité $F_s = 1,5$ l'angle de Talus sera de 80° Si $\Phi=0^\circ$ est de 60° Si $\Phi=25^\circ$.

Pour éviter tout risque de danger les paramètres retenus pour les travaux d'extraction sont :

- Hauteur des gradins 10 m
- Angle du gradin en exploitation 90°
- Angle de Talus de liquidation 80°

Les niveaux d'exploitations de 2022 sont comme suite :

470-460, 460-450, 450-440, 440-430, 430-420.

3.5.2 Bernes de sécurité interne :

Pour assurer la sécurité et la stabilité des Talus, des bernes doivent être aménagées entre les gradins successifs.

La largeur de ces bernes est environs 8 m, durant l'exploitation afin de permettre une mobilité des engins et du personnel en toute sécurité, en phase finale la largeur de la banquette sera de 4 m.

3.5.3 Bernes de sécurité externes :

L'exploitation doit laisser une berne de sécurité externe qui permet de ne pas empiéter sur la limite des terrains limitrophes, afin d'éviter tout conflit quel qu'il soit humains ou administratif, la bande de sécurité est au minimum 10 m, sur l'ensemble du périmètre de l'exploitation.

3.5.4 La piste d'accès :

L'accès au gisement est assuré par des pistes ouvertes jusqu'aux niveaux supérieurs de la carrière.

3.5.5 La largeur de la piste :

La largeur de la chaussée des pistes dépend des paramètres des camions utilisés pour le transport. Pour une voie double, elle est donnée par la formule suivante :

$$T = 2*(a+c)+X+r$$

- a : largeur de la benne du camion, a = 2,40 m ;
- c : largeur de la bande de sécurité déterminée par la relation $c = 0,5 + 0,005 * V$ ou V est la vitesse moyenne des camions = 20km/h ; donc c=0,6 m.
- X : distance entre les bennes des camions, $X = 2 * c$, c'est à dire X=1,20 m.
- r : largeur de la rigole d'évacuation d'eau, r=0,4 m.
- la largeur de la piste sera T = 7,60 m.

3.5.6 la pente de la piste :

Le profil des pistes doit permettre un bon écoulement des eaux météoriques, pour cela les pistes doivent être légèrement inclinées, de 8 à 12% en ligne droite. De 6 à 8 % dans les virages afin d'éviter que les engins miniers et de transport ne sorte de la piste on envisage un léger divers qui doit être $< 3\%$.

3.5.7 Le rayon de virage :

Les rayons de virage doivent être au minimum égaux au rayon de braquage des camions. Ainsi donc, on choisira un rayon égal à 8 m.

3.5.8 Décharges ou déblais :

Les déblais ou produits de la découverte sont stockés en dehors du périmètre d'exploitation afin de ne produire aucun gêne.

3.5.9 Paramètres géométriques :

La hauteur d'exploitation des gradins est de 10m (figure21).

La pente générale du talus en fin d'exploitation sera :

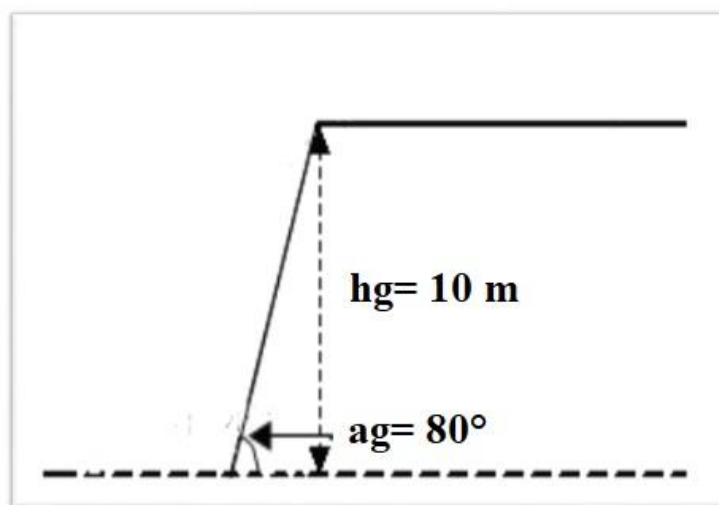
$Tg(\alpha) = ht/D$, $ht=310m$, N_g : nombre de gradins, b : largeur de la banquette

$N_g=5$, $b=8m$, $hg=10m$, $ht= 50m$, $ag=80^\circ$

$\alpha = \text{arc tg}(ht/D)$

$$D = (N_g - 1) b + N_g \frac{hg}{\text{tg}(\alpha_g)}$$

La pente générale du talus en fin d'exploitation aura une valeur de : $\alpha = 75^\circ$



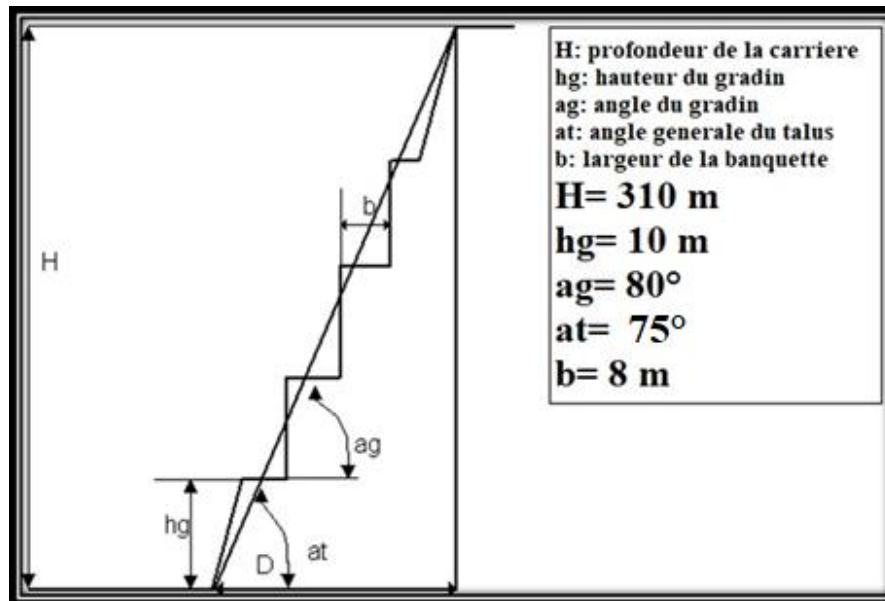


Figure 21: Paramètres géométriques du gradin et du talus.

4 Les phases d'exploitation de la carrière :

Le plan de développement de la carrière est comme suit :

- **Première phase (figure 22):**

1^{er} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (210-220m).

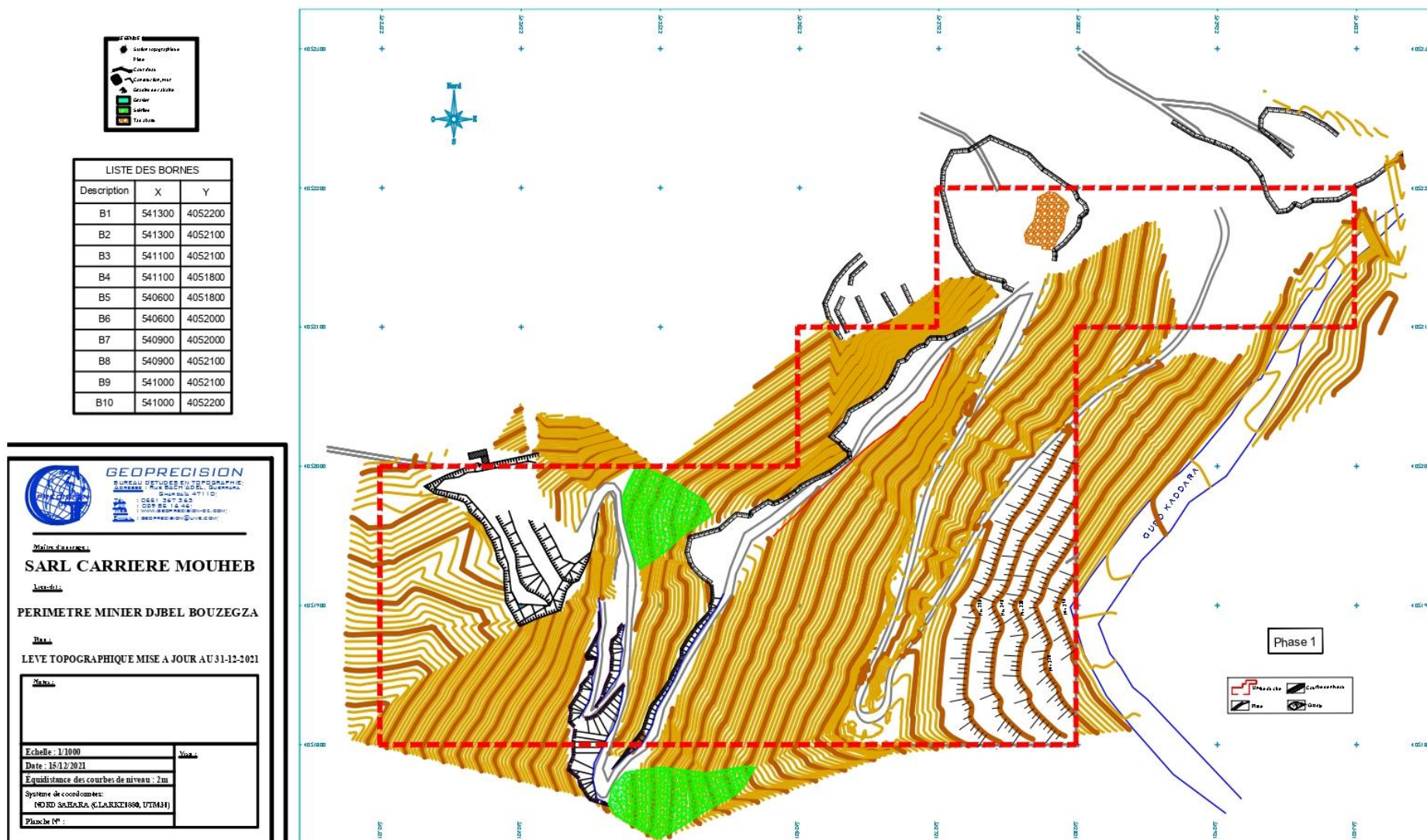
2^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (220-230m).

3^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (230-240m).

4^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (240-250m).

5^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (250-260m).

Nombre de gradins : 5 gradins.



LEGENDE

- Borne topographique
- Route
- Contour
- Contour (m)
- Contour (m)
- Contour (m)
- Contour
- Contour
- Contour

LISTE DES BORNES

Description	X	Y
B1	541300	4052200
B2	541300	4052100
B3	541100	4052100
B4	541100	4051800
B5	540600	4051800
B6	540600	4052000
B7	540900	4052000
B8	540900	4052100
B9	541000	4052100
B10	541000	4052200

GEPREDISION
 BUREAU D'ETUDES EN TOPOGRAPHIE
 051 267 345
 051 267 346
 www.geopredision.com
 info@geopredision.com

Maitre d'ouvrage:
SARL CARRIERE MOUHEB

Localité:
PERIMETRE MINIER DJBEL BOUZEGZA

Nature:
LEVE TOPOGRAPHIQUE MISE A JOUR AU 31-12-2021

Echelle: 1/1000

Date: 15/12/2021

Equidistance des courbes de niveau: 2m

Systeme de coordonnées:
 (NORD SAHARA, (CLARKE)1890, UTM43I)

Planche N°:

Figure 22: Première phase d'exploitation.

- **Deuxième phase (figure 23) :**

1^{er} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (260-270m).

2^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (270-280m).

3^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (280-290m).

4^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (290-300m).

5^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (300-310m).

Nombre de gradins : 5 gradins.

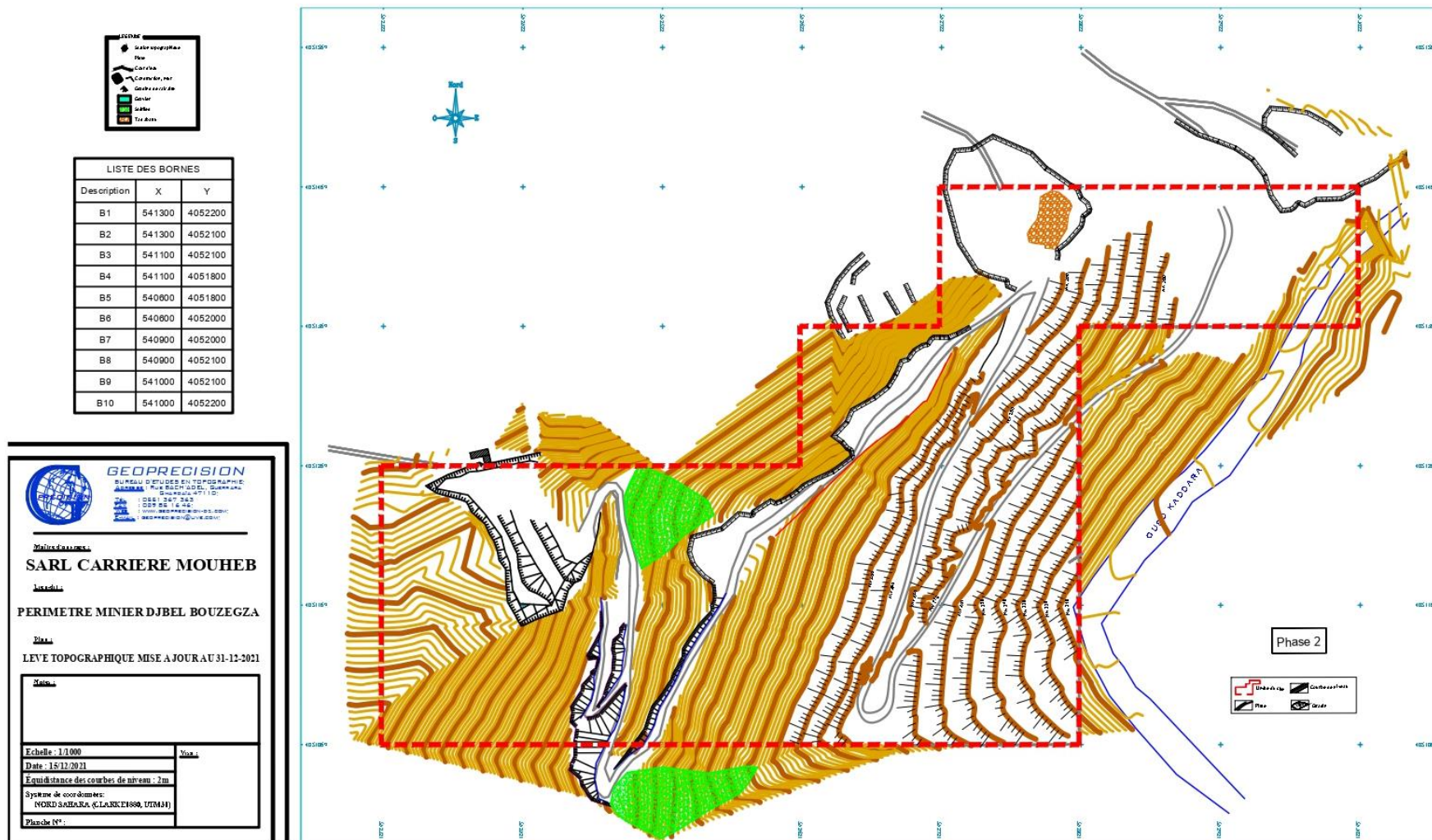


Figure 23: Deuxième phase d'exploitation.

- **Troisième phase (figure 24):**

1^{er} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (310-320m).

2^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (320-330m).

3^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (330-340m).

4^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (340-350m).

5^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (350-360m).

Nombre de gradins : 5 gradins.

- **Quatrième phase (figure 25):**

1^{er} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (360-370m).

2^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (370-380m).

3^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (380-390m).

4^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (390-400m).

5^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (400-410m).

Nombre de gradins : 5 gradins.

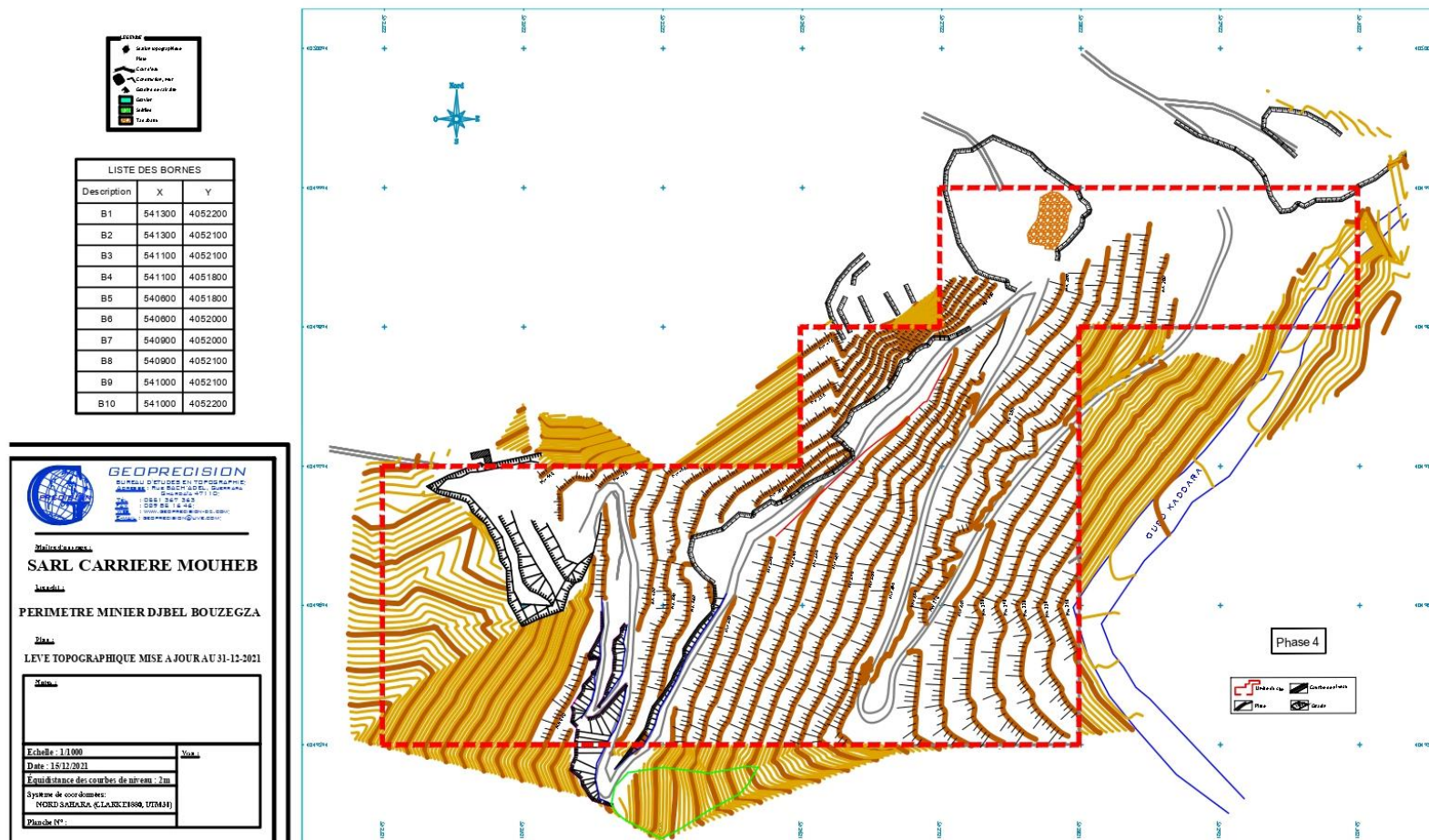


Figure 25: Quatrième phase d'exploitation.

- **Cinquième phase (figure 26):**

1^{er} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (410-420m).

2^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (420-430m).

3^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (430-440m).

4^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (440-450m).

5^{ème} niveau : Il sera consacré à l'ouverture de l'exploitation (450-460m).

Nombre de gradins : 5 gradins.

Les réserves récupérables sont 500 000 Tonnes soit un volume 288 462 m³.

Durée d'exploitation : 01 an

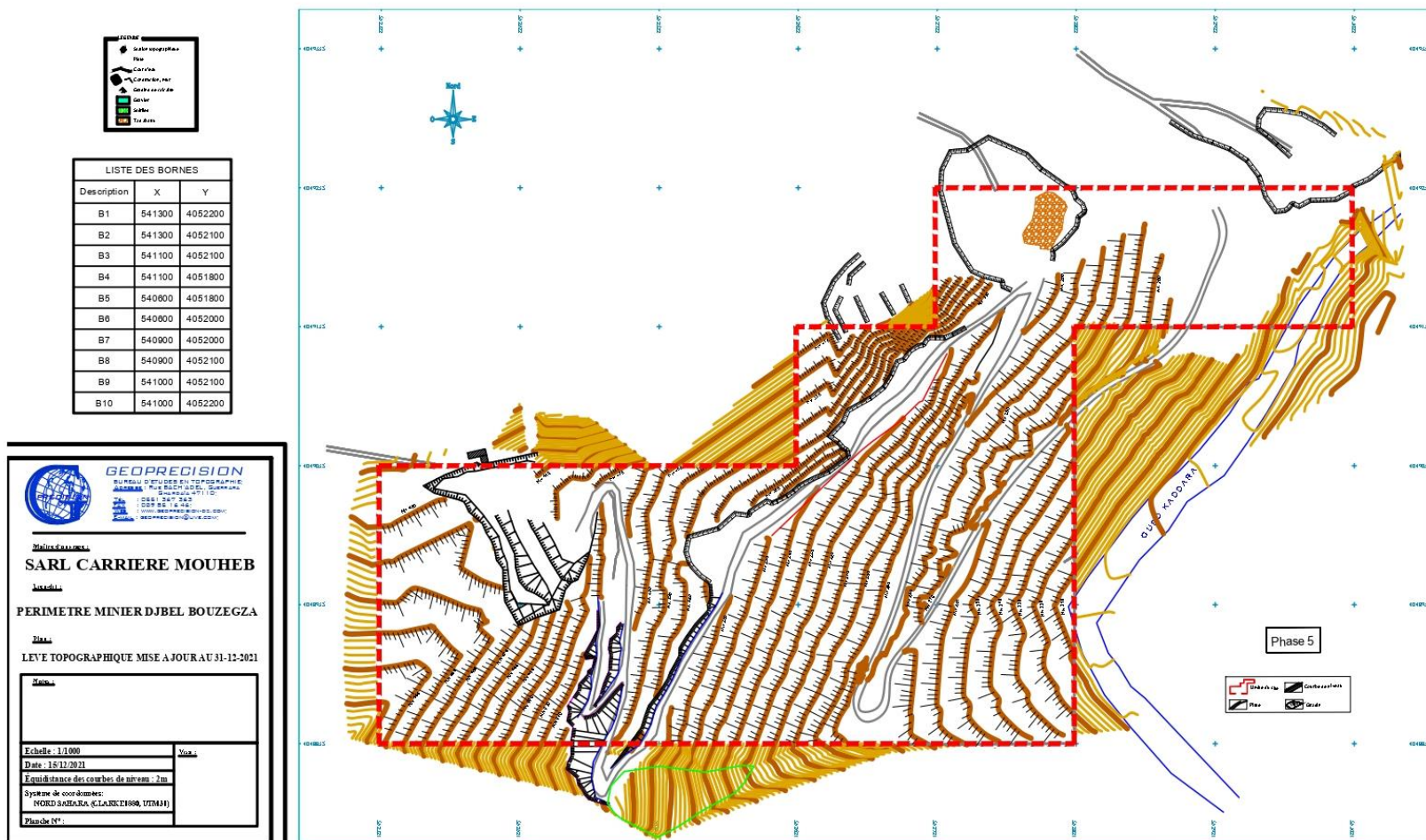


Figure 26: Cinquième phase d'exploitation.

- **Sixième phase (figure 27):**

Remise en état des lieux :

La remise en état des lieux se fera progressivement d'Est vers l'Ouest, avec le remplissage des niveaux profonds exploités de la carrière par les dépôts de stériles.

L'Objectif des travaux de remise en état des lieux et l'insertion des surfaces exploitées dans le milieu agricole.

Pour atteindre cet objectif des travaux de stabilisation des ouvrages miniers sont prévus, par l'adoucissement des pentes et fixation par implantation des Arbres forestiers adaptés au climat et au sol type eucalyptus sapins et les pins maritimes.

Le choix de la méthode graduelle de la remise en état des lieux obéit à une logique technico-économique, Mise en Stock des stériles de la carrière « Merlons » permettant la facilité de leur réutilisation en phase finale de l'exploitation.

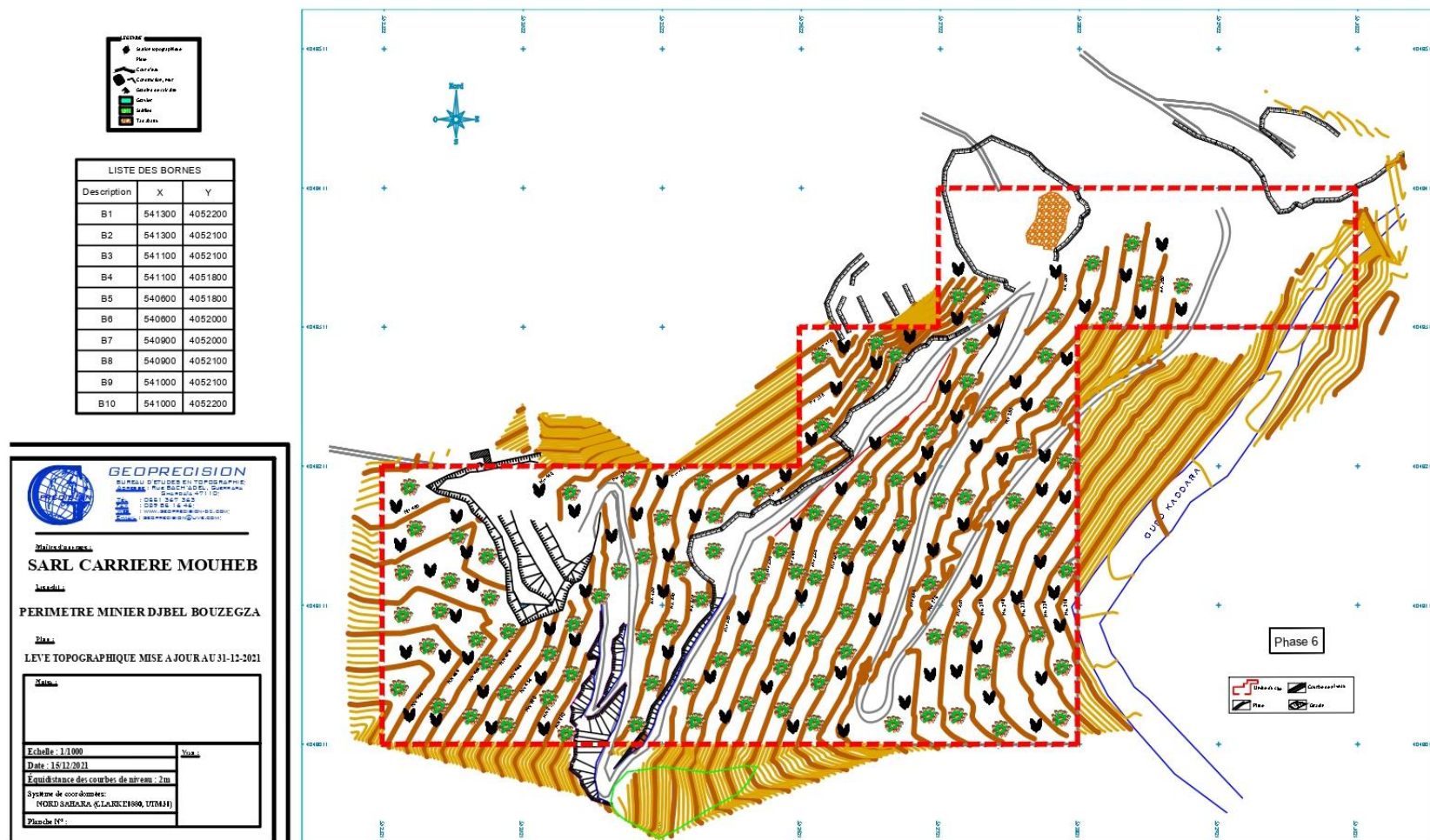


Figure 27: Sixième phase remise en état.

Chapitre IV
Contribution à l'audit
environnemental de la
carrière.

1 Introduction :

L'Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) est la procédure qui permet à l'organisme responsable de fournir un exposé détaillé de l'effet d'une action envisagée qui risque d'influer sensiblement sur la qualité de l'environnement humain (Lee, 1993). L'EIE est un instrument technique et juridique de prévention visant à prendre en compte et à protéger l'environnement, dès la première phase d'élaboration d'un projet ou d'une installation.

Cette étude revêt une importance particulière pour les pays qui élaborent des projets dans le cadre de la réorientation et de la restructuration de leur économie. Elle est prévue par la loi dans un grand nombre de pays développés, et aujourd'hui de plus en plus appliquée dans les législations des pays en développement.

L'EIE constitue une synthèse du cadre où s'intègre la planification et la gestion globale de l'environnement avec l'activité humaine, en prenant en considération les interactions entre cette dernière et les différents milieux naturels (air, eau, et sol). D'autre part, elle donne au processus de planification, l'estimation des conséquences positives et/ou négatives sur l'environnement, elle devient ainsi un instrument du Développement Durable (DD). L'EIE relie aussi les structures internes de l'installation avec ses riverains (les citoyens) puisque, d'une part, elle collecte, analyse et exploite les données scientifiques et techniques en prenant en considération les contrôles et l'assurance qualité, et d'autre part, elle souligne l'importance des consultations, avant l'octroi de permis, entre les organismes responsables de l'environnement et le public qui pourrait être touché par le projet.

2 Réglementation Algérienne sur l'exploitation minière, son impact sur l'environnement et la réhabilitation des carrières :

En Algérie, la réglementation des exploitations minières à ciel ouvert est soumise aux lois et décrets suivants:

Le décret exécutif n° 02-65 du 06 Février 2002 définissant les modalités et procédures d'attribution des titres miniers stipule les exigences en matière de gestion environnementales pour les différents types de permis et autorisations (articles 13, 22 et 31) :

Les points essentiels de ces articles qui concernent l'étude d'impact sont comme suit :

- préparation d'un mémoire de l'impact des travaux sur l'environnement et des mesures envisagées pour atténuer cet impact et remettre en état les lieux après achèvement des travaux.
- Une étude d'impact sur l'environnement et le plan de gestion environnementale.

Le Décret exécutif n° 04-95 du 11 safar 1452 correspondant au 1 avril 2004 fixant les règles de l'art minier (Articles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 15)

Le présent décret a pour objet de fixer les règles de l'art minier applicables aux travaux d'exploitation des substances minérales qu'ils soient réalisés à ciel ouvert ou en souterrain ainsi qu'aux dépendances légales de ces exploitations. Consistes-en des règles techniques et des

méthodes d'exploitation à respecter dans l'exercice de toute activité minière réalisée à ciel ouvert ou en souterrain pour valoriser le potentiel du gisement et relatif aux conditions d'hygiène et de sécurité publique et industrielle et de protection de l'environnement immédiat et riverain.

Le projet de développement et d'exploitation à ciel ouvert du doit être élaboré par un expert en études géologiques et minières agréé par l'agence nationale de la géologie et du contrôle minier et comprendre les paramètres suivants :

- Les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du gisement ;
- Les méthodes d'exploitation utilisées ;
- Les caractéristiques géométriques des ouvrages miniers : gradins, bermes, talus d'exploitation, pistes déroulage, décharges et déblais ;
- Les installations d'électricité, d'eau et d'air comprimé ;
- L'organisation des opérations d'extraction (abattage, chargement, transport);
- Les effectifs et la qualification du personnel ;
- La nature et les caractéristiques des équipements principaux ;
- Les mesures de sécurité et d'hygiène envisagées. Le projet de développement et d'exploitation sera soutenu par les plans ci-après :
- Un levé géologique du gisement à l'échelle appropriée matérialisant les travaux d'exploration effectués ;
- Un plan d'exploitation à une échelle appropriée matérialisant la disposition des fronts d'exploitation, leurs directions, les pistes d'accès, la disposition des engins et le réseau d'utilité installé.
- Les études relatives à la stabilité des sols,
- Les dispositions pour l'évacuation des eaux,
- La nature, l'importance, la disposition des charges d'explosives et plus généralement les conditions de tir,
- Les techniques de purge âge,
- Le programme de contrôle du front.

Tout titulaire d'un titre minier d'exploitation à ciel ouvert est tenu de déposer avant le démarrage de son exploitation, auprès de l'agence nationale de la géologie et du contrôle minier, les consignes d'exploitation relatives aux éléments ci-après :

- La disposition des engins d'abattage ou de chargement par rapport au front et les conditions de leur déplacement,
- La nature, l'importance, la disposition des charges d'explosifs et, plus généralement, les conditions de tir,

- Les conditions de circulation des engins servant à l'évacuation des produits,
- Les conditions de circulation du personnel,
- Les conditions de mise en œuvre d'un plan de secours d'urgence.

Les agents chargés de la police des mines veilleront à la conformité de ces consignes avec les dispositions réglementaires prévues à cet effet, et contrôleront leur application.

Tout exploitant de substances minérales doit tenir à jour les registres et les plans d'exploitation et notamment :

- Le registre des entrées et sorties des substances explosives ;
- Le registre d'extraction des matériaux ;
- Les plans actualisés des avancements des fronts.

Décret exécutif n06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Décret exécutif n06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

Décret exécutif n07-144 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Décret exécutif n07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

Étude 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 gestion de 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 ;

Plan de restauration et de remise en état des lieux : document, sans préjudice 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 mines 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 la remise en état des lieux exploités durant l'exploitation et après la fin du permis minier ;

Règles de l'art minier : conditions techniques et méthodes d'exploitation pour mieux valoriser le potentiel du gisement ainsi que pour optimiser la productivité et les conditions de sécurité, tant industrielle que publique, et de protection de l'environnement ;

Tout demandeur d'un permis d'exploitation de mines ou de carrières doit joindre à sa demande l'étude de faisabilité intégrant un plan de développement, d'exploitation du gisement, l'analyse économique et financière du projet, le chronogramme détaillé des travaux à réaliser, le plan de restauration et de remise en état des lieux doit être révisé tous les cinq (5) ans, comportant toutes les actions et travaux de restauration et de remise en état des lieux et évalue les coûts correspondants.

Le titulaire d'un permis minier est tenu notamment de respecter les conditions techniques et réglementaires édictées en matière :

- D'emploi des explosifs,
- De sécurité, et d'hygiène,
- De protection de l'environnement,
- De protection du patrimoine végétal et animal,
- De protection du patrimoine culturel,
- D'écoulements d'eau et d'alimentation en eau potable, d'irrigation ou pour les besoins de l'industrie.

Tout demandeur d'un permis d'exploitation de mines ou de carrières, doit joindre à sa demande les études d'impact et de danger de l'activité minière sur l'environnement, accompagnées du plan de gestion de l'environnement et du plan de restauration et de remise en état des lieux.

Ces études sont soumises à l'examen et à l'approbation des autorités compétentes conformément à la réglementation en vigueur.

Le contenu de l'étude d'impact doit comporter, ce qui suit :

- Les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations relatives à la protection de l'environnement, l'option a été retenue dans le projet minier adopté, parmi celles envisagées.
- La procédure pour le choix du mode d'exploitation.
- Les conditions techniques d'exploitation qui garantissent la stabilité et l'équilibre du milieu naturel,
- Les mesures prises pour la remise en état graduelle des lieux pendant et après l'activité minière, ainsi que pour la prévention des risques miniers dans le cadre de l'après-mine, tenant compte de la santé et de la sécurité du public, du respect de l'intégrité écologique et des principes de développement durable.

Tout demandeur d'un permis d'exploration minière, d'un permis d'exploitation minière artisanale, ou d'un permis de ramassage, de collecte et/ou de récolte de substances minérales relevant du régime des carrières, doit joindre à sa demande une notice d'impact de l'activité minière sur l'environnement.

Décret exécutif N° 22-167 du 18 Ramadhan 1443 correspondant en 19 Avril 2022 modifiant et complétant le décret exécutif N° 06-198 du 04 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

3 Méthode d'évaluation des impacts sur l'Environnement :

Il s'agit de déterminer la nature, l'étendue et l'intensité des différents impacts.

L'impact se traduira par une analyse des effets de l'exploitation sur l'environnement concernant le site et le paysage, la faune et la flore, les milieux naturels, les eaux naturelles et le voisinage (poussière, bruit, odeur, etc...)

L'évaluation des impacts sera énumérée comme suit pour définir rapidement les impacts positifs ou négatifs de l'exploitation de la carrière sur l'environnement.

3.1 L'impact de l'exploitation d'une carrière sur l'environnement :

L'impact lié à l'exploitation d'une carrière sur l'environnement avoisinant peut être direct ou indirect. Il est très variable en fonction du type de matériau, méthode d'exploitation et de l'environnement du site (climat, conditions météorologiques dominants, faunes et flores de la région).

3.1.1 Impact sur les ressources en eau :

En raison des activités qui lui sont liées (sur tout l'abatage des roches), une carrière peut avoir un impact direct non négligeable sur l'écoulement souterrain des eaux. Les effets sur la qualité de l'eau, et la disponibilité des ressources en eau dans la zone du projet, constituent peut-être l'impact le plus important d'un projet d'exploitation minière. Ainsi, si l'exploitation se poursuit dans une nappe phréatique ou à proximité de celle-ci, le rabattement engendré pourrait, selon les cas, provoquer l'assèchement des puits ou cours d'eaux environnants, donc il peut résulter une modification de la piézométrie et un abaissement du niveau de la nappe phréatique, ainsi qu'une altération de la qualité des eaux souterraines.

3.1.2 Impact hydrologique :

Il est très fréquent qu'une carrière engendre des rejets d'eau au milieu naturel. On distingue deux origines à ces eaux :

- L'eau d'exhaure qui n'est présente que si l'excavation a rencontré un réservoir souterrain.
- L'eau météorique qui peut s'accumuler en fond de fouille après avoir ruisselé sur les pistes, les fronts de taille ou les stocks de matériaux.

L'impact produit est :

- La déviation des cours d'eaux,

- La modification des éléments constitutifs,
- La pollution par des eaux usées contaminées et la pollution due au renforcement de l'érosion.

3.1.3 Impact sur la faune et la flore (Impact biologique) :

L'effet des polluants poussiéreux sur les végétaux est très mal connu, mais il a été constaté quelques manifestations physiologiques ou parasitaires, dues certainement à des polluants chimiques, sur certaines plantations situées à proximité des sources de pollution. L'effet des poussières sur la flore est caractérisé par la dégradation avec le temps des plantes, le ralentissement du processus de photosynthèse, la diminution de leur durée de vie, ... etc., créant ainsi une gêne ou une déstabilisation réelle pour l'agriculture et pour l'aspect paysager.

La pollution par les poussières de l'atmosphère joue aussi un rôle non négligeable en faveur du déplacement et de migration des espèces animales. Donc par conséquence, le développement de l'activité d'extraction des matériaux dans une région est de nature à détruire la flore et écarter la faune.

3.1.4 Impact sur l'atmosphère :

La composition de l'atmosphère est stable, l'ajout de certain élément peut engendrer un déséquilibre dans ce système. Les activités humaines sont les facteurs essentiels pour son exhortation.

Dans le cas des carrières à ciel ouvert, la précarité de l'atmosphère est due aux :

- Dégagements de poussières par les tirs à l'explosif, et le trafic routier,
- Dégagements des gaz nocifs et des effluents gazeux suite à l'ignition spontanée de terrils et les échappements des engins et des automoteurs.

3.1.5 Impact sur le paysage :

Il est évident que l'extraction de la carrière entraînerait une transformation du paysage et un impact négatif de la surélévation naturelle des reliefs (altération de la morphologie et l'apparition des surfaces dévastées), produisant des impacts visuels tel que :

- Le déboisement.
- La position de l'installation de traitement.
- La forme de l'excavation, laisse des cicatrices dans le paysage.
- L'aspect des fronts de taille.
- Le stockage des remblais.
- Les contrastes de forme et de couleur.

3.1.6 Impact sur les infrastructures :

L'exploitation d'une carrière entraîne à long terme l'effet d'usure permanent des infrastructures routières par l'usage des convois et le risque de dégâts aux constructions voisines par les vibrations introduites. Le transport des matériaux endommage les voiries. La circulation

des engins entraîne la dégradation des chaussées et aggrave les risques de dérapage sur les routes par suite de l'épandage des boues.

3.1.7 Bruits et vibrations :

Les sources de bruit dans une carrière à ciel ouvert sont différentes:

- Déversement et chargement des matériaux extraits dans les bennes des camions ;
- Traitement des matériaux (broyage, concassage) ;
- Circulation des engins (bruit de moteur, klaxon de recul...).

Les vibrations sont associées à de nombreux types d'équipements utilisés dans l'exploitation d'une carrière, mais l'abattage par explosion est considéré comme la source la plus importante. Les ondes de vibrations affecte la stabilité des infrastructures, les bâtiments et les maisons, et peuvent être ressenties comme une gêne pour les personnes et causer des dommages si l'intensité est trop forte.

4 Evaluation des impacts au niveau de la carrière de Keddara:

4.1 Impacts sur le site et le paysage :

Les effets peuvent être induits en deux temps, pendant l'exploitation et après la remise en état. Durant l'exploitation, l'impact paysager est lié à deux points particuliers :

- le décapage : qui est la première opération, qui consiste à mettre à nu le gisement, après le retrait de la terre végétale, dans notre carrière le décapage se fait à l'explosif.
- l'extraction : qui est la deuxième opération, qui a abouti à une modification topographique du site, puisqu'elle crée une vaste dépression à la fin de l'exploitation (figure 28).

Des mesures seront prises en compte afin de réduire et si possible supprimer cet impact durant la remise en état des lieux de la carrière.



Figure 28: Impact paysager de la carrière.

4.2 Impacts sur les eaux :

4.2.1 Impact sur les eaux superficielles :

L'impact prévisible de l'exploitation d'une carrière sur les eaux de ruissellement, est de deux types à savoir :

L'impact sur les eaux de ruissellement par l'accumulation de poussières qui peut provoquer des écoulements de boues, qui peuvent avoir un impact négatif sur les infrastructures environnantes et les routes.

L'impact sur le barrage, peut provoquer l'envasement (figure 29).

L'évacuation des eaux de ruissellement est assurée par les ravins qui traversent la carrière sans avoir besoin d'un équipement spécial pour cet effet.



Figure 29: Barrage de Keddara.

4.2.2 Impact sur les eaux souterraines :

Le seul risque qui peut provoquer la contamination de la nappe phréatique est l'infiltration des rejets liquide « huile » issus de la maintenance des engins de la carrière, par contre les autres déchets issus des travaux d'exploitation sont de nature minérale qui ne présente aucun danger sur la nappe phréatique.

Les nappes ne se manifestent pas dans le périmètre du gisement, le risque de contamination de la nappe est quasiment absent. Le barrage de Keddara s'alimente par l'oued Keddara (figure 29).

En ce qui concerne l'entretien des engins de la carrière, il s'effectue dans l'atelier aménagé pour cet effet, l'huile est récupérée dans une fosse qui rejoint le déshuileur récuré par Naftal (figure 30).



Figure 30: Fosse de vidange et de récupération.

4.2.3 Impacts sur l'agriculture :

On ne signale aucune activité agricole dans la zone des carrières, c'est une zone montagnaise, l'impact sur l'agriculture n'est pas considérable.

4.2.4 Impacts sur la faune et la flore :

On ne signale aucune espèce animales ou végétales protégées ou race rare dans la zone, L'impact sur la faune et la flore est considéré sans importance.

4.2.5 Impacts liés aux bruits (tableau 7) :

La réglementation Algérienne en matière d'émission de bruit admet :

- Un niveau sonore maximum de 70 décibels diurne.
- Un niveau sonore maximum de 45 décibels en période nocturne « source journal Officiel 93-1844 ».

Le bruit provoqué après l'exploitation a pour origine :

- Les tirs à l'explosif pour l'abattage des roches.
- le fonctionnement et la circulation des engins sur chantier avec un niveau sonore d'environ 85 db.
- la circulation des camions évacuant les matériaux.
- Au concasseur source de bruit dans le procédé

Tableau 7: Tableau montrant le niveau sonore dans la carrière

Lieux et engins	Niveau sonore (db)	Normes (db)
Station de concassage	88 à 90	75
Tunnel des concasseurs primaire	110	
Foreuse	100	
Marteaux piqueurs	97 à 100	
Piste	85	

4.2.6 Impact liés aux vibrations :

La source de vibration est due à l'utilisation du tir d'explosifs lors de l'abattage

- **Mouvement sur le sol :**

Aucun mouvement de sol n'est à redouter, l'unité est construite sur une plateforme stable, on a procédé à des terrassements, en surface étagée.

4.2.7 Impact liés aux transports :

Le transport des matériaux extraits est assuré par des camions de la carrière vers la station.

Les principaux gaz émis par ces camions sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O) qui sont des gaz à effet de serre.

4.2.8 Hygiène et sécurités :

Les équipements de protection :

Protection	Mesure préventive	Application
Voies respiratoire	Système de protection des voies respiratoire conforme aux normes La protection des voies respiratoires est obligatoire pour tout travailleur exposé à un taux supérieur aux valeurs limites.	Fournir des équipements individuels Initier le travailleur sur la façon de porter les équipements Remplacer les équipements en cas d'usure et de défectuosité
Bruit	Protection auditif conforme aux normes Port obligatoire pour tout travailleur exposé au bruit supérieur à 85 db	Fournir les Fournir des équipements individuels Remplacer les équipements en cas d'usure et de défectuosité S'assurer et contrôler le port par les travailleurs
Corps et tête	Port du casque de sécurité et de la tenue de travail pour toute personne présente dans la carrière	Fournir le casque de sécurité et la tenue de travail Déterminer un code couleur pour différencier les postes des ouvriers Remplacer l'équipement en cas d'usure
Yeux et visage	Le port des protections pour tout travailleur exposé : Particule au mouvement, rayonnement, métal en fusion, éclaboussure	Fournir les Fournir des équipements individuels Remplacer les équipements en cas d'usure et de défectuosité S'assurer et contrôler le port par les travailleurs

Pieds et mains	Port obligatoire de chaussure de sécurité et de gant pour tout travailleur Equipement conforme et de bonne qualité	Fournir les chaussures de sécurité et des gants de différents types selon l'activité Vérifier le port par les travailleurs Remplacer en cas d'usure
Contre les chutes	Tout travailleur exécutant à plus de 1,82 m du sol doit porter un harnais de sécurité	Fournir l'équipement Initier le travailleur au port de l'équipement
Contre le feu	Disposition d'extincteurs à proximité des endroits inflammables et dans les engins	Extincteur CO2 : pour la station concassage et la chambre électrique Extincteur en poudre et bouche d'incendie: pour tous types de feu Vérification de la date de péremption
Infirmierie	Disponibilité d'une armoire à pharmacie Disponibilité d'un infirmier, lit et ambulance	Vérification de la date de péremption des médicaments et les remplacés

Les risques d'accident peuvent avoir pour causes :

- l'écroulement des fronts de taille.
- accident de circulations des engins et des camions de chantiers.
- Le dysfonctionnement du concasseur.

4.3 Déchets solides :

4.3.1 Terre de procès « stériles » :

Le stérile présent au niveau de la carrière est composé de terre végétale et de terrains-morts, il sera utilisé ultérieurement dans la remise en état.

Quant à la station de concassage, elle ne produit aucun stérile puisqu'elle traite de toutes les granulométries jusqu'aux sables.

4.3.2 Déchets de la vie sur site :

Ces déchets se subdivisent en :

Déchets spéciaux non dangereux provenant des bureaux du chantier (Papiers, cartons, etc).

Déchets solides tels que chutes de ferraille, pièces usagées, pneumatiques, doivent être rangés dans un lieu réservé à cet effet puis commercialisé à des centres de récupération montrés dans la figure 32 et 33.

4.4 Déchets liquides :

Les déchets issus de l'exploitation de la carrière sont produits par les techniques mises en œuvre pour l'exploitation, les diverses installations, huiles, des outils ou machines contaminés :

Les eaux qui sont utilisées au niveau de la carrière sont les eaux de vie courante entretiens sanitaires, elles vont rejoindre directement le réseau d'assainissement. Elles ne présentent aucune menace sur l'environnement.

Les huiles d'entretiens des engins, qui se font dans un hangar dédié à cela, ce qui n'empêche pas que l'on est observé des traces d'huiles et gasoil à même le sol des fuites issues des engins présents dans la carrière (figure 31).



Figure 31: Présence d'huile et de gasoil dans la carrière.



Figure 32: Engin en panne non réparé.



Figure 33: Les différents déchets spéciaux.

4.5 Constat de l'étude :

Dans la carrière de MOUHEB le nombre de déchet est assez faible, on remarque que les déchets sont stockés dans des endroits prévus pour ça pour ne pas porter préjudice à la production, quant aux déchets liquides :

Les huiles de vidanges se font dans des fosses est récupérées dans des fûts repris par Naftal.

Les eaux de ruissellement de la plateforme convergent vers le déshuileur, qui permet la séparation des phases eau/huile, les huiles seront récupérées, stockées dans les fûts dans les endroits prévu à cet effet et les engins en panne vont être réparés et non laissés à l'abondant.

Les voies de circulation de la carrière sont étroites, très pentu avec des reliefs accidenté et dangereux pour les camions, lors de transport de la roche les camions manœuvre difficilement pour laisser le passage.

Les nuisances sonores, les activités de la carrière de MOUHEB dépassent les normes requise c'est pour cela qu'on préconise le port de protection en permanence pour les employés.

Le tir à l'explosif génère les déchets en carton et le fil de détonation, qui sont brûlés à même le site.

La carrière montre un certain nombre d'insuffisances qui doivent être prises en charge.

5 La description des mesures envisagées :

Dans cette partie on citera les mesures à prendre en compte par le responsable de la carrière afin de maîtriser et même si c'est possible de réduire les impacts issus de l'exploitation de la carrière sur l'environnement.

5.1 Protection visuelle et paysagère :

Le gisement est visible à partir de la route nationale N°29.

La remise en état des lieux s'effectuera au fur et à mesure de l'évolution des travaux d'exploitation, et en fin des travaux les terrains exploités seront nettoyés et modelés puis végétalisés afin d'effacer complètement et progressivement les traces de l'exploitation.

5.2 Mesures relatives à la formation des poussières :

Un arrosage préliminaire des pistes fréquentées par les véhicules et les engins de la carrière et surtout en période de grand vent avant la reprise de l'intensité du travail, des pistes ainsi que la plateforme de concassage est une disposition indispensable afin d'atténuer les risques.

Il consiste à déterminer le taux de poussière déposée sur le sol en g/m² par mois en fonction des distance (50m-100m-150m-200m-250m), un échantillonnage doit être fait suivant une maille régulière au niveau de la plateforme d'exploitation et ses environs avec périodicité régulière.

Réduire l'émanation de poussières et avoir une sécurité accrue par obligation de porter les masques anti-poussières pour les ouvriers y travaillant à proximité.

Equiper la station de concassage d'un système de dépoussiérage pour atténuer les effets de la poussière.

Pour limiter l'envol des poussières, la circulation des camions et engins se fera à vitesse réduite (20 Km /h).

Plantation des brises vents autour de la station de concassage et de toute la périphérie du périmètre d'exploitation.

Éviter l'exploitation pendant les périodes venteuses.

Éviter le stockage du matériau et du stérile extrait dans des endroits exposés aux vents.

Il est nécessaire de connaître la direction des vents et leur fréquence afin de mieux apprécier les effets de l'exploitation et déterminer la distance d'influence de la poussière transportée par les vents.

5.3 Mesures relatives aux équipements :

Une vérification quotidienne des besoins des engins en vidange, eau, carburant.

Mettre à l'arrêt tous les engins et matériel à la fin du travail et poser en terre les bennes et les câbles détendus.

5.4 Mesures relatives à la protection des travailleurs :

Le port de casque de sécurité et de gants est obligatoire pour chaque ouvrier.

Visite médicale périodique liée au poste de travail obligatoire pour chaque ouvrier.

Prévoir des itinéraires fixes pour les engins et éviter toute présence inutile d'ouvriers sur le trajet, tout transport des ouvriers dans les bennes ou marche à pied est interdite.

5.5 Mesures relatives au transport des matériaux :

Les matériaux doivent être transportés directement après avoir été extrait afin d'éviter toute forme d'encombrements dans la carrière.

Libérer toutes les pistes dans la carrière afin de faciliter la circulation des camions.

Elargir les voies de circulation et réduire la pente afin de faciliter la circulation des camions.

5.6 Mesures pour assurer la stabilité des terrains :

Éviter le décapage de la découverte durant les périodes de forte pluie.

L'exploitant doit laisser une bande de 10m de longueur autour de l'emprise du site.

Plan de tire est basé sur l'étude sismique pour évaluer l'impact des vibrations

5.7 Hygiène :

Tout rejet sous forme liquide ou solide est interdit sur le site.

Tout brûlage dans le chantier est interdit.

Les produits résultants de l'entretien des engins et camions ne seront en aucun cas jetés dans la nature. Ils devront être triés et stockés dans des endroits isolés avec un étiquetage, puis repris par des spécialistes de gestion et d'élimination des déchets.

	Effet	Mesures préconisée
Aspect paysager	Modification du paysage liée à l'exploitation qui crée des saillies.	Remise en état des lieux par remblayage et cultures adaptées.
Faune et flore	On ne signale aucune espèce protégée ou rare dans la région.	Aucune mesure particulière à prendre.
Ressource hydrique	Risque de changements dans les écoulements souterrains.	À l'échelle du périmètre de la carrière, la présence du barrage de KHEDDARA, mettre en place une vidange pour enlever l'envasement due aux poussières lors de la diminution du niveau du barrage.
Emission de poussière	Les poussières émises proviennent de l'exploitation lors du décapage, et le mouvement des camions de transport.	Cet effet peut être réduit par un arrosage fréquent en temps chaud et vente .l'emploi de bâche de protection, ou le recours à de bene fermée est préconisée mais lors de l'abattage par explosif aucune mesure ne peut être faite.
Bruit et vibration	Le bruit à comme source de gêne provient de l'abattage par explosif, de la station de concassage et de la circulation des engins de la carrière.	Compte tenu de l'éloignement des habitations et la conformité des engins par rapport à la législation cet impact n'a que très peu d'effet sur l'environnement, sauf pour le personnel de la carrière en place, qu'il faut protéger par des casques ou stop-bruit.
Hygiène et sécurité	Il s'agit des impacts liés aux rejets solides et liquides au niveau de la carrière, ainsi que le risque d'accident liés aux travaux exécutés quotidiennement au sein de la carrière.	Pour cet impact des mesures et précautions doivent être prises afin de réduire au maximum les nuisances : Au niveau de l'installation : Panneaux de signalisations; À l'intérieur de la carrière baliser les voies de circulation différentes pour les camions chargés et vides ; Obligation pour le personnel de port de tenues de protection ; Impact lié à l'hygiène Aucun rejet de liquide ou solide nuisible ne doit être effectué au

		<p>niveau de la carrière et ses alentours.</p> <p>l'entretien indiquant l'entrée de carrière portant « sortie d'engins », la clôture de l'ensemble des côtés du périmètre susceptible de constituer une zone de passage pour les animaux, les engins doit se faire en veillant à la récupération des huiles usées par des moyens adéquats, et transportés vers la station de collecte la plus proche.</p>
--	--	---

6 Plan de gestion environnementale :

6.1 Procédure de contrôle :

Le control de l'avancement des travaux et de la gestion, de la remise en état des lieux graduelle avec l'exploitation doit aller de pair, afin d'éviter d'avoir à réaliser des travaux couteux, et durable dans le temps.

Les responsables de la carrière doivent travailler et se conformer à un plan préétabli déjà, et respecter rigoureusement les recommandations de ce plan.

Les procédures de contrôles doivent être établies par les techniciens eux-mêmes.

6.2 Procédure d'audit :

Un audit environnemental, doit être réalisé périodiquement pour suivre et avoir un aperçu sur les travaux et l'état des lieux.

6.3 Réponse aux urgences environnementales :

Il s'agit des mesures et des dispositions à entreprendre par les responsables de la carrière pour minimiser ou compenser les effets indésirables durant l'exploitation.

7 Plan de remise en état :

La remise en état du site est une obligation de la loi, un reboisement adéquat pour atténuer l'effet de l'évasion est une solution à envisager. Généralement, elle comprend une revitalisation du secteur par une plantation d'essences forestières.

Alors cette étape a pour objectif, d'effacer toute trace liée à l'exploitation de la carrière, et de réinsérer le site dans son milieu naturel, en tenant compte de l'environnement avoisinant.

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

- Rectifier les fronts de taille selon une pente compatible avec la station du terrain.
- Corriger les pentes s'il y a des plates-formes de niveaux d'exploitation achevés en enlevant les bosses et les restes de matériau abandonné.

- Remblayer partiellement les zones exploitées avec les matériaux inertes « terre végétale », non susceptible de porter atteinte à la qualité des eaux superficielles ou souterraines.
- Enlever toutes les constructions du chantier, des blocs de bétons et nettoyer les parcelles occupées de tout matériel de chantier et tout dépôt de pièce métallique.
- procédé à la remise en état des lieux, en respectant les recommandations du responsable de projet de restauration, projeté initialement et déposé au niveau de l'inspection de l'environnement (figure 34).

Pour cette restauration nous préconisons des solutions soit un aménagement en terrain reboisements forestiers ou aménagement d'espace vert et de loisirs.

7.1 Aménagement du terrain en reboisements forestiers :

Cet aménagement en reboisement forestier, nous permet de choisir les essences adaptées : telles que les conifères à feuillage épais, pins, cèdre, chêne vert et olivier. Ce sont des espèces rustiques très peu exigeantes et qui ont un système racinaire profond qui permet le maintien des sols. Étant dans une région oléicole, nous proposons de planter des oliviers.

7.2 Aménagement d'espace vert et de loisirs :

Cet aménagement peut convenir étant donné la proximité de la ville de KEDDARA, pour permettre au riverain de profiter de la vue qui est offerte à côté du barrage.

Cet aménagement peut offrir des jeux pour enfants et aménager des circuits de randonnées, des espaces de détente, de pique-nique pour profiter du paysage.

Les caractéristiques des opérations sont les suivantes :

➤ La Partie loisir :

- Préparation d'un soubassement stable, correctement aplati 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.
- Rectification et talutage des parois.
- Aménagement de pistes de circulation
- Aire de jeu pour enfants
- Des espaces « plates formes existantes à corriger » elles seront dédiés aux visiteurs, aplanies et aménagées

➤ La partie boisée :

Il est nécessaire de disposer de matériaux meubles en quantité suffisante pour recouvrir le fond de la carrière d'une couche épaisse au minimum de 1,50 m, ensuite, on procède comme suit :

- Etalé d'abord une couche de stérile ou gravillons sur le fond de l'exploitation aux niveaux, sur une épaisseur de 40 cm.
- Recouvrir les stériles d'une couche de 40cm de limons extrait de l'exploitation.
- Puis, on finit par la couche noire de terre végétale en évitant le compactage.
- Correction de la terre végétale par (amendements merlons, fumure de foin.....).

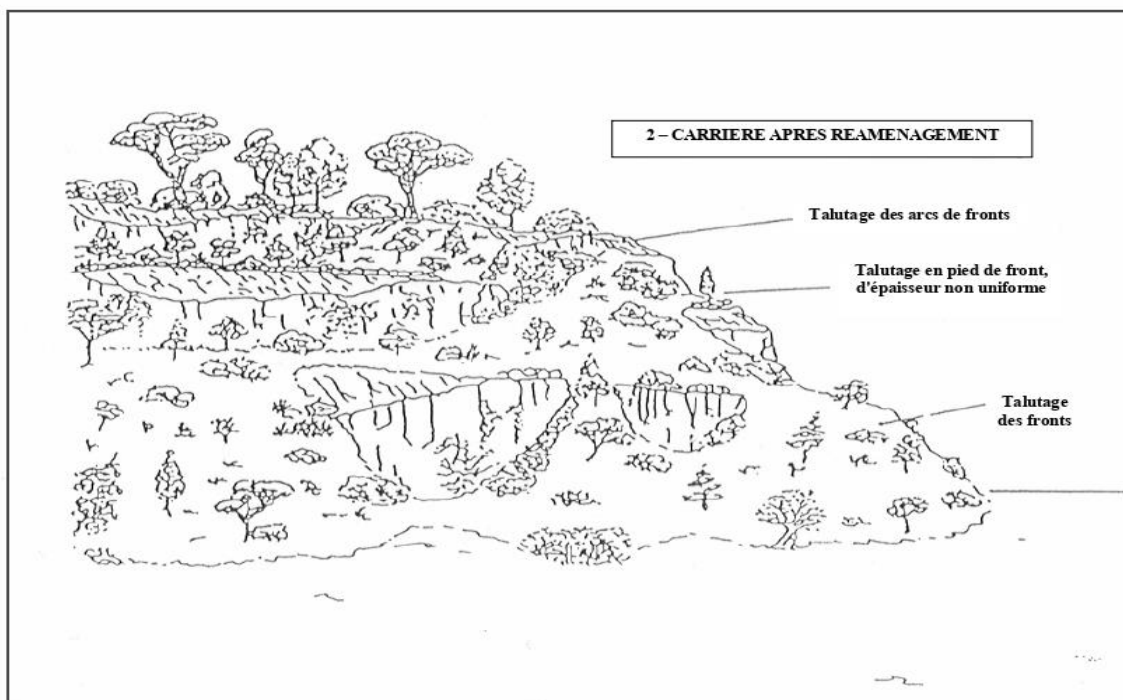
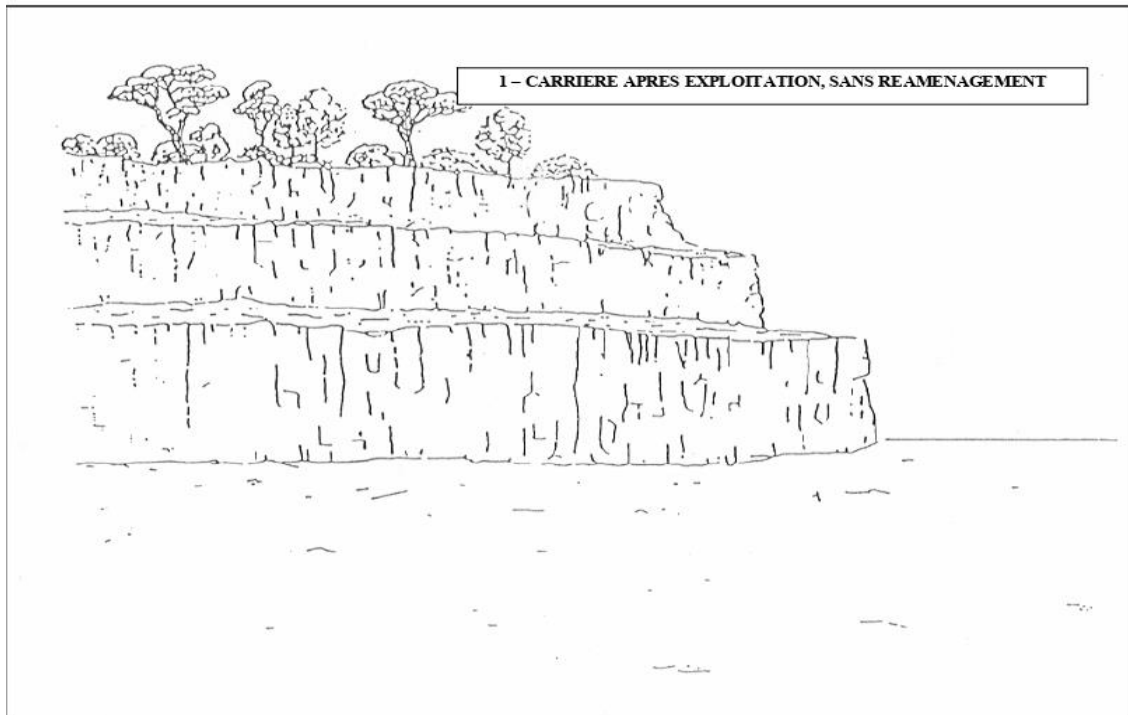


Figure 34: Schéma de l'aménagement après exploitation.

➤ **Recommandations :**

Au terme du présent travail qui vise à enrichir le milieu éducatif en matière de technique d'exploration et d'exploitation rationnelle et optimale des carrières et gisements divers, nous proposons d'autres recommandations nécessaires et indispensables :

- 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 large et compacte.
- respecter les consignes de sécurité de l'ingénieur.
- baliser et signaler les zones à risques dans les carrières (falaises, crevasses, zones d'éboulement et autres) ;
- doter le personnel de vêtement de travail, de matériel de premiers secours et d'anti incendies.
- former et sensibiliser le personnel des risques existants dans une carrière.
- créer une plate-forme bétonnée (d'une épaisseur de 15 cm de béton) pour l'entretien du matériels de carrière afin d'éviter toute forme de contamination de sols par les huiles, et aussi réserver un endroit spécial pour le stockage des filtres usés
- créer une plate-forme bétonnée et charpentée entourée d'une murette de 30cm et un grillage pour assurer la circulation d'aire, destinée au stockage des huiles et de l'essence utilisé par les engins de la carrière.
- entretenir régulièrement le matériel afin de lui garantir un meilleur rendement et une longue durabilité avec le minimum de risque.
- remettre en état le site au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation.
- prévoir des campagnes d'analyse des rejets et de contrôle de la carrière par des spécialistes et des experts du domaine.

Ces recommandations restent indispensables pour le bon déroulement de l'activité minière. Pour cela, les opérateurs en matière de mines et carrières doivent envisager la possibilité de recruter des ingénieurs géologues pour le suivi des travaux d'exploitation.

Conclusion générale

La gestion et l'exploitation d'un gisement doivent se faire conformément aux différentes lois minières et environnementales en vigueur. Le respect de la législation contribuerait à une exploitation économiquement rentable et sans dégâts sur les milieux.

La carrière de MOUHEB se situe dans la région de KEDDARA, l'exploitation se fait à ciel ouvert. Elle est représentée par des calcaires d'âge Jurassique qui se subdivise en un compartiment élevé (Horst) et un compartiment abaissé (Graben), causé par deux failles majeures de direction SO-NE et ONO-ENE. Les calcaires sont homogènes non stratifié, massif et compacte de couleur gris à la cassure et dépourvu de toute altération. L'activité consiste l'extraction de ces roches pour les transformer en agrégats pour le BTP.

L'exploitation du gisement de la carrière de MOUHEB a été orientée de manière à prévenir et éviter les dangers potentiels. Les estimations des réserves du gisement ont montré que la durée de vie de la carrière est d'environ 6 ans, durant laquelle l'exploitation pourrait être maintenue, est le projet est économiquement rentable, avec des impacts positifs qui est la création d'emploi, une activité industrielle ainsi qu'une valeur ajoutée à la localité.

L'audit environnemental a montré que la carrière est loin de tout risque environnemental et aucun impact négatif n'est décelable sur le milieu, le gisement de la carrière de MOUHEB est respectueux de son environnement. Cependant, quelques impacts peuvent être améliorés tels que les nuisances sonores qui dépassent les normes. Ainsi évité le brûlage des déchets après le tir à l'explosif à même le site et élargir les voies de circulation pour les camions.

Le plan de réhabilitation après fermeture du gisement de la carrière de MOUHEB, permettra au site d'être restaurer dans une bonne insertion paysagère, et qui lui permettra de retrouver sa vocation initiale.

Bibliographie

- Belamine, C. 2021. Mémoire de fin Etude Contribution A L'audite Environnementale ; Etude Du Cas De La Carrière d'El Mesloub, Commune, Daïra De Mekla, Wilaya De Tizi Ouzou. Master UMMTO p40-50
- Bossière, G. 1978. Etude des paragéneses post-cinématiques dans les métapelites de la couverture du socle de Grande Kabylie (Algérie), mise en évidence d'un métamorphisme de basse pression. Bulletin de la Société Géologique de France, 7(3), 289-298.
- Bossiere, G. 1985. Petrologie d'un granite genetiquement lie au fonctionnement d'une zone blastomylonitique de haute pression; le granite de Sidi Ali bou Nab (Grande Kabylie, Algerie). Bulletin de la Société Géologique de France 1.2 p 239-247.
- Bossiere, G, Peucat J.J. 1985. New geochronological information by Rb–Sr and U–Pb investigations from the pre-Alpine basement of Grande Kabylie (Algérie). Canadian Journal of Earth Sciences, 22(5), p 675-685.
- Bossiere, G, Menegazo-Vitturi L., Et Sassi F. 1979. Caractère GéoBarométriques Du Cristallophyllien Epi Métamorphique Anti-Alpin De Grande Kabylie (Algérie). Bulletin de Minéralogie, 1979, vol. 102, no 1, p. 55-60.
- Boubekri, M. 2021. Mémoire de fin Etude sur l'indice de Barytine de Djebel BOUZEGZA. Master. UMMTO. p11-20.
- Bouillin, J.P, Durand Delga, M, Gélard, J.P, Leikine, M, Raoult, J.F, Raymond, D, Tefiani, M et Vila, J.M. 1973. Les Olistostromes d'âge Miocène inférieure liées aux flyschs alloctones Kabyle de l'orogène alpin d'Algérie. Bulletin de la Société géologique de France, 7(3-4), p 340-344.
- Bouillin, J.P. 1977. Sur l'existence d'une bande blastomylonitique au Nord-Ouest de la Grande Kabylie (Algérie). Bulletin de la Société Géologique de France 7.5 p 1071-1076.
- Bouillin, J.P. 1977. Géologie Alpine De La Petite Kabylie Dans Les Régions De Collo Et D'el Milia-Alger. Doctorat. Dissertation, Univ. Paris VI, France.
- Bouillin, J.P, Al. 1984. Mise Au Point Sur L'âge Des Socles Métamorphiques Kabyles (Algérie). Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique-physique, chimie, sciences de l'univers, sciences de la terre, 298(15), p 655-660.
- Bouillin J.P. 1986. Le bassin maghrébin : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. Bulletin de la Société géologique de France 2.4 p 547-558.
- Caby R, Hammor, D. 1992. Le massif cristallin de l'Edough (Algérie). Un Métamorphique Core Complex d'âge miocène dans les Maghrébides. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre, 314(8), p 829-835.
- Caby R, Saadallah A., Monie P., Gani R, Et Loumi K. 1986 Phénomènes Distensifs Et Surrection Syn A Post Miocène Des Terrains Cristallins De Grande Kabylie. 6eme Sémin. Natl. Sci. Terre, Alger, 50.
- Durand-Delga M. 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie ». Publ. Serv. Géol. Algérie, n°39, p 89-131.

El Azzouzi M, Bellon H, Coutelle J, Rehault P. 2014. Miocène Magmatism And Tectonics Within The Peri-Alboran Orogen (Western Mideterranean). *Journal of Geodynamics*, 77, p 171-185.

Gani R. 1988. Etude pétro-structurale des massifs cristallins de Larbâa Nath-Irathen et de Djemaa Saharidj (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de Magister, Alger.

Plan d'exploitation prévisionnel année 2022 SARL CARRIERE MOUHEB.

Saadallah A. 1992. Le cristallin de la Grande Kabylie (Algérie) : sa place dans la chaîne des Maghrébides. Thèse d'Etat, USTHB, Alger, 260 P.

Saadallah A. Caby R. 1994. Structuration Et Exhumation Des Massifs Cristallins Des Maghrébides (Algérie) : Les Effets De La Distension Méditerranéenne. P 81-87.

Saadallah A. Caby, R. 1996. Alpine Extensional Detachment Tectonics in the Grande Kabylie Metamorphic Core Complex of the Maghrébides (Northern Algeria). *Tectonophysics*, 267(1-4), 257-273.

Thiebaut, J. 1951. Etude Géologique Des Terrains Métamorphiques De La Grande Kabylie». É. Privat. Num 5. p 181-182.

Villa J.M. 1980, La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Doctorat des Sciences. Université Pierre et Marie curie Paris VI, 3 vols.p 257-273.

Wildi, W. 1983. La Chaîne Tello-Rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): Structure, Stratigraphie Et Evolution Du Trias Au Miocène. *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, 24: p 201-297.

Résumé

La carrière de MOUHEB sis à Keddara, est à 22 Km de la ville de Boumerdès. L'ensemble des formations constituant le massif, sont des calcaires d'âge Jurassique.

Ce gisement est en cours d'exploitation à ciel ouvert, les matières extraites sont utilisées pour la fabrication d'agrégats de différentes classes utilisées dans BTP.

La méthode d'exploitation de ce gisement est une exploitation à ciel ouvert, à l'explosif.

Les activités de la carrière se résument en :

Extraction de la roche par abatage à l'explosif ainsi que le concassage de la roche pour en extraire des agrégats à la commercialisation.

L'étude environnementale a permis de mettre en évidence certains éléments :

Les poussières issues lors des travaux d'extraction de la carrière sont des produits nuisibles. Les sources d'émission de ces polluants les plus importantes dans la carrière, sont celles liées au trafic induit sur les pistes, à l'extraction de matériaux et les tirs d'explosifs ainsi que le processus de la station de concassage. Ce taux d'émission de poussières peut être contrôlé et limité par la prise de certaines mesures.

L'impact paysager qui est lié à deux points particuliers qui sont le décapage et l'extraction qui aboutissent à une modification du site. La remise en état de la carrière, est la seule façon pour dissimiler les dommages engendrées par les travaux d'exploitation et redonner au site un bon aspect paysager.

Mots clés : Calcaire, formation, gisement, exploitation à ciel ouvert, impact, environnement, carrière, poussières, polluants, air, concentrations, collecteur, remblayage, réaménagement, bruit.

Abstract

The quarry of MOUHEB located in Keddara, is 22 km from the city of Boumerdès. The whole of the formations constituting the massif, are limestones of Jurassic age.

This deposit is being exploited in the open air and the extracted materials are used for the manufacture of aggregates of different classes for the building industry.

The mining method for this deposit is open-cast mining, using explosives.

The quarry activities are summarised as follows:

Extraction of the rock by blasting and crushing of the rock to extract aggregates for marketing.

The environmental study highlighted certain elements:

Dust from quarrying operations is a harmful product. The most important sources of emission of these pollutants in the quarry are those linked to the traffic induced on the tracks, the extraction of materials and the blasting as well as the process of the crushing station. This dust emission rate can be controlled and limited by taking certain measures.

The landscape impact which is linked to two particular points which are stripping and extraction which result in a modification of the site. Rehabilitation of the quarry is the only way to conceal the damage caused by the quarrying works and to give the site a good landscape appearance.

Key words: Limestone, formation, deposit, open pit mining, impact, environment, quarry, dust, pollutants, air, concentrations, collector, backfill, redevelopment, noise.