

N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade

Master II en Sciences de la Terre

Option : **Risques Naturels et Gestion**

Thème

Exploration et exploitation du gypse. Impact sur l'environnement et les ressources en eau.

(Entreprise Knauf plâtres, Plateau de Boufatis-Oran)

Présenté Par :

MECHEHOUD Wafa

LAKEHAL Khadidja

Soutenu le : 26/06/2016 devant la commission d'examination :

Mr.Mansour H.	Pr	Université d'Oran 2	Président
Mr.Foukrache M.	M.A.A	Université d'Oran 2	Rapporteur
Mr.Nadji A.	Maitre de conférence	Université d'Oran 2	Examineur

N° d'ordre :

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade

Master II en Sciences de la Terre

Option : **Risques Naturels et Gestion**

Thème

Exploration et exploitation du gypse. Impact sur l'environnement et les ressources en eau.

(Entreprise Knauf plâtres)

Présenté Par :

MECHEHOUD Wafa

LAKHEL Khadija

Soutenu le : 26/06/2016 devant la commission d'examination :

Mr.Mansour.H

Pr

Université d'Oran 2

Président

Mr.foukrache. M

M.A.A

Université d'Oran 2

Rapporteur

Mr.Nadji

Maitre de conférence

Université d'Oran 2

Examineur

AVANT PROPOS

*Avant tout, nous remercions le **DIEU** le tout puissant qui nous a offert sagesse et Santé afin de réaliser ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier Monsieur..... de m'avoir proposé ce sujet. Une personne que je le respect beaucoup et je n'oublierai guère votre gentillesse et votre sympathie lors nos stages de terrain. Je serais très heureux de vous voir le jour de ma soutenance Monsieur **Abdelkader MAHIOUSSI** responsable des carrières à l'entreprise Knauf plâtres, pour son aide, sa patience et sa grande contribution à la réalisation de ce mémoire. J'ai beaucoup profité de son expérience comme un vrai géologue de terrain.*

*Mes remerciements vont aussi à monsieur **Abdelghani Barouche** Superviseur d'exploitation à Knauf plâtres, je suis très impressionné par votre méthode de travail au terrain et au bureau, j'ai beaucoup appris grâce à vous sur le secteur minier et surtout les techniques d'abattage de la roche. Et je suis très reconnaissant à lui pour son aide, son écoute et ses conseils pertinents.*

*J'ai l'honneur d'exprimer mes gratitude à monsieur **Foukrache Mohamed** Maitre de conférences pour nous avoir encadrés, la confiance que m'a accordé et son suivi général bénéfique, pour ses encouragements, ses conseils, ses critiques objectives et positives, ses orientations tout au long de sa réalisation.*

*Je remercie la direction ainsi que tout le personnel de l'entreprise Knauf plâtres, je suis très reconnaissant à monsieur **Amine Ziane** chargé de la prospection minière pour son aide.*

Ma profonde reconnaissance s'adresse à l'ensemble des enseignants du département qui ont contribué à ma formation et avec beaucoup d'émotion que je formule ma sincère gratitude.

Dédicaces

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents. À ce qui sont ma raison d'être et ont offert tout leur vie pour moi, par leurs sacrifices pour mon bonheur et la réussite dans mes études.

Mes grands parents ;

Mes sœur : Karima ; Souad ; Rania

Mes frères : Kacimo ; Djamel

Mes encadreurs : Mr. Foukrache.M ; Mr. Nadji ; Mr. Mansour.H

Ma nièce : Donia

Mes très chères amies : Djezila ; Nadia ; Fatima ; Narimane ; Habiba ;

Hanane ; Soumia

À toutes les familles : Mechehoud ; Belarbi

À tout mes collègues de département de la science de la terre

À toute ma promotion 2015-2016

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes chers parents. À ceux qui sont ma raison d'être et ont offert toute leur vie pour moi, par leurs sacrifices pour mon bonheur et la réussite dans mes études.

À mes frères : Abdelrahmen, Ali, Mohammed

À mes chères sœurs : Asmaa, Fouzia, Naima, Sihem

À ma très chère nièce : Nour et à son frère Fouad

À mes encadreurs : Mr. Foukrache.M, Mr. Nadji ; Mr. Mansour.H

À toute la famille Lakehal et Belataris

À tous mes collègues de département de la science de la terre et de l'univers

À toute ma promotion 2015-2016

Résumé

La carrière de Sidi Boutbal, sise à 22 km à l'Est de la ville d'Oran, est installée au sein du Plateau de Boufatis (Saint Louis), partie intégrante du bassin du bas Chélif. La matière exploitée par l'entreprise Knauf, est du gypse d'âge Messinien utilisé pour produire le plâtre.

Pour abattre la roche, les dirigeants de la carrière utilisent les explosifs comme une source principale de choc. Le but de l'abattage est de désagréger le matériau afin de faciliter sa reprise par les engins d'extraction. La qualité de l'abattage joue un rôle primordial que l'on sous-estime bien souvent. En effet, un tir de mine de mauvaise qualité peut pénaliser toute la chaîne d'extraction de la roche. D'autres contraintes peuvent à leur tour affaiblir l'efficacité d'un tir de mine. Ce sont essentiellement les propriétés géologiques du massif rocheux.

L'examen minutieux des différents gradins formant la carrière nous a permis d'identifier plusieurs facteurs stratigraphiques et structuraux caractérisant les bancs de gypse. Les joints marneux s'intercalant entre les couches de gypse, la fracturation et les karsts constituent les principaux agents pouvant générer des anomalies de tir, en conséquence la substance explosive perd la force de fragmenter la roche.

Au terme de ce travail, nous avons proposé quelques astuces pour minimiser l'effet perturbant la bonne fragmentation du massif rocheux.

Mots clé : carrière Sidi Boutbal, Plateau de Boufatis, bassin, bas Chélif, Knauf, gypse, Messinien, explosifs, massif rocheux, joints, fracturations, karsts, anomalies, tir, fragmentation.

Summary

The career of Sidi Boutbal, located to 22 km in the East of Oran, is installed within the Plate Of Boufatis (Saint Louis), integral part of the basin of low Chélif. The matter exploited by the Knauf Company, is gypsum of Messinien age used to produce the plaster.

To mine the rock, the responsible of the career use the explosives like a primary source of shock. The goal of demolition is to disaggregate material in order to facilitate its recovery by the machines of extraction. The quality of demolition plays a central role which one very often underestimates. Indeed, a shooting of mine of bad quality can penalize all the chain of extraction of the rock. Other constraints can in their turn weaken the effectiveness of a shooting of mine. They are primarily the geological properties of the rock solid mass.

The meticulous examination of the various steps forming the career enabled us to identify several stratigraphic and structural factors characterizing the gypsum benches. The marl joints intercalating between the layers of gypsum, the fracturing and the karsts constitute the principal generated agents being able anomalies of shooting, into consequent explosive substance loses the force to split up the rock.

At the end of this work, we proposed some easy ways to minimize the effect disturbing good fragmentation of the rock solid mass.

Keywords: career Sidi Boutbal, Plate of Boufatis, basin, low Chelif, Knauf, gypsum, Messinien, explosives, rock solid mass, joints, fracture, karsts, anomalies, shooting, fragmentation.

TABLES DES MATIERES

Dédicaces

Remerciements

Résumé..... 01

Abstract.....02

Table des matières..... 03

Introduction 06

Premier Chapitre : Considération générale

I. Considération générale 08

1. Situation géographique..... 08

1.1. Cadre régional..... 08

1.2. La région d'étude..... 08

2. Cadre géologique..... 09

2.1. La région d'étude 11

2.2. Lithostratigraphie..... 13

2.2.1. Nomenclature régionales des formation..... 13

3. Hydrogéologie 15

3.1. Nappe aquifère..... 15

3.1.1. Aquifère du Miocène..... 15

3.1.2. Aquifère plio- quaternaire16

III. Aperçu minier 17

1. Plâtrière 17

2. La carrière..... 18

IV. Historique des travaux 18

V. Méthodologie de travail 20

1. But du travail 20

Deuxième Chapitre : Exploration et Exploitation

I. Travaux d'exploration	22
II. Travaux d'exploitation	22
III. Travaux d'exploitation du gypse	22
1. La foration	22
2. Tir de mine	23
3. Débitage mécanique secondaire	24
4. Le Chargement	24
5. Le transport	24
6. Le concassage	25
IV. Mode de tir	25
V. Les anomalies de tir	26
1. Les joints	26
2. Les karsts	27
3. La fracturation	28
4. Les failles	28
5. Fissuration arrière (effet arrière)	29
6. Gradin en surplomb	30
VI. Optimisation du plan de tir	31
VII. Conclusion	32

Troisième Chapitre : Impact de l'exploitation sur les ressources en eau et sur l'environnement

I. Impacts environnementaux sur les ressources en eau	34
1. Impacts environnementaux et sociaux de l'exploitation minière	34
1.1. Déchets Solides	34
1.2. Effluents Liquides	35
1.3. Emission gazeuse	38
1.4. Rejets de poussières	38
1.5. Nuisances sonores et vibrations	39
1.6. Mesures de réduction des impacts et plan d'action	43
2. Impacts sur les ressources en eau	45
2.1. Le drainage d'acide minier et la lixiviation des contaminants	47
2.2. L'érosion des sols et des déchets miniers dans les eaux de surface	47
3. Impacts de projets sur la qualité de l'air	49

Introduction

La formation évaporitique attribuée au Miocène connaît une large extension au niveau du littoral oranais. Il s'agit de couches épaisses de gypse intercalées de bancs marno-calcaires surmontant les marnes bleues qui terminent la base de la série miocène.

A l'Est d'Oran, au cœur du plateau de Boufatis, la plâtrière Knauf exploite des couches de gypse qui constituent une ressource naturelle revêtant un intérêt économique particulier. Le présent travail réalisé en collaboration avec les ingénieurs géologues de la dite société a pour objet une approche à l'étude des aspects d'exploration et d'exploitation des couches de gypse et d'exposer quelques risques géologique, minier, hydrogéologique et environnemental, liés tous à la présence de gypse. C'est ainsi, que notre étude s'est focalisée au sein de la carrière de gypse où les services concernés ont remarqué un problème minier lié à la disparition des couches de gypse dans la partie supérieure de la carrière de Sidi Boutbal. A cela, s'ajoute le problème de présence des eaux souterraines affleurantes de nappe.

Dans ce présent travail, nous présentons les différentes étapes des travaux que nous avons eu l'opportunité de suivre au niveau de la carrière de gypse et nous essayerons d'apporter notre contribution à l'identification de quelques problèmes et risques liés à la présence et l'exploitation des couches gypseuses.

Premier chapitre

Considération générale

II. Considérations générales

2. Situation géographique

1.3. Cadre régional

Le bassin du Bas Chélif se présente comme une gouttière orientée ENE-OSO, selon deux zones longitudinales déprimées qui sont les reliefs sublittorales (les massifs du Murdjajo, d'Arzew et Dahra) au Nord, et les plaines intérieures (les Monts de Tessala, de Ouled Ali, des Beni Chougrane et de l'Ouarsenis), au Sud (fig.1).

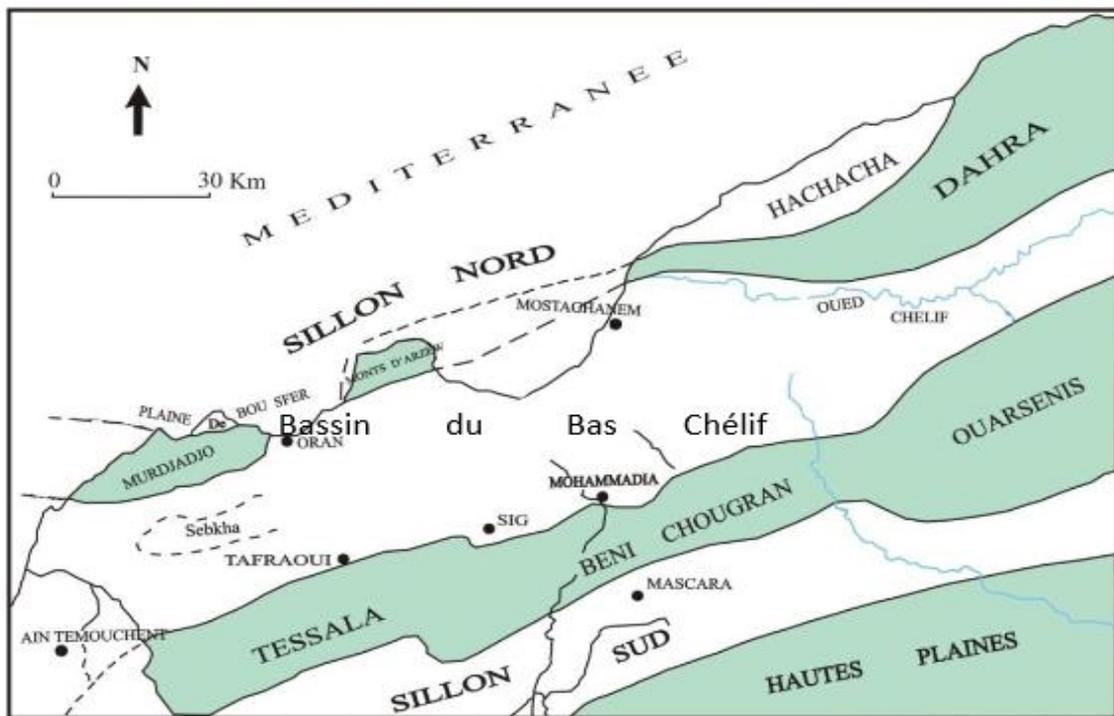


Figure 1: situation géographique du bassin du Bas Chélif (d'après Delfaut et al, 1973)

1.2. La région d'étude

La carrière de Sidi Boutbal s'intégrant au plateau de Boufatis est distante de 20 km à l'Est de la ville d'Oran. Sur la carte topographique de Gdyl au 1/50.000^{ème}, la carrière est facilement repérable entre deux étendues d'eau, le lac de Télamine, au Nord-Ouest et les salines d'Arzew, au Sud-Est (fig.2).

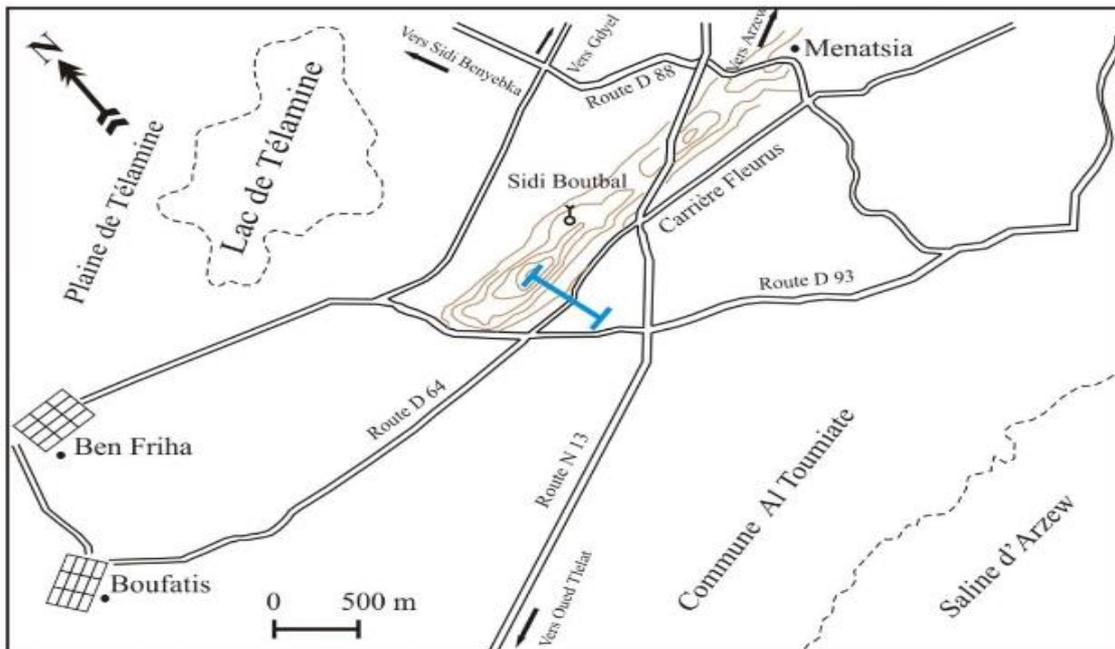


Figure2: localisation de la carrière (extrait de la carte topographique de Gdyl 1/5000)

2. Cadre géologique

Le bassin du Bas Chéelif s'insère dans le vaste bassin synorogénique intramontagneux du Chéelif, partie intégrante des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie nord-occidentale. Il est le siège d'une importante sédimentation néogène (fig.3) marquée par sa diversité sédimentaire, affleurant largement, sur ses marges nord et sud et en discordance sur les terrains allochtones d'âge crétacé à oligocène (Delteil 1974 ; Fenet 1974 ; Thomas 1985). Les dépôts miocènes en constituent la plus grande partie avec une épaisseur avoisinant les 4000 m en zones axiales (S.N. Repal 1952, inTchouar 2013) et diminuent considérablement vers les marges.

Plusieurs travaux effectués, dans ce bassin, ont dans un premier temps subdivisé la série miocène en deux cycles sédimentaires attribués respectivement au Miocène inférieur et Miocène supérieur. Le Miocène inférieur correspond à un intervalle de temps allant du Burdigalien supérieur jusqu'au Serravallien terminal (Bessedik et al., 2002) alors que le Miocène supérieur englobe le Tortonien et le Messinien (Belkebir, 2008).

Le Miocène supérieur est caractérisé par des marnes bleues d'âge Tortonien, débutant généralement par des assises gréseuses très développées sur les marges qui passent à des diatomites ou marnes à intercalations diatomitiques d'âge messinien. Les dépôts messiniens évoluent par la suite vers une sédimentation évaporitique essentiellement gypseuse. Parallèlement, sur les marges et les hauts fonds du bassin, on enregistre l'édification de plates-formes carbonatées à coraux et algues.

Discordant sur les terrains précédents, le Pliocène est généralement représenté par des marnes blanches évoluant localement vers des marnes à passées gréseuses. Les terrains pliocènes sont très bien représentés dans les régions nord-orientales et sporadiques dans les régions occidentales (S.N. Repal 1952).

En fonction de la mise en place des nappes, la même série est différenciée en Miocène anté-nappes, Miocène synchro-nappes et Miocène post-nappes. Ce dernier, largement dominant dans la région étudiée, est divisé à son tour en premier et deuxième cycle post-nappes (Thomas, 1985).

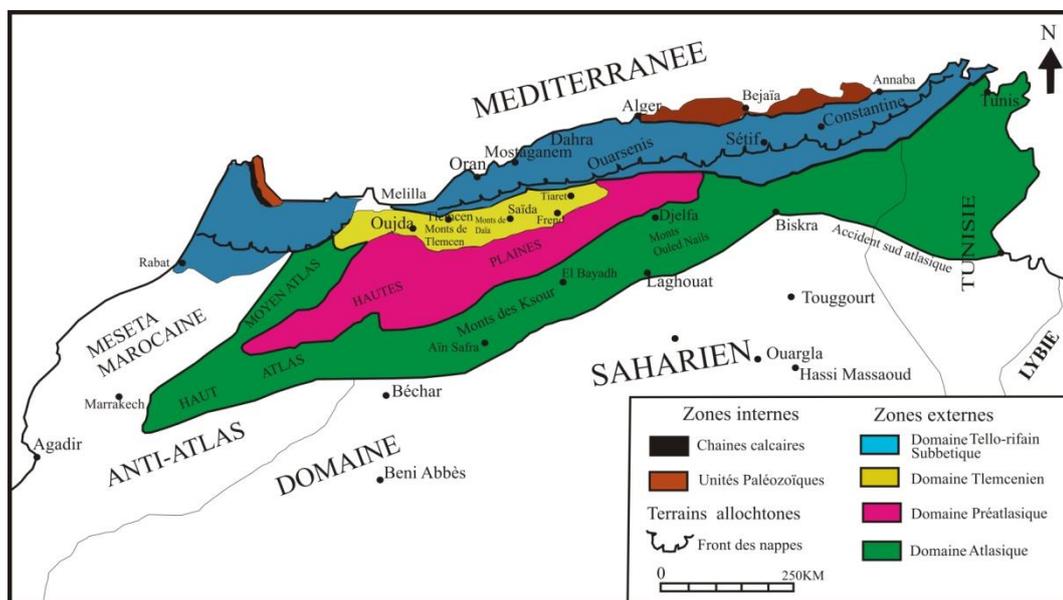


Figure3: Situation générale du domaine tlemcénien dans la chaîne alpine Algéro-marocaine (d’après Benest, 1984).

2.1. La région d’étude

Le Plateau de Boufatis est formé essentiellement par des terrains mio-plio-quaternaires reposant en discordance sur les massif d’âge Secondaire d’Arzew (fig.4 et5)

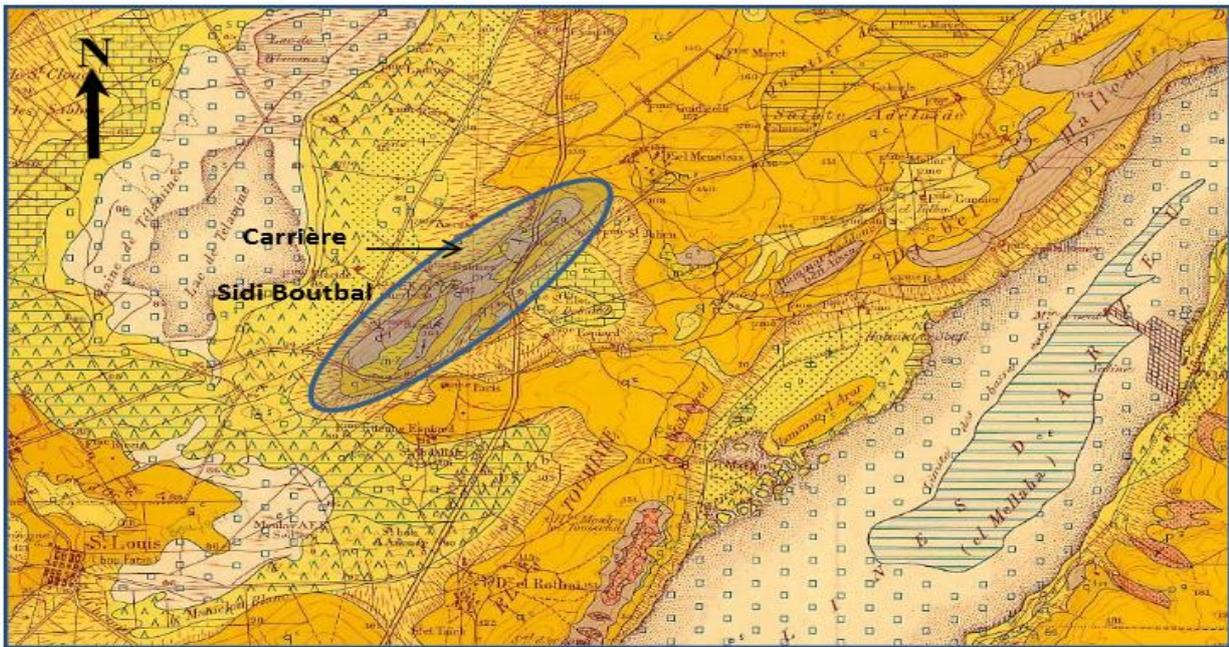


Figure 4: Extrait de la carte géologique de la région d'étude (carrière de Sidi, Boutbal) (Feuille n°154 de Saint Cloud, échelle 1/50.000)

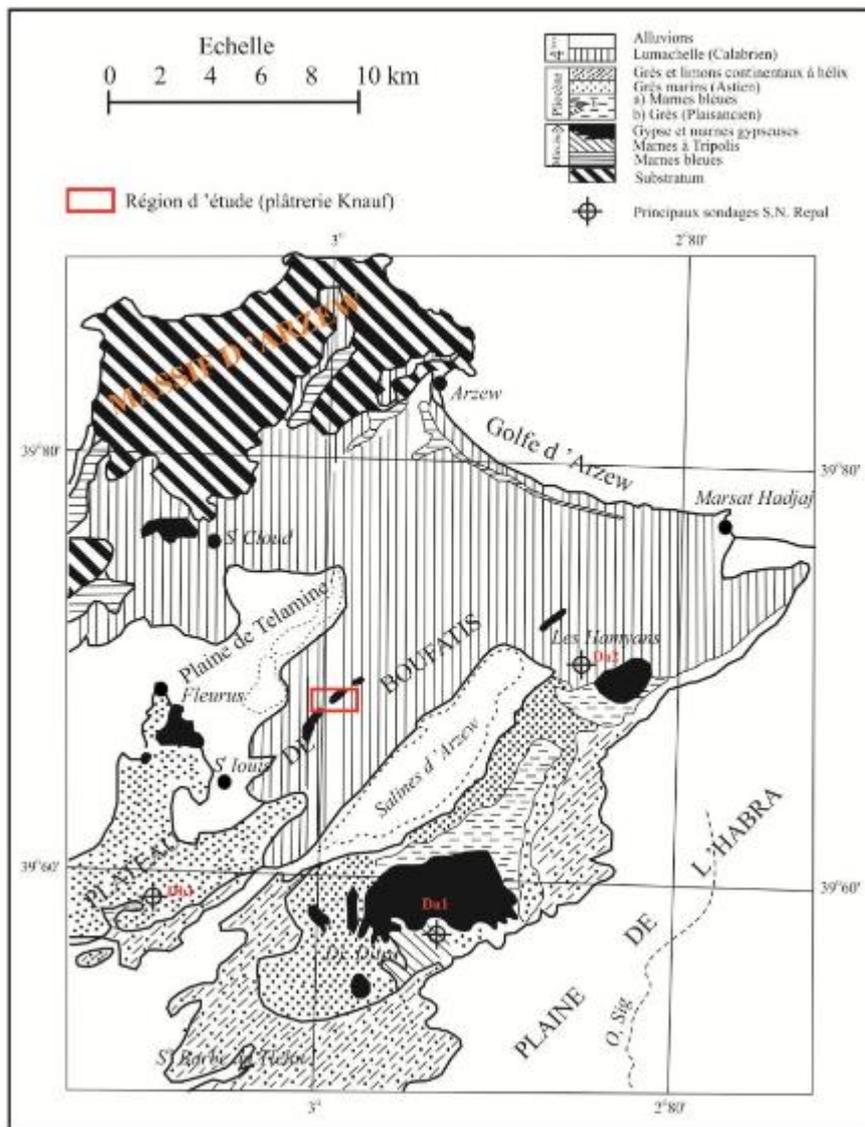


Figure5: carte géologique du plateau de Boufatis (Plateau de S^t. Louis)
(levés inédits de MM : Nicod, Perrodon, Winnock, in Perrodon, 1957)

La structure de la carrière de Sidi Boutbal est un anticlinal d'une direction NE-SO (fig.6). Sa longueur est d'environ 4 km et sa largeur est de 500m. Les flancs de l'anticlinal sont asymétriques dont un pendage plus fort sur le flanc NO. Les couches de gypse forment le cœur de l'anticlinal.

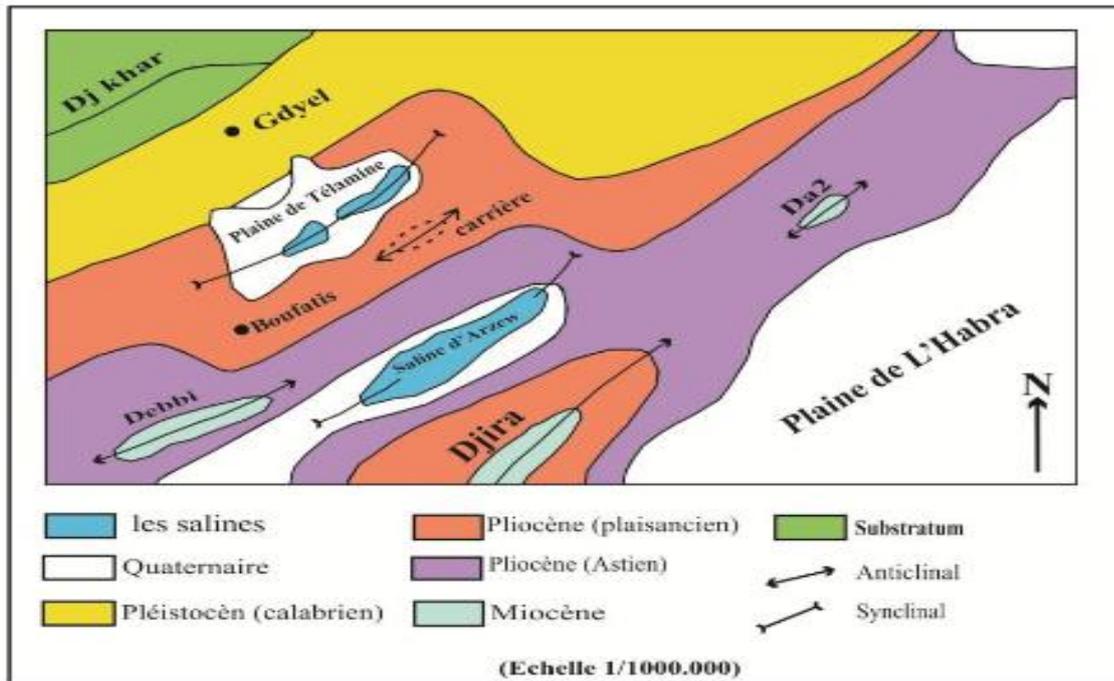


Figure6:

Ecorché géologique au 500000° du Plateau de Boufatis (feuille S^t. Cloud, N°154)

2.2. Lithostratigraphie

La répartition lithostratigraphique a concerné les formations mio-plio-quaternaires dont nous présentons ci-dessous les figurés attribués à chacune d'elles. La coupe géologique représentée par la figure 8, résume la distribution des différents faciès rencontrés.

2.2.1. Nomenclature régionale des formations

Afin de cadrer dans l'espace les formations rencontrées au niveau de la carrière de Sidi Boutbal (Fleurus), nous avons synthétisé les différentes nomenclatures régionales (fig.7) données par de nombreux auteurs (Perrodon en 1957, Delfaud *et al*, en 1975, Fenet en 1975 et Thomas en 1985).

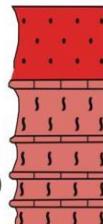
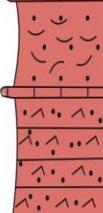
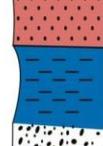
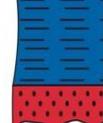
A. PERRODON, 1957		J. DELFAUD et al., 1975	B. FENET, 1975		G. THOMAS, 1985			LOG SYNTHETIQUE			
VI récent = Thyrennien	Couches à strombes		Pléistocène moyen et supérieur		Holocène	Lunettes éoliennes Sables éoliens Limens gris			Limons rouges Terrasses limoneuses rouges + dalles		
VI intermédiaire					Pléistocène supérieur	Q	IV F. Rochers (Tensifien)			III F. Hammam (Amirien)	II F. Remchi (Saletien)
Villafranchien	Formations rouges	Méga-séquence 2	Calabrien-Villafranchien	4 cycle M 4	Formations dunaires et formations rouges continentales	Pléistocène inférieur	B	Formation de la Mekerra		Limons et conglomérats rouges Grès lumachelles et sables dunaires	
Calabrien	Grès et lumachelles conglomérats				Calabrien	P II	A	Formation Mettemoura - golfe d'Arzew			
Pliocène continental	Astien : grès marin plaisancien : marnes		Plaisancien	3 cycle M 3	Formations détritiques	Tabianien	P I	A . B	Formation du bas-chelif		Grès Marnes bleues conglomérats et sables
Pliocène marin					Formation marnes						
Miocène supérieur	Formations terminales	Messinien	2 cycle post nappes M 2	Messinien marneux	Tortonien II	2 cycle M III	C	Formation du Murdjadjo		Calcaires Tripolis	
vindobonien	Formation médianes	Messinien	2 cycle post nappes M 2	Grès de base			Tortonien I	1 cycle M II			B
	Formations de base	Tortonien	I cycle M I	Serie de Mers E.I Kebir et O. Hammadi	Serravalien	1 cycle M II			A	F. Grès rouges	
Miocène inférieur	Continental : conglomérats	Tortonien	I cycle M I	Formations rouges continentales de Tafaraoui			Langnien	1 cycle M II		F. de Bouhanifatafaraoui	
	Marin : marnes grises							Formation de Debbi			
Miocène inférieur		Méga-séquence 1	Miocène anté ou synchro nappe		Miocène anté ou synchro nappe M I					Schistes et marnoschistes	

Figure 7 : les différentes appellations employées au niveau de notre secteur d'étude (in Hassani, 1987)

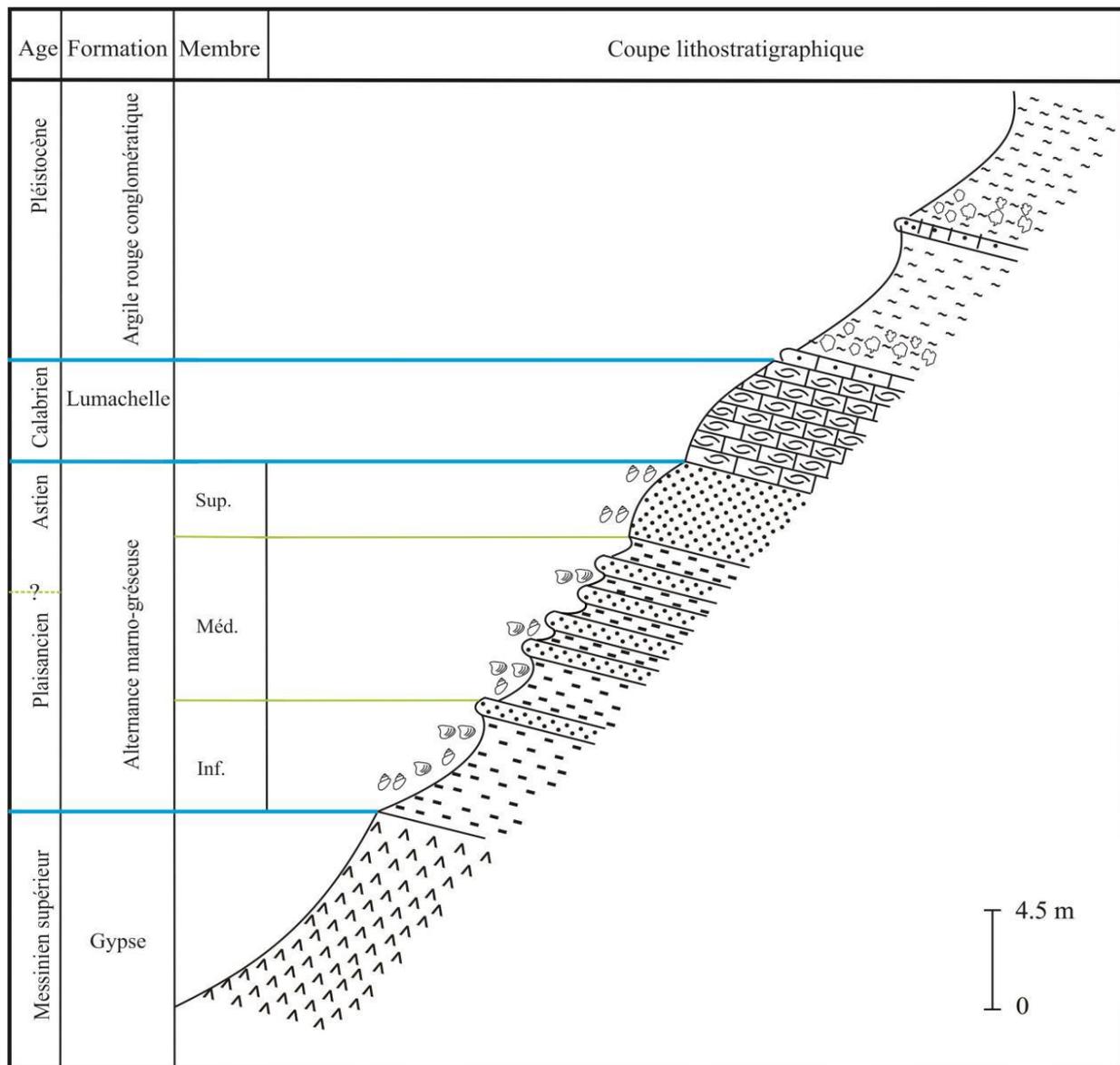


Figure 8 : coupe géologique de la carrière de Sidi Boutbal – Fleurus

3. Hydrogéologie

3.1. Nappes aquifères

Il existe principalement deux types d'aquifère : l'un formé par principalement par les calcaires du Miocène et l'autre constitué par un ensemble d'alluvions, sables et grès du Plio-Quaternaire.

3.1.3. Aquifère du Miocène

Cet aquifère présente une grande extension dans la partie occidentale du littoral oranais (Oran jusqu'à Beni Saf). Il s'agit d'une nappe libre au Nord qui peut devenir captive au Sud sous les alluvions limono-argileuses de la dépression de la sebkha. Les calcaires du Murdjadjo d'âge Miocène

contiennent la plus importante nappe de la région, aussi bien en ce qui concerne sa géométrie que la capacité de ses réserves en eau souterraine.

La nappe est formée par les calcaires hétérogènes : calcaires récifaux et calcaires à algues.

La circulation des eaux se fait essentiellement à la faveur d'un réseau de fissures et de chenaux karstiques. En amont de l'aquifère des calcaires du Murdjadjo, on note l'existence d'une nappe réduite en extension contenue dans les grès de base, conglomérat d'âge miocène. Elle draine ces eaux vers les calcaires. De même à l'Est, on a une autre nappe contenue dans les calcaires à tripoli limités à leur partie inférieure par les marnes à tripoli de jouant le rôle de substratum local.

La nappe des calcaires présente plusieurs exutoires, parmi lesquels les plus importants sont les sources de Brédéah, Misserghine et Ras El Aïn. Il s'agit de sources drainant les trois principaux bassins hydrogéologiques du Murdjadjo.

On note que cet aquifère des calcaires du Murdjadjo n'est pas représenté dans notre secteur d'étude.

3.1.4. Aquifère plio- quaternaire

Cet aquifère s'étant de la bordure de la grande Sebkha au Sud du Murdjadjo, en occupant toute cette plaine. Les eaux de cet aquifère sont contenues dans les alluvions hétérogènes. Le niveau d'eau est à une très faible profondeur (3 à 4m). les puits sont rares en bordure de la sebkha et plus nombreux au Nord, puisqu'on se rapproche du Murdjadjo ou certains atteignent les calcaires sous un faible recouvrement alluvial.

Au niveau de la région étudiée l'aquifère plio-quaternaire présente une large extension, occupant les plateaux de Bir El Djir, Gdyel et le Hassis.

Cette aquifère est formé par un ensemble multicouche : alluvions sablo-limoneuses, grès et calcaires gréseux. Il constitue une nappe libre, parfois semi-libre dont les différents niveaux aquifères sont en liaison hydraulique entre eux.

Dans la plupart des cas, cette nappe est en contact direct avec les eaux superficielles polluées véhiculées par le réseau hydrographique et les plans d'eau stagnante, lieux de rejets d'eaux usées et de déchets ménagères (lac Télamine et Salines d'Arzew). Cette situation expose les ressources en eau de la région à un risque certain de contamination par les produits polluants de tout genre.

D'un autre côté, la présence du niveau piézométrique de la nappe à une profondeur très faible ou affleurant, constitue une contrainte majeure à l'exploitation des masses de gypse en profondeur.

III. Aperçu minier

1. Plâtrière

L'usine de plâtre fondée aux années soixante-dix par la firme Knauf est actuellement en partenariat entre l'Algérie et l'Allemagne. C'est l'ancienne société étatique SOPLAF (société de plâtre Fleurus), filiale de l'entreprise ERCO (entreprise du ciment Ouest). Cette unité comporte plusieurs bâtiments pour fabriquer le plâtre de construction et ses dérivés (fig.9). Elle alimente aussi les cimenteries de l'Ouest en gypse concassé comme produit rentrant dans la fabrication du ciment.



Figure9: une partie de l'usine de plâtre Knauf

2. La carrière :

Distante à 24 km à l'Est de la ville d'Oran et à 6 km au SE du village de Benfriha, la carrière de Sidi Boutbal est rattaché administrativement, à la commune de Benfriha, Daïra de Gdyl, Wilaya d'Oran. D'après le titre minier N° 818 PM délivré le 31.03.2010, les coordonnées UTM des points limites de ce gisement sont les suivants (tab.1)

Tableau N°1: coordonnées UTM du périmètre de la carrière Sidi Boutbal

N°	X	Y	N°	X	Y	N°	X	Y
1	739 400	3 956 000	11	738 100	3 954 300	21	738 400	3 955 300
2	739 400	3 955 800	12	738 100	3 953 800	22	738 400	3 955 600
3	739 300	3 955 800	13	737 400	3 953 800	23	738 700	3 955 600
4	739 300	3 955 500	14	737 400	3 954 400	24	738 700	3 955 900
5	739 100	3 955 500	15	737 800	3 954 400	25	739 100	3 955 900
6	739 100	3 955 100	16	737 800	3 954 800	26	739 100	3 956 000
7	738 700	3 955 100	17	738 000	3 654 800			
8	738 700	3 954 800	18	738 000	3 955 100			
9	738 500	3 954 800	19	738 200	3 955 100			
10	738 500	3 954 300	20	738 200	3 955 300			

IV. Historique des travaux

Le Bassin du Bas Chéelif a fait l'objet de nombreux travaux géologiques depuis la seconde moitié du 19ème siècle. Il s'agit notamment de ceux de BLEICHER (1875), de POMEL (1892), de REPELIN (1895) et de BRIVES 1897 qui ont abouti aux premières reconnaissances et attributions stratigraphiques des terrains néogènes.

En 1903, GENTIL établit une fameuse étude géologique relativement détaillée de l'Oranie occidentale.

La période 1900-1936 a vu la réalisation de levés cartographiques et de cartes géologiques au (1/50 000) par BRIVES, DOUMERGUE et DALLONI.

En 1936, ANDERSON présenta un remarquable travail où il proposa un découpage de la série Miocène : un groupe inférieur "Carténien" et un groupe supérieur "Tellien".

En 1952, se crée la Société (S.N. Repal). Cette dernière entreprend des levés à grande échelle, des études stratigraphiques et structurales de détail et des travaux de forages. Les synthèses de ces travaux verront le jour lors du XIX' Congrès International de Géologie tenu à Alger en 1952. Une monographie régionale est également présentée par DALLONI au cours de cette manifestation.

En 1982, ROUCHY présente un important travail au biais de sa thèse sur la genèse des évaporites messiniennes de la Méditerranée.

En 1985, THOMAS s'intéresse à l'évolution géodynamique de la partie occidentale du bassin du Bas Chéelif. Il distingue deux cycles post-nappes. Le premier cycle est d'âge Burdigalien dans la

bordure nord-orientale du Dahra et, le second, débute dans le Tortonien et s'achève dans le Messinien.

Le travail de BELKEBIR (1986) sur les terrains néogènes de la bordure nord-occidentale du Massif du Dahra apporte des précisions sur l'âge des formations, à partir de l'utilisation des foraminifères.

En 1987, SAINT MARTIN étudia les formations récifales du Miocène supérieur de l'Algérie et du Maroc. Il analyse sa morphologie et recense le contenu paléontologique, à partir d'un inventaire détaillé des édifices coralliens.

Un an plus tard, MOISSETTE (1988) s'intéresse à l'étude des bryozoaires du Messinien de l'Algérie occidentale.

En 1992, NEURDIN-TRESCARTES aborde l'étude sédimentologique et la paléogéographie des terrains néogènes du bassin du Chélib en définissant des séquences-types. Quatre ans plus tard, BELKEBIR et al. (1996) proposent une corrélation des dépôts marins du Miocène post-nappes avec les dépôts continentaux et distinguent plusieurs phases eustatiques au cours du Miocène.

Enfin en 2013, Tchouar dans le cadre de son mémoire de magister traite les dinoflagellés de la série mio-pliocène du télégramme de Sidi Brahim, où elle a étudié une microflore de dinokystes ayant permis la réalisation d'une étude systématique et paléoécologique détaillée.

V. Méthodologie de travail

1. But du travail

Suite à la disparition des couches de gypse latéralement au niveau du gradin n°3 sur les deux flancs de la carrière, une étude cartographique a été proposée pour soulever les particularités de ce problème minier.

Des coupes sériées ont été levées sur les deux flancs de l'anticlinal afin de cartographier ces terrains et essayer de suivre la limite supérieure des bancs de gypse. Cette démarche est complétée par l'exploitation des données de sub-surface à partir de l'archive de plusieurs sondages carottés disponibles réalisés auparavant.

Dans ce projet, nous avons bénéficié de l'aide pertinente des cadres ingénieurs pour entreprendre toutes les observations de l'étude des terrains de surface et de disposer des moyens matériels et cartographiques mises en œuvre pour la réalisation des travaux envisagés.

Enfin, en collaboration avec les responsables de la carrière, nous avons procédé à une synthèse des données recueillies pour l'élaboration de ce modeste travail.

Deuxième Chapitre
Exploration et Exploitation

I. Travaux d'exploration

L'exploration concerne la recherche des ressources. L'exploration minérale est l'activité clé qui mène à l'ouverture d'une mine. En fait, l'exploitation minière serait impossible sans l'important travail préparatoire d'exploration. Le but principal de l'exploration est de trouver de nouvelles sources de métaux communs et métaux précieux comme le nickel, le cuivre, le zinc et l'or et des métaux de spécialité comme le césium. De plus, l'exploration ne peut mener à la découverte de minéraux industriels et roche d'intérêt économique, comme la dolomite, spodumène, l'argent, le gypse, le sel, le granite, le calcaire, la chaux, le sable et gravier. Les géologues et les prospecteurs cherchent des preuves de la présence de ces matières. Une fois évaluées, ces ressources minérales pourraient avoir le potentiel d'être développées et constituées un gisement rentable pouvant être exploité ou extrait.

II. Travaux d'exploitation

L'extraction de la roche passe par plusieurs étapes, la plus importante est le minage. Ainsi, l'abattage à l'explosif est aujourd'hui la technique la plus utilisée et la plus répandue dans les carrières à ciel ouvert. Elle permet de fragmenter des volumes importants de roche pour la reprise et le traitement du matériel abattu.

Cependant, L'explosif est devenu la principale source d'énergie pour les travaux d'abattage, de découpage et de sautage. Son utilisation industrielle pour ces travaux perd son caractère empirique pour devenir une technique à base scientifique.

III. Travaux d'exploitation du gypse

La société KNAUF adopte une technique moderne d'extraction du gypse. Elle débute par les travaux de foration des trous de mine et se termine par le concassage du matériel abattu.

1. La foration

Etape fondamentale, elle se résume au creusement des trous sub-verticaux à des profondeurs variables, selon la hauteur du gradin. L'entreprise utilise une sondeuse à cabine de type Atlas Copco. La répartition des trous dépend du plan de tir et la maille choisie. (fig10)

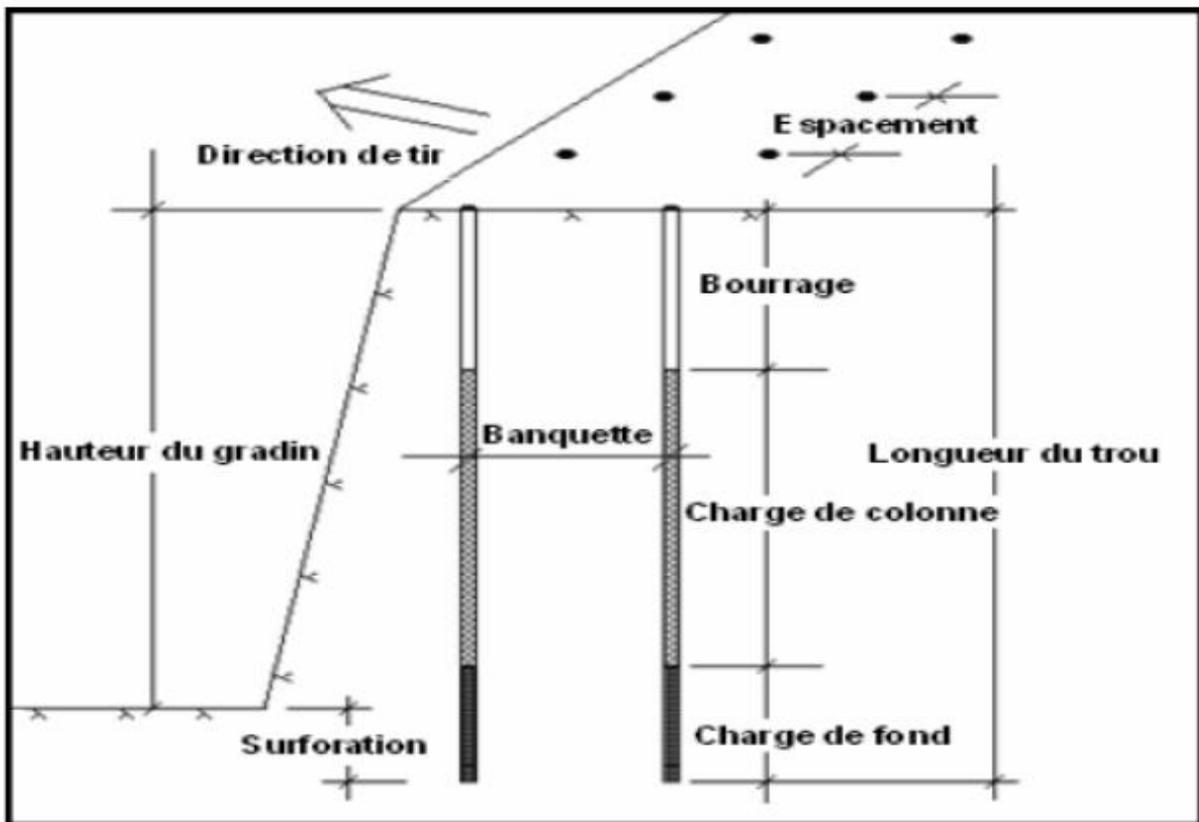


Figure10: les différents paramètres d'un tir de mine

2. Tir de mine

L'entreprise prévoit chaque semaine un tir de mine pour abattre la roche. La matière explosive utilisée est surtout la Marmanit, parfois l'Anfomil ou la Gélanit (fig.11).



Figure11: les différents explosifs utilisés pour abattre le gypse

(A: la Marmanit, B:la Gélanit, C: l'Anfomil)

A) la Marmanit : est un explosif pulvérulent de couleur jaune, constituée de nitrate d'ammonium d'une mineure quantité et d'un explosif brisant comme le TNT. Ce type d'explosif est caractérisé par une densité d'encartouchage. Elle est utilisée pour l'abattage des roches semi dures.

B) la Gélanit : est un explosif nitré d'une consistance gélatineuse dont la base est à base de NGL et de NC. Ce type d'explosif est caractérisé par une densité d'encartouchage élevée traduite par une vitesse de détonation importante. Elle est utilisée, à ciel ouvert et en souterrain, pour l'abattage des roches dures ou semi dures même en milieu subaquatique.

C) l'Anfomil : est un explosif de couleur blanche-rose, d'aspect fluide, contenant comme combustible du fuel oil domestique. Il est amorcé au moyen de cordons détonants ou un autre explosif brisant.

3. Débitage mécanique secondaire

Après le tir de mine, la volée abattue est d'une blocométrie qui varie de 0.2 m à 3 m, donc un débitage mécanique secondaire à l'aide d'une brise roche est nécessaire à réduire la taille des roches afin d'être adoptée à l'ouverture du concasseur.

4. Le Chargement

Après le tir, le matériel abattu doit être assemblé et nettoyé ensuite chargé sur des camions. Cette étape est assurée par des engins spécifiques comme les chargeurs sur pneus et les pelles hydrauliques.

5. Le transport

Une fois le matériel abattu est chargé sur les camions, ces derniers se dirigent vers le concasseur primaire. C'est une étape très importante en même temps très délicate car les engins assurant cette opération sont de nombre élevé. Leur mouvement fréquent et continu provoque une certaine densité de circulation, soit à la carrière soit au niveau de l'unité de traitement. C'est pour cette raison que les dirigeants de la carrière adoptent un plan de circulation de ces engins (cycle de rotation) bien défini durant toute l'année pour éviter tout risque de collision.

6. Le concassage

Cette étape permet de réduire, de façon successive, la taille des éléments. Différents types de concasseurs assurent cette opération. L'entreprise Knauf a choisi un concasseur à mâchoires comme concasseur primaire. Il est constitué par deux mâchoires, l'une fixe et l'autre mobile. Pour mieux comprendre le circuit de concassage à l'usine, nous le résumons dans la (fig12).

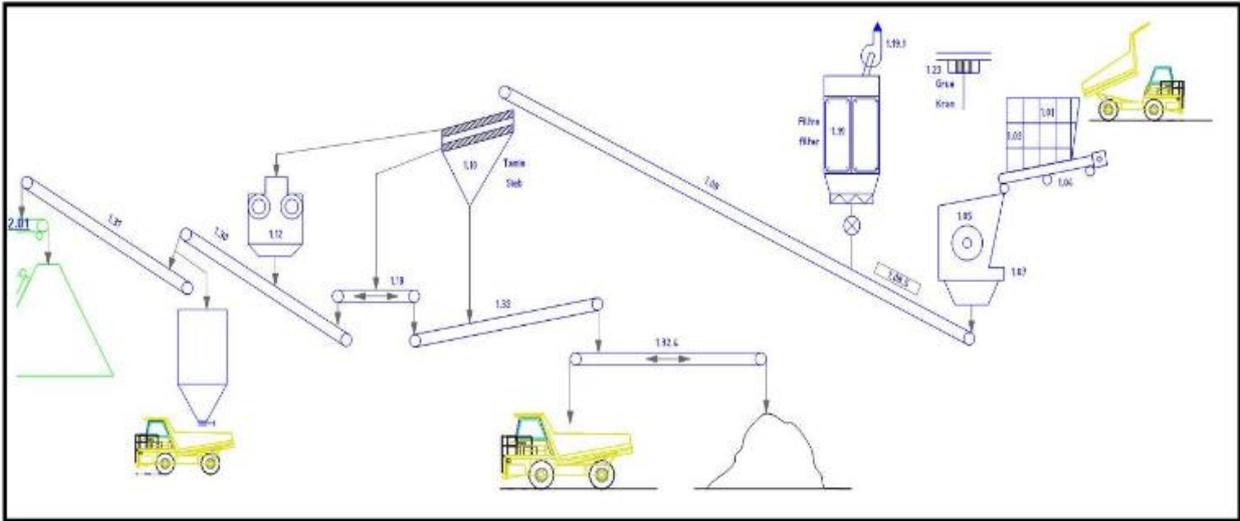


Figure 12: le résumé d'un circuit de concassage à l'usine.

IV. Mode de tir

Au passé, l'entreprise Knauf procédait à un tir pyrotechnique pour abattre la roche. Ce mode de tir consiste à raccorder les trous de mine par un cordeau détonant et à faire sauter le lieu du tir au même moment. Les résultats de tir n'étaient pas satisfaisants et une grande masse du massif abattu est constitué par des gros blocs, ce qui exigeait l'intervention des engins (brise roches) pour réduire à nouveau la taille de ces blocs. En conséquence, le coût d'extraction s'élevait d'une façon remarquable. A cette raison, l'entreprise a changé le mode de tir, en optant le tir électrique.

Le tir électrique donne la possibilité de fragmenter la roche graduellement et permet l'amorçage et la mise à feu électriquement d'une volée à un moment précis (fig.13).

Le schéma de tir électrique correspond à un schéma de circuit électrique dont les éléments sont:

- L'exploseur qui représente la source électrique (dispositif de mise à feu)
- La charge de l'explosif
- Les détonateurs (DMR) qui sont les récepteurs (amorces électriques), ces détonateurs sont classés selon leur temps (par millisecondes) de réaction à l'impulsion électrique.

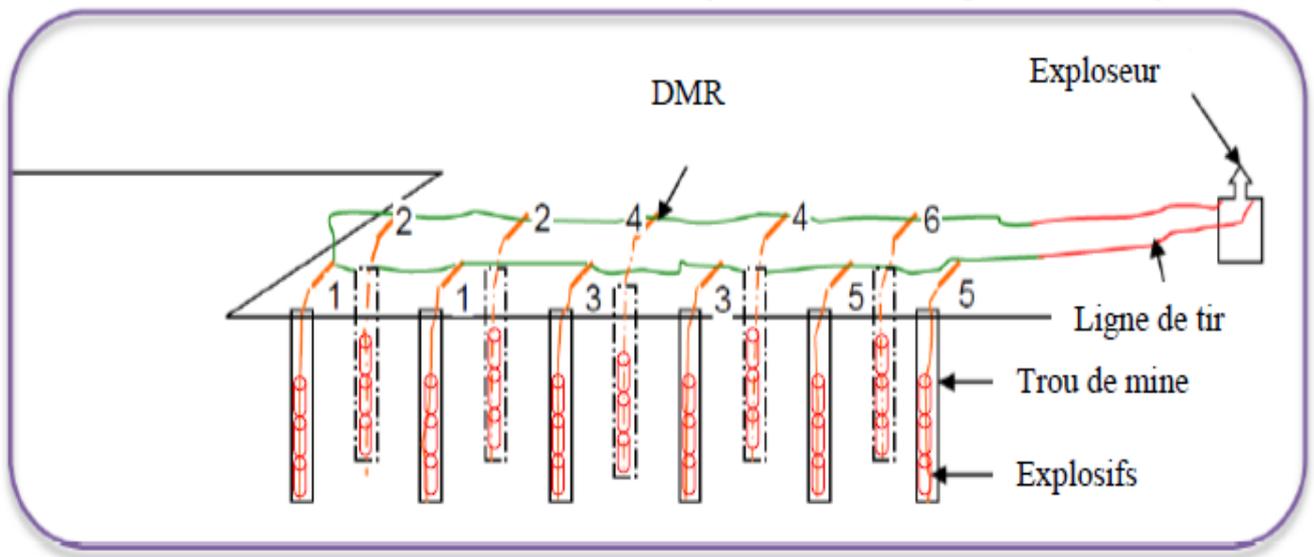


Figure 13 : exemple d'un circuit de tir électrique et ses différents paramètres

V. Les anomalies de tir

1. Les joints

Les joints situés entre les bancs de gypse sont remplis d'un matériau de moindre résistance (marnes) constituent des échappatoires privilégiées pour les fumées de détonation à hautes pression et température. Ces zones de faiblesse peuvent « débousser » de manière violente, avec projection à grande distance du matériau de remplissage et de fragments rocheux arrachés à la surface. En conséquence, le gradin ne subit pas un choc suffisant pour l'abattre (fig.14).

On peut noter ici, que ce phénomène de risque est très fréquent d'après les conditions géologiques de gisement de gypse dans cette région où les des bancs marno-calcaires s'intercalent souvent dans les masses de gypse, comme le montre l'observation des affleurements à la surface.

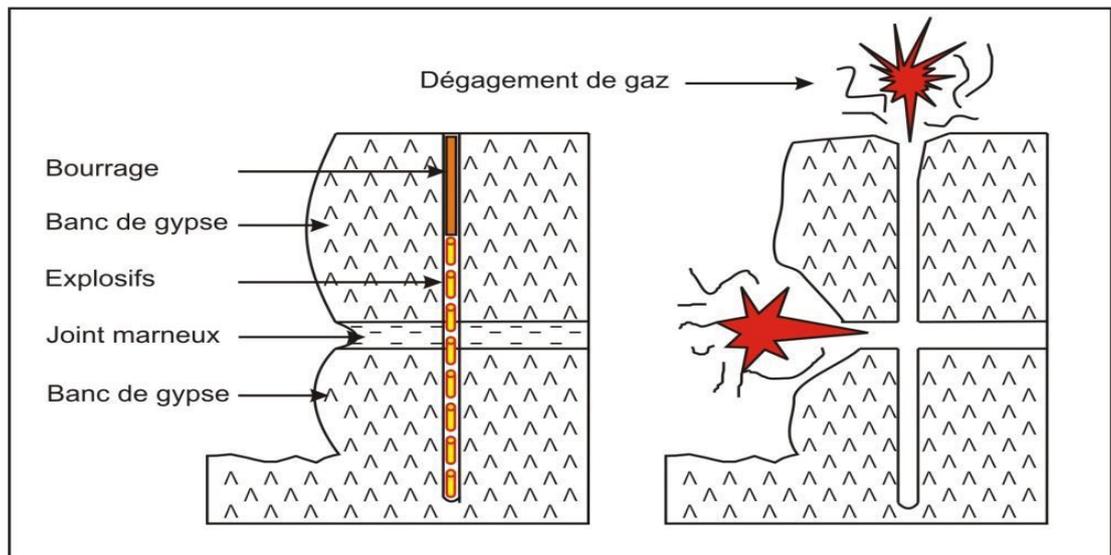


Figure 14 : échappement de gaz à travers un joint marneux

2. Les karsts

Ces cavités souterraines invisibles depuis la surface constituent des poches où l'explosif peut s'accumuler de manière excessive (fig.15), en formant localement de véritables bombes. La présence de ces cavités complique les opérations de foration et de chargement de l'explosif, en particulier pour les explosifs en vrac, et affecte la transmission de l'énergie explosive. A proximité des fronts, elles peuvent occasionner des phénomènes de projection.

Là encore, on souligne le risque lié à la présence de ces cavités de dissolution très caractéristique des couches gypseuses dans ce secteur.

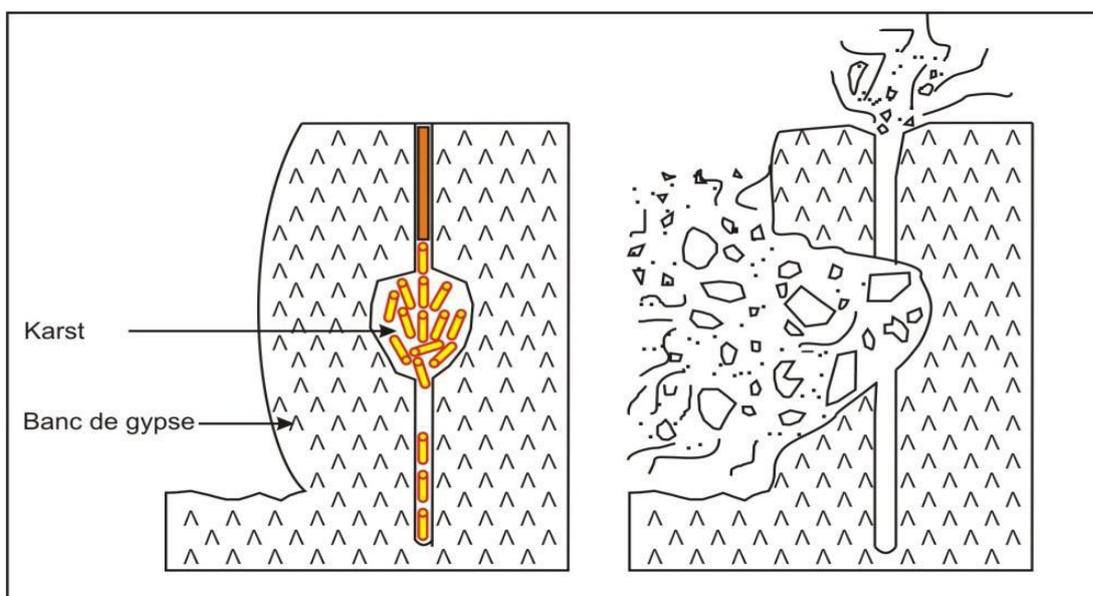


Figure 15 : anomalie de tir dû à la présence d'un karst

3. La fracturation

Deux types de fractures sont présents à la carrière, l'une est causée par des contraintes tectoniques et l'autre, sous l'effet des explosifs. Cette fracturation initiale du massif induit deux effets opposés :

- D'une part, elle fragilise le massif, et donc réduit globalement sa résistance mécanique ;
- D'autre part, elle contrarie l'action mécanique de l'explosif, par atténuation de l'onde de choc lors de son passage à travers les discontinuités et par détente des gaz dans les fissures. Ces deux effets ont pour résultat de réduire la portée de l'explosif et par conséquent, de réduire les possibilités de coopération entre mines adjacentes.

Les fractures d'origine tectonique sont bien visibles à l'affleurement des formations gypseuses en relation avec le contexte structural caractérisant le style tectonique cassant affectant la région.

4. Les failles

Les failles correspondent fréquemment à une zone broyée. Elles perturbent la continuité de la stratigraphie et des affleurements. Certaines failles, qui ont un faible rejet, peuvent passer inaperçues, leur continuité à travers le massif rocheux, leur faible résistance au cisaillement due au fait que les lèvres ont déjà subi un déplacement relatif, contribuent à en faire des surfaces potentielles de glissement particulièrement dangereuses.

Plusieurs failles affectent le gisement, généralement d'une orientation ENE-OSO. La plus importante est celle qui traverse le flan Nord du gisement et qui fait abaisser les bancs de gypse de plusieurs mètres (10 m en moyenne, fig.16).

Le repérage de ces failles est très important d'une part, pour la localisation des compartiments affaissés enfouilles en profondeur pouvant constituer un intérêt particulier, et d'autre part, pour prendre les mesures nécessaires afin d'éviter tout risque au niveau des opérations entreprises.

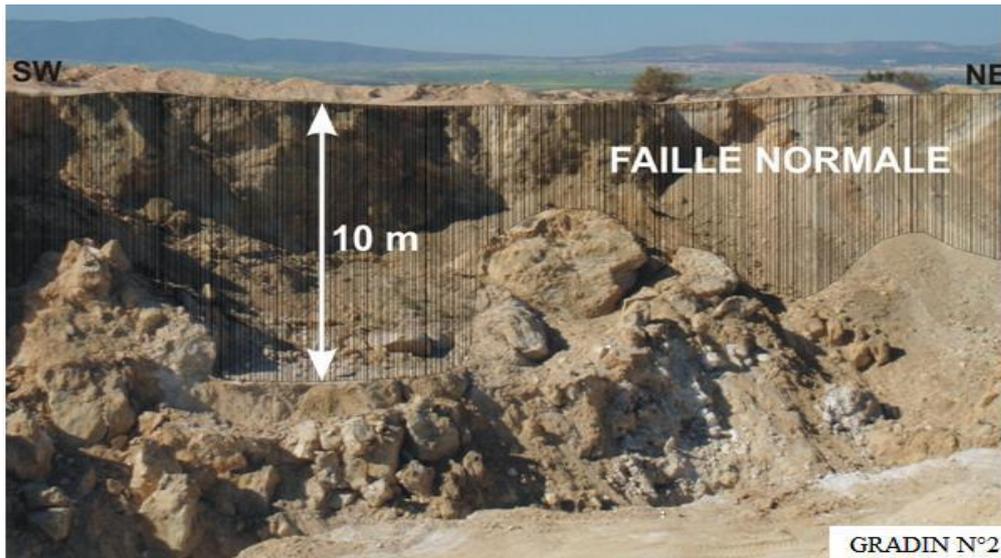


Figure 16 : la grande faille longeant le flanc Nord de la carrière de Sidi Boutbal

5. Fissuration arrière (effet arrière)

Suite à un tir de mine, il se génère occasionnellement des fissurations parallèles au front de taille (fig.17). Ses fissurations ont les caractéristiques suivantes :

- des fissures dont l'ouverture diminue alors que l'écartement entre elle augmente lorsque l'on s'éloigne du front de taille,
- Que seule la partie supérieure du front de taille est affectée,
- un découpage « en dentelle », les creux sont situés entre deux mines successives.

Cette anomalie est caractéristique d'une onde de traction réfléchi trop importante. L'intensité de cette contrainte dépasse la résistance à la traction de la roche au-delà du plan défini par les mines.

Ces fissurations constitueront un obstacle pour la prochaine foration au même lieu, et leurs causes probables sont :

- La première ligne amorcée est trop loin du front de taille.
- L'explosif en colonne est trop puissant (trop d'effet de choc).
- Mauvaise implantation du tir par rapport à la fracturation naturelle (le plan des mines est parallèle à celui des fissurations naturelles du terrain).
- La charge massique (d'explosifs) est insuffisante exprimée en gr/m^3 .

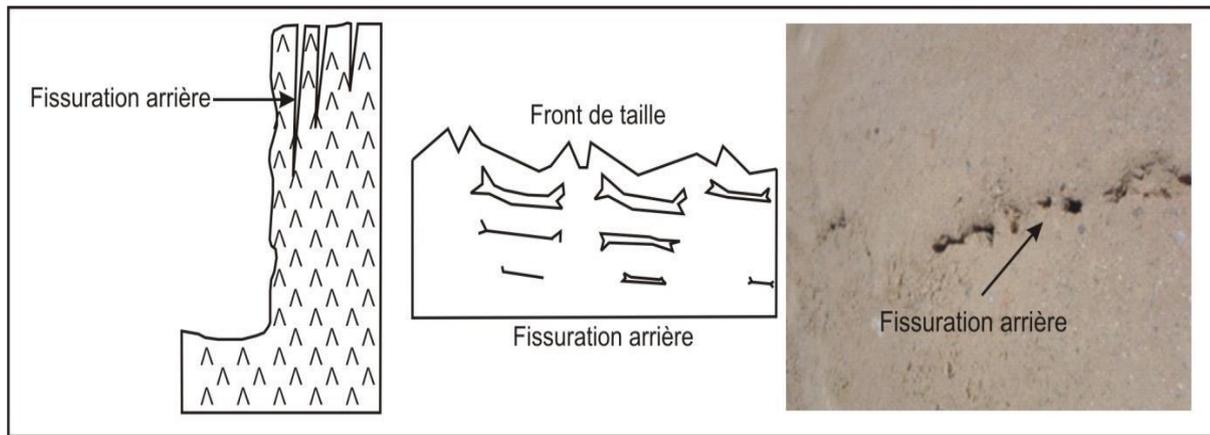


Figure 17 : fissuration causée suite à un tir de mine

6. Gradin en surplomb

Cette anomalie signifie que le haut du front de taille présente un surplomb (fig.18). Les causes possibles de cette anomalie peuvent être résumées comme suit :

- Le bourrage final est trop important,
- La charge de colonne ne monte pas assez haut,
- Présence de fissures perpendiculaires à l'axe du trou de foration,

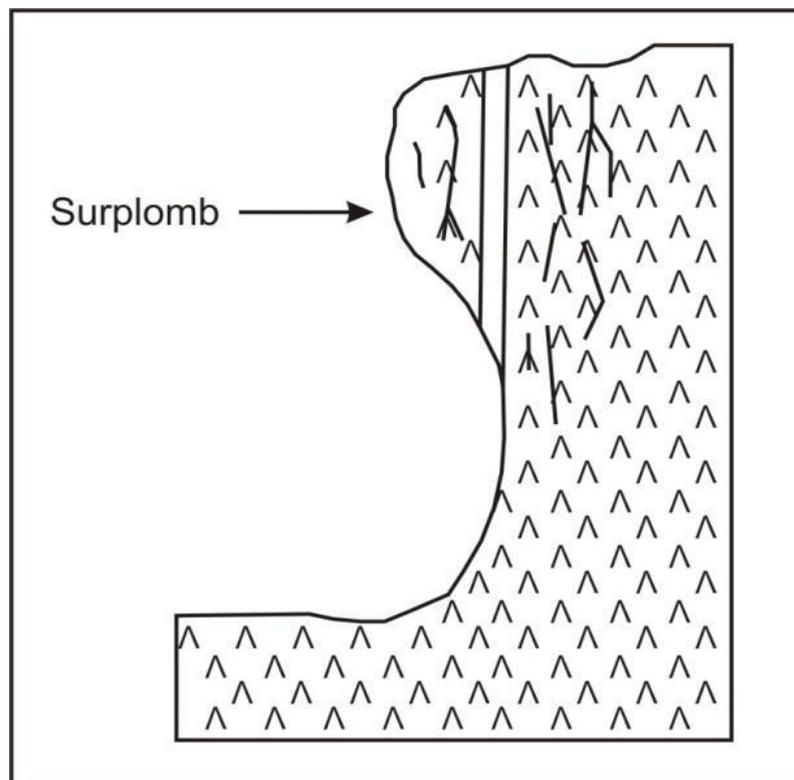


Figure 18 : exemple d'un gradin en surplomb

La présence de bancs marno-calcaires tendres intercalant les couches de gypse, constitue des zones de faiblesse sujettes à des phénomènes d'érosion hydrique qui favorisent le décapement progressif de ces couches tendres ; ce qui donne naissance à des zones de surplomb en affleurement.

VI. Optimisation du plan de tir

Sur le chantier, toutes les anomalies évoquées précédemment peuvent être la plupart du temps détectées au moment de la foration par le sondeur ou par un examen direct de la géologie de surface au niveau des affleurements de couches.

La plupart de ces anomalies de tir en liaison directe avec la structure du massif rocheux peuvent être évitées.

Le tableau n°2 récapitule les anomalies de tir liées au massif rocheux et les solutions possibles que les dirigeants de la carrière peuvent les suivre.

Tableau N°2 : Les anomalies liées au massif rocheux et les solutions possibles

Les anomalies liées au massif rocheux	Solutions possibles
– Les joints stratigraphiques	Procéder aux bourrages étagés
– Les karsts :	
• Petite cavité	Bourrer le vide par du sable humide
• Grande cavité	Eviter la foration au lieu du karst et renfoncer la charge des trous cernant le karst
– Les fissurations :	
✓ Si la fissuration est verticale ou subverticale	La foration doit être réalisé en avant et en arrière de la fissure.
✓ Si la fissuration est inclinée	Le trou de mine doit croiser la fissure à angle inférieur à 45°
– Gradin en surplomb	tailler le front de taille par une brise roche afin d'éliminer le surplomb

VII. Conclusion

Les gradins de gypse formant la carrière de Sidi Boutbal sont caractérisés par une certaine hétérogénéité du massif dû à la présence de plusieurs éléments qui interrompent la continuité normale des couches de gypse.

Ces éléments identifiés sont : les joints marneux (intercalations marno-calcaires), les fractures (diaclasses et fissuration arrière), les karsts et les surplombs. Ces facteurs influent directement sur les travaux de minage et surtout à la fragmentation de la roche et constituent ainsi des anomalies de tir.

A travers ce chapitre, nous avons identifié ces anomalies de tir et leurs conséquences de risque dans les différentes étapes d'exploitation du gypse. Nous avons de même essayé de chercher la manière d'éviter ces irrégularités en proposant quelques solutions pratiques sur le terrain.

Troisième Chapitre

*Impact de l'exploitation sur les
ressources en eau et sur l'environnement*

I. Impacts environnementaux sur les ressources en eau

1. Impacts environnementaux et sociaux de l'exploitation minière

Les différentes étapes reliées à l'activité minière génèrent à divers degrés des risques pour l'environnement et pour la société en général, en particulier pour les populations avoisinantes. L'activité minière peut affecter, à différents niveaux, l'air, le sol, les eaux de drainage, les eaux souterraines, et, en conséquence, elle peut aussi toucher directement ou indirectement la flore, la faune et la santé humaine.

1.1. Déchets Solides

Tableau N°3 : Le bilan de déchets solides durant la période 2013-2015

Année	Pneus		Batteries		Filtres		Nombre de futs
	Stocké	Vendu	Stocké	Vendu	Stocké	Vendu	
2013	8	0	15	-	20	-	8
2014	4	0	10	-	18	-	12
Sept 2015	5	-	8	-	66	-	9

Les conditions de gestion des déchets : au cours de notre séjour de stage au sein de l'entreprise « Knauf », nous avons constaté que la carrière (zone d'exploitation) est dépourvue de tous types de déchets. Ces derniers sont récoltés et stockés au niveau du parc de la maintenance comme le montre les photos ci-après.



1.2. Effluents liquides

➤ **Eaux Usées** : Le lavage et le graissage des engins de la carrière se fait en dehors du périmètre d'exploitation, dans un atelier installé dernièrement. A l'exception des engins lourds (a chenille) qui se font sur site.

Les contraintes liées à l'exploitation des carrières sur les eaux sont :

- la modification de l'écoulement hydrique ;
- la déviation des cours d'eau ;
- la modification de l'hydrodynamique de la nappe ;
- la modification de la qualité des eaux.

➤ **Huiles usages** : la vidange des engins se fait au niveau de l'atelier de maintenance dans des demi fûts, en suite seront stockés dans des fûts de 200 litres. Afin d'être récupérés par la société NAFTAL

Tableau N°4 : Le bilan des huiles usagées par l'exploitation de la carrière

Année	HUILES USAGES (litres)	
	Stockée	Vendu
2011	600	6000
2012	500	7000
2013	1600	0
2014	16000	0
Septembre 2015	18000	0

- **Principales mesures préventives**

- Interdiction de rejets de l'huile usagée dans la nature.
- Interdiction de brûler à l'air libre des huiles usagées.
- Ne pas mélanger les huiles moteurs usagées avec d'autres liquides.
- Bien stocker les huiles
- Suivi rigoureux de la collecte des huiles.

- **Classification des déchets générés de la carrière selon le décret exécutif n°06-104 DU 28/02/2006.**

Nous avons réuni aux tableaux ci-dessous (n°5 et 6) les différentes classes de déchets pouvant présenter un risque pour le milieu naturel.

Liste des déchets ménagers et assimilés et des déchets inertes :

Code de déchet	Désignation du déchet	Classe du déchet	Critères de dangerosité
1	Déchets provenant de l'exploration et l'exploitation des mines et des carrières ainsi que du traitement physique et chimique des minéraux.		
1.3.1	Déchets de graviers et débris de pierres autres que ceux à la rubrique 1.3.1 SD	I	
1.3.2	Déchets de sable et d'argile	I	
16.1.	Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (y compris machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors usages et de l'entretien de véhicules (sauf catégories 13,14, et sections 16.6 et 16.8)		
16.1.1	Matière plastique	MA	
16.1.2	Verre	MA	
16.1.99	Déchets non spécifique		

Liste des déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux

Code de déchet	Désignation du déchet	Classe du déchet	Critères de dangerosité
----------------	-----------------------	------------------	-------------------------

13	Huiles et combustibles liquides usagés (sauf huiles alimentaires et huiles figurant aux catégories 5,12 et 19)		
13.2	Huile moteur, de boîte de vitesses et de lubrification usagées		
13.2.1	Huile moteur, de boîte de vitesses et de lubrification chlorées à base minérale	SD	
13.2.2	Huile moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale	SD	
13.2.3	Huile moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques	SD	
13.2.4	Huile moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables	SD	
13.2.5	Autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification	SD	
13.6	Combustibles liquides usagés		
13.6.1	Fuel, oil et diesel	SD	
16.1	Véhicules hors d'usage de différents moyens de transport (y compris machines tous terrains) et déchets provenant du démontage de véhicules hors d'usage et de l'entretien de véhicules (sauf catégories 13,14 et sections 16.6 et 16.8)		
16.1.1	Pneus hors usage	S	
16.1.2	Véhicules hors d'usage	SD	
16.1.3	Véhicules hors d'usage ne contenant ni liquides ni autres composants dangereux	S	
16.1.4	Filtre à huile	SD	
16.1.10	Liquide de freins	SD	
16.6	Piles et accumulateurs		
16.6.1	Accumulateurs de plomb	SD	

MA : Ménagers et assimilés

S : Spéciaux

SD : Spéciaux dangereux

1.3. Emission gazeuse

L'impact des gaz de combustion sur l'environnement est fonction de l'état de la motorisation et de la qualité de carburant. Il est d'autant plus important que les engins sont vétustes et non équipés de filtres et de post catalytiques et que les compositions de carburant est de moindre qualité.

Dans ces conditions les gaz de combustion sont enrichis en monoxyde de carbone et particules fines polluant la qualité de l'air.

Dans le cas de cette carrière, la majorité des engins affectés pour l'exploitation sont en état assez bon ce qui rend l'impact des émissions de gaz minime.

1.4. Rejets de poussières

Toute carrière engendre forcément l'émission de poussières des différentes activités du gisement :

- à la foration des trous de mines et du tir à l'explosif ;
- au déplacement et à la circulation des engins de carrière ;
- à la station de concassage ;
- au stock des produits fins et semi-finis ;
- à la chute des blocs extraits le long du front de taille.

En générale, les principaux problèmes environnementaux dérivés de ces émissions sont :

- La contribution à l'effet de serre avec des quantités importantes de CO₂ ;
- La contribution à la formation de pluies acides à forte teneur en soufre ;
- La contribution à certains problèmes locaux (pollution des sols, des eaux, etc.) dues à la présence de polluants toxiques ;
- Un impact sur les commodités du voisinage (surtout si les habitations sont sous les vents dominants) ;
- Un impact sur le milieu naturel (feuilles couvertes de poussières : diminution de la photosynthèse) ;
- Un impact sur les zones traversées par les camions (perte de chargement) ;
- Les impacts des poussières sont des effets temporaires (liés à la durée de vie de l'exploitation).

Le bilan de ces rejets est très difficile, et nous ne pouvons se prononcer sur l'ampleur du risque environnemental lié à ces poussières. Cependant, selon certaines publications traitant des envols de poussières en carrière (Handbook of Air pollution technology. John Willey, 1984) ; il se traduit comme indiqué au tableau N°7

Tableau N°7 : bilan de rejets de poussières

Source de rejet	Facteurs d'émission (Kg de poussières/tonne de matière première traités)
Abattage (forage, tir)	0.075
Roulage de camions	0.75Kg /km parcouru

1.5. Nuisances sonores et vibrations

A) Bruit

Le bruit engendré par l'activité minière avec les vibrations liées aux tirs de mines, la nuisance la plus fortement ressentie par les riverains. On peut distinguer ces quelques sources de bruits :

- Les installations de traitement, telle que la station de concassage et engins ;
- L'abattage à l'explosif ;
- La foration des trous de mines ;
- Les moteurs des engins en circulation ;
- Les avertisseurs de recul des engins.

Les impacts des nuisances sonores sont des effets temporaires (liés à la durée de vie de l'exploitation). Ces impacts potentiels sont typiques d'une exploitation minière en activité, et les personnes susceptibles de subir ces impacts sont les travailleurs et les riverains.

Le seuil réglementaire d'émissions de bruit est de 45 DB en nocturne et de 70 DB en période diurne (Décret exécutif N°93-184 du 27 juillet 1993).

En phase de chantier, il est admis qu'il ne faut pas dépasser 08 heures d'exposition à une source de 80 dB. Selon la fréquence du bruit, la durée d'exposition sera :

6h/j ----- 91dB
3h/j ----- 94 dB
30 mn ----- > 100 dB

En effet, un engin d'une puissance inférieure à 200 Cv, à l'état neuf, a un niveau sonore de 80 dB (A) à une distance de 7 mètres. Tandis qu'un engin de puissance comprise entre 200 et 300 Cv, à l'état neuf, a un niveau sonore de 83 dB(A) à une distance de 7 mètres.

Les sources de nuisances sonores sont liées aux opérations suivantes :

- **Sur les postes de travail :**

Il est admis qu'il ne faut pas dépasser 85 dB durant 8 h/j et 5 j/semaine. Selon la fréquence du bruit, la durée d'exposition est représentée au tableau N°8

Tableau N°8 : la durée d'exposition

Niveau sonore de la phase bruyante en dB(A)	Durée d'exposition quotidienne maximale
85	8 Heures
88	4 Heures
91	2 Heures
94	30 Minutes
100	15 Minutes
103	7 minutes 30 sec
106	3minutes 45 sec
109	1minutes 52 sec
112	56 secondes
115	28 secondes

Le port de casque affaiblit, en moyenne, les bruits de 25 dB, selon la progression comme indiquée au tableau n°9.

Tableau N°9 : moyennes de diminution de bruit

Porter	Diminution réelle de
10 % du temps	< 1 dB
50 % du temps	3 dB
90 % du temps	# 10 dB
100 % du temps	25 dB

Les seules analyses environnementales qu'il convient de faire dans le cadre de la surveillance de l'environnement de la carrière, sont les mesures de bruits occasionnés par les engins d'exploitation.

Les valeurs relevées, avec l'instrument de mesure TESTO 816 - plage de bruit 30 à 130 dB sont présentées au tableau n°10 ci-dessus

Tableau N°10 : résultat des mesures des plages de bruit

Equipement	Points de mesures	Mesures			L'unité dB	Norme Algérie n < 85	Observation
		Min	Max	Moyenne			
Chargeuse	Dans la cabine	76.3	84.6	80.45	“	“	Conforme
	Prés	87.1	95.5	91.3	“	“	Non conforme
	A 7 mètres	80.3	92.5	86.4	“	“	Conforme
Sondeuse Atlas copcos ROC F16	Dans la cabine	68.5	75.4	71.95	“	“	Conforme
	Prés	87.8	97.9	92.85	“	“	Non conforme
	A 7 mètres	81.1	89.7	85.4	“	“	Non conforme
Brise roche Volvo EC300DL	Dans la cabine	65.2	74.5	68.95	“	“	
	Prés	87.2	107.5	97.35	“	“	Non conforme
	A 7 mètres	79.8	99.1	89.45	“	“	Non conforme
Pelle excavatrice Volvo BLC	Dans la cabine	62.2	73.3	67.75	“	“	Conforme
	Prés	77.2	85.3	81.25	“	“	Conforme
	A 7 mètres	78.7	89.6	84.15	“	“	Conforme
Concasseur Salle de contrôle		88.7	92.4	90.55	“	“	Non conforme

Aux alentours du gisement les valeurs mesurées s'échelonnent entre 54 et 63 dB. Ces résultats sont relativement conformes aux normes requises.

- **Comment les réduire**

Afin de réduire le niveau sonore, l'exploitant est tenu de faire utiliser les casques anti-bruit par le personnel de la carrière surtout celui de la station de concassage où le mineur est astreint à une présence d'au moins 8h/jour de 7 mètres de la source.

- Appui, capotage ;
- Adaptation des horaires (tirs..) ;
- Limitation de l'usage des avertisseurs sonores ;
- Réserve de l'usage des sirènes à la prévention d'accident .

B) Vibration

On enregistre deux types de vibration :

- Des vibrations liées à la perforation des trous mines.
- Des vibrations liées aux tirs de mines

- **Les tirs de mines**

Les ondes de vibrations peuvent être ressenties comme une gêne pour les personnes et causer des dommages aux constructions à proximité si l'intensité en est trop forte.

Plusieurs types ou degrés d'impact sont liés aux vibrations, parmi lesquels :

- La destruction (ce qui est très rare) ;
- Des fissurations apparentes dans les enduits ;
- Une dégradation mineure dans des constructions peu récentes ou dans un état d'entretien médiocre ;
- Une gêne ressentie par les habitants (tremblement des vitres).

- **Actions préventives**

- Des précautions au niveau de la foration ;
- L'inclinaison du forage est très importante. Elle est fonction de la hauteur du front et des conditions de stabilité de la roche :
 - Si hauteur faible (moins de 10 m) : inclinaison entre 0 et 5°
 - Si hauteur élevée (plus de 10 m) : inclinaison entre 5 et 30°
- Prévenir les riverains des horaires des tirs et bien sur adapter ces horaires ;
- Utilisation de microretards : il s'agit de réduire la charge unitaire en utilisant des détonateurs électriques à microretard, qui engendrent des vibrations perçues séparément, sans accroissement de l'amplitude maximale. Les grosses explosions sont fractionnées en petites séries espacées de microsecondes.

1.6. Mesures de réduction des impacts et plan d'action

- De procéder à l'analyse des eaux usées pour mettre en évidence leur impact sur les eaux et les sols, ou bien d'installation d'une mini station de traitement des eaux usées ;

- La réalisation des caniveaux au niveau de l'atelier de la maintenance et ses alentours pour le drainage des eaux pluviales, et les eaux issues de l'opération de lavage afin de maîtriser leurs destinations ;
- Une procédure de gestion des déchets solides d'une manière adéquate (tri et stockage avec étiquetage de chaque type de déchets ;
- Equiper le personnel de la carrière par les moyens de protection auditive surtout pour ceux qui travaillent sur les engins dépassant les seuils autorisés pour un poste de 08 heures/jour ;
- Etre vigilant et prudent au moment de l'alimentation des engins par le gasoil ;
- Installation d'un plan de circulation des engins au niveau de la carrière.

Plan d'action

Nous présentons au tableau N°11 ci-dessous, les mesures prises en ligne de compte pour remédier aux différents inconvénients causés par les travaux entrepris au niveau de la carrière.

Tableau N°11 : Effets et mesures préventives

Paramètres	Effets	Mesures
Aspect paysage	Dégradation du paysage immédiat	Remise en état du site
Aspect visuel	Site visible	-Travaux d'exploitation -Remise en état du site
Faune et flore	Faune et flore protégées	La remise en état des lieux peut favoriser le développement de la faune et flore
Ressources hydriques	Pollution des eaux souterraines	-La direction de la force des vents ont peu d'impact dans le transport des poussières. -Arrosage des pistes et de la plate-forme.
Poussière	Emanation de poussière de la zone de travail	-Arrosage des pistes de la plate-forme. -Installation d'un système de dépoussiérage
Vibrations	Circulation des engins, tirs de	-Vibrations dies aux matériels (bull, camions...etc.), superficielle dans un rayon de 200m.

	mine...etc.	-Utilisation de micro retards et réduction des charges explosives.
Sécurité publique et sécurité de travail	Accidents divers	-Mise en place des panneaux indicateurs aux abords de la carrière. -Doter le personnel de la station et de la carrière de moyens de protection individuelle.
Bruit	Niveaux de bruit, plus ou moins faibles (suivant l'activité)	-Entretien du matériel -Protection individuelle du personnel
Déchets/rejets	Huiles usagers, ferrailles...etc.	Concevoir et réaliser une zone de lavage des véhicules et de vidanges des moteurs.

Les actions ainsi mises en œuvre permettent de cerner les effets néfastes des différentes opérations de l'exploitation sur le site de carrière et les zones limitrophes urbanisées et autres.

2. Impacts sur les ressources en eau

Les effets sur la qualité de l'eau et de 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. Les questions clés sont de savoir si les fournitures en eau de surface et en eaux souterraines resteront appropriées à la consommation humaine, et si la qualité des eaux de surface dans la zone du projet restera adéquate pour supporter la vie aquatique et la faune terrestre native.

Au niveau de la carrière de gypse Fleurus ; le niveau du plancher d'exploitation actuel dénote une montée d'une nappe phréatique d'eau saumâtre comme le montre les photos ci-après.



Afin d'étudier la possibilité d'extension de l'exploitation en profondeur, 14 sondages (fig. n°19) ont été réalisés pour relever les niveaux piézométriques et vérifier une éventuelle superposition du niveau hydrostatique avec celui du lac Télamine.

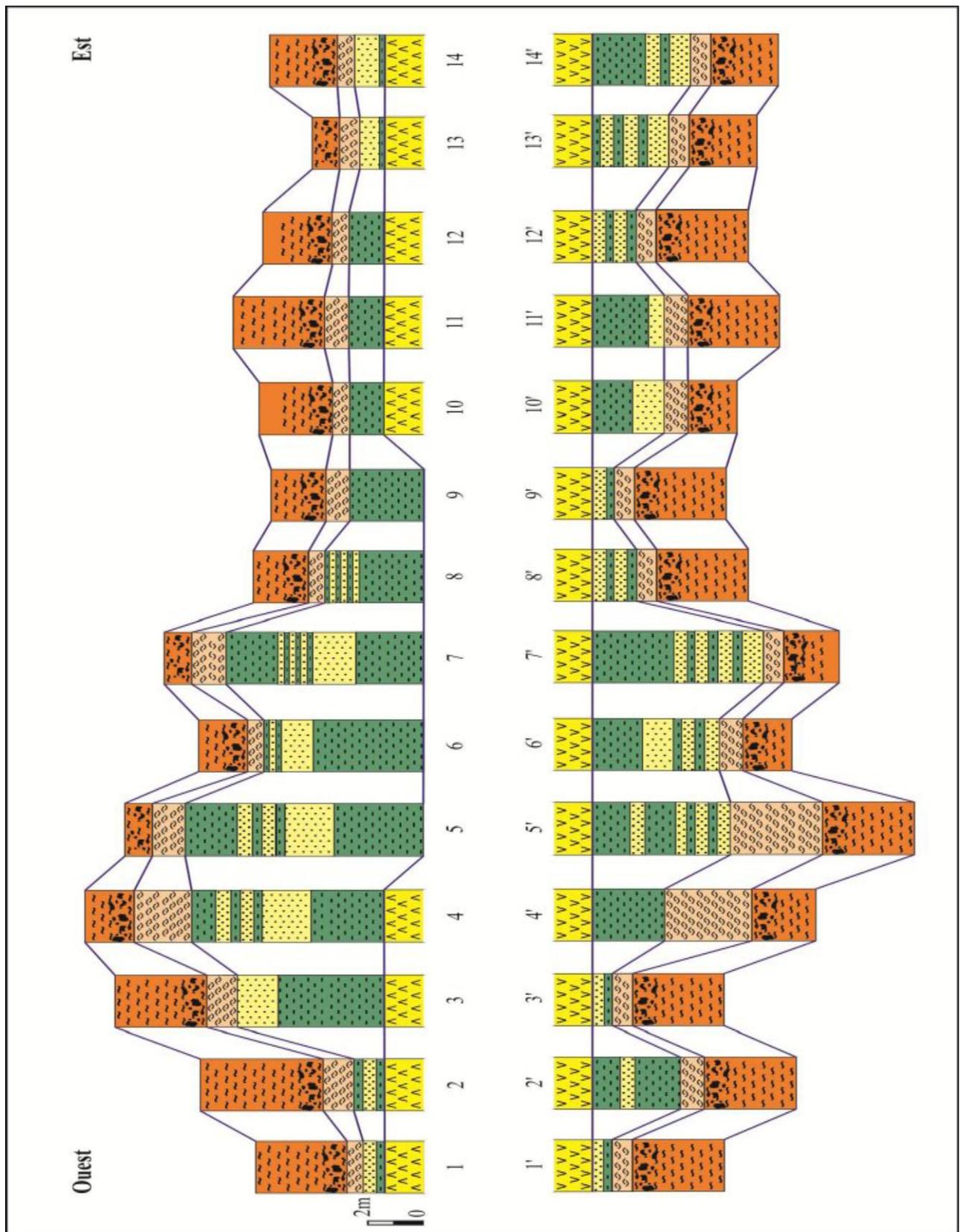


Figure 19 : Corrélation des selon la structure géologique de la carrière de gypse de Sidi Boutbal

Il s'est avéré d'après les résultats obtenus que le niveau piézométrique de la nappe est au même niveau du plan d'eau du lac Téalmine. De même ces sondages permettent de constater la disparition des niveaux gypseux au centre du site d'exploitation de la carrière

2.1. Le drainage d'acide minier et la lixiviation des contaminants

La capacité de drainage de l'acide minier est un projet acceptable pour l'environnement. Lorsque des matériaux minés sont excavés, exposés à l'eau et à l'oxygène, des acides peuvent se former si les minéraux sulfurés de fer sont abondants et s'il ya une quantité insuffisante de matériaux neutralisants pour contrebalancer la formation d'acide.

Le drainage des acides et des contaminants de lixiviation est la plus importante source d'impact sur la qualité de l'eau liés à l'extraction des minerais métalliques. Le drainage d'acide minier est une préoccupation pour de nombreuses mines métalliques, parce que des métaux comme l'or, le cuivre, l'argent, se trouvent souvent dans des roches contenant des minéraux sulfurés. Le drainage d'acide de mine peut provenir de n'importe quelle partie de la mine où les sulfures sont exposés à l'air et à l'eau. Il est considéré comme un impact dangereux pour la vie aquatique, il ya un impact sur les poissons, les animaux et les plantes.

De nombreux cours d'eau affectés par le drainage d'acide de mine ont un pH de 4 ou inférieur. Les poissons, les plantes et les animaux ont peu de chance de survivre dans de tels milieux. Le drainage d'acide de mine peut causer des dommages longtemps après la fermeture de l'exploitation minière.

Un autre risque majeur peut survenir ; il s'agit de la contamination des eaux souterraines dont la surface piézométrique de la nappe est au même niveau que celui du plan d'eau superficielle du Lac. Ces conditions fragiles des eaux de nappe, favorisent leur contamination par les produits polluants qui rejoignent aisément l'aquifère en profondeur en contact avec les eaux superficielles.

2.2. L'érosion des sols et des déchets miniers dans les eaux de surface

Pour la plupart des projets miniers, le potentiel d'érosion de sol et de sédiments dans l'eau de surface et la dégradation de la qualité de celle-ci est un grave risque.

En raison de la grande superficie de terre endommagée par l'exploitation minière et des grandes quantités de matériaux qui sont exposées sur les sites, l'érosion peut être une préoccupation majeure sur les sites miniers. Par conséquent, la lutte contre l'érosion doit être considérée depuis le début des opérations jusqu'à l'achèvement des travaux de réhabilitation. L'érosion peut provoquer le chargement important de sédiments (et tous polluants chimiques) vers des plans d'eau proches, surtout pendant des tempêtes sévères et de grandes périodes de fontes de neige.

Historiquement, les processus d'érosion et de sédimentation ont causé l'accumulation de couches épaisses de minéraux fins et de sédiments dans les plaines d'inondation régionales. Les

principaux facteurs influençant l'érosion comprennent le volume et la vitesse de ruissellement provenant des averses, le taux d'infiltration des précipitations dans le sol, la densité de la couverture végétale, la longueur de pente ou la distance à partir du point d'origine du ruissellement en nappe au point où la sédimentation commence. Des sources majeures d'érosion/accumulation de sédiments dans des sites miniers peuvent inclure les zones d'exploitation à ciel ouvert, les lieux de stockage, de lixiviation en tas, des déchets de roche et de morts terrains, les piles de rejets et les barrages.

Les types d'impacts associés à l'érosion et à la sédimentation sont nombreux. Dans les eaux de surface, des concentrations élevées de particules dans la colonne d'eau peuvent produire des effets toxiques à la fois chroniques et aigus chez les poissons. Les sédiments déposés en couches dans les plaines inondables ou les écosystèmes terrestres peuvent produire de nombreux impacts associés aux eaux de surface et souterraines. Les minéraux associés aux dépôts de sédiments peuvent faire baisser le pH du ruissellement de surface et ainsi mobiliser les métaux lourds qui peuvent infiltrer dans le sous-sol environnant.

Au-delà du potentiel pour des impacts polluants sur la vie humaine et aquatique, il existe des impacts physiques potentiels associés à l'augmentation du volume et de la vitesse de ruissellement découlant des nouvelles activités de perturbation des terres.

Dans les zones où les émissions atmosphériques ont déposé des particules acides et où la végétation indigène a été détruite, le ruissellement a le potentiel d'augmenter le taux d'érosion et de conduire à la suppression du sol de la zone concernée.

3. Impacts de projets sur la qualité de l'air

Les émissions atmosphériques se produisent à chaque étape du cycle de la mine, mais surtout pendant l'exploration, le développement, la construction et les activités opérationnelles. Les opérations minières mobilisent de grandes quantités de matières, et des déchets de piles contenant des particules de piles contenant des particules de petite taille sont facilement dispersés par le vent.

Les plus importantes sources de pollution atmosphérique dans les opérations minières sont :

- Les particules de matières transportées par le vent, à la suite de fouille d'abattage par explosion, de transport de matériaux, de l'érosion par le vent, des poussières fugitives provenant des installations de résidus, des stations de culbutage, des décharges de résidus et des routes de pénétration. Les émissions de gaz d'échappement provenant de sources mobiles (voitures, camions, équipement lourds) augmentent ces niveaux de particules.

- Les émissions de gaz provenant de la combustion de carburants, explosion et traitement des minéraux.

Dés que les polluants s'élèvent dans l'atmosphère, ils subissent des changements physiques et chimiques. Ces polluants peuvent provoquer des effets graves sur la santé humaine et sur l'environnement.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

La carrière de Sidi Boutbal appartenant au groupe international Knauf, située à 22 km à l'Est de la ville d'Oran, est l'une des principales unités produisant le plâtre et ses dérivés, à l'Ouest algérien. Le gisement de gypse exploité est d'une qualité de propreté exceptionnelle, par l'absence d'impuretés et d'inclusions minérales ou autres. On note que les couches de gypse peuvent manifester une puissance importante, d'intérêt économique très satisfaisant.

Sur le plan lithostratigraphique, nous avons pu déterminer quatre formations. La plus ancienne est le gypse d'âge Messinien supérieur, l'équivalent de la formation évaporitique, selon Thomas (1985). Ensuite, une alternance de marnes et de grès, sur laquelle repose une lumachelle attribuée au Calabrien. Tout à fait au sommet, les argiles rouges conglomératiques sont discordantes sur toute la série.

L'exploitation à ciel ouvert se présente comme une activité ayant d'importantes répercussions sur l'environnement et ou les ressources en eau. En effet, les ponctions minières qui contribuent à l'épuisement des ressources naturelles, les modifications apportées au milieu géologique et à la nappe phréatique, l'altération de la qualité de l'air, le bruit, les poussières, l'altération des eaux superficielles et l'atteinte à l'intégrité du paysage sont autant de facteurs susceptibles de dégrader fortement l'environnement.

A cet effet, quelques solutions peuvent être recommandées pour réduire ou empêcher les différents aspects de risques d'ordre environnemental ou portant atteinte aux ressources en eau superficielle et souterraine. Parmi ces recommandations, on peut citer :

- Procéder à l'analyse des eaux usées pour mettre en évidence leur impact sur les eaux et les sols, et l'installation d'une mini station de traitement des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel.
- La réalisation des caniveaux au niveau de l'atelier de la maintenance et ses alentours pour le drainage des eaux pluviales, et les eaux issues de l'opération de lavage afin de maîtriser leurs destinations. Là encore, une station de traitement de ces eaux s'impose pour éliminer les matières polluantes pouvant constituer un risque pour les eaux ou les sols.
- Une procédure de gestion des déchets solides d'une manière adéquate (tri et stockage avec étiquetage de chaque type de déchet).

- Equiper le personnel de la carrière par les moyens de protection auditive surtout pour ceux qui travaillent sur les engins dépassant les seuils autorisés pour un poste de 08 heures/jour.
- Etre vigilant et prudent au moment de l'alimentation des engins par le gasoil.
- Installation d'un plan de circulation des engins au niveau de la carrière.
- La végétalisation du site minier pour minimiser la pollution de l'atmosphère.
- La réhabilitation des sites fermés : protection des ouvrages, drainage des eaux de pluie, couverture des digues, étude d'impact et suivi permanent de la qualité des eaux.
- Identifier les risques environnementaux et industriels susceptibles de subvenir et évaluer les conséquences possibles.
- Mettre en place les actions d'amélioration et les moyens de contrôle et de protection au cas où les risques résiduels restants se manifestent.
- La vérification périodique des paramètres technologiques des équipements de traitement.

*Références
bibliographiques*

Références Bibliographiques

Barouche; A; Mahioussi; A; (2015) : Audit environnementale de la carrière de gypse; C; E;T; I; M; KNAUF; ORAN; PP 23-32.

Boussaid; B; (2015) : Caractéristiques d'un massif rocheux et anomalies de tir. Carrière de Gypse de Sidi Boutbal, plateau de Boufatis, Oran; Mém; Univ; Tlemcen; PP 20-49.

Larabi; Z;(2015) : Une réponse cartographique à la disparition latérale du gypse d'âge Messinien de la carrière de Sidi Boutbal, Knauf plâtres; Mém; Univ; Tlemcen; PP 6-15.

Listes des tableaux et figures

Liste des figures

Fig.1 : situation géographique du bassin du Bas Chélif (d'après Delfaut et al, 1973).	07
Fig.2 : localisation de la carrière (extrait de la carte topographique de Gdyl 1/5000).	08
Fig.3 : Situation générale du domaine tlemcénien dans la chaîne alpine Algéro-marocaine (d'après Benest, 1984).....	09
Fig.4 : Extrait de la carte géologique de la région d'étude (carrière de Sidi, Boutbal) (Feuille n°154 de Saint Cloud, échelle 1/50.000).....	10
Fig.5 : géologique du plateau de Boufatis (Plateau de S ^t . Louis) (Levés inédits de MM : Nicod, Perrodon, Winnock, in Perrodon, 1957).....	11
Fig.6 : Ecorché géologique au 500000 ^e du Plateau de Boufatis (feuille S ^t . Cloud, N°154).....	12
Fig.7 : les différentes appellations employées au niveau de notre secteur d'étude (in Hassani, 1987).....	13
Fig.8 : coupe géologique de la carrière de Sidi Boutbal – Fleurus.....	14
Fig.9 : une partie de l'usine de plâtre Knauf.....	15
Fig.10 : les différents paramètres d'un tir de mine.....	21
Fig.11 : les différents explosifs utilisés pour abattre le gypse.....	21
Fig.12 : le résumé d'un circuit de concassage à l'usine.....	23
Fig.13 : exemple d'un circuit de tir électrique et ses différents paramètres.....	24
Fig.14 : échappement de gaz à travers un joint marneux.....	25
Fig.15 : anomalie de tir dû à la présence d'un karst.....	26
Fig.16 : la grande faille longeant le flanc Nord de la carrière de Sidi Boutbal.....	27
Fig.17 : fissuration causée suite à un tir de mine	28
Fig.18 : exemple d'un gradin en surplomb.....	29
Figure 19 : Corrélation des selon la structure géologique de la carrière de gypse de Sidi Boutbal.....	46

Liste des Tableaux

Tableau N°1: coordonnées UTM du périmètre de la carrière Sidi Boutbal.....	17
Tableau N°2 : Les anomalies liées au massif rocheux et les solutions possibles.....	30
Tableau N°3 : Le bilan de déchets solides durant la période 2013-2015	34
Tableau N°4 : Le bilan des huiles usagées par l'exploitation de la carrière.....	35
Tableau N°5 et 6 : les différentes classes de déchets pouvant présenter un risque pour le milieu naturel.....	36 ,37
Tableau N°7 : bilan de rejets de poussières.....	39
Tableau N°8 : la durée d'exposition.....	40
Tableau N°9 : le port de casque saffaiblit en moyenne.....	41
Tableau N°10 : résultat des mesures des plages de bruit.....	41
Tableau N°11 : Effets et mesures préventives.....	44