



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للمناجم و المعادن - عمار العسكري - عنابة
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES ET DE LA METALLURGIE
AMAR LASKRI- ANNABA

Département Génie Minier

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme d'INGENIEUR
En Génie Minier

Thème

**ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET
SOCIALE DE LA CARRIERE DE DJEBEL SAFIA**

Présenté par : **Nada HENADA**

Encadré par : **Dr. Sameh HABES Drici**

Jury de Soutenance

Imen AICHOURI

MCA, ENSMM-ANNABA

Président

Hamza CHENITI

MCA, ENSMM-ANNABA

Examineur

Sameh HABES Drici

MCA, ENSMM-ANNABA

Encadreur

Juillet 2021



Département Génie Minier

AUTORISATION DE DEPOT FINAL DU
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Je soussigné (e) M.^{me} Aïchouri Tmer
Président(e) du jury de soutenance de mémoire de fin d'études (MFE), déclare
avoir autorisé l'ingénieur d'état M. Hebada made
à déposer son mémoire de fin d'études après avoir apporté les corrections
signalées par les membres du jury.

Avis du Promoteur :

A.F. Jhu

Avis de l'Examineur :

A.F. Jhu

Président du Jury

Aïchouri

Remerciement

Avant tout je remercie Dieux le tout puissant de m' avoir donné la santé, le courage, la patience et la volonté d' entamer et de terminer ce travail.

Ce travail n' aurait pas pu voir le jour sans l' aide de ma promotrice Mme. Habes Drici Sameh à laquelle j' adresse toutes mes gratitude et mes sincères remerciements, pour sa patience, son soutien, sa disponibilité et ces précieux conseils. J' espère que je serai à la hauteur de vos attentes et de votre confiance

Je remercie également mon maître de stage Mme. Manaa. De m' avoir guidé durant l' élaboration de ce PFE. Ma Gratitude à toute l' équipe de SCIS pour leur accueil, leur esprit d' équipe.

Mes remerciements les plus sincères vont aux membres du jury qui m' ont fait l' honneur de juger ce modeste travail, qu' ils agréent ma profonde gratitude et toute mon estime.

Je remercie tous les responsables de l' Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Métallurgie, pour les enseignements apportés tout au long de ma formation.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

À celle à qui aucune dédicace ne peut exprimer mon amour éternel, ma
considération ma Mère, pour les sacrifices que vous avez consentie pour mon
bien être

À mon cher père qui m'a guidé vers les voies de la réussite

À mes sœurs et mon frère, à ma grande famille

À mes amis proches et ceux de l'école *ENSMIM-AMMABA*, avec qui j'ai
partagé de très bons moments durant toutes ces années, merci d'être toujours là
pour moi, merci d'être toujours près de moi

SOMMAIRE

Remerciement.....	I
Dédicace	II
Liste des figures.	VI
Listes des tableaux	VII
Abstract	VIII
Résumé	IX
ملخص.....	X
Introduction Générale.....	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	5
Partie 1 : Tout savoir sur les carrières et les cimenteries.	5
I. Exploitation à ciel ouvert	5
II. Généralité sur les carrières	5
III. L'exploitation minière en Algérie	8
IV. Les méthodes d'exploitation à ciel ouvert.....	9
V. Le mode d'exploitation dans la carrière de Djebel Safia	12
VI. Réhabilitation des carrières	12
Partie 2 : Généralité sur le ciment	13
I. Situation géographique.....	13
II. Capacité de production.....	13
III. Rappel sur les ciments	14
1. La réalité du procédés cimenteries	14
2. Classification de ciment.....	14
3. Procédé et technique de fabrication de ciment.	17
3.1. Différents procédés.....	17
3.2. Technique de fabrication	18
Partie 3 : Identification et évaluations des impacts	21

I.	Système de management environnemental.....	21
II.	Méthodes d'évaluation d'impact.....	22
III.	L'évaluation des impacts dans la cimenterie de Hadjar El Soud	23
	Les sources de pollution.....	23
	Les impacts des polluants	25
IV.	Cadre juridique	29
Chapitre 2. Analyse de l'état initial du site d'étude et de son environnement.....		33
I.	Situation géographique de la carrière.....	33
II.	Géologie de la zone d'étude	34
III.	Caractéristiques qualitatives du gisement.....	36
IV.	Réserves géologiques et de couverture.....	37
V.	Etude hydrogéologique de la zone	38
VI.	Aperçu hydroclimatologique	39
VII.	Travaux topographiques	44
VIII.	Milieu naturel (Faune et flore).....	45
IX.	Aspect sociaux économique	45
Chapitre 3. Evaluation des impacts et mesures d'atténuation.....		48
Partie 1. Analyse des effets directs ou indirects, temporaires ou permanents de l'exploitation de Djebel Safia		48
	Impact sur le paysage	48
	Impact sur la faune et la flore.....	48
	Impact sur les eaux superficielle et souterraine.....	48
	Impact de la poussière	49
	Impact de bruit	50
	Impact des vibrations	51
	Effet sur l'hygiène et la sécurité publique.....	52
	Danger et gênes liés au transport de matériaux.....	52

Impact des déchets	52
Impact socio-économique.....	53
Partie 2 : Les mesures d'atténuation.....	53
Mesure de protection des eaux	53
Réduction des impacts visuels et paysagers	53
Réduction des effets sur le milieu naturel	54
Mesure de l'hygiène et sécurité.....	54
Elimination des déchets.....	56
Mesure de protection de poussière	56
Mesures pour réduction de bruit et vibration	57
Chapitre 4 : Remise en état des lieux	59
I. Remise en état	59
II. Les travaux de remise en état	60
III. Choix de la remise en état d'une carrière	60
IV. Les types de remise en états	60
V. Proposition de remise en état de la carrière de Djebel Safia.....	66
VI. Technique pour la réhabilitation du site par la végétation.....	67
Conclusion Générale	76
Références bibliographiques.....	78
Annex	85

Liste des figures.

Chapitre 1.

Figure I. 1. Exploitation de carrière	6
Figure I. 2. Déroulement d'une opération minière	7
Figure I. 3. Exploitation par explosif	10
Figure I. 4. exploitation par fil diamant.....	11
Figure I. 5. Processus de fabrication de ciment.....	20

Chapitre 2.

Figure II. 1. Géographie de la zone d'étude.....	33
Figure II. 2. Carte géologique de la région d'étude	34
Figure II. 3. Colonne lithostratigraphique de la région de Djebel Safia	36
Figure II. 4. Histogramme de précipitation de la station d'Azzaba	40
Figure II. 5. Histogramme de précipitation de la station de Skikda.....	41
Figure II. 6. Moyenne pluriannuelle des éléments climatiques de la station de AZZABA	42
Figure II. 7. Moyenne pluriannuelle des éléments climatiques de la station de SKIKDA.....	43
Figure II. 8. Levé topographique	44

Chapitre 3.

Figure III. 1. Station de concasseur de Djebel Safia.....	50
Figure III. 2. les travaux des engins.....	51
Figure III. 3. La carrière de Djebel Safia	54
Figure III. 4. Des panneaux de sécurité lors des travaux de tir.....	55
Figure III. 5. Camion-citerne à eau dans une carrière.....	57

Chapitre 4.

Figure IV. 1. Réhabilitation des carrières.....	59
Figure IV. 2. Réaménagement en vocation agricole	62
Figure IV. 3. Réaménagement par vocation écologique	65
Figure IV. 4. La luzerne	68
Figure IV. 5. Epaisseur minimale de terre végétale à mettre en place pour permettre une implantation satisfaisante des différentes espèces végétales	70
Figure IV. 6. Schéma de l'aménagement après exploitation	71

Listes des tableaux

Tableau 1. Production Minière en Algérie en 2013-2014.....	9
Tableau 2. Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition minéralogique.....	15
Tableau 3. Spécification et valeurs garantie en fonction de la classe	16
Tableau 4. Résultat d'analyse de gaz	28
Tableau 5. Résultat d'analyse de poussière dans la cimenterie	28
Tableau 6. Résultat d'analyse de nuisance sonore.....	28
Tableau 7: Les coordonnées Lambert du périmètre d'exploitation	33
Tableau 8. Composition chimique du calcaire	37
Tableau 9. Les caractéristiques physico-mécaniques de la roche.	37
Tableau 10. Réserves géologiques en calcaire	38
Tableau 11. Coordonnées géographiques des stations météorologiques	39
Tableau 12. Variations moyennes mensuelles des précipitations en (mm) aux stations d'Azzaba.....	40
Tableau 13. Températures moyennes mensuelles (C°).....	42
Tableau 14. Vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s.....	43
Tableau 15. La situation d'emploi dans la commune de Ben Azzouz en 1998.....	46
Tableau 16. Les types d'aménagement.....	61
Tableau 17. Les exigences des plantes vis-à-vis du sol.	72
Tableau 18. Liste des plantations proposées pour la carrière de Djebel Safia.....	74

Abstract

The production of cement and the exploitation of quarries are activities that pollute the environment, despite its need for social and economic life and the great importance it attaches into the world.

In this work, our objective is to identify and assess the effects of the exploitation of Djebel Safia quarry, operated by the SCHC Group (cement company of Hadjar El Soud), whose main effects are: dust and gas emissions, and direct impacts on the landscape and the natural environment. This assessment is carried out using audits and environmental studies carried by CETIM in this area. At the end of this work, we proposed a model for environmental and economic rehabilitation of this quarry.

Keywords; audit, environment, pollution, rehabilitation, Djebel Safia

Résumé

La production de ciment et l'exploitation des carrières sont des travaux polluants pour l'environnement, malgré son nécessité absolue pour la vie socio-économique, et la grande importance qui lui est accordée partout dans le monde.

Dans ce travail, notre objectif est d'identifier et d'évaluer les impacts dus à l'exploitation de la carrière de Djebel Safia, qui est exploitée par le groupe SCHC (société de cimenterie Hadjar El Soud) dont les principaux impacts sont ; les émissions de poussière et de gaz, les impacts directs sur le paysage et le milieu naturel. Cette évaluation s'est faite suite aux audits et les études environnementales réalisées dans la zone par CETIM. A la fin de ce travail, nous avons proposé un modèle de réhabilitation de la carrière d'un point de vue environnement et économique.

Mots clés ; audit, environnement, pollution, réhabilitation. Djebel Safia

ملخص

إنتاج الإسمنت واستغلال المحاجر، هي أعمال تلوث البيئة رغم ضرورتها للحياة الاجتماعية والاقتصادية والأهمية الكبيرة التي توليها للعالم.

وفي هذا العمل، يتلخص هدفنا في تحديد وتقييم التأثيرات الناجمة عن استغلال محجر جبل صافية، الذي تشغله مجموعة SCHC (شركة الإسمنت حجار السود) والتي تتلخص تأثيراتها الرئيسية في؛ انبعاثات الغبار والغاز، والآثار المباشرة على المناظر الطبيعية والبيئة الطبيعية. ويجري هذا التقييم باستخدام عمليات مراجعة الحسابات والدراسات البيئية التي أجرتها CETIM. وفي نهاية هذا العمل، قمنا باقتراح نموذجاً لإعادة تأهيل المحجر من الناحية البيئية والاقتصادية.

كلمات مفتاحية: مراجعة الحسابات، تلوث، بيئة، إعادة تأهيل، جبل صافية.

Introduction Générale

De nos jours, la planète est de plus en plus menacée par des facteurs qui sont présents sous forme de série d'impacts qui sert à détruire l'environnement et créer des dommages irréversibles, et surtout puiser ses ressources naturelles. Ces dernies provoquant des changements dans la composition d'atmosphère, un climat déstabilisé, la fonte des glaces, et la disparité de beaucoup d'espèces, et la liste n'est pas exhaustive.

Quel que soit le type de pollution à savoir ; atmosphérique, de sol, des milieux marins ou des eaux, et selon leur degré de toxicité, ces pollutions sont causées par les grandes industries, parmi ces industries on a les industries minières et de ciments. Ces dernières ont un impact positif pour le développement du pays, ainsi qu'un impact négatif sur l'écosystème.

En effet, les travaux miniers sont destructifs pour les terres naturelles et aussi pour le milieu naturel (la faune et la flore) et créant aussi des impacts dangereux tels que les instabilités des terrains (les affaissements, les effondrements), et les émissions de poussière et de gaz.

Les industries du ciment malgré qu'elles soient l'une des plus grandes industries dans le monde, en contrepartie elles sont classées comme les plus grands consommateurs d'énergie. Cette industrie utilise à elle seule 15% de la consommation mondiale de gaz naturel. Les principaux impacts de ces dernières sont les émissions de gaz.

On peut avoir une combinaison entre les deux secteurs lors de l'exploitation des carrières de calcaire et d'argile, qui présente la matière primaire pour la construction de ciment. En Algérie, le calcaire exploité est fréquemment utilisé pour les agrégats ou pour la production de ciment, l'exploitation se fait à ciel ouvert, soit à flanc de coteau, ou soit dans une fosse. Et comme tous travaux d'exploitation, cette dernière engendre des impacts néfastes sur l'environnement, dont l'importance de leurs influences dépend de leurs quantités et de la propagation dans les différents milieux environnementaux, et ça à travers des processus différents tels que les précipitations, la dissolution, la vaporisation, l'adsorption et la désorption.

Pour évaluer ses impacts, plusieurs méthodes sont mises en place, parmi elles on a les études détaillées des risques et les études d'impacts. Les principaux objectifs de notre étude sont : déterminer les principaux travaux, déterminer les principales sources de pollution durant le cycle de vie de la carrière ou de ciment, et en dernier c'est de fixer des exigences pour minimiser ces risques. Ces études aident à développer des stratégies pour réduire l'exposition

aux risques, et réduire les pollutions, ainsi les sociétés minières peuvent garantir l'acceptabilité durable et donc la productivité de leur activité.

Démarche méthodologique.

Pour atteindre nos objectifs et confirmer ou infirmer notre hypothèse de recherche, il s'est avéré utile de nous doter de ressources d'informations pertinentes et variées, que nous avons actualisées à partir d'enquêtes et d'observations directes sur le terrain.

Notre travail était fondé sur trois principales étapes, à savoir : la recherche bibliographique, la prospection de terrain, et le traitement des données récoltées.

Technique de collecte de données ;

- Examen des documents Recherche bibliographique.

Cette étape a été primordiale, elle nous a permis de faire le point sur l'état de la question, avant d'engager le travail sur le terrain. Il a fallu recenser le maximum d'ouvrages et travaux pertinents exécutés sur le sujet, les consulter puis compiler toute l'information. Pour cela, il était impératif de consulter le fonds documentaire existant au sein des divers organismes scientifiques.

- Prospection du terrain et observation directe.

Cette approche concerne les outils et les moyens mis en œuvre pour aborder le travail de terrain, en vue de confirmer la validité de l'hypothèse émise.

Nous nous sommes basés sur l'analyse et l'interprétation des données des études d'audit établies par le bureau CETIM. Nous avons pris soin de compléter les informations à travers la prospection de terrain, l'observation directe et les recherches menées.

Dès le début de notre réflexion sur le sujet, et au cours de notre investigation préliminaire nous étions conscients de l'absence ou du caractère incomplet des données, et spécifiquement des données relatives aux mesures de réhabilitation des carrières en Algérie.

Notre travail a été structuré selon quatre principaux chapitres.

Le premier chapitre, une synthèse bibliographique, détaillant les carrières, tous ce qui se rapporte aux ciments industrialisés, et surtout l'accent a été mis sur l'impact sur l'écosystème en particulier, et l'environnement en général.

Dans le deuxième chapitre, un cadre général et physique dans la zone d'étude a été très bien développé.

Pour le troisième chapitre, nous avons identifié les impacts générés par l'exploitation de Djebel Safia, après avoir analysé les résultats des études d'impacts environnementaux menées par le bureau CETIM.

Dans le dernier chapitre, nous avons proposé une ébauche de plan de réhabilitation possible pour la carrière et cela durant son activité.



Chapitre 1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Partie 1 : Tout savoir sur les carrières et les cimenteries.

L'exploitation minière a pour but de récupérer les matières minérales présentes à la surface du globe et qui ont une valeur économique, qu'elles soient des exploitations souterraines ou à ciel ouvert (GTZ, 2001). Parmi les matériaux extraits figurent les minerais métallurgiques (fer cuivre, plomb, zinc), les minéraux industriels (calcaire, sel gemme, potasse, gypse), les métaux natifs (principalement l'or et l'argent), le charbon, le minerai d'uranium et les pierres précieuses. Par ailleurs, l'extraction de sable et gravier fait partie des activités minières, tout comme l'extraction dans les carrières de la pierre de taille ou de la pierre à monuments (Taleb N.S., 2012).

I. Exploitation à ciel ouvert.

L'exploitation à ciel ouvert ou par découverte est définie comme tous les travaux qui mettent à nu le gisement à exploiter en enlevant les terrains de couverture et extraire ensuite le minerai, elle se trouve parmi les types d'exploitations des carrières. Ce type d'exploitation présente du point de vue sécurité, des avantages certains sur l'exploitation souterraine, par contre il peut poser de gros problèmes sur l'environnement (Kemedji O. & Idir A., 2017).

Les gisements en découvertes se classent selon le pendage de la façon suivante : (Mekaret N. & Goumidi S., 2015)

- Gisements plats de 0 à 18° ;
- Gisements inclinés de 18 à 35° ;
- Gisements dressants plus de 35°.

II. Généralité sur les carrières.

- Définition.

Une carrière est un gisement de substances minérales qui n'est pas classé mine ou stockage souterrain et selon le code minier, c'est les gites et gisements de substances minérales non métalliques destinées notamment à la production de granulats pour les travaux publics ou le bâtiment. D'autres sont dédiés aux cimenteries, aux exploitations de pierre à chaux ou de pierre de taille, aux exploitations de minéraux ou de métaux (Serradj T., 2016).

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. Les hauteurs des gradins varié de 10 m à 15 m, l'angle du talus d'un gradin est de 60° à 80°, elle est dépendante de la tenue des terrains (Aliouche M., 2008).



Figure I. 1. Exploitation de carrière

- **Les types des carrières.**

Les carrières de roches massives.

Les carrières de roches massives correspondent à l'exploitation de matériaux de plusieurs origines ; elle à une emprise au sol des surfaces exploitées nettement moins étendue que celle demandé à une carrière en site alluvionnaire ceci étant essentiellement due à une épaisseur exploitable beaucoup plus importante pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres (Serradj T., 2016).

Les carrières de matériaux alluvionnaires.

Les alluvionnaires sont de nature meubles, arrondies et propres ce qui rend leurs exploitations particulièrement aisées, en contrepartie la faible épaisseur des dépôts alluvionnaires a impliqué des surfaces considérables d'exploitation (Sam Fetta, 2016).

- **Le cycle de vie d'une carrière.**

Une carrière ne passe pas plusieurs étapes au cours de sa vie. On commence par les travaux de reconnaissance pour confirmer l'existence de gisement, ensuite on effectue l'exploration géologique pour l'estimation de la rentabilité de gîte. Si le gisement est économiquement rentable les travaux de développement et de construction des installations et travaux d'extraction et de traitement de minerais commencent. La clôture des installations (fermeture et abandon) intervient juste au bout du cycle de vie de l'opération minière (**Rouaiguia I., 2018**).

Les carrières génèrent des impacts sur l'environnement, ces derniers pouvant être directs ou indirects, temporaires ou permanents, négatifs ou positifs (**Johanet, 2002**). En outre, les pressions exercées vont être de nature et d'importances variables en fonction du type d'exploitation, de sa configuration et de son environnement de proximité (**Martaud T., 2008**).

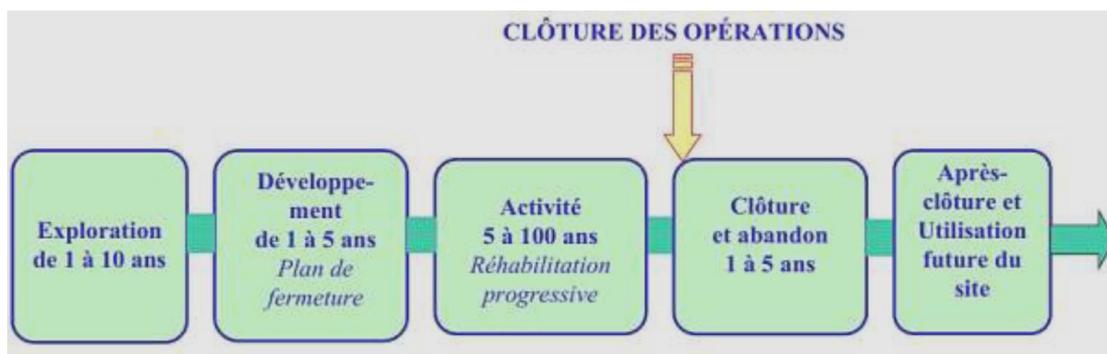


Figure I. 2. Déroulement d'une opération minière (Rouaiguia I., 2018)

- **Le principe de développement durable dans la carrière.**

L'étude d'impact environnemental est l'outil de base pour l'application de développement durable, grâce à elle on peut concilier les impératifs économiques et la prise en compte de milieu environnant (**Martaud T., 2008**). Elle permet de mesurer l'importance des impacts, les possibilités réalistes de remise en état et d'apprécier, alors, en toute connaissance de cause, l'opportunité et le bien-fondé ou non du projet (**Bournine K., 2017**).

L'industrie minière est un écosystème, dont les activités humaines reliées à la production et la consommation peuvent être analysé (**Orée, 2009 & Leclerc, 2012**). Ce principe regroupe plusieurs autres disciplines, comme la pensée du cycle de vie, et visent plusieurs objectifs, notamment l'atteinte du zéro rejet, la remise en état et la réhabilitation des carrières intègrent plusieurs techniques qui utilisent les déchets comme matières secondaire pour diminuer

l'utilisation de matières premières vierges et dans le but d'une meilleure résilience (**Leclerc, 2012**).

III. L'exploitation minière en Algérie.

L'Algérie compte des potentiels importants dans le domaine minier, elle disposant d'un vaste territoire d'environ 2,4 millions de km².

Avant l'indépendance (1962), l'activité minière en Algérie était orientée principalement vers l'exploitation des gisements de fer et de plomb – zinc (**Taleb N.S., 2012**).

Entre les deux guerres mondiales, l'Algérie était un producteur important de minerai de fer dans le monde, sa production a contribué à la prospérité des industries de transformation de plusieurs pays européens, en particulier la France, la Grande-Bretagne et l'Allemagne (**Taleb N.S., 2012**).

Durant les années 1950, notamment pendant la guerre de libération nationale, les sociétés minières étrangères ont accéléré le processus d'écrémage des gisements et limité, voire stoppé tout investissement dans ce secteur. Au lendemain de l'indépendance, les exploitants étrangers ont abandonné plusieurs mines après en avoir tiré le meilleur profit ; ne sont restées en activité que les mines encore " viables ", telles celles de phosphate, de zinc, de fer, de baryte, de charbon et les salines (**Bournine K., 2017**).

Durent ces 30 dernières années, un effort de prospection a permis de développer l'infrastructure géologique de base et d'inventorier un grand nombre de gîtes et indices dont certains offrent de réelles perspectives d'investissement pour leur exploitation et que l'État algérien a décidé de promouvoir et de mettre en valeur (**Taleb N.S., 2012**).

Depuis la création de la société minière d'État et de la prospection SONAREM en 1967, certains minerais ayant une haute teneur en minéraux de fer, de phosphate, de mercure, et de zinc, ont été exportés depuis le début des années 1970. En conséquence de la politique de décentralisation du gouvernement, l'entreprise a été restructurée en 1983, avec une entité de production séparée et une entité de distribution dont la plus importante entre eux était le minerai de fer et la compagnie de phosphate connu comme Ferphos, qui avait trois unités de production et un complexe portuaire à Annaba, et une autre société appelée Erem qui se spécialise dans la recherche minérale à Boumerdès, sur la mer Méditerranée, et Tamanrasset (Sud Algérien) (**Taleb N.S., 2012**).

En 2000, le gouvernement a permis aux investisseurs étrangers pour développer les gisements détenus par les sociétés minières nationales. Le bureau géologique national et le bureau de recherche minérale a identifié de nombreux gisements minéraux avec la proximité de l'Algérie à l'Europe (**Évolution des activités minières, 2010**).

Durant la période 2005-2009, le secteur minier a pris de nombreuses mesures pour s'adapter au rythme imposé par ces programmes de développement et garantir le besoin en matériaux. En revanche des exploitations d'agrégats et de sable ainsi que d'autres ont eu quelques difficultés à cause de leur proximité par rapport à la population. Le territoire Algérien compte 1146 exploitations minières en activité dans les 48 wilayas dont 906 (79%) exploitations privées et 240 exploitations publiques (21%), ainsi le nombre d'exploitations privées a augmenté suite aux dispositions d'encouragement de l'investissement dans ce domaine (**Madani A., 2015**).

Tableau 1. Production Minière en Algérie en 2013-2014 (Données ORGM)

Substance	2013	2014	Exploitation
Fer (t)	1 066 000	900 000	6
Phosphates (t)	1 150 000	1 400 000	1
Or (kg)	140	85	
Argent	27	16	1
Sels (t)	172 900	193 000	13
Baryte (t)	30 250	56 800	5
Bentonite (t)	27 700	31 500	0
Kaolin (t)	42 500	181 000	2
Sables (t)	15 472 000	17 550 000	113
Marbres (bloc, m³)	18 000	32 000	16
Agrégat (m³)	42 000 000	60 000 000	912
Calcaire /ciment (t)	21 932 000	24 800 000	21

IV. Les méthodes d'exploitation à ciel ouvert.

Les méthodes d'exploitations peuvent être définie comme étant une succession de réalisation des travaux qui assurent la couverture et l'extraction en quantité et en qualité planifié dans les conditions de sureté absolue, autrement dit un système d'exploitation caractérisé par le

développement des travaux préparatoires, de découverte et d'extraction dans le temps et dans l'espace.

Les méthodes d'exploitations dépendent des conditions géologiques et minières du gisement et, de paramètres techniques des engins miniers utilisés (Fourar B. & Kouadri Y., 2018).

Le type de matériaux joue un rôle très important dans le choix de type de méthode d'exploitation, il existe trois méthodes d'exploitation :

- *Méthode à l'explosif.*

C'est la méthode la plus usitée. L'abattage en masse de bloc à l'explosif concerne essentiellement les roches dures, elle se fait dans des gradins prédécoupés par des forages.

Dans les trous de forages, on place les explosifs caractérisés par une forte puissance.

Lors de l'explosion des charges, les fissures créent par la multiplication des forages se rejoignent facilement et rapidement, induisant ainsi à un basculement des blocs. En fait, l'explosif ne fait que révéler les fissures naturelles de massif (s'il est très fissuré, on obtiendra de petits blocs) (Aliouche M., 2008).



Figure I. 3. Exploitation par explosif

- *Méthode de sciage par le câble diamanté.*

Cette méthode est utilisée fréquemment pour le découpage des blocs de forme bien définis dans un matériau non fissuré tel que le marbre ou le calcaire dur. Ce découpage est réalisé à l'aide d'un fil, d'un câble très rouillé utilisé comme support d'abrasif (sable).

Le câble peut être remplacé par un toron (assemblage de plusieurs gros fils arrondis ensembles) et chaque câble constitutif peut en permanence être rempli de sable par envoi

d'eau, le maintenant dans les trous de câble. Par contre, si le matériau est fissuré, l'eau et le sable entrent dans les fractures et la méthode devient alors inefficace (Aliouche M., 2008).



Figure I. 4. exploitation par fil diamant

- *La méthode de ripage.*

Elle consiste à déplacer, à enlever ce qui gêne à l'aide d'une ripe (griffe ou engin plus puissant), à travailler sur les blocs résistants, notamment en agrandissant les fissures ;(cette méthode peut également être utilisée lors de la remise en place des terres pendant le réaménagement : la ripe décompacte les terrains tassés par le passage des engins) (Bizriche N. & Benkerrou S., 2011).

Quant aux matériaux tendres, l'abattage (et même le chargement) est fait par une machine telle que : (Mekaret N. & Goumidi S., 2015)

- La pelle à godet,
- L'excavateur à godet,
- La dragline,

- La roue –pelle.

V. Le mode d'exploitation dans la carrière de Djebel Safia.

Selon la classification de l'académie Rejevesky la méthode d'exploitation de fonçage a été choisie pour l'exploitation de gisement de Djebel Safia. Et à cause du caractère montagneux les travaux de d'exploitation se développent de sommet vers le bas de l'anticlinale a un seul bord en progressant vers le concasseur GP 120.

L'extraction du calcaire se développe selon les objectifs de la carrière à satisfaire la demande de cimenterie. La puissance de stérile (roche meuble argileux) variant entre 0 et 0.3 il n'existe donc pas des gradins particuliers pour leur extraction : le calcaire des gradins supérieure est abattu en même temps que les roches de recouverte (**Djafri S. & Benletaif KH., 2020**).

VI. Réhabilitation des carrières.

Cette partie de l'étude traitera toutes les mesures qui doivent être considéré pour éliminer tous les impacts négatifs générés par l'exploitation. Elle peut être qu'une stabilisation et une mise en sécurité de la zone, ou bien un simple reverdissement mais elle peut aller jusqu'à la restauration écologique (**Sam F., 2016**).

Elle comprend la restauration soit le retour à la nature ou l'aménagement à de nouvelles fins (**Bruno L., 1997**).

*** Restauration.**

A pour but de redonner aux sites ses attributs premiers. Dans ce cas, on s'intéresse plus ou aspect esthétique que biologique. Le premier aspect concerne l'intégration et l'harmonisation avec le paysage environnant, alors que le deuxième a traité à l'établissement d'un couvert végétal qui sert d'habitat à la faune. On reconnaît généralement trois étapes en matière de restauration :

- * Nettoyages généraux des lieux
- * Réglage et mise en forme des terrains
- * Epandage d'une couche de terre arable et remise en végétation

Aménagement.

L'aménagement consiste à donner une nouvelle vocation aux sites miniers en fin d'exploitation, les possibilités d'aménager un site sont nombreuses, le choix d'un type d'aménagement dépend de plusieurs facteurs tels que ; la présence ou non d'eau, la forme de l'excavation, sa profondeur et son emplacement, l'ensoleillement, la stabilité des pentes...etc.

Partie 2 : Généralité sur le ciment

Dans le cadre du développement du pays et de l'industrialisation économique algérienne et après l'augmentation en consommation du ciment dans notre pays le gouvernement Algérien a fait procéder à des études concernant l'implantation des entreprises régionales tel que, l'ERCE (entreprise régionale du ciment de l'est) qui comprend cinq cimenteries parmi elles la société de ciment de Hadjar Soud (SCHS) (Meziani S. & Yousfi N., 2017).

La Société a été créée, après l'exploration d'un gisement de calcaire dans la zone d'Azzaba (Djebel Safia), les premiers travaux géologiques effectués en 1967 et 1968 sont exposés dans le rapport « ciments Lafarge ». La société possède deux lignes de production par voie sèche la première a été lancée en 1969 par la firme française (F.C.B), le degré de reconnaissance du gisement s'avérait insuffisant pour garantir les réserves indispensables. Pour cela une étude géologique a été effectuée par les équipes de la SNMC en 1972 et 1974. Et cela due au lancement de la deuxième ligne en 1975.

I. Situation géographique.

L'entreprise de Hadjar-Soud « SCHS » est située à 45km de la commune de Skikda dans la commune de Bekkouch Lakhdar et à 45km Ouest de la wilaya d'Annaba. L'usine de traitement se trouve en bordure de la route nationale N°44 et la voie ferrée qui relie Annaba à Constantine.

II. Capacité de production.

SCHS est dotée d'un capital social de l'ordre de 1550 000 000 DA, son potentiel de production annuel est de l'ordre de 1000000 t, elle offre une large gamme de ciments. La participation de la cimenterie à la production du groupe ERCE s'élève à 20,14%, quant à sa part dans la production nationale de ciment est de 8,30%.

La capacité de production installée est d'un million de tonne de produit fini (ciment). La production d'une tonne de clinker nécessite 1,18 T de calcaire. Pour cela, la production d'un million de tonnes de ciment nécessite 1,18 MT de calcaire. Par rapport aux réserves géologiques restantes qui sont de 149.479.721 tonnes de calcaire, la durée de vie de gisement est limitée à 126 ans d'exploitation de la carrière (Meziani S. & Yousfi N., 2017).

III. Rappel sur les ciments.

1. La réalité du procédés cimenteries.

Le mot ciment vient du latin "caementum", qui signifie mortier, liant des maçonneries. Ce sens d'origine a été conservé en s'appliquant aux seuls liants hydrauliques, c'est-à-dire capables de durcir au contact de l'eau.

Le ciment est un procédés très commun dans la civilisation contemporaine, son origine remonte très loin de l'histoire de l'humanité. Ils auraient d'abord inventé par les Egyptien puis amélioré par les Grecs qui sont les premiers constructeurs à employer la chaux obtenue par cuisson de calcaire. Les Romains furent probablement les premiers à fabriquer des liants hydrauliques. En effet, ils mélangeaient de la chaux et des cendres volcaniques de la région de Pozzuoli au pied du Vésuve donnant naissance au ciment « Pouzzolanique » ; matériau capable de fixer la chaux en présence d'eau pour améliorer la prise et le durcissement pour préparer leur "Opus Camenticium » (**Siline M., 2016**).

En 1817, les travaux du Français Louis Vicat ont permis de déterminer les proportions de calcaire et de silice nécessaire pour constituer le mélange qui après cuisson à la température adéquate et broyage, donnera un véritable liant hydraulique fabriqué industriellement. Quelques années plus tard, en 1824, l'Ecossais Aspdin dépose un brevet pour la fabrication d'une chaux hydraulique à prise rapide qu'il appelle commercialement le ciment « Portland » (car la couleur de son produit ressemble aux célèbres pierres de la péninsule de Portland située dans la Manche) (**Aouididi L., 2015**).

La première usine de ciment a été créée par Dupant & Demarle en 1846 en France, mais la véritable industrialisation ne débute vraiment que dans les années 1850. En Belgique, une première cimenterie voit le jour en 1872. Dès la fin du 19ème siècle, le béton moderne à base de ciment Portland devient un matériau de construction largement répandu.

2. Classification de ciment. (**Benkherredine K.H. & Deloum A., 2018**)

Le ciment peut être classé en fonction de sa composition et de sa résistance normale.

Selon sa composition chimique.

Les ciments constitués de clinker et des constituants secondaires sont classés en fonction de leur composition, en cinq types principaux par la norme NF P15-301. Ils sont numérotés de 1 à 5 en chiffres romains dans leur notation européenne (la notation française est indiquée entre parenthèse):

- * CEM I : Ciment portland (CPA - dans la notation française),
- * CEM II : Ciment portland composé (CPJ),
- * CEM III : Ciment de haut fourneau (CHF),
- * CEM IV : Ciment pouzzolanique (CPZ),
- * CEM V : ciment au laitier et aux cendres (CLC).

Tableau 2. Désignation des différents types de ciment en fonction de leur composition minéralogique

	Ciment Portland	Ciment portland Composé		Ciment de haut fourneau			Ciment pouzzolanique		Ciment au laitier et aux cendres		
	CPA-CEM I	CPJ-CEM II/A	CPJ-CEM II/B	CHF-CEM III/A	CHF-CEM III/B	CLK-CEM III/C	CPZ-CEM IV/A	CPZ-CEM IV/B	CLC-CEM V/A	CLC-CEM V/B	
Clinker (K)	≥ 95%	≥80% ≤94%	≥ 65% ≤ 79%	≥35% ≤64%	≥ 20% ≤ 34%	≥ 5% ≤ 19%	≥ 65% ≤ 90%	≥ 45% ≤ 64%	≥ 40% ≤ 64%	≥ 20% ≤ 39%	
Laitier (S)	*	6% ≤ Total	21% ≤ Total	≥36% ≤65%	≥ 66% ≤ 80%	≥ 81% ≤ 95%	*	*	≥ 18% ≤ 30%	≥ 31% ≤50%	
Pouzzolanes(Z)	*	≤ 20% (fumée de silice ≤ 10%)	≤35% (fumée de silice ≤10%)	*	*	*	10% ≤ total ≤ 35% (fumée ≤10 %)	36% ≤ total ≤55% (fumée ≤10 %)	18% ≤ Total ≤30%	31% ≤ Total ≤50%	
Cendre siliceuse(V)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Fumée de silice (D)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Cendre calcique(w)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Schiste (T)	*			*	*	*	*	*	*	*	*
Calcaire (L)	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
Fillers (F)	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

NB. Les constituants marqués d'une étoile (*) sont considérés comme constituants secondaires pour le type de ciment concerné ; leur total ne doit pas dépasser 5%. (Les fillers sont considérés comme des constituants secondaires).

Selon leur résistance normale.

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours ; des sous classes "R" sont associées à ces trois classes principales pour désigner des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées. Ces classes sont notées, classe 32,5, classe 42,5, classe 52,5. Elles doivent respecter les spécifications et les valeurs garanties selon le **tableau 2**. Les valeurs entre parenthèses sont les valeurs garanties lorsqu'elles peuvent être inférieures aux valeurs spécifiées.

Tableau 3. Spécification et valeurs garantie en fonction de la classe

Classe	Résistance à la compression (MPa) EN196-1				Retrait à 28 jours	Début de prise	Stabilité
	Au jeune âge		à 28 jours				
	2 jours	7 jours	mini.	maxi.	P 15-433 (µm/m)	En 196-3 (min)	En 193-3 (mm)
32,5		(17.5)	≥ 32,5 (30)	≤ 52,5	≤ 800	≥ 90	≤ 10
32,5 R	≥ 13,5 (12)		≥ 32,5 (30)	≤ 52,5	≤ 1 000	≥ 90	≤ 10
42,5	≥ 12,5 (10)		≥ 42,5 (40)	≤ 62,5	≤ 1 000	≥ 60	≤ 10
42,5 R	≥ 20 (18)		≥ 42,5 (40)	≤ 62,5	≤ 1000	≥ 60	≤ 10
52,5	≥ 20 (18)		≥ 52,5 (50)			≥ 60	≤ 10
52,5 R	≥ 30 (28)		≥ 52,5 (50)			≥ 60	≤ 10

La norme FD P 15-010 rassemble les règles et les critères d'utilisation des différentes catégories de ciment en fonction de l'ouvrage et de son environnement. Elle donne également pour chaque produit les utilisations recommandées et les précautions à prendre.

Autres types de ciments. (Meziani S. & Yousfi N., 2017)

*** Ciments résistants aux sulfates. (C.R.S.)**

La teneur en C3S ne doit pas dépasser 50%, celle du C3A 5% et la somme de C3A et C4AF ne doit pas être supérieure à 22%.

*** Ciments blancs.**

Ces ciments sont obtenus à partir des matières premières contenant le moins possible d'oxydes colorants (oxyde de fer, de manganèse, de chrome, de titane ...etc.)

Ces matières sont des calcaires, des craies ou des marbres purs, des argiles Kaolinitiques blanches. Grâce à sa blancheur, le ciment blanc permet la mise en valeur des teintes des granulats dans les bétons apparents.

* **Ciments colorés.**

Ces ciments sont obtenus par addition au clinker blanc de colorants minéraux résistants à la lumière et aux alcalis au cours du broyage ciment. On peut citer le bleu d'outre-mer, l'oxyde de chrome, le noir de fumée etc.

* **Ciments alumineux.**

Le ciment alumineux est un liant hydraulique prompt obtenu par la cuisson d'un mélange de bauxite et de chaux. Ces ciments sont fabriqués sans ajouts ou parfois en quantité très limitées 2% au maximum pour améliorer certaines de leurs propriétés. Ils sont utilisés pour les travaux nécessitant l'obtention, dans un délai très court, de résistances mécaniques élevées (poutres et linteaux pour le bâtiment, sols industriels, etc.)

* **Ciment à maçonner.**

Ce ciment contient en proportions moindres les mêmes éléments actifs que le ciment portland artificiel ; ses propriétés et son comportement dans les milieux courants sont analogues à ce dernier. Mais ses résistances sont moins élevées que celle de ce produit. Ils conviennent bien pour la confection de mortiers utilisés dans les travaux de bâtiment (maçonnerie, enduits, crépis, etc.). Ils peuvent également être employés pour la fabrication ou la reconstitution de pierres artificielles.

3. *Procédé et technique de fabrication de ciment.*

La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production, des contrôles rigoureux et continus de la qualité.

On peut obtenir le ciment par la mise en œuvre au moins de deux matière première essentielle, il s'agit du calcaire et de l'argile (Schiste), et parfois s'il nécessaire on ajouter des matières de corrections telle que le sable et le minerai de fer. Ces matières de correction sont utilisées lorsque les matières premières de base sont pauvres en silice et en oxyde de fer (**Mekti Z., 2018**).

3.1. Différents procédés.

IL existe quatre méthodes de fabrication du ciment:

- * Fabrication du ciment par voie humide (la plus ancienne).
- * Fabrication du ciment par voie semi-humide (en partant de la voie humide).

- * Fabrication du ciment par voie sèche (la plus utilisée).
- * Fabrication du ciment par voie semi-sèche (en partant de la voie sèche).

3.2. Technique de fabrication.

○ Extraction de matières première.

Les matières premières sont extraites dans des carrières à ciel ouvert par abattage mécanique ou à l'explosif. Les carrières sont généralement situées proche du cimenterais.

Après un concassage primaire, les matières premières sont transportées vers l'usine où elles sont stockées et préparées. Les matériaux de correction (tels que la bauxite, le minerai de fer, le laitier de haut fourneau ou le sable de fonderie) sont approvisionnés par d'autres sources. (C.E., 2010).

○ Le broyage et séchage.

Pour obtenir de la farine, les matières premières sont séchées et broyées très finement dans des broyeurs à boulet, cette étape engendre de grandes poussières.

La poudre crue obtenue dénommée communément farine est acheminée à travers un séparateur, où les fractions fines sont transportées pneumatiquement vers des silos d'homogénéisation (Tedjar L., 2012).

○ La cuisson.

C'est l'opération la plus importante dans les procédés de fabrication de ciment en termes de potentielles des émissions (poussière et gaz), de qualité et de coût du produit (Rebouh S. & Benrachi B., 2013).

La farine crue qui est stockée dans les silos, est acheminée à travers des tours échangeurs qui constituent des cyclons, là où l'opération de préchauffage commence par l'évaporation d'eau contenu dans la farine, et se poursuit par une décarbonatation partielle à une température d'environ 800°C de cette dernière, une précalcination se fait dans une boîte à fumée placée entre le préchauffeur et le four. Cette opération s'effectue entre 650 et 900°C permet de libérer le gaz carbonique pour obtenir la chaux vive nécessaire à la formation de constituant de clinker (Mekti Z., 2018).

Dans un four rotatif légèrement incliné et à une température 1450°C la cuisson se fait, la matière est acheminée lentement vers la source de chaleur.

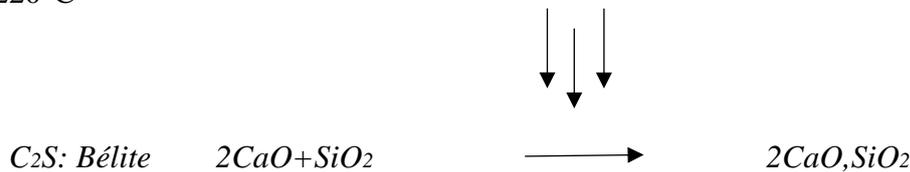
Tout au long de la cuisson et avec l'élévation de température des transformations et des réactions physico-chimiques se déroulent: (Mekti Z., 2018)

 Transformation.

- de 800 à 900°C : Décarbonatation partielle.
- de 900 à 1250°C : Décarbonatation total donnant de la chaux libre (CaO) et du gaz carbonique (CO₂).
- de 1250 à 1280°C : Formation de la phase liquide par l'alumine, le fer avec la chaux (aptitude au croutage).
- de 1300 à 1450°C : La clinkérisation (combinaison total de la chaux libre avec la silice, l'alumine et l'oxyde de fer pour donner les silicates bicalcique et tricalcique, du ferroaluminate tétracalcique et de l'aluminate tricalcique qui les composants principaux du ciment).
- 1250°C : refroidissement.

✚ Les réactions :

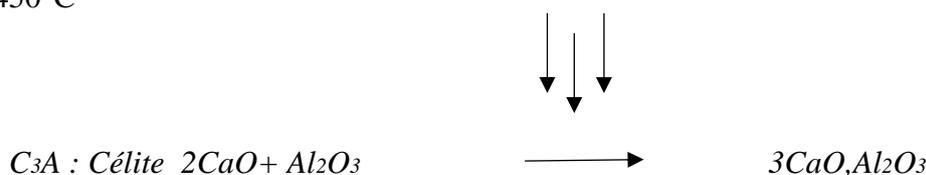
1220°C



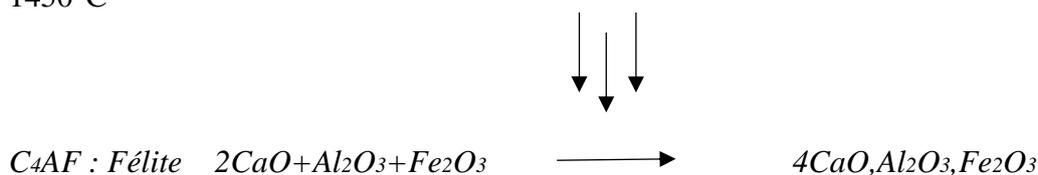
1220°C



1450°C



1450°C



A la sortie du four, un refroidisseur à grille permet d'assurer la trempe des nodules incandescents et de les ramener à une température d'environ 100°C.

Le refroidisseur a une influence déterminant sur les performances et l'économie de l'installation de préparation a haut température. Les gaz chauds après refroidissement sont récupérés et acheminés vers l'extérieure.

○ Broyage de clinker.

Pour obtenir le ciment, le clinker doit être finement broyée dans de broyeur a boulet, ne comportant que très peu de grain supérieur à 80 microns. Lors de l'opération de broyage on ajoute des dosages définies et constants des éléments qui doivent entrer dans la composition de ciment: Gypse (3 à 7% destiné à assurer la régularité de ciment) plus des produit d'addition (laitier de haut fourneau, cendre volants, calcaire, fumée de silice, tuf, pouzzolane). Le ciment obtenu est transporté soit mécaniquement, soit pneumatiquement vers des silos ou il est stocké, cette étape génère de la poussière (Yahia M., 2015).

○ Stockage et expédition.

Le stockage de ciment ce fait dans des silos verticaux qu'il faut entretenir régulièrement. L'expédition se fait soit en vrac ou conditionné dans de sac de 50kg. S'il est expédié en vrac il est pulsé directement des silos dans des camions, pour l'expédition en sac le ciment transite par un atelier d'ensachage ou il est automatiquement pesé et conditionné.

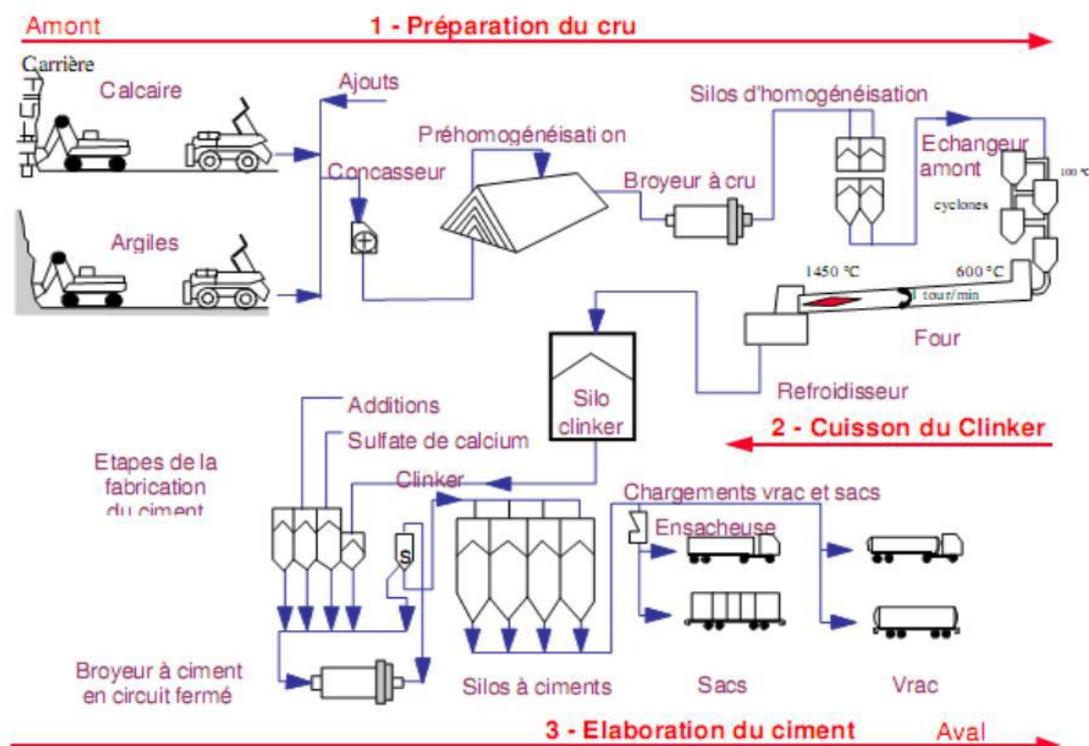


Figure I. 5. Processus de fabrication de ciment (Aouididi L., 2015).

Partie 3 : Identification et évaluations des impacts

I. Système de management environnemental.

Un Système de Management Environnemental (SME) est un outil à disposition des entreprises et des institutions, qui a pour objectif d'améliorer la gestion et les performances environnementales, c'est une démarche volontaire (ISO 14001, 2015).

Il permettra d'identifier les priorités, de planifier un programme d'actions, de mettre en œuvre des moyens techniques, financiers et humains, de vérifier et suivre l'évolution des objectifs fixés (Bauraing Eddy, Jacques Nicolas, & Marianne Von Frenckell, 2000).

Le SME ne se substitue pas à la législation en matière d'environnement, il la complète. Il intègre de nouvelles procédures à la gestion des activités quotidiennes de l'entreprise et instaure une approche systématique et formalisée (les cahiers de développement durable ,2021). Les actions des entreprises dans le cadre d'un système de management environnemental peuvent être : (Yonkeu S., 2011)

- Un écobilan des activités de l'entreprise.
- La prévention de la pollution.
- La diminution de la consommation des ressources naturelles.
- La diminution de la consommation d'énergie.
- La réduction de déchets.
- L'éducation à l'environnement.
- La certification suivant les normes environnementales.

❖ Les principaux objectifs d'un SME sont : (Yonkeu S., 2011)

- Respecter la réglementation avec un dépassement des objectifs initiaux.
- Maîtriser les risques pour le site.
- Maîtriser les coûts déchets par des économies d'énergie et de matière première.
- Améliorer la performance du système de gestion avec l'introduction d'un nouvel angle critique.
- Se différencier par rapport à la concurrence.
- Valoriser l'image de l'entreprise.
- Communiquer de manière transparente vis-à-vis du personnel, des riverains, des clients, des assureurs, etc.

❖ Les étapes de la mise en place d'un SME et de suivi : (Yonkeu S., 2011)

- ✓ Audite initiale et revue des impacts des sites.

- ✓ Détermination des objectifs et du chemin à parcourir.
- ✓ Détermination et validation des actions de progrès.
- ✓ Elaboration des indicateurs de suivi et des outils de mesures.
- ✓ Mise en place concrète des actions d'amélioration.
- ✓ Audite et identification des écarts par rapport aux objectifs.
- ✓ Evolution du dispositif avec une mise à jour des objectifs une fois atteints.

II. Méthodes d'évaluation d'impact.

II.1. L'audit environnemental.

C'est une démarche tendant à la connaissance de la situation d'une entreprise, d'un site ou de leurs exploitations au regard de l'environnement pour : **(CETIM, 2015)**

- Mesurer et analyser l'impact que peut avoir l'activité exercée et les méthodes d'exploitation utilisées sur tel ou tel aspect du milieu.
- Apprécier la conformité des méthodes aux prescriptions imposées par la législation, la réglementation et les engagements contractuels.
- Dresser un bilan de l'activité antérieurement exercée sur le site puis soit vérifier la conformité de mesure prise ou apprendre par rapport aux prescriptions légales réglementaires et contractuelles.

Dans ce rapport, seront traitées toutes les informations environnementales relatives en vue de vérifier sa conformité avec la législation algérienne en vigueur ou de trouver des solutions pour y parvenir.

II.2. L'étude d'impact.

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est un processus qui, au tout début de la planification, cerne et évalue les risques d'incidences environnementales découlant d'un projet prévu. L'EIE établit les mesures qui peuvent être adoptées pour contrer les effets environnementaux négatifs ou pour les réduire à des niveaux acceptables au préalable. L'EIE représente donc une approche proactive et préventive en matière de gestion et de protection environnementales **(Environnement et Gouvernements locaux ,2010)**.

L'étude d'impact comprend les parties suivantes : **(Étude d'impacts, 2020)**

- Analyse de l'état initial du site
- Description du projet

- Analyse des impacts
- Mesures compensatoires envisagées
- Description des méthodes utilisées
- Analyse des impacts sur la santé

III. L'évaluation des impacts dans la cimenterie de Hadjar El Soud.

Dans le cadre de protection de l'environnement la société de Hadjar El Soud en confiant les études d'impact et les audits de cimenterie et les carrières au bureau CETIM qu'est un bureau spécialisé et reconnu dans sa profession, ne se contente pas de répondre à l'impératif légal ; mais a poussé la réflexion afin de garantir, tant à ceux qui l'avoisinent un environnement agréable,

✓ CETIM.

Centre d'Études et de Services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construction (CETIM) est une société par action spécialisée dans les études et le suivi de réalisation dans le domaine des mines, les carrières et de matériaux de construction

III.1. Les Source des émissions et leurs impacts au niveau de la cimenterie.

Les sources de pollution.

Les procédés de fabrication de ciment engendrent des pollutions directes ou indirectes qui affectent la nature. Les cimenteries rejetant des émissions dans l'air et produisent des déchets, des rejets dans l'eau sont possible, peuvent s'y ajout des nuisances sonores et olfactive (Rebouh S. & Benrachi B., 2013) (voir Annex N°1).

* Les poussières.

Les poussières représentent la forme de la pollution la plus important dans les cimenteries, leur granulométrie est un facteur important. Les poussières fines restent en suspension dans l'atmosphère alors que les plus grosses se déposent sur le sol à différentes distances de la source selon leur taille.

Source des poussières (Tedjar L., 2012).

Première phase.

C'est la phase de production de la matière nécessaire à la fabrication du clinker :

- Explosion au niveau de la carrière,

- Déplacement de la matière première dans le concasseur.
- Concassage primaire et secondaire de la matière première.
- Transport de la matière première par tapis à ciel ouvert ou par camion vers le stockage.
- Déplacement de la matière au niveau du hall de stockage.
- Broyage de la matière pour la préparation du cru

Deuxième phase.

Le produit broyé est ensuite envoyé vers la cuisson pour la fabrication du ciment :

- Cheminée des fours à cuisson pour la fabrication de clinker.
- Refroidissement du clinker vers les silos de stockage.
- Acheminement du clinker vers le hall de stockage,
- Broyage du clinker.
- Transport du clinker par élévateur et son déversement dans le séparateur.
- Emission de poussières à travers les cheminées d'aération placées sur le toit des silos.
- Ensachage du ciment.
- Chargement des camions par du ciment en vrac ou en sachets.
- Mouvements des camions pendant les opérations de chargement

* Les gaz.

Les émissions majeures de la fabrication de ciment sont les émissions atmosphériques de four, elles sont résulté aux réactions physico-chimiques des matières premières et à la combustion des matériaux utilisée pour chauffer (Berkati S. & Mezani Ch., 2017). Les gaz de combustion constituant des polluants qui dépendra de la nature de combustible utilisée (charbon, fuel ou gaz naturel) et la nature de minerai, parmi ces polluants on a : (Makhdoumi H., 2019)

- Les dioxydes de soufre (SO₂)
- Les oxydes d'azote (NO_x)
- Le monoxyde de carbone (CO)
- Le dioxyde de carbone (CO₂)

* Bruit et odeur.

Une fois le bruit dépasse la norme, il devient insupportable sur tous les êtres vivants. On peut mentionnée le bruit de fond en continue en provenance de la cimenterie exploité 24h/24h cette dernier constitue de nombreuses machines et activités qui sont les principales sources

d'émission de bruit notamment, les broyeurs, les pompes, les filtres à manches, l'opération d'expédition. Ainsi le bruit provenant des opérations de dynamitage découlant de l'exploitation des carrières, le concasseur, sondeuse, le transport (l'approvisionnement), des wagons de terrain...etc. Ces sonores sont produites tout au long du procédé de production du ciment, ils influent sur le système nerveux en provoquant la fatigue et surtout la surdité (Mekti Z., 2018).

* Les déchets.

Les déchets peuvent être définis comme étant des résidus d'un processus de production ou transformation ou l'utilisation, toute substance matériau, produit, meuble ou abandonnée ou que son détenteur destine à l'abandon. Les déchets peuvent être classés soit selon leur danger soit selon leur nature physique à savoir : (Madoui Y., 2019)

Déchets dangereux :

Sont produits par la cimenterie, ce sont des déchets qui en raison d'une de leur caractéristique présentent un risque pour les personnes et l'environnement :

- Solvant
- Hydrocarbure
- Huile usagée
- Huile à base de BCP (ou PCB Askarels)
- Batterie
- Les briques réfractaires

Déchets non dangereux (ou déchets banals) :

- Pneu
- Plastique
- Bois et palette
- Papier et cartons
- Métaux ferreux

Les impacts des polluants.

Effet sur la santé :

Impact de gaz : (Rebouh S. & Benrachi B., 2013)

Parmi les polluants gazeux et qui peuvent être rejetés pour une raison ou une autre en ayant un impact sur la santé de manière significative sont les suivants :

Le dioxyde de soufre :

- Gaz irritant avec effets broncho constructeurs et essoufflement chez les asthmatiques ;
- Selon les concentrations des polluants le mélange acido-particulaire peut déclencher des effets bronchospastiques chez l'asthmatique,
- Augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire),
- Altérer la fonction respiratoire chez l'enfant.

Oxyde d'azote (NO_x) :

- Au niveau des branches, il favorise les infections bactériennes et une hyperactivité chez les asthmatiques et chez les enfants.
- Perturbe la fonction respiratoire, en provoquant des troubles respiratoires chroniques, et à forte dose il peut engendrer des lésions.

Monoxyde de carbone (CO) :

Cela entraîne une diminution du taux d'oxygène dans le sang qui peut provoquer des anémies, des vertiges, des migraines, comme il peut être mortel à forte dose.

Dioxyde de carbone (CO₂) :

il peut provoquer des malaises et des maux de tête dans le cas de forte concentration. Il peut aussi perturber le rythme cardiaque et la pression sanguine. Ce gaz peut entraîner à haute dose une asphyxie par remplacement de l'oxygène dans l'air (**Berkati S. & Mezani Ch., 2017**).

Impact de poussières : (Madoui Y., 2019)

A court terme :

Les poussières fines (<1 μ) atteignent les alvéoles et peuvent pénétrer dans le sang. Elles peuvent transporter d'autres polluants qui y sont adsorbés et causent des décès pour causes respiratoires et cardio-vasculaires.

Le SO₂ provoque une irritation des muqueuses de la gorge et une inflammation des branches. Quand il est associé aux particules, il peut affecter tout l'appareil respiratoire jusqu'aux alvéoles.

A long terme :

Ces polluants peuvent provoquer des maladies respiratoires telles :

- Asthme, bronchite, emphyseme (poussières, SO₂)

- Cancer des poumons (particule et NO₂)

✚ Effet sur l'écosystème (CETIM, 2007).

Les rejets atmosphériques générés par les activités de la cimenterie ont des effets néfastes sur l'environnement naturel immédiat tel que la couverture végétale ou on peut observer de dépôts blanchâtres de résidus de poussière sur la végétation. Ils possèdent un effet dommageable sur la flore car il se caractérise par l'accumulation et de ce fait il perturbe de façon notable le développement de l'écosystème naturel.

✚ L'effet sur le sol (Berkati S. & Mezani Ch., 2017).

- Fragilité du sol, et cette détérioration liée essentiellement au déboisement.
- Fissuration du sol ainsi que le risque de chute des blocs instable.

✚ Impacts des déchets utilisés pour la cuisson.

Les déchets électroniques contiennent, d'une part des substances nocives à la santé et à l'environnement tel que le chlorure (Cl), Brome (Br), Phosphore (P), Cadmium (Cd), Nickel (Ni), Mercure (Hg) et les composés bromés ignifuges à haute concentration. Ces derniers se composent d'ordinateur et accessoires, consoles, outils de communication, jouets et également les produits blancs tels que les appareils de cuisine ou des appareils médicaux (Laib M. & Merouani A., 2011).

III.2. Comparaison des études d'audite faite en 2013 jusqu'au 2014.

La SCHS a requis le bureau CETIM pour prendre en charge l'opération de contrôle de gaz, poussière et bruit. Les résultats des études qui ont fait en 2013 jusqu'au 2014, sur la cimenterie sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 4. Résultat d'analyse de gaz (CETIM, 2013 ; 2014 ; 2018 ; 2019 ; 2020)

Zone	Années	Elément analyse	2013	2014	2018	2019	2020	Valeur limite
Chemine filtre à manche REDECAME ligne 1		SO ₂	0	0	31.46	0	0	500
		NO _x	448	362.875	711.35	1009.21	576.25	1500
		CO	246.25	140.325	32.5	20	21.25	150
Chemine filtre à manche REDECAME ligne 2		SO ₂	0	0.206	2.86	0	0	500
		NO _x	383.81	355.8	586.3	427.42	684.95	1500
		CO	274	150.7	521.25	970	132.5	150
Chemine électro filtre		SO ₂	Pas de mesure	2.225	5.72	0	5.72	500
		NO _x		182.72	248.05	164.41	299.3	1500
		CO		127.15	96.25	118.75	70	150

Tableau 5. Résultat d'analyse de poussière dans la cimenterie (CETIM, 2014 ; 2018 ; 2019 ; 2020)

Zone	Années	2014	2018	2019	2020	Valeur limité
Chemine filtre à manche REDECAME ligne 1		11.30	0.81	4.2	13.668	30 Mg/Nm ³
Chemine filtre à manche REDECAME ligne 2		10.25	0.78	4.7	1.38	30 Mg/Nm ³
Chemine filtre à manche Refroidisseur ligne 1		13.75	0.68	2.01	0.875	30 Mg/Nm ³
Chemine filtre à manche Refroidisseur ligne 1		12.80	1.21	0.56	0.217	30 Mg/Nm ³
Filtre à manche concasseur (GP 120)		18.74	25.67	22.61	1.756	30 Mg/Nm ³

Tableau 6. Résultat d'analyse de nuisance sonore (CETIM, 2013 ; 2014 ; 2018 ; 2019)

Zone	Années	2013	2014	2018	2019	Valeur limité
Zone cru		98.5	91.05	96.5	86.95	85db
Expédition		95.5	92.6	72.25	73.3	85db
Administration		65.6	58.15	66.8	69.4	85db

Les décrets.

- ✓ Décret exécutif n°06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi quelles conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.
- ✓ Décret exécutif n°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.
- ✓ Décret exécutif N°93-184 du 27.07.1993, règlement l'émission des bruits. Ce décret indique les niveaux acceptables maximaux de bruits (en db) pour des zones définies.

Les résultats des analyses des émissions de gaz et poussières et les nuisances sonores sont conformes aux normes sauf les émissions de CO et la nuisance dans la zone de CRU 3.

Le CO, en 2013 était hors norme dans chemine filtre à manche REDECAME ligne 1 et 2, et dans les années 2014 jusqu'au 2020, était hors norme chemine filtre à manche REDECAME ligne 2, et cela à cause d'une combustion incomplète. Ce gaz est toxique, inodore, incolore et inflammable.

Les nuisances sonores dans la zone de CRU sont à cause de travail des machines, four, les filtres à manches et les broyeurs. Les travailleurs doivent être équipés par des moyens de protection adéquate.

Durant ces dernières années, les émissions de poussières sont conformes aux normes.

Aux cours des premiers années, la cimenterie a engendré beaucoup d'émissions de poussières à cause de la fabrication de ciment et à cause des ruptures dans les électrofiltres durant ces derniers années, et avec l'équipement de la cimenterie par des filtres à manche le taux d'émission a considérablement diminué, et cela conformément avec les résultats mentionnés précédemment dans le tableau.

IV. Cadre juridique.**Les lois.**

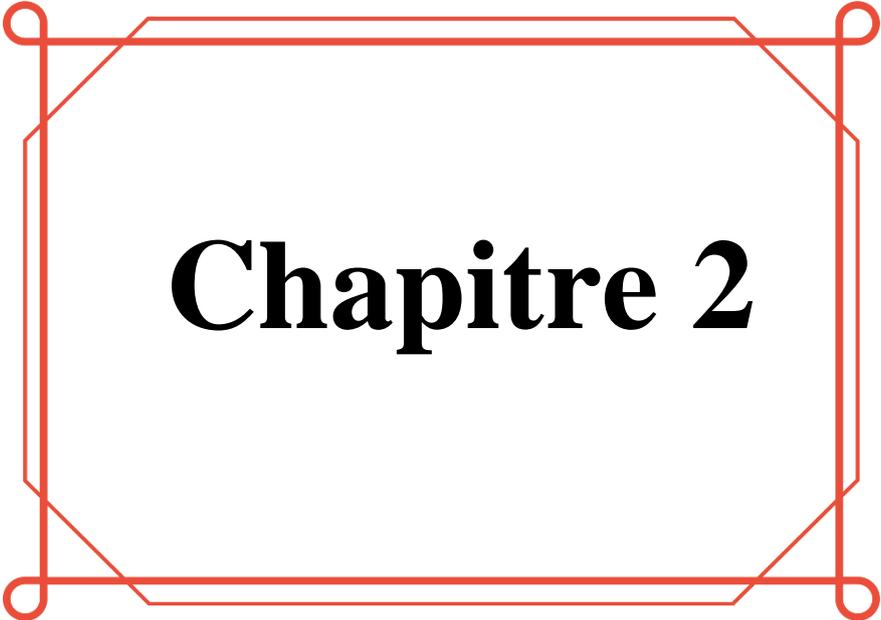
- ✓ Loi no 83-03 du 05 Février 1983, portant code de l'environnement.
- ✓ Loi no 83-17 du 16 Juillet 1983, modifiée et complétée portant code des eaux.

- ✓ Loi n° 84-02, modifiée et complétée par la loi 91-24 et les textes pris-en Application, régissant le domaine minier.
- ✓ Loi no 01-10 du 03 Juillet 2001, portant loi minière.
- ✓ Loi no 01-19 Du 12 Décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination de déchets.
- ✓ Loi n°05-12 du 04 août 2005, relative à l'eau
- ✓ Loi n°99/09 du 28/07/1999 relative à la maîtrise de L'énergie
- ✓ Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- ✓ Loi n° 84-12 du 23 Juin 1984, modifiée et complétée portant régime général des Forêts.

Les décrets.

- ✓ Décret n° 84-378 du 15 Décembre 1984, fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides urbains.
- ✓ Décret Exécutif no 90-78 du 27 Février 1990, relatif aux réglementations d'impact sur l'environnement.
- ✓ Décret n° 90-198 du 30 Juin 1990, modifié et complété portant réglementation des substances explosives
- ✓ Décret n° 91-24, portant sur la remise en état des lieux des carrières.
- ✓ Décret n° 06- 198 du 31 Mai 2006, définissant la réglementation applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement.
- ✓ Décret exécutif n°07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminants le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement
- ✓ Ordre 91-176 du 28.06.1991 , sur les méthodes d'approbation pour les certificats d'urbanisation, les permis de construction et le développement et les certificats de conformité
- ✓ Décret exécutif 82-305 du 09.11.1982, portant réglementation des constructions régies par la loi 82-02 du 06.02.1982, relative au permis de construire et au permis de lotir
- ✓ Décret exécutif 82-736 du 17.02.1983, portant réglementation de la programmation des études à caractère économique
- ✓ Décret exécutif 90-245 du 18.08.1990, portant réglementation des appareils à pression à gaz

- ✓ Décret exécutif 93-68 du 01.03.1993, relatif aux modalités d'application de la taxe sur les activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement
- ✓ Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels
- ✓ Décret exécutif No 93-184 du 27.07.1993, réglementant l'émission des bruits
- ✓ Décret n°93 161 du 10/07/1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel
- ✓ Décret n°93 161 du 10/07/1993 fixant les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées
- ✓ Décret exécutif n°03.410 du 05 novembre 2003, fixant les seuils limites des émissions de fumées de gaz toxiques et des bruits par des véhicules automobiles.
- ✓ Décret présidentiel no 04-141 du 28 avril 2004, portant ratification des amendements à la convention pour la protection de la mer Méditerranée contre les pollutions, adoptées à Barcelone le 10 juin 1995.
- ✓ Décret exécutif n°05-314 du 10 septembre 2005, fixant les modalités d'agrément des groupements de générateurs et/ou détenteurs de déchets spéciaux.
- ✓ Décret exécutif n°05-315 du 10 septembre 2005, fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.
- ✓ Décret présidentiel no 06-59 du 11 février 2006 portant ratification de la convention 155 concernant la sécurité, la santé des travailleurs et le milieu de travail, adoptée à Genève
- ✓ Décret exécutif no 06-138 du 16 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 15 avril 2006 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.
- ✓ Décret exécutif no 06-02 du 7 janvier 2006 définissant les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique
- ✓ Décret exécutif no 07-144 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 n°09-209 du 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public ou dans une station d'épuration.



Chapitre 2

Chapitre 2. Analyse de l'état initial du site d'étude et de son environnement

I. Situation géographique de la carrière.

La carrière de calcaire fait partie de la commune de Ben Azzouz, daïra d'Azzaba wilaya de Skikda. Elle se situe à Djebel Safia à une distance de 8km de la cimenterie, de 59km d'Annaba et de 144km de Constantine. Les réserves géologiques exploitables sont estimées à plus de 150 millions de tonnes, dont sa qualité est caractérisée par un calcaire pur et homogène (Mekti Z., 2018).

Suivant le périmètre d'exploitation dont la superficie est de 213 ha, les coordonnées LAMBERT du gisement est : (CETIM, 2002)

Tableau 7: Les coordonnées Lambert du périmètre d'exploitation

Point	Coordonnées		Point	Coordonnées		Point	Coordonnées	
	X	Y		X	Y		X	Y
1	908514	397845	11	907475	396875	21	907197	398060
2	908611	396348	12	907462	397075	22	907184	398259
3	908411	396335	13	907262	397062	23	907284	398266
4	908399	396535	14	907243	397361	2	907271	398465
5	908199	396522	15	907043	397348	25	907670	398491
6	908206	396422	16	907024	397648	26	907690	398192
7	907906	396402	17	906824	397635	27	907790	397198
8	907893	396602	18	906805	397934	28	907809	397899
9	9907694	396589	19	907004	397947	29	908009	397912
10	907674	396888	20	906998	398047	30	908015	397812

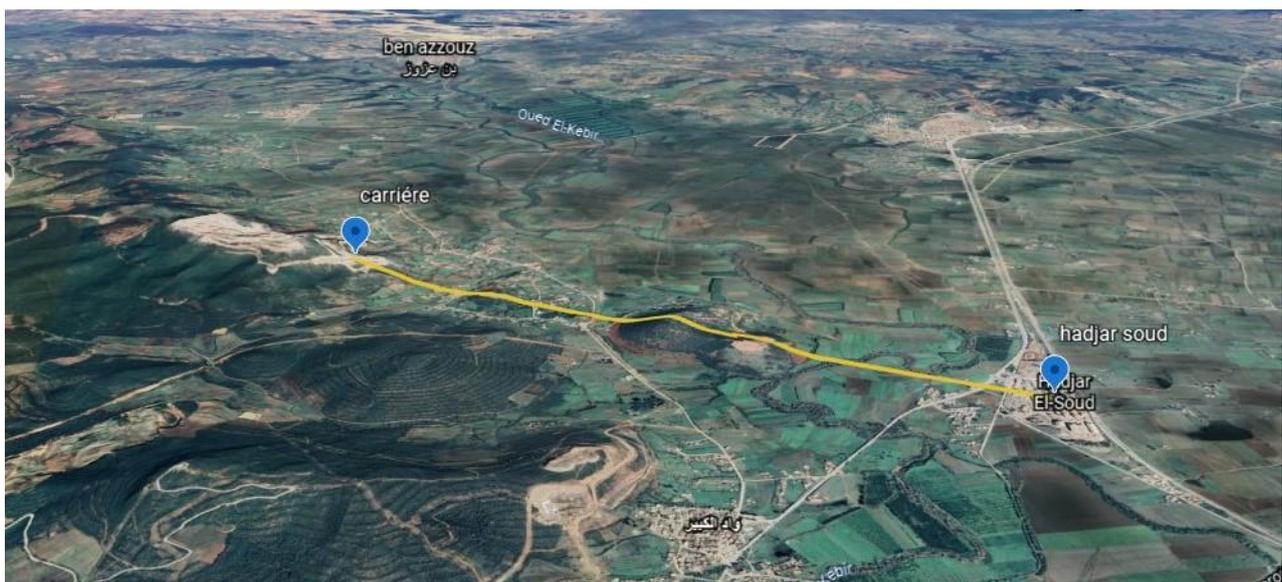


Figure II. 1. . Géographie de la zone d'étude

II. Géologie de la zone d'étude.

II.1. Géologie régionale.

Les études réalisées dans la région, montre que le terrain fait partie de la petite Kabylie, cette dernière fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas tellien. Cette zone est caractérisée par sa complexité lithologique et structurale et appartient à la zone septentrionale de l'orogène littorale Nord-Africain (Nechem, 2009). La Lithostratigraphie de la région d'étude est constituée par des schistes du paléozoïque et par des roches du mésozoïque carbonatées et siliceuses ; elles sont caractérisées par des dolomies, calcaires massifs et marno-calcaires, calcaires schisteux, grès et conglomérats (Mekti, 2018).

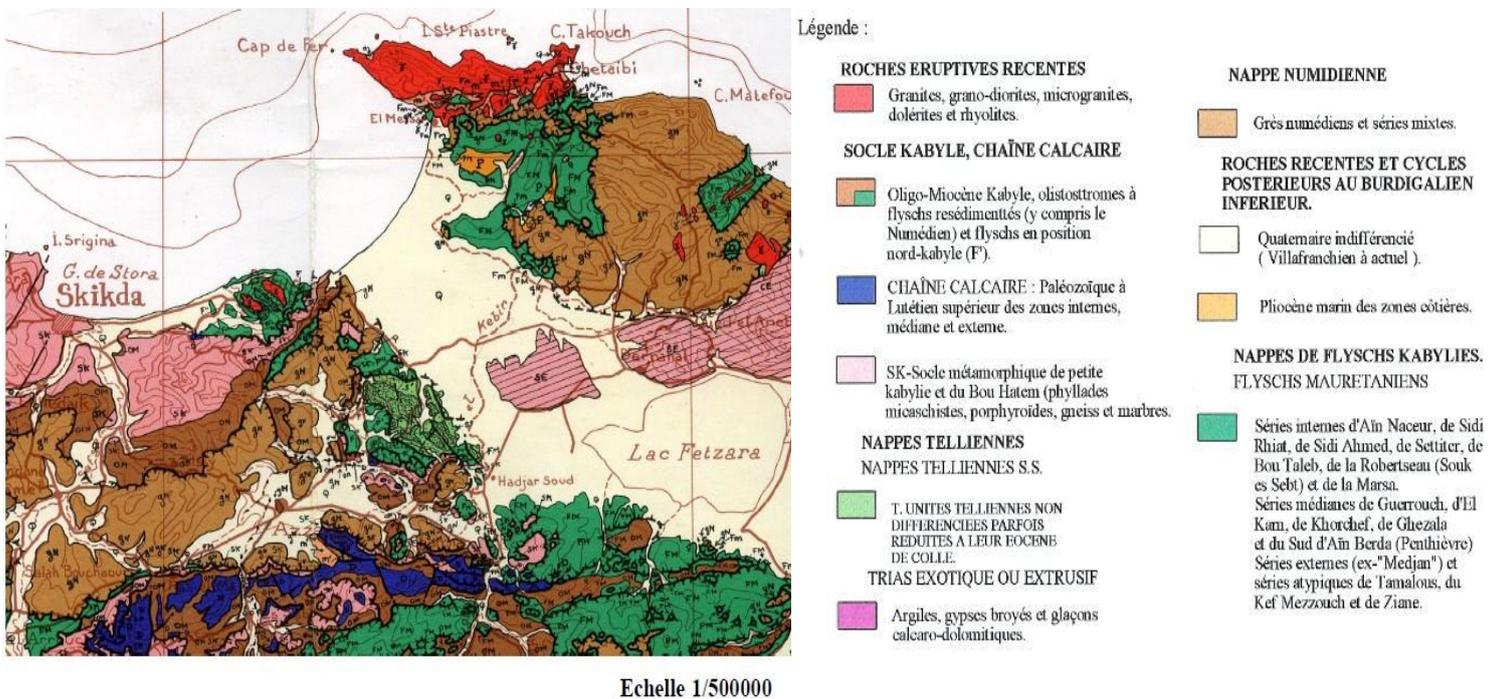


Figure II. 2. Carte géologique de la région d'étude (d'après J.M. Vila, 1980)

II.2. Géomorphologie de gisement. (Géologie du gisement)

Morphologie.

La région de Djebel Safia fait partie d'une structure synclinale qui est limitée à l'Est par la plaine quaternaire de L'Oued El Kébir, à l'Ouest cette structure s'ennoie sous les reliefs numidiens, au Nord-Ouest elle se prolonge au massif de Filifila, et au Sud elle est limitée par la dépression d'Azzaba, Ain Charchar, Gastu et dorsale Kabyle (chaine numidienne) (CETIM, 2002).

La morphologie du gisement est bien marquée mais non abrupte, l'inclinaison des coteaux est douce (de 25°), dans son ensemble la topographie est simple et régulière. Djebel Safia se dresse en front à la plaine.

Aperçu géologique de la région d'étude. (Mekti, 2018)

La zone étudiée est constituée par des formations géologiques plissées du Jurassique et Crétacé qui sont affectées par un bombement anticlinal. Elles se distinguent comme suit :

Jurassique - Lias inférieur. Est constitué par des dolomies qui affleurent à partir de la côte 240m vers le bas du Djebel Safia et constituent une bande longue de 2 km et large de 50 à 200m. Leur épaisseur est approximativement de 60 à 80m. Les dolomies de couleur grise à nuance brunes ou jaunâtres sont compactes et d'un aspect massif à grains fins. Le contact entre les dolomies et les calcaires massifs du lias moyen est franchement tranché.

Lias inférieur moyen inférieur. Cette formation est caractérisée par une séquence de calcaires cristallins massifs. Sa puissance est de 100m à l'extrémité Sud-Est et plus de 200m sur le versant Nord-Ouest. Dans les assises inférieures, les calcaires sont de couleur claire presque rose ou jaunâtre et compactes mais fortes diaclases. Vers le haut, ces calcaires passent progressivement à une couleur gris-bleuâtre moins fracturés avec une structure oolithique et graveleuse. La porosité des calcaires est faible et leur poids volumique est de 2,65 t/m³.

Marno-calcaires siliceux jurassique. Cette formation affleure d'une manière discontinue sur le flanc Nord-Est Djebel Safia, ces marno-calcaires sont localement un peu gréseux noduleux et à amygdales de silex. Calcaires à silex (puissance 14m) et calcaires argileux, siliceux (puissance 15m)

Crétacé - Néocomien et Barrémien. Cette série est constituée par des calcaires roux ou bleuâtres qui s'enrichissent progressivement en dépôts argileux. Ces marnes sont schisteuses et lustrées, mais le métamorphisme dynamique est à peine sensible, aucune recristallisation de minéraux phyllitiques ne se manifeste franchement.

– Calcaires marneux (puissance 200m).

– Marnes (puissance 100m).

Flysch-Sénonien et Cénomanién. Cette série de 20m de puissance est caractérisée par des phtanites à radiolaires du Cénomanién ainsi que des pélites calcaireuses, des brèches

d'inocéramus et à globotruncana du Sénonien. La couverture est représentée par la couche végétale et les blocs de calcaires de puissance variant de 0 à 0,30m.

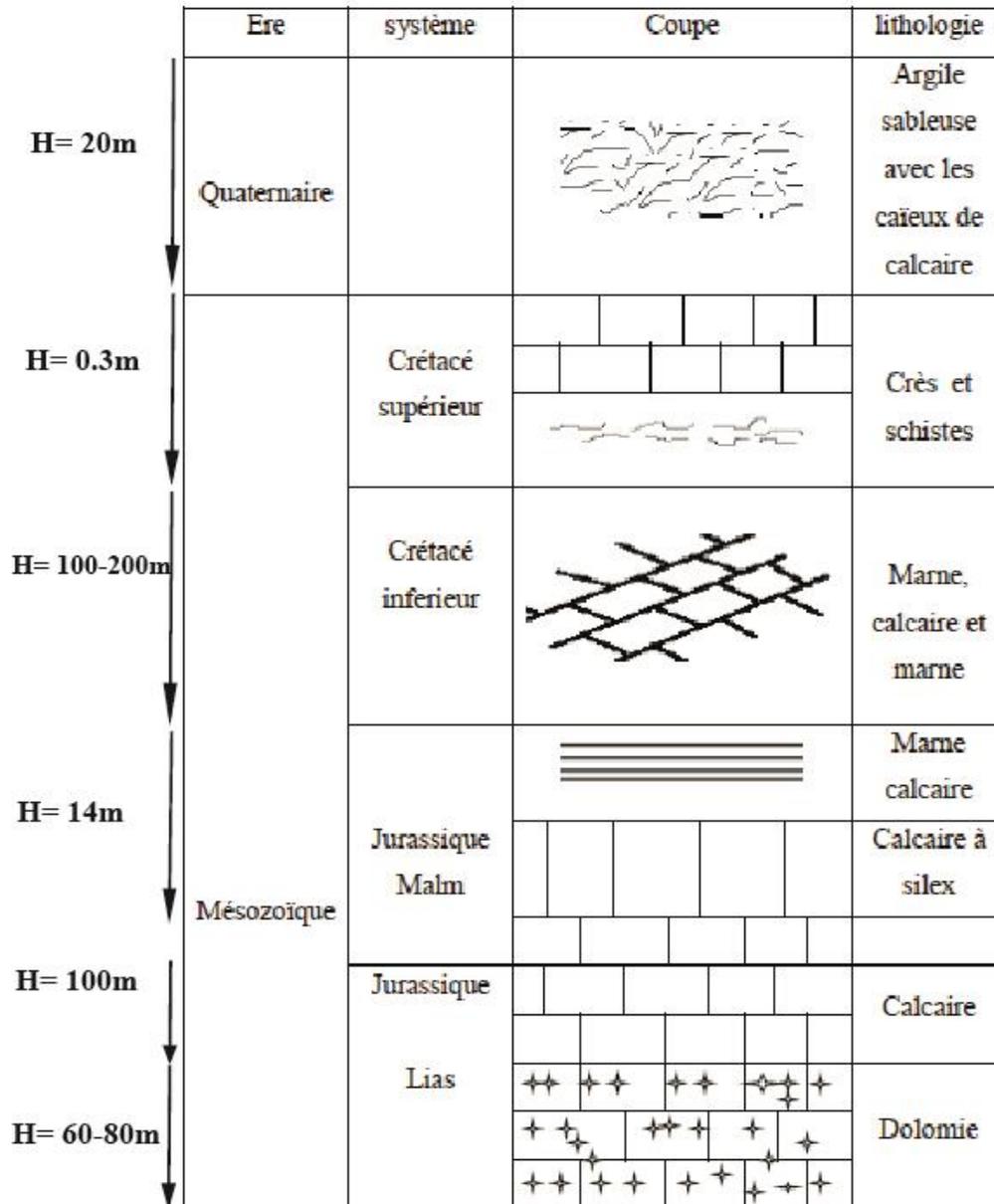


Figure II. 3. Colonne lithostratigraphique de la région de Djebel Safia

III. Caractéristiques qualitatives du gisement.

D'après le rapport géologique de la société nationale des matériaux de construction (SNMC en 1975), la teneur en CaO déterminée pour ce sur-dosé varie de 53,1% à 55,98% et celle en MgO varie de 0,06% à 0,1%.

Les résultats des analyses chimiques à 8 éléments sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 8. Composition chimique du calcaire (CETIM, 2018)

Eléments	Teneur en % (moyenne pondérée)		
	Minimum	Maximum	Moyenne
SiO ₂	0,16	0,30	0,17
Al ₂ O ₃	0,00	0,14	0,05
Fe ₂ O ₃	0,11	0,50	0,20
K ₂ O	0,04	0,06	0,05
Na ₂ O	0,04	0,06	0,05
CaO	53,1	55,98	55,66
MgO	0,06	0,1	0,07
PF	43,6	43,7	43,6

D'après ces résultats, il ressort que le calcaire étudié est chimiquement homogène et sa bonne qualité confirme ainsi son aptitude pour la production du ciment. Les teneurs enregistrées des éléments nocifs (alcalis et MgO) sont conformes aux normes industrielles (FouFou H., 2019).

- *Caractéristiques physico-mécaniques du calcaire.*

Tableau 9. Les caractéristiques physico-mécaniques de la roche. (CETIM, 2018)

Caractéristiques géotechniques du calcaire	Symboles	Valeurs	Unités
masse volumique	ρ	2,65	t/m ³
Coefficient de poisson	ν	0.3	-
Module d'élasticité	E	9.104	MPa
Résistance à la compression	σ_C	68.64	MPa
Résistance au cisaillement	T	20.59	MPa
Angle de frottement	φ	33	Degré
Cohésion	C	40	MPa
Absorption d'eau	Ae	0.77	-
Porosité	P	3.17	-
Fissuration	F	Moyenne	-
Coefficient de Los Angeles	Cl _a	22.62	-
Broyabilité	Br	16.35	-
Coefficient de dureté	F	7	-
Coefficient de foisonnement	Kf	1.5	-

IV. Réserves géologiques et de couverture. (Boudiaf M., 2015)

Le gisement en question, à travers ses dimensions géométriques a été étudié par des ouvrages miniers tels que tranchées, sondages et galeries.

La répartition des réserves géologiques par catégorie est consignée dans le tableau suivant :

Tableau 10. Réserves géologiques en calcaire

Catégories	Réserves en m ³	Réserves en tonnes
A	1.941.800	5.113.900
B	11.525.800	30.521.600
C1	43.542.900	115.187.800
A+B+C1	57.010.500	150.823.300
C2	6.000.000	16.000.000

En ce qui concerne la couverture, elle est considérée avec une puissance moyenne de 0,3m sur toute l'étendue du gisement et représentée par une couche végétale très mince et une forêt de densité moyenne.

Réserves géologiques restantes.

Les réserves géologiques restantes actualisées par le CETIM en 2017 par la méthode des coupes géologiques parallèles, sont évaluées à 169 937 496.21 tonnes (Djafri S. & Benletaif, 2020).

V. Etude hydrogéologique de la zone d'étude selon l'audit effectué en 2012.

a- Hydrographie.

Le réseau hydrographique de la wilaya de Skikda est représenté par de nombreux ruisseaux et torrents de montagnes dont les plus importants sont :

- Oued Kebir à l'Est.
- Oued Saf-Saf au centre.
- Oued Guebli à l'Ouest.
- Oued Z'hor à l'extrême Ouest

Dans la région de Azzaba deux cours d'eau prédominant, Oued Hammam et Oued Emchekel rejoignent en aval de leur confluence Oued Kebir. Ces cours d'eau, ainsi que l'Oued Kebir sont alimentés par les précipitations, et cela en période des hautes eaux.

B-Hydrogéologie de la région.

Nappes aquifères.

Dans les schistes anciens, des niveaux aquifères sont fournis par les quartzites, la stratification étant confuse, il n'existe aucune règle pour la circulation des eaux.

Les calcaires liasiques et éocènes présentent les phénomènes d'érosion du Karst fissurés, ils contiennent de grandes réserves d'eau qui donnent naissance à quelques sources assez importantes (Ain Saiafa, Ain Ksob).

Les assises marno-calcaires de l'éocène moyen renferment dans les niveaux gréseux des nappes aquifères abondantes qui alimentent de belles sources sur le revers Nord.

Le principal niveau aquifère de la région d'Azzaba est situé dans les alluvions anciennes ou récentes, il permet la culture de la vigne, des orangers et des citronniers. Le flan du gisement d'argile est bordé par l'Oued Kébir. Les sondages effectués selon l'étude réalisée ont mis en évidence l'existence d'une nappe phréatique dont le niveau hydrostatique a été enregistré à + 29,5m.

De nombreuses sources se forment à la base des grès numidien supérieur, au niveau du numidien inférieur, malheureusement leurs débits sont faibles, et peu constants, beaucoup tarissent en été et quelques-unes sont saumâtres (Ain Mellah). Sur le versant septentrional du chaînon Nord, jaillit une source thermale à l'Oued Hamimine. Une autre source thermale jaillie au pied du versant Nord-Est du Djebel Safia.

VI. Aperçu hydroclimatologique.

L'étude des données climatologiques facilite la compréhension des mécanismes de l'alimentation et de la circulation des eaux naturelles. Elle permet de déterminer les termes du bilan hydrique notamment les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

Le climat de la zone est de type méditerranéen, caractérisé par un été chaud et sec et un hiver humide et pluvieux. Cette région compte parmi les plus pluvieuses d'Algérie.

Des données des stations météorologiques de Azzaba et Skikda d'une période allant de 1980 à 2011 ont été utilisées, dont les coordonnées sont mentionnées dans le Tableau 11 (**Labiou N. & Bouaita D., 2018**).

Tableau 11. Coordonnées géographiques des stations météorologiques (Labiou N. & Bouaita D., 2018)

Station	Coordonnées	Code	Coordonnées Lambert (Km)		Altitude (m)	Longitude (°E)	Latitude (°N)
			X	Y			
Azzaba		03-11-06	391.35	892.35	93	7° 5' 45"	36° 44' 38"
Skikda		03-09-013	406.40	874.50	1.3	6° 54' 33"	36° 20' 47"

Pluviométrie.

La pluie est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elle joue un rôle important dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. L'étude de ce facteur est basée sur la collecte des données. La quantité et la qualité de ces dernières conditionnent les résultats obtenus (**Labioud N. & Bouaita D., 2018**).

Le tableau suivant représente les précipitations moyennes mensuelles.

Tableau 12. Variations moyennes mensuelles des précipitations en (mm) aux stations d'Azzaba (Labioud N. & Bouaita D., 2018)

S \ M	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Azzaba	28.07	57.44	94.71	125.37	100.22	83.11	63.11	42.06	24.23	7.10	0.44	3.70
Skikda	48.67	70.23	101.47	146.99	113.92	98.83	74.94	64.79	38.84	12.35	2.84	12.71

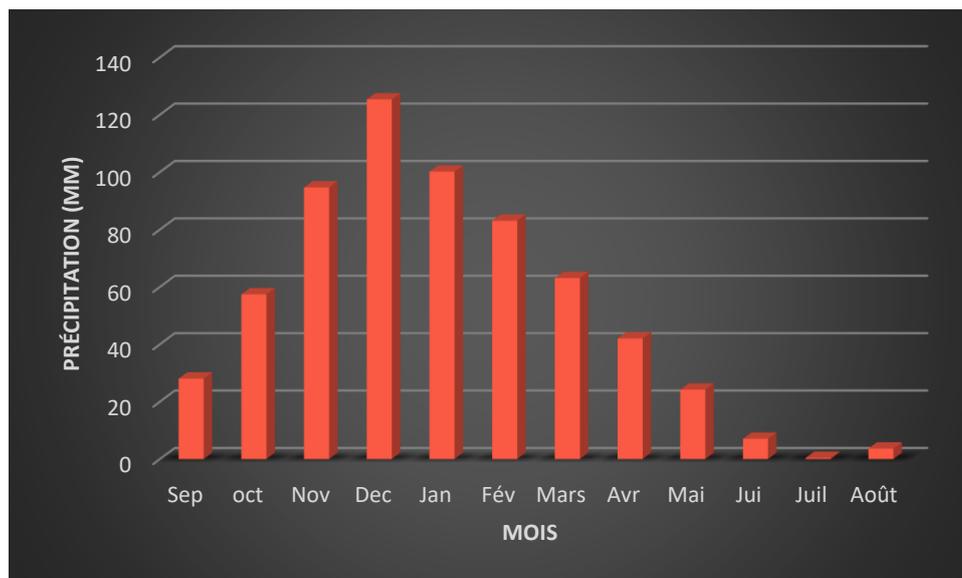


Figure II. 4. Histogramme de précipitation de la station d'Azzaba

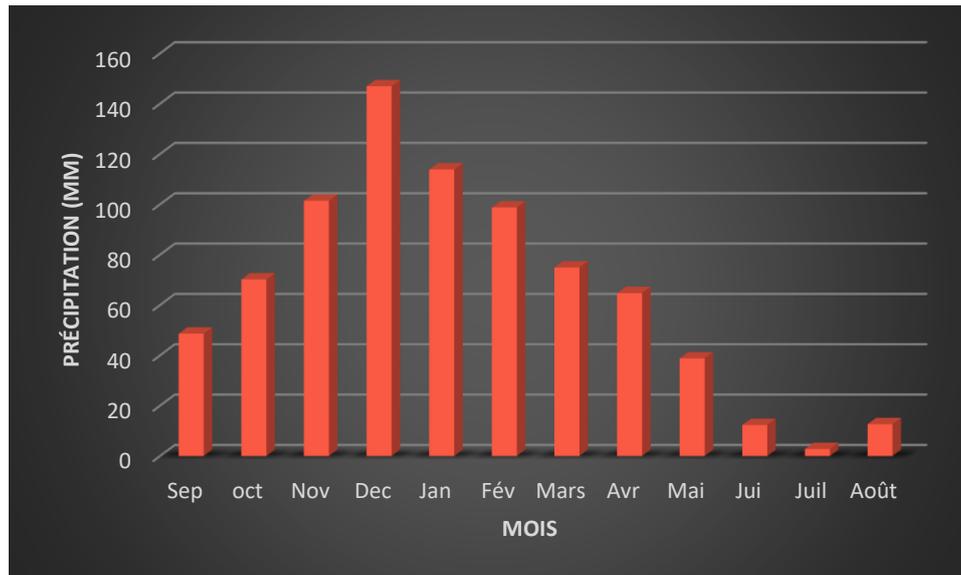


Figure II. 5. Histogramme de précipitation de la station de Skikda

D'après ces histogrammes nous constatons qu'ils ont la même allure, mais avec une différence de la hauteur de précipitation entre les deux stations, avec une variation de précipitation moyenne mensuelle d'un mois à l'autre dans chaque histogramme. Grâce à ces deux derniers on peut avoir un aperçu sur les variations mensuelles et pluriannuelles des précipitations dans la région d'étude.

- Une période pluvieuse définie par les mois les plus arrosés, se situe entre Octobre et Avril, où on trouve que la hauteur pluviométrique maximale est marquée à partir du mois de Décembre avec une précipitation de 125.37mm à la station d'Azzaba et 146.99mm à la station de Skikda (le mois le plus pluvieux).
- Tandis que la hauteur pluviométrique minimale est enregistrée au mois de Juillet avec 0.44mm pour la station d'Azzaba et de l'ordre de 2.84mm pour la station de Skikda (le mois le plus sec).

Températures.

La température est un facteur climatique essentiel qui entre dans le calcul de l'évapotranspiration. Et aussi un paramètre qui influe sur le bilan hydrologique. Les valeurs de la température moyenne mensuelle sont enregistrées dans le tableau 4 pour les périodes (1980-2008) et (1980-2011) pour les deux stations respectivement d'Azzaba et de Skikda.

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 21.04°C à Azzaba et de 18.57°C à Skikda.

Tableau 13. Températures moyennes mensuelles (C°)

S \ M	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Azzaba	26.66	23.17	18.32	14.90	14.71	14.61	16.87	19.12	22.41	25.13	27.87	28.80
Skikda	23.75	20.90	16.62	13.86	12.26	12.49	14.16	16.15	18.94	22.44	25.20	26.06

D'après le tableau on remarque que la variation de la température moyenne est presque la même avec une différence de 2 à 3°C de température. Cette variation due à la situation géographique de deux villes ou l'une (Azzaba) située à l'abri des vents et exposée au soleil (entourée par les montagnes) ; et l'autre (Skikda) placée sur la côte, où elle est exposée directement aux courants froids de la mer.

Le mois de Janvier est le plus froid dans la station de Skikda avec 12.26°C, tandis que dans la station d'Azzaba c'est le mois Février qui est le plus froid 14.61°C. Le mois d'Août est le plus chaud au niveau des deux stations d'observation, avec un degré de température de l'ordre de 28.80 et 26.06°C à Azzaba et Skikda respectivement (Labiou N. & Bouaita D., 2018).

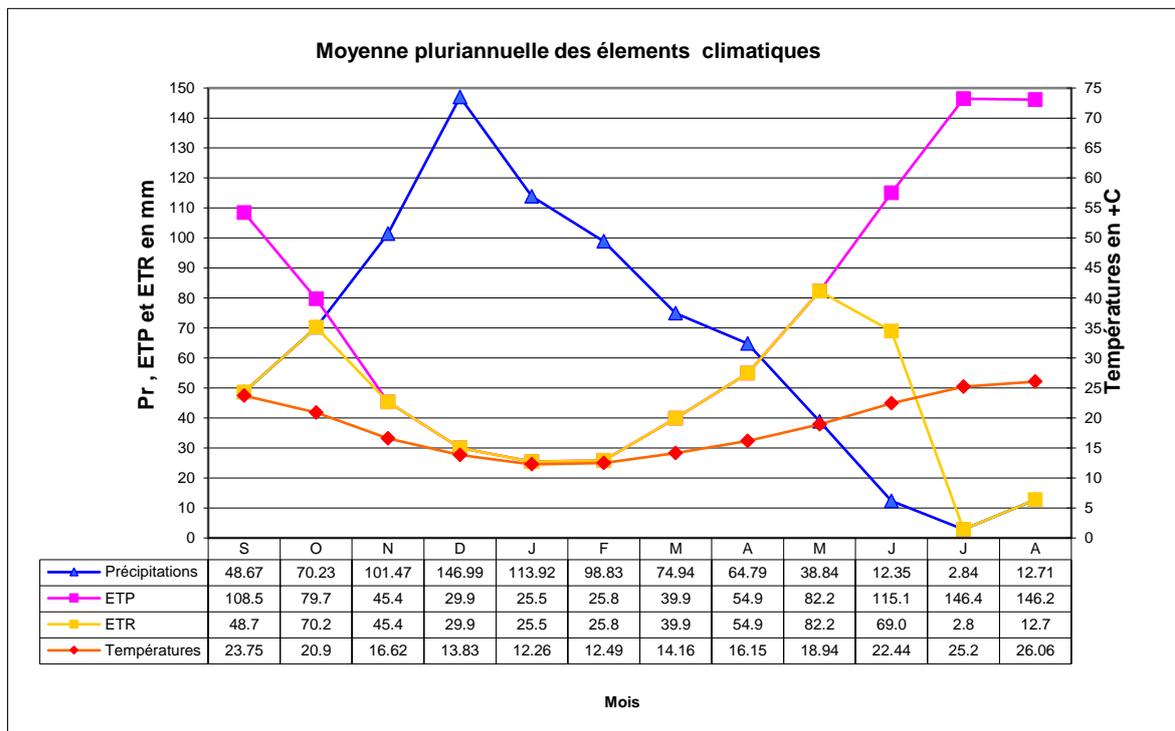


Figure II. 6. Moyenne pluriannuelle des éléments climatiques de la station de AZZABA

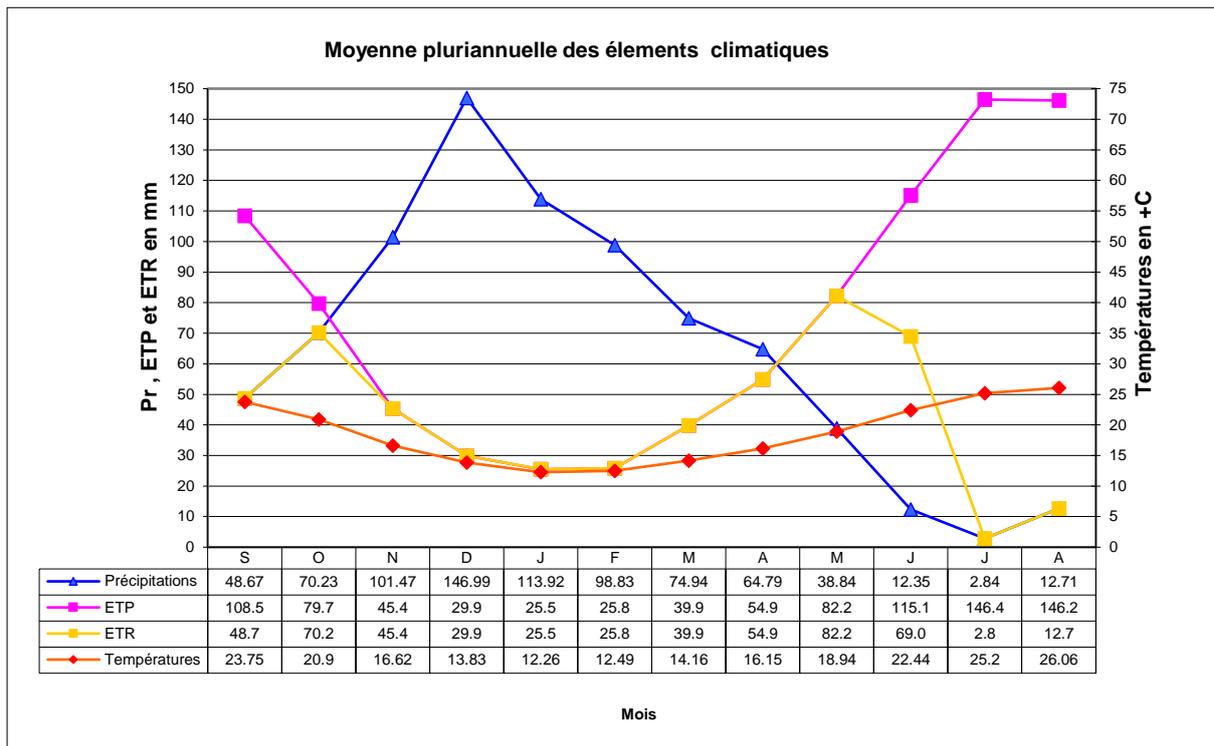


Figure II. 7. Moyenne pluriannuelle des éléments climatiques de la station de SKIKDA

Le vent.

Représente l'un des facteurs les plus déterminants du régime pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat. Le tableau suivant donne une idée sur la vitesse de vent mesurée à la station de Skikda en m/s (Périodes 1980/1981-2012/2013).

Tableau 14. Vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s (Labioud N. & Bouaita D., 2018)

M \ S	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Skikda	2.94	3.10	3.58	3.84	3.59	3.46	3.26	3.15	2.82	2.81	2.79	2.82

Dans la région d'étude, les vents le plus fréquents sont de direction Nord-Ouest durant toute l'année à l'exception de la période estivale (juin, juillet et août)

Le vent est calme et souffle au cours de l'année est oscillent entre 2,79 et 3,84m/s.

La vitesse la plus forte du vent est marquée en hiver par contre la vitesse le plus faible est marquée en été (CETIM, 2002).

L'humidité.

L'humidité relative de l'air montre l'état de l'atmosphère en expliquant s'il est plus ou moins proche de la condensation, elle correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée

à la tension de vapeur saturante à la même température, et elle est exprimée en %. Ce paramètre intervient comme coefficient de l'évapotranspiration lorsqu'il est inférieur à 50%. À la station de Skikda, les moyennes mensuelles varient de 74.55% en hiver au mois de Janvier à 71.85% en été au mois de Juillet avec une moyenne annuelle de l'ordre de 73.28%.

VII. Travaux topographiques.

Le levé topographique a été réalisé à l'échelle 1/2000e. Le plan ainsi établi avec des courbes de niveau de 2m d'équidistance, a servi de document de base de travail pour le calcul des réserves géologiques.

En dehors des travaux géologiques effectués en 1975, aucune autre étude complémentaire n'a été entreprise sur ce site. Les travaux d'extraction de matière calcaire se déroulent conformément au projet d'exploitation élaboré et confirment la réalité géologique du terrain par rapport à l'étude réalisée en 1975 (CETIM, 2018).

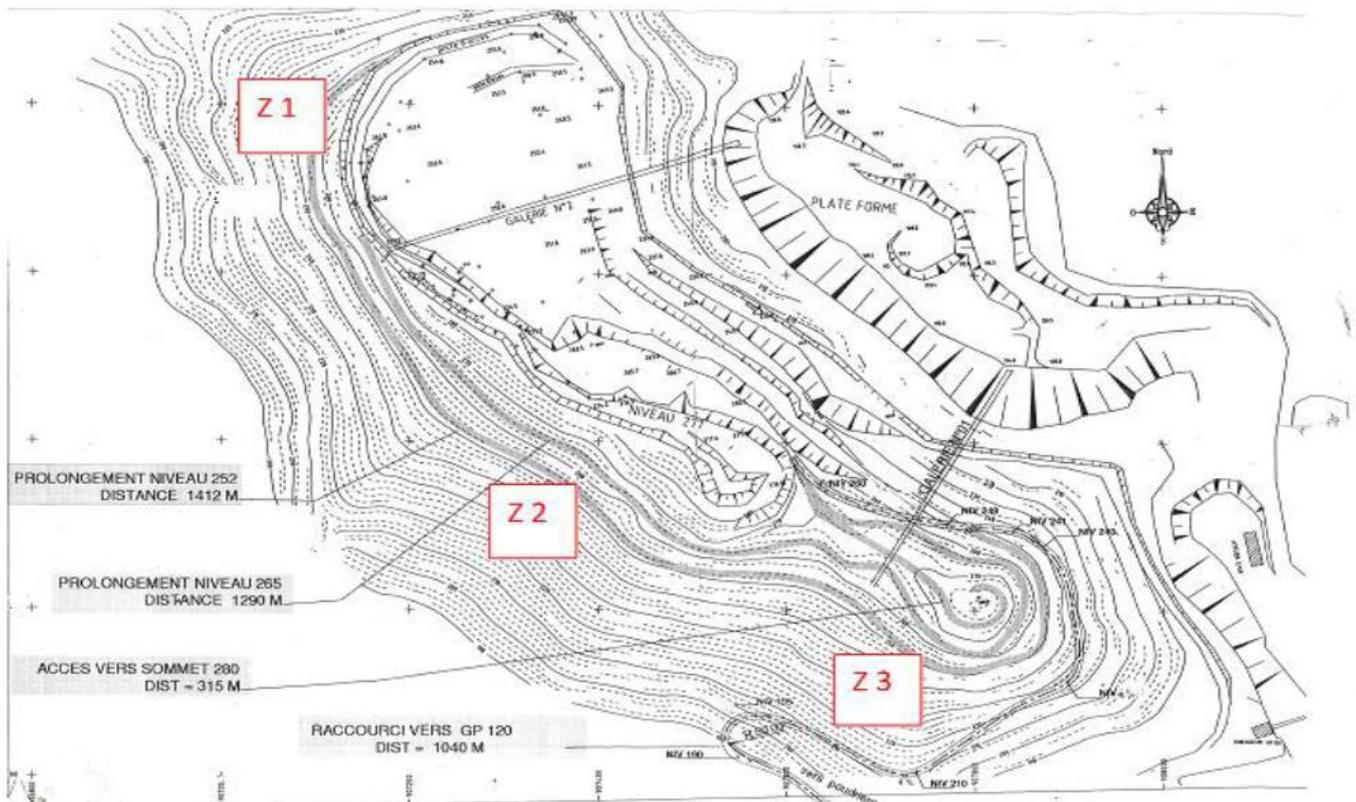


Figure II. 8. Levé topographique (Boudiaf M., 2015)

VIII. Milieu naturel (Faune et flore).

Sur la base d'étude de terrain effectuée, il a été constaté que la zone d'étude présente un grand intérêt par la diversité de faciès pour une variété de gibier, en effet, la faune présente est composée des espèces telles que : sanglier, chacal, lièvre, hérisson, étourneaux, hyène, outarde houbara, divers reptiles.

En ce qui concerne la production halieutique, elle est composée des espèces comme le rouget, le merlan, le calamar, la sardine, l'allache, la crevette blanche, la langouste et d'autre espèces marines (CETIM, 2002).

De beaux peuplements de chênes lièges, avec sous-bois de Bruyères et de Diss, couvrent les hauteurs gréseuses du numidien et du lutétien.

A l'Est de la localité de Zit Emba (Gastu), des broussailles de Ccystes et de Gandoul (Calyclostone Spinosa) sont la seule végétation. Les montagnes calcaires, les terres de décalcification qui s'amassent à leur pied et les cuvettes de dissolution sont favorables au développement de l'Olivier, des Philariás. L'oliveraie de Zit Emba est très importante dans la région.

Les herbages de montagne, souvent maigres, se rencontrent sur le versant Nord du Chainon septentrional. Sur les hautes terrasses de l'Oued Fendek, près de Ras El Ma et à l'Ouest de Azzaba croissent de belles prairies. Le complexe calcaro-marno-schisteux du lutétien constitue de bonnes terres à céréales, vallées des Oueds Oudja, Meksen, Zana. La partie basse des alluvions récentes est couverte de vignes, de plantations d'orangers, mandariniers et citronniers.

Les affleurements de Djebel Safia sont presque dénudés par contre les flancs Sud-Ouest dolomitiques et Nord-Est marno-calcaires sont couverts d'un maquis très dense à calycotome épineux, cyste et lentisque (CETIM, 2002).

IX. Aspect sociaux économique (CETIM, 2007).

✓ Population.

La population de la wilaya de Skikda était de 786154 habitants au recensement de 1998, soit une densité de 190 hab/km².

En ce qui concerne la commune de Ben Azzouz, la population totale est de 25123 habitants dont 6500 de population active, soit 26%.

Le taux de chômage dans la commune de Ben Azzouz était de l'ordre de 76%, et comme la vocation de la zone étant à caractère agricole, ce dernier se réduit en fonction des saisons et des cultures développées.

Tableau 15. La situation d'emploi dans la commune de Ben Azzouz en 1998

Population active (hab)	Pop occupée (hab)	Pop au chômage	Taux Pop occupée (%)	Taux Pop chômage (%)
6500	1500	5000	24	76

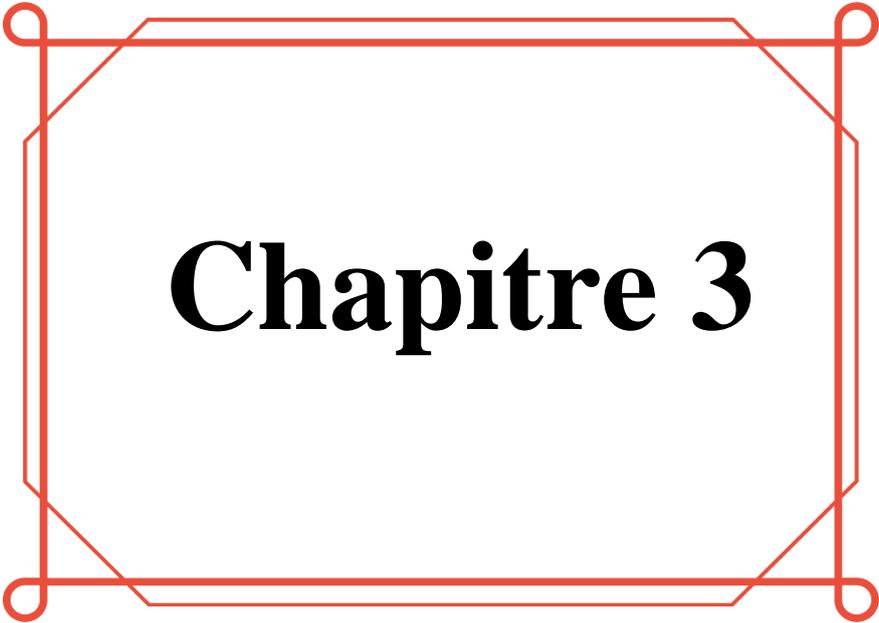
Agriculture.

La wilaya de Skikda présente un potentiel agricole de 125000Ha soit 30% de la superficie totale de la wilaya. La production agricole principale est composée d'agrumes, de céréales et de vignes.

La commune de Ben Azzouz est connue pour la culture de tomates et de pastèques. Du côté Nord de la carrière, il y a absence d'activité agricole ; alors que du côté Sud, au pied de la montagne, on y trouve des cultures maraîchères et des oliviers.

L'industrie.

Sa position géographique et sa situation au centre de la région Nord-Est du pays, confère à la wilaya de Skikda un rôle de premier plan dans les échanges et les flux économiques, grâce à l'importance de ses infrastructures techniques (routes nationales, ports et voie ferrée). Le potentiel agricole qu'elle présente, c'est aussi un grand pôle industriel d'importance nationale dominé par le complexe pétrochimique. La position de la wilaya sur la mer Méditerranée est sa fonction portuaire triplement importante (pêche, tourisme Hydrocarbures), lui confèrent des relations privilégiées avec les wilayas de l'Est algérien et avec l'étranger.



Chapitre 3

Chapitre 3. Evaluation des impacts et mesures d'atténuation

Partie 1. Analyse des effets directs ou indirects, temporaires ou permanents de l'exploitation de Djebel Safia

L'impact d'une carrière sur l'environnement avoisinant peut être direct ou indirect, il est très variable en fonction du type de matériau exploité, de la méthode d'exploitation et de l'environnement du site (**Aliouche M., 2008**).

a. Impact sur le paysage.

Les travaux d'extraction de la carrière entraineraient une dégradation du paysage et un effet négatif de la surélévation naturelle des reliefs (**Merdoud A. & Radjala H., 2016**).

L'impact sur le paysage résulte de la création des gradins sur le versant EST du gisement de Djebel Safia et qui fera subir des modifications à la morphologie du site. Cet impact est lié à la durée de vie de la carrière. L'exploitation de gisement émet un nuage de poussière et la création d'un front de taille. En effet, l'extraction du calcaire conduira au tracé de plusieurs gradins sur la partie Sud-Est, Nord-Est et Nord-Ouest (**CETIM, 2002**).

b. Impact sur la faune et la flore.

En général, l'ouverture d'une carrière modifiera sensiblement le paysage végétal, donc l'équilibre faunistique au droit de la carrière.

Le site de Djebel Safia est déjà dépourvu de végétation de par la nature et vu qu'à l'état actuel, la carrière a déjà été exploitée et le site est une zone dénudée. Les animaux ayant déjà perdu leur habitat, et la flore dite « sauvage » par opposition aux cultures est sans intérêt botanique. L'impact sur la faune et la flore sera insignifiant (**CETIM, 2002**).

c. Impact sur les eaux superficielle et souterraine.

Les travaux dans les carrières peuvent engendrer des impacts non négligeables sur l'eau. L'impact prévisible est sur les écoulements, et aussi sur la qualité des eaux. Les eaux superficielles sont menacées d'être contaminées par les engins de transports ou par la quantité d'explosifs, tandis que le risque de contamination des écoulements souterrains est négligeable car l'aire de carrière ne contient aucune nappe aquifère. Les hydrocarbures résultent d'ateliers d'entretien et d'alimentation des engins, ou le déversement accidentel, ou les particules des

poussières résultant d'exploitation sont les principaux facteurs qui affectant sur la qualité des eaux (NITRO-BICKFORD, 2003).

Les sondages élaborés lors des travaux de prospection du gisement de Djebel Safia n'ont rencontré aucune nappe aquifère, mais que des écoulements superficiels tels que ruisseaux et fossés sont inexistant. Donc, on peut dire que l'impact sur l'eau dans la carrière est inexistant, et les écoulements provenant de la pluie se dirigent suivant la topographie de la carrière (CETIM, 2002).

d. Impact de la poussière.

Les travaux d'exploitation dans Djebel Safia engendrent des émissions de poussière. Les principales sources sont : les travaux d'abatage, la circulation des engins dans la carrière, le concassage, chargement de calcaire et la chute de bloc extrait. Il en résulte que la poussière causée par les chutes des blocs, retombe sur le sol, puis s'infiltré, et ensuite est transportée à travers des talwegs vers les Oueds, d'où son effet sur l'atmosphère, le sol et sur la qualité des eaux.

L'impact de la dispersion de la poussière est tributaire du relief et des conditions climatiques (vent, humidité et pluviométrie) (CETIM, 2002).

Le vent par son intensité et sa direction joue un rôle dans la répartition et stagnation de la poussière dans la zone d'étude. Pendant la saison humide, la vitesse de vent diminue, donc la concentration est important (persistance des polluants à proximité de la source) est c'est le cas de notre zone d'étude. Ainsi que la présence de l'humidité et la vapeur dans la même saison ont un effet positif sur le transport de poussière (Aliouche M., 2008) :

- La présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère empêche la diffusion des poussières et favorise leurs concentrations, surtout en saison hivernale ;
- La pluviométrie quant à elle, joue un double rôle :
 - * Lessiver l'atmosphère et donc réduire la dispersion ;
 - * Lessiver également la surface des feuilles qui auraient retenu la poussière.



Figure III. 1. Station de concasseur de Djebel Safia

e. Impact de bruit.

Le bruit présente un facteur pouvant entraîner diverses réactions physiologiques qui peuvent aller de la baisse temporaire de l'acuité auditive, lorsque le niveau sonore reste faible, jusqu'à détérioration de celle-ci pour des sons intenses et une exposition répétée et durable (quelque années) (Ariba H., 2017).

Les principales sources générées par les travaux dans la carrière de Djebel Safia sont :

- * Bruit lié au tire (1 tire /semaine),
- * Mise en marche de la foreuse,
- * Station de concassage,
- * La circulation des engins dans la carrière.

La réglementation algérienne en matière d'émission de bruit admet « source J.O.R.A. décret exécutif N°93-184 ,1993 »:

- Un niveau sonore maximum de 70 décibels (70db) en période journalière,
- Un niveau sonore maximum de 45 décibels (70db) en période nocturne.

Les mesures acoustiques des engins de la carrière qui ont été fait par le bureau CETIM en 2012, montrant qu'elles suivent la réglementation, mis à part quelques engins où ces valeurs sont hors normes (**Voir Annexe N° 2**) (**CETIM,2012**).



Figure III. 2. les travaux des engins

f. Impact des vibrations.

Les seules sources de vibration dans l'exploitation de carrière sont dues à l'utilisation d'explosif lors de l'abattage. Provoquent des bruits et engendrent des vibrations qui se propagent dans le sol. La détonation d'une charge d'explosif dans un trou de mine engendre une brusque augmentation de la température et de la pression des gaz produits. L'expansion de ces gaz provoque une intense onde de pression qui comprime la roche, jusqu'à un certain rayon définissant la zone de compression ou de broyage. Cette pression va conditionner les fissures existantes et engendrer de nouvelles fissures dans la roche (**CETIM, 2002**). Ces perturbations sont en fonction de :

- * Distance de la source,
- * La charge de l'explosif,
- * La nature lithologique, physico-mécanique, la continuité spatiale et l'homogénéité de terrain de propagation (les carbonate de gisement)

Dans le gisement de Djebel Safia il y'a pas de risque à prévoir.

g. Effet sur l'hygiène et la sécurité publique.

L'exploitation minière engendre des impacts et des risques non définis sur les personnes travaillants et vivants aux alentours de la zone. Les risques d'accidents sont les risques les plus souvent connus dans les carrières parmi ces accidents, on a les chutes de front de taille, le dérapage des engins, les brûlures (Ariba H., 2017).

Dans la zone étudiée, ils l'ont occupé par des panneaux de signalisation des dangers et par quelques plaques de réglementant sur la circulation des engins au niveau de la carrière, mais dans la zone d'exploitation aucunes signalisation ne se trouvent.

h. Danger et gênes liés au transport de matériaux.

Après l'abattage dans la carrière de Djebel Safia, le calcaire abattu est acheminé par des camions et dumper jusqu'au concasseur, puis par bande transporteuse couverts vers l'usine. Les camions et dumpers introduisent des impacts à long et à court terme sur l'environnement, tels que les émissions de bruit et de poussière, les risques de dérapage, l'endommagement des infrastructures routières, les gênes et les dangers de circulation et d'autres risques. La bande transporteuse ne génère aucun danger grâce à sa couverture qui permet de contenir l'envoi de poussière et elle est équipée par des filtres à manche (CETIM, 2002).

i. Impact des déchets.

Les opérations qui se déroulent lors des travaux, imposent de grands déchets qui peuvent être solide ou liquide, qui ont des effets sur le sol, eau et les êtres humains. Au niveau de Djebel Safia, il existe deux types de déchets :

- Des déchets solides issus de l'exploitation, tels que les pneumatiques, les batteries et les aciers d'origine diverse. Les résultats donnés par le bureau CETIM, montrent que la consommation des déchets solides est insignifiante par rapport à la matière abattue. (Voir annexe N° 3)

Alors que, les déchets liquides sont caractérisés par, l'huile et les graisses résultants de la vidange des engins de la carrière qui se fait au niveau de l'atelier de maintenance dans des futs ensuite dans une citerne, afin d'être récupéré par la société EURL SAIB (société de récupération des huiles de Constantine-agence agréée le 29 /12/2009 et la société NAFTAL par le système d'aspiration), les pertes accidentelle lors de remplissage des citernes vent être récupérés dans une fosse de décantation (CETIM, 2002).

Les résultats donnés par le bureau CETIM, montrent que la consommation des déchets solides est insignifiante par rapport à la matière abattue cela du au bonne entretien des engins dans la carrière (**Voir annexe N° 4**).

Les eaux usées sont évacuées vers un réseau d'assainissement interne, et ensuite évacuées directement dans la nature sans aucun traitement préalable.

j. Impact socio-économique.

Les activités d'exploitation des carrières ont un impact social, tel que les répercussions sur la santé des personnes employées et des habitants au voisinage, des modifications induites dans l'environnement, et dans les conditions de vie des populations locales.

Un impact économique tel que ; l'aménagement de nouvelles voies de transport et de communication, l'occupation des sols, notamment lorsque le site fait déjà l'objet d'une mise en valeur agricole ou forestière (**Bouhariche I., 2017**).

Partie 2 : Les mesures d'atténuation.

a. Mesure de protection des eaux.

Comme cité auparavant, le principal impact des eaux de ruissellement est la fuite accidentable d'huile et de carburant des engins et l'utilisation d'explosif lors de tire. Les mesures suivantes devront être mise en place :

- ✓ Utilisation de quantité exacte d'explosif,
- ✓ Des zones spéciales et imperméables pour l'alimentation des engins, et pour faciliter la récupération des pertes,
- ✓ Une bonne réalisation des opérations d'entretien et de maintenance pour une bonne étanchéité des réservoirs des engins, et pour éviter l'infiltration d'huile, et de graisse dans les ressources hydriques (**CETIM, 2002**).

b. Réduction des impacts visuels et paysagers.

- ✓ La remise en état des lieux, disposition législative stipulée à l'article 150 de la loi minière N°01-10 du 03/07/2001 relative aux activités minières, doit s'opérer de manière graduelle, conformément au décret N°93-191 du 04/08/1993. La réhabilitation et/ou la remise en état a pour but de remettre le site en son état initial et d'éviter la dégradation du relief (**Ariba H., 2017**).

- ✓ Collection de stérile dans un dépôt pour l'utilisation ultérieurement dans le réaménagement.
- ✓ La conservation de la couverture végétale a pour effet de diminuer la dégradation du milieu naturel (Saad Z., 2012).



Figure III. 3. La carrière de Jebel Safia

c. Réduction des effets sur le milieu naturel.

- ✓ Conservation de la couverture végétale de la zone qui n'a pas été exploitée, pour l'utiliser ensuite dans les terres déjà réaménagées, lorsque les travaux de l'exploitation commencent dans la zone.
- ✓ Une revégétalisation du site doit être faite lors des travaux de remise en état pour favoriser le retour de la faune, en choisissant des espèces qui s'adaptent avec les conditions de la zone étudiée.
- ✓ Actuellement, la faune sauvage a perdu son habitat au niveau de la carrière, une fois l'exploitation terminée, la remise en état pourra recréer les conditions du milieu de vie et permettra aux animaux de réoccuper le site (CETIM, 2002).

d. Mesure de l'hygiène et sécurité.

Sécurisation au niveau de la carrière :

- ✓ Emplacement dans la carrière des plaques réglementaires ou des panneaux de signalisation qui interdisent l'accès à la carrière lors des travaux de tirs,

- ✓ L'ouverture de front de taille va créer une falaise, donc rendre la zone dangereuse, doit être sécurisé par une clôture par double rangée de fils de fer pour protéger les abords des fronts de tailles (conformément à l'article 4 et 10 de décret exécutif N°04-95 avril 2004).
- ✓ Evacuation du personnel et les équipements mobiles dans la zone de danger lors de tire.
- ✓ Formation du personnel pour la bonne manipulation des explosifs.
- ✓ Le personnel exploitant doit vérifier le réseau de tir, pour éviter les trous ratés dont le traitement peut engendrer des conséquences fâcheuses (CETIM, 2002).
- ✓ Après chaque tir, l'inspection de front de taille est obligatoire pour s'assurer de l'efficacité de l'explosion et la rectitude de talus.
- ✓ Nettoyage du front de taille après l'exploitation doit être obligatoire et surtout les zones à risque de la carrière
- ✓ L'excès de vitesse de camion et Dumper est interdit lors du transport de calcaire vers le concassage et surtout en période hivernale.
- ✓ Les pistes de circulation des engins des Dumper ne devra pas excéder 8 à 10% de pente et leur entretien devra être régulière (CETIM, 2012).
- ✓ Il faut que la plateforme de travail, doive être aménagée plus ou moins horizontalement pour une évolution aisée des engins (CETIM, 2002).
- ✓ Mise en place des plaques de circulation des engins dans la carrière surtout au niveau de la zone d'exploitation



Figure III. 4. Des panneaux de sécurité lors des travaux de tir

Hygiène et sécurité du personnel :

- ✓ Le personnel de la carrière doit être équipé par des moyens de protection auditive,
- ✓ Création d'un cabinet médical constitué, d'un docteur, infirmier, véhicule de secourisme en cas d'accidents,
- ✓ La mise en place de vestiaires et de douches pour l'hygiène du personnel.
- ✓ Placement des extincteurs fixés dans des endroits accessibles en cas d'incendie,
- ✓ Contrôle régulier des produits chimiques, et des courts-circuits.

e. Elimination des déchets.

- ✓ Les déchets liquides résultent des ateliers de maintenance : huile et graisse et solide doivent être collecté, triés et stockés dans des endroits isolés et appropriés, en attendant leur récupération par l'organisme responsable.
- ✓ Construction au niveau de service gasoil un bac de rétention pour collecter les pertes accidentelles.

f. Mesure de protection de poussière.

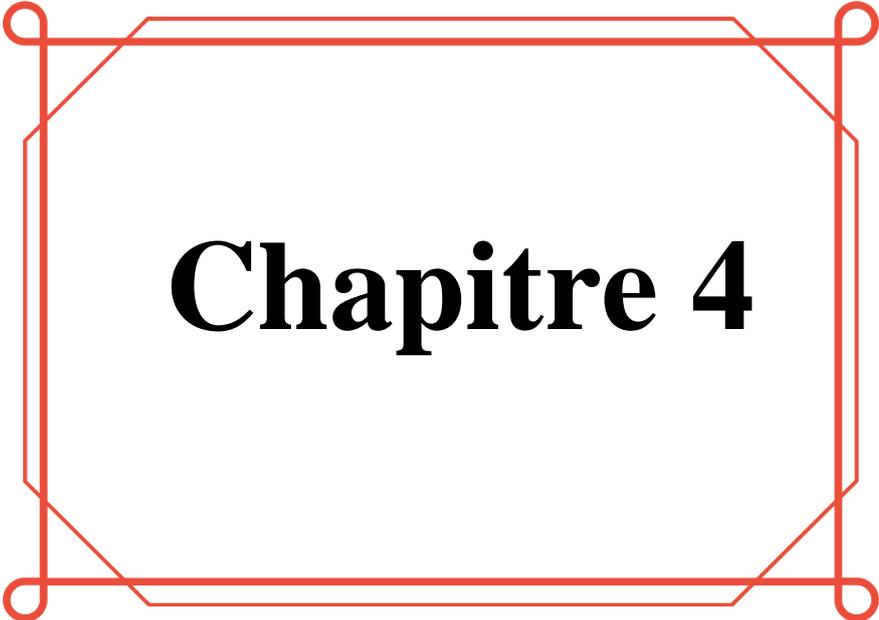
- ✓ Il est recommandé de doter la carrière par un camion-citerne pour l'arrosage des zones, surtout dans la saison chaude.
- ✓ Le port du masque anti-poussière est obligatoire pour tous les ouvriers.
- ✓ Equiper la carrière par des systèmes de dépoussiérage, comme les filtres à manche dans des zones spécifiques pour diminuer la poussière volante.
- ✓ Diminution des travaux de tir et de forage lors des grands vents.
- ✓ Le calcaire perdu sur la piste au cours du transport doit être récupéré par aspiration a chaque fin de journée (**CETIM, 2002**).



Figure III. 5. Camion-citerne à eau dans une carrière

g. Mesures pour réduction de bruit et vibration.

- ✓ Utilisation des engins conformément aux normes de la carrière,
- ✓ Une gestion responsable de plan de tir, utilisation des moyens modernes de mis à feu et adapté au site réel pour réduire la nuisance de bruit et de vibration,
- ✓ Les tirs doivent être réalisés dans les délais brefs à l'aide de détonateur à micro retard (CETIM, 2012).
- ✓ Il faut utiliser les casques antibruit par le personnel de la carrière surtout celui de la station de concassage.



Chapitre 4

Chapitre 4 : Remise en état des lieux

I. Remise en état.

La remise en état est l'ensemble des travaux destinés à éliminer les traces de l'exploitation, en permettant le développement d'une nouvelle vocation des terrains (ENCENM, 2019).

Selon la loi et les décrets Algériens, l'exploitant de la carrière est le responsable sur les travaux de remise en état du site. Il est dans l'obligation de remettre en état le site suivant le projet minimal, ou suivant une optique de réaménagement final plus ou moins ambitieux présentée dans l'étude d'impact (Sabao Dulce Isabel, 2019).

La reconstitution de sols, la végétalisation, les ensemencements, l'engazonnement, la mise en place d'arbustes et d'arbres avec si possible des essences locales, vont conduire à une cicatrisation rapide de l'activité passée. Il s'agira donc de respecter le projet initial qui a été proposé, et de valoriser l'état final du site dans son cadre géométrique, géologique, hydrologique, hydrogéologique, écologique, économique et paysager (Sabao Dulce Isabel, 2019).



Figure IV. 1. Réhabilitation des carrières

II. Les travaux de remise en état.

Les travaux de remise en état, conformément au principe réglementaire actuel, viseront à assurer la sécurité du site et à accélérer sa réintégration dans l'environnement. Ils comprendront notamment :

- Le nettoyage des terrains (enlèvement des stocks résiduels,), et de toutes les structures n'ayant pas d'utilité après la remise en état du site,
- Le traitement des plates-formes résiduelles libérées (nettoyage, régalage de terres ou de stériles fins),
- Le maintien des éléments de sécurité (merlons, clôture périphérique, portails),
- La végétalisation de la plate-forme par ensemencement avec un mélange prairial, plantations d'arbres ou d'arbustes.
- Travaux de terrassement : modelage, talutage, régalage de la découverte,

Dans la mesure du possible, les travaux seront menés parallèlement à l'avancée de l'exploitation. Certaines parties du site seront ainsi remises en état avant la fin de l'autorisation (ENCEM, 2019).

III. Choix de la remise en état d'une carrière.

Le choix de la remise en état d'une carrière est effectué en fonction de (**Les Granulats Vicat dans notre environnement, 2010**) :

- De la situation géographique du site (localisation de la carrière),
- Du contexte socio-économique et humain du secteur (environnement agricole, industriel, loisirs et accueil du public, zone naturelle...),
- Des contraintes techniques d'exploitation (profondeur de l'excavation, présence
- De fronts, de plan d'eau résultant de l'exploitation, présence de la nappe phréatique, stériles d'exploitation, apports de remblais extérieurs inertes),
- Des contraintes de sécurité (stabilité des terrains, fronts ou berges après exploitation),
- De l'environnement (paysage, archéologie),
- Des enjeux écologiques (sensibilité floristique et faunistique des terrains).

IV. Les types de remise en états.

Il y a plusieurs types de remise en état, agricole, forestier, écologique et d'autres types qui sont résumés dans ce tableau :

Tableau 16. Les types d'aménagement (Bruno L., 1997)

Types d'exploitation	Etat de l'exploitation	MILIEU	Possibilité d'aménagement
Carrière ou sablières en eau	Profondeur d'eau faible	Rurale	Aménagement pour la faune ailée Aire de repos et de pique-nique Terrain de camping Usage agricole ou forestier
		Urbain et périurbain	Zone verte et de loisir Zone de construction Aire de repos et de pique-nique
	Profondeur d'eau moyenne à forte	Rurale ou urbain	Pêche sportive Pisciculture Baignade Canotage, pédalo, voile Réservoir d'eau Aire de repos et pique-nique
Carrières et sablières à sec	En fosse (à sec)	Rural	Usage agricole ou forestier Zone verte et de loisir (parc, champ de tir, jardin communautaire, terrain de jeux)
		Urbain ou périurbain	Zone commerciale (magasins, cinéma en plein air, stationnement) Zone industriel (entrepôt, réservoir)
	A flanc de relief et plancher de l'exploitation	Rural	Reboisement ou remise en végétation Centre d'interprétation Zone
Rural ou périurbain		Zone verte et de loisir (centre d'interprétation, parc) Zone commerciale (cinéma en plein air, stationnement) Zone industriel (construction diverses)	

1. Réaménagement Agricole.

Le retour des terrains à leur vocation agricole après exploitation des matériaux constitue une des solutions les plus satisfaites pour maintenir un équilibre entre les terres agricoles et le reste du terroir. Cependant, la possibilité d'une restitution des carrières à l'agriculture demeure conditionnelle, car ce type de réaménagement ne peut s'opérer que sur terre ferme;

ainsi que des modalités précises d'applications doivent être respectées, de façon à préserver la qualité du sol d'origine et les possibilités d'exploitation agricole (Sam F., 2016).

Le parti de reconstituer des parcelles cultivables est d'autant plus justifié qu'il s'agit de carrières grandes et consommatrices d'espace. Mais pour restituer une parcelle soumise à extraction, l'objectif à atteindre est de reconstituer une surface apte à être cultivée avec des travaux agricoles et un rendement acceptable (Archimbaud C. & al., 1984).



Figure IV. 2. Réaménagement en vocation agricole

La revégétalisations.

Revégétaliser c'est-à-dire :

- Définir les types des milieux à recréer au cours et moyen terme,
- Concevoir le plan de répartition et d'implantation des espèces,
- Établir les conditions de plantation,
- Exécuter les travaux.

Trois points sont fondamentaux :

- Respecter ou recréer la dynamique naturelle de reconstitution des milieux,
- Amorcer le processus de végétalisation par ensemencement approprié pour éviter la recolonisation anarchique du site ou l'érosion et l'appauvrissement des sols,
- Utiliser des espèces locales présentes dans le voisinage, naturellement adaptées aux conditions écologiques nouvellement créées.

La revégétalisations d'une carrière offre parfois des difficultés en raison :

- La pauvreté des sols et notamment du manque de terre végétale,
- De la difficulté de mobiliser une ressource en eau, souvent faible et éloignée mais absolument nécessaire dans les premiers temps de la végétalisation pour permettre le démarrage des plantations,
- Des problèmes d'accès et d'entretien à moyen terme du site lorsque les pistes sont laissées à l'abandon (**Lansiart M. & Odent B., 1999**).

2. Réaménagement écologique.

Le réaménagement d'une carrière à vocation écologique dépend du contexte régional et en particulier du climat, si pour cela avant de commencer cet aménagement, il faut faire des analyses des conditions écologiques locales. L'analyse comportera un inventaire des écosystèmes méritant d'être réhabilités et un examen des caractéristiques de la faune et de la flore, avec notamment des précisions sur les exigences biologiques des espèces que l'on souhaite attirer (**Archimbaud C. et al., 1984**).

Pour obtenir un biotope satisfaisant, c'est-à-dire un milieu favorable l'installation de la vie végétale et animale, et avant d'envisager la création d'une zone écologique, il faut que certaines conditions soient satisfaites, telles que :

- ✓ le nombre d'espèces accueillies sera d'autant plus grand quand,
- ✓ Il faut s'assurer des potentialités nutritives de la carrière et de ses environs, car il existe des espèces qui ne se satisferont pas du strict périmètre de la carrière et la quiétude qu'est un facteur capital pour la faune qui supporte difficilement la présence humaine (**Archimbaud C. et al., 1984**).

Les principaux travaux de réaménagement écologique (**Sam F., 2016**).

➤ *Remodelage du front de taille.*

La purge des parties instables à la fin de l'exploitation a pour objectif de mettre en sécurité le front de taille, de briser la continuité linéaire de l'arête supérieure et par accumulation des éboulis au pied de la falaise, de réduire la pente générale du front.

La présence d'un talus, ayant une pente variable, qui présente de nombreuses cavités retenant les particules terreuses, doit faciliter l'implantation d'une végétation spontanée et le refuge de petits animaux.

➤ *Réutilisation des matériaux de découverte.*

L'opération de la découverte de la masse rocheuse exploitée doit se faire en deux temps distincts, tout d'abord le décapage de l'horizon humifère (terre végétale) avec beaucoup de précautions, puis les stériles. La manipulation de la masse de terre végétale doit faire l'objet de soins particuliers:

- Une épaisseur des tas de stockage inférieure à 2 pour préserver les formes latentes de vie que l'horizon humifère renferme (graines, spores, microfaune, etc.),
- Une durée du stockage la plus limitée possible pour la même raison,
- Un travail de la terre végétale de préférence pendant la période de repos végétatif (période hivernale).

➤ **Traitement du carreau.**

Pour redonner un aspect naturel à cette partie la carrière, il s'agit de surfaces planes du carreau. Il est recommandé d'utiliser tout ou les possibilités suivantes, afin de créer une surface irrégulière, mamelonnée :

- Aménager certaines parties basses pour former des cuvettes où se concentrent les eaux de ruissellement pour créer des mares favorables au développement de la vie,
- Former des tas très irréguliers de stériles de la découverte en différents endroits pour rompre la planéité du carreau. Cette surface mamelonnée doit ensuite recouverte avec des terres végétales (1m d'épaisseur) pour le développement de la végétation herbacée ou arbustive.

➤ **Reconstitution végétale.**

Le but de la remise en état est d'atteindre rapidement un biotope suffisamment riche et varié pour que la colonisation du site par les êtres vivants se fasse naturellement. Pour faciliter cette évolution :

- La terre végétale utilisée doit provenir de la découverte du site même ou d'une zone similaire,
- Le choix des mêmes espèces végétales avant l'exploitation pour la remise en état et de reproduire le mode de répartition spatiale de ces derniers,
- Il faut éviter l'implantation d'espèces trop spécialisées ou inadaptées qui retardent l'évolution favorable de l'écosystème.

En ce qui concerne la gestion et l'entretien ultérieurs d'une zone écologique, la protection de la faune et de la flore doit être le but essentiel. On veillera à empêcher les déversements divers, la pénétration humaine et animale pendant la période de reproduction, la circulation de véhicules, voire dans certains cas à interdire la pêche et la chasse (Merdoud A. & Radjala H., 2016).



Figure IV. 3. Réaménagement par vocation écologique

3. Remise de l'état forestier.

Le reboisement d'une ancienne excavation est une opération de réaménagement de longue durée et qui demande des conditions particulières pour obtenir des résultats paysagers satisfaisants et durables.

➤ *Le front de taille* (Sam F., 2016).

Pour retrouver un paysage sylvicole de qualité dans le réaménagement d'un front de taille de la carrière de roche massive, il faut généralement que :

- Les aplombs soient inférieurs à 10m, ce qui permet de cacher une grande partie du front de taille lorsque les arbres sont suffisamment hauts,
- les banquettes soient suffisamment larges (supérieures à 5m), avec une surface finement fracturée, soient recouvertes d'une épaisseur de 0,20 à 1m de terre végétale selon les plantations,
- la pluviométrie soit suffisante ou qu'une irrigation naturelle soit possible,

- la répartition des différentes zones herbacées, arbustives et arborées soit irrégulière, aléatoire comme dans une zone boisée naturelle.

➤ *Le Carreau (Lansiart M. & Odent B., 1999).*

Pour que le sol s'adapte à la plantation sur l'ancien carreau de la carrière, il s'agit essentiellement d'ameublir le sol induré, en le tirant et en le retournant jusqu'à une profondeur au moins égale à un mètre (sous-solage) et ensuite il s'agit d'apporter une épaisseur suffisante de terre végétale soit celle d'origine ou provenant d'un site proche. Le degré d'humidité apporté aux futures plantations est d'une grande importance, l'apport naturel d'eau en quantité suffisante et régulière est recherché, en particulier dans les premières années de croissance des arbres, pendant la formation de leurs systèmes racinaires.

La préparation du sol et du sous-sol ainsi réalisée doit permettre l'implantation de la majorité des essences forestières (charmes, érables, bouleaux, conifères, etc.). Dans des conditions particulièrement favorables où les sols sont riches et l'apport d'eau régulier, la sylviculture peut être envisagée. Mais les coupes de bois réalisées ne doivent pas modifier les aménagements destinés à dissimuler les anciens vestiges de l'exploitation.

V. Proposition de remise en état de la carrière de Djebel Safia.

Pour la carrière de Djebel Safia en proposant une remise en état progressive, ou les travaux de remise en état doivent être coordonnés avec les travaux d'exploitation, ils visent à assurer la sécurité du site et à favoriser sa réinsertion rapide dans le paysage. L'objectif de ces travaux :

- ✓ Réaménager définitivement la zone qu'est déjà exploitée,
- ✓ Réduire l'impact visuel,
- ✓ Intégrer le site dans son environnement paysager et périurbain (**Sam F., 2016**).
- ✓ Limiter la fréquentation du site.

Plusieurs propositions et possibilités peuvent être citées pour réaliser cette phase, parmi ces possibilités on a :

- Remettre une couverture de terre végétale sur les lieux et procéder à la plantation de végétaux et d'arbres,
- Réaménagement des lieux par un reboisement allant au-delà des limites du site ou par la création de petites unités industrielles ou artisanales.
- On peut tirer profit d'une carrière boisée et donc on a plus d'avantage de la transformée en un site beaucoup plus végétalisé.

La remise en état des lieux est une disposition législative stipulée à l'article 154 de la loi 01-10 du 3 juillet 2002, consistera à revégétaliser les espaces exploités avec des espèces locales et à croissance rapide et effacer l'aspect chaotique consécutif à une exploitation, dans ce cadre, au niveau du front d'exploitation et des banquettes, il conviendra de : **(Sam F., 2016)**

Rectifier les fronts résiduels et les gradins et niveler la plateforme inférieure de la carrière,

- Remettre en végétation les banquettes,
- Les plantations (1000 à 1200 plantes par hectare) effectuées sur les banquettes viseront à dissimuler progressivement le front et les talus de la carrière.

VI. Technique pour la réhabilitation du site par la végétation.

i. Les moyens à prendre en considération pour la réhabilitation de la zone d'étude :

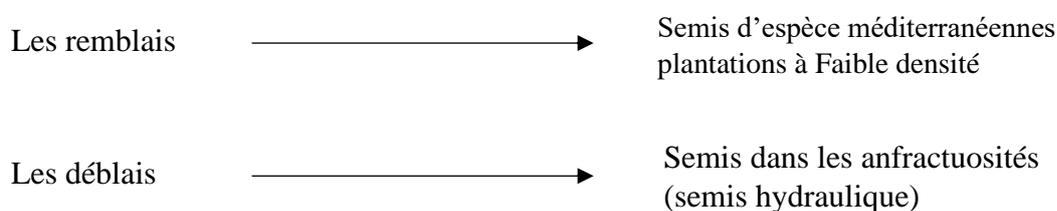
- ✓ Les données topographiques et géologiques,
- ✓ Les données sur les sondages et les études hydrogéologiques doivent être réalisées,
- ✓ Un personnel qualifié et spécialisé dans le domaine agricole,
- ✓ L'emplacement des engins tels que les Bulldozer, chargeur sur pneus et d'autre matériel,
- ✓ Le choix des plantes qui peuvent s'adapter avec le milieu actuel de la carrière.

ii. La végétation herbacée (Sam F., 2016).

La végétation spontanée est la résultante des contraintes qui s'exercent sur un site, son utilisation garantit donc la pérennité à long terme de la couverture végétale implantée. Elle permet la limitation de l'érosion superficielle hydrique et éolienne, en accélérant la dynamique de la colonisation végétale et en réactivant les processus de création des sols (les partes aériennes et souterraines joueront chacune leur rôle) :

- ✓ Lutter contre l'effet splash des gouttes de pluie,
- ✓ Diminution de la vitesse et du ruissèlement,
- ✓ Fixation des fines particules par formation des agrégats du sol,

iii. Le principe proposé pour la végétalisation.



Les plateformes → Apport de terre végétale ponctuellement sur 80 cm et plantations

- **Le semis hydraulique** : Permet une application homogène des semences, colloïdes et engrais, c'est la technique rapide.
- **Le semis herbacé** : Les espèces semées seront choisies notamment en fonction de la puissance de leur enracinement pour résister à la sécheresse.

On peut proposer pour le semis de la plantation :

Des fourrages comme la luzerne, en raison de leurs bons apports alimentaires, riches en protéine et capacité d'adaptation à de nombreux types de climat et de sols. Elle permet d'améliorer rapidement la qualité des sols pauvres et compacts. Huit mois après on peut démarrer une activité agricole (Sabao Dulce Isabel, 2019).



Figure IV. 4. La luzerne

➤ **Les conditions pour la plantation.**

Il y a des conditions spécifiques à respecter lors de plantation, telles que :

Taille : jeunes plants forestiers,

Fouilles et fosses : formation d'une cuvette à fond aplati (pour retenir l'humidité) avec bordure coté aval. Apport de 0.15 m³ de terre végétale en mélange avec les matériaux de la fosse.

Arrosage : pendant les trois premières années, il y a une possibilité d'utiliser l'arroseuse de la carrière : arrosage manuel avec tuyau, 8 à 10 par plant et une fois toutes les 2 à 3 semaines pendant les périodes sans pluies (durant 6 à 7 mois).

iv. Les travaux à réaliser sur site.**✚ Terrassement.**

Les travaux de terrassement ont pour objectif d'assurer un raccordement progressif entre l'ancienne zone exploitée et les terrains naturels environnants (**Lansiart M. & Odent B., 1999**).

Il est nécessaire de nettoyer le site et de démanteler et d'évacuer les installations et les infrastructures liées à l'exploitation qui sont n'ont plus d'utilité dans la zone à réhabiliter (**Merdoud A. & Radjala H., 2016**).

En premier lieu, il faut savoir que les opérations de terrassement sont : (**Lansiart M. & Odent B., 1999**)

- ✓ Indispensables pour les carrières alluvionnaires et massives,
- ✓ Couteuses car elles nécessitent un matériel spécifique qui mobilise des volumes de matériaux souvent considérables,
- ✓ À planifier rigoureusement pour éviter les opérations inutiles qui grèvent rapidement le budget,

Du point de vue technique, les terrassements répondent à plusieurs objectifs : (**Lansiart M. & Odent B., 1999**)

- La mise en sécurité du site, en évitant les ruptures de topographie, les risques d'éboulement, les chutes de block...etc.,
- Affirmer la nouvelle topographie du site en brisant les lignes géométriques des fronts de taille, en créant des talus en pente douce et en redistribuant harmonieusement les volumes importants de matériaux stériles restant du site originel,
- Restituer le site au milieu naturel environnant, en mettant en place les terres végétales pour créer les conditions pédologiques favorables à la revégétalisation du site, et facilitant ainsi la réintégration du site dans l'environnement paysager préexistant,
- Faciliter l'écoulement de la circulation des eaux, qu'elles soient de surface ou souterraines.

✚ Reconstitution des sols.

La revégétalisations des carrières offre souvent une difficulté, c'est pour cela qu'il faut que le sol soit reconstitué.

L'une des conditions indispensables à la reprise de la végétation est la reconstitution préalable de sol qui comporte : (**Lansiart M. & Odent B., 1999**)

- ✓ Le décompactage où, au moins en sol dur, la scarification du fond de forme et des banquettes afin de les ameublir,

- ✓ La mise en place d'une couche meuble composée de stérile puis de terre. Il est conseillé de répartir la terre végétale sur une épaisseur minimale de 20cm pour un ensemencement de 50cm pour la plantation d'arbustes et de 80cm pour la plantation d'arbres.

Pour notre cas, on peut choisir une couche supérieure composée de terre végétale et de calcaire ou stérile avec une épaisseur de 1m.

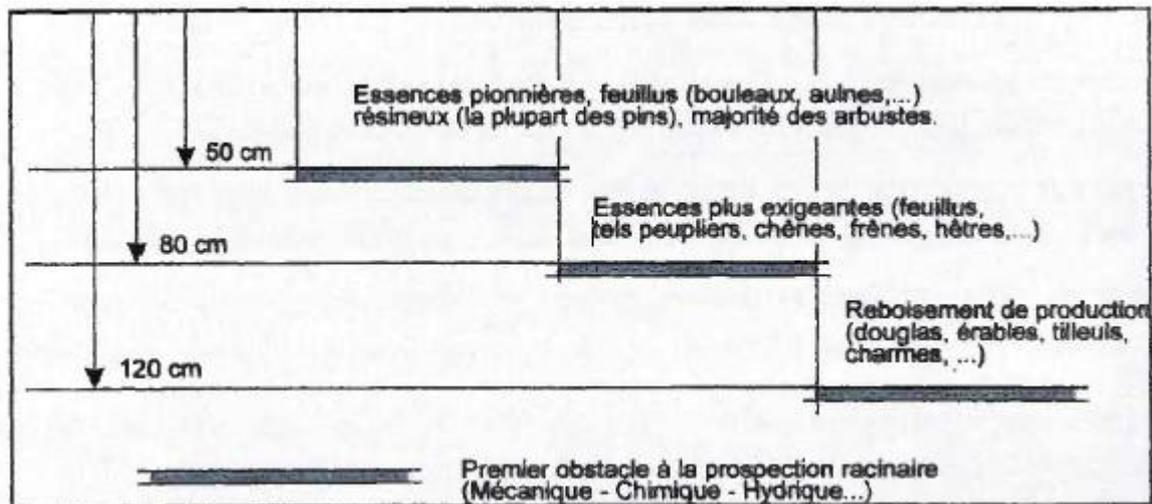


Figure IV. 5. Epaisseur minimale de terre végétale à mettre en place pour permettre une implantation satisfaisante des différentes espèces végétales (Lansiart M. & Odent B., 1999)

✚ Préparation du site et du trou de plantation. (Adrien Gallant P., 2000)

Une fois que l'arbre a été choisi, on peut creuser le trou de plantation. Celui-ci doit permettre une croissance rapide racinaire, sans aucune restriction. Le trou doit avoir un diamètre beaucoup plus grand que celui de la masse racinaire de l'arbre. Si le sol est compacté, le trou doit avoir une largeur deux à trois fois plus grande que celle de la masse racinaire. En général, la régénération des racines est peu profonde et horizontale. Un trou de plantation large avec des côtés inclinés favorise une propagation optimale des racines.

On place l'arbre délicatement dans le trou de plantation, assurez-vous que le collet ne soit pas en-dessous du niveau du sol. Nous avons tous tendance à planter trop profondément et ceci peut faire mourir lentement l'arbre. Si le drainage est mauvais, il est conseillé de planter l'arbre de 1 à 4 pouces plus haut que le niveau naturel.

En général, il est préférable d'utiliser la même terre pour remblayer le trou. Néanmoins, si le sol existant est extrêmement pauvre, il vaut mieux en modifier les propriétés ou même le remplacer. Le type de remblai doit par contre correspondre le plus possible au type de sol du site choisi. Si on doit amender le remblai, on peut utiliser un agent organique, comme la tourbe de mousse ou le compost, dans le but d'améliorer la structure et la fertilité du sol.

Ajoutez environ 25% d'amendement par volume et traitez la plus grande surface possible de façon à respecter la texture du sol. Lorsque le sol présente des textures fortes et différentes, la circulation naturelle de l'eau peut être entravée.

Le sol au fond du trou de plantation, autour de la base de la masse racinaire, doit être tassé fermement pour aider à supporter l'arbre. Le sol doit être remué pour éliminer l'apparition de grosses poches d'air qui peuvent entraîner l'assèchement de l'arbre.

Arrosez abondamment et par étapes lors du remblayage. Il est parfois utile de créer une espèce de soucoupe autour de l'arbre de façon à recueillir l'eau au-dessus de la zone racinaire, plus particulièrement dans les endroits en pente. Les gros arbres ont besoin de plus de temps que les petits pour régénérer leurs racines. Il n'est pas rare de voir un arbre transplanté à une grosseur moindre, récupérer et dépasser un autre arbre plus gros et transplanté à la même période. Approximativement, pour se rétablir un arbre a besoin d'un an pour chaque pouce de son diamètre. Certains arbres se transplantent plus facilement que d'autres, pour les arbres qui sont difficiles à transplanter, on devrait les déplacer lorsque les conditions sont favorables, en général le temps le plus propice pour déplacer la plupart des arbres se situe au début du printemps ou à l'automne. Si la terre est suffisamment chaude, les racines peuvent pousser et commencer à s'établir avant que le sol ne gèle.

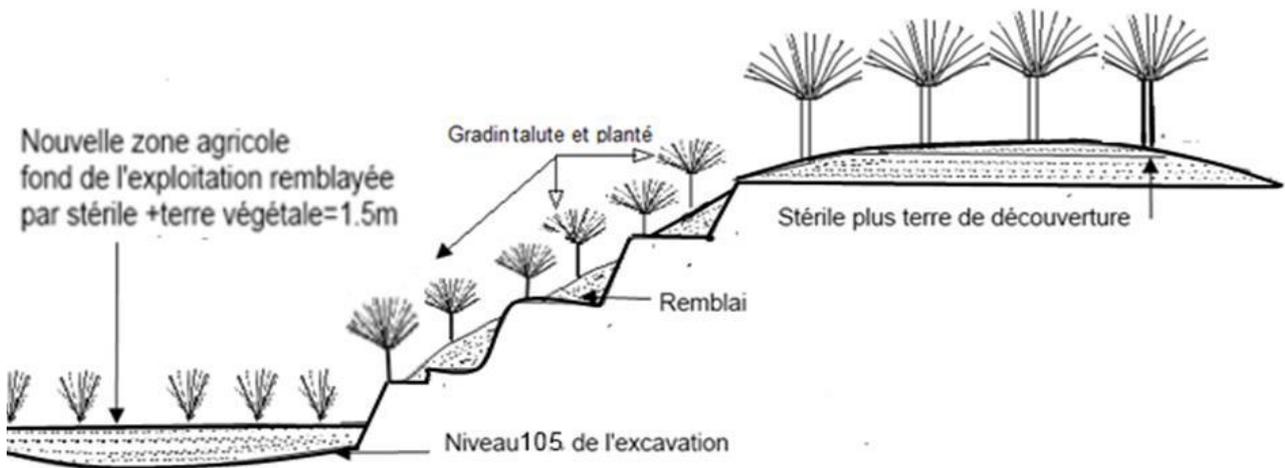


Figure IV. 6. Schéma de l'aménagement après exploitation (Sabao Dulce Isabel, 2019)

Le tableau ci-dessous montre les exigences des plantes vis-à-vis du sol. (Principales recommandations applicables à la revégétalisation de la carrière)

<p>S'alimente en eau</p>	<p>Ressources suffisantes en eau, véhiculent des éléments surfiles</p>	<p>Profondeur suffisante de sol respectable pour les racines</p>	<p>Examen du sol en place (Description de profil avant ouverture de la carrière)</p> <p>Déterminer cette profondeur. Si possible avant l'ouverture de la carrière, en utilisant notamment les données classiques de la bioclimatologie et de l'hydro pédologie.</p>
<p>Le végétal doit pouvoir</p>	<p>Eliminer la concurrence (reboisement notamment)</p>	<p>Entretien</p>	<p>Prévoir l'entretien dès l'établissement du projet de réaménagement.</p> <p>Examen du sol en place (description de profil) avant ouverture de la carrière</p>
<p>S'alimenter en éléments nutritifs</p>	<p>Fertilité du sol</p>	<p>Préserver la fertilité</p>	<p>Préserver les horizons riches en Matière Organique (décapage sélectif).</p> <p>Ne pas maltraiter le sol lors des manutentions (proscrire le scraper, travaillé par temps sec...).</p> <p>Veillez aux conditions de stockage du sol décapé (Terre « végétale » en Particulier...)</p>

	<p>Eliminer la concurrence (reboisement notamment)</p>	<p>Entretien</p> <p>Compenser la perte de fertilité</p>	<p>Réduire le temps de stockage du sol (réaménagement à l'avancement par tranche successives...)</p> <p>Chauler les horizons acides. Enfouir les horizons à pH acide ».</p> <p>Apport de Matière Organique (déchets organiques, engrais verts, engrais chimiques).</p> <p>Prévoir l'entretien dès l'établissement du projet de réaménagement.</p>
--	--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La réhabilitation par végétation peut être provisoire jusqu'à la fin de l'exploitation, certaines plantes ont un pouvoir d'améliorer rapidement la qualité des sols pauvres, et accélérer le retour à son aspect naturel. A la fin de l'exploitation, la réhabilitation peut se faire par la revégétalisations. Etant donné, que la zone d'étude est caractérisée par une activité agricole assez développée, cette activité aide à diminuer le taux de chômage. Donc, l'aménagement agricole sera une bonne solution pour l'élimination des impacts engendrés par la carrière et surtout la création d'emploi pour les habitants de la région.

Des plantations pour la carrière de Djebel Safia.

La zone où la carrière se situe, nous donne plusieurs choix pour le réaménagement, soit un réaménagement agricole en céréale, ou en fruitier.

Tableau 18. Liste des plantations proposées pour la carrière de Djebel Safia

1	Olivier
2	Agrume
3	Céréales
4	Maraîchères
5	Ciste cotonneux

6	Arbre à perruque
7	La pastèque
8	Calycotome Spinosa
9	Coronille
10	Lilas

Conclusion Générale

A l'issue de cette étude menée, et selon les résultats obtenus, on peut dire que l'industrie minière a un réel impact sur l'environnement.

D'après le travail bibliographique, on a constaté que l'exploitation des carrières et la production de ciment engendrent plusieurs impacts sur l'environnement. Pour un suivi et un contrôle de ces impacts, des outils d'évaluation environnementaux sont utilisés. Parmi ces outils, on cite les études d'impact et les audits environnementaux. Dans le cadre de protection de l'environnement la société de Hadjar Soud (SCHS) a sollicité le bureau CETIM pour suivre l'activité de la cimenterie et pour réaliser des audits environnementaux pour les carrières de calcaire de Djebel Safia et d'argile d'Oued Kebir.

La carrière de Djebel Safia fait partie de la commune de Ben Azzouz, elle est située à 8km de la cimenterie. La région est constituée par des schistes du paléozoïque et par des roches du mésozoïque carbonatées et siliceuses, elles sont caractérisées par des dolomies, calcaire massif, calcaire schisteuse et du grès. Le climat de la région est de type méditerranéen caractérisé par un hiver humide et froid, et un été sec et sec. Le calcaire exploité est chimiquement homogène utilisé pour l'alimentation de l'usine et assure la production de ciment.

Nous avons constaté que chaque carrière génère des impacts directs ou indirects sur le paysage, la faune et la flore, sur les eaux et la liste est loin d'être finie. Dans notre cas d'étude, il n'y a pas un impact important sur le paysage car la carrière est assez éloignée, le milieu naturel est détruit par les travaux d'exploitation, les risques des accidents qui menacent la vie de personnes, et la qualité des eaux est affectée. Les grandes principales sources de ces impacts sont les poussières, le bruit et les déchets. Des mesures et des exigences sont mises sur place, pour minimiser ses impacts tels que; l'emplacement d'une citerne pour éliminer l'envol de poussière, le placement des plaques de circulation des engins dans la carrière, l'utilisation des machines et engins conformément aux normes, remise d'état progressive pour éliminer l'impact sur le paysage.

Pour pallier à ce genre de problème, nous avons proposé une ébauche de plan de réhabilitation. Une réhabilitation par végétation est la meilleure proposition pour la remise en état de la carrière de Djebel Safia, où les travaux de restauration doivent être coordonnés avec les travaux d'exploitation. A la fin de l'exploitation, un réaménagement par la revégétalisations

peut se faire. Les principales opérations de réhabilitation sont ; le nettoyage des terrains et la faisabilité d'un traitement des plateformes.

La méthode de réhabilitation peut commencer par ;

- ✓ Le choix d'un type de plante qui existait auparavant dans la zone ou une autre espèce qui pourra s'adapter aux conditions de la région,
- ✓ Faire un plan pour l'implantation, avoir de bonnes conditions de vie pour ces plantations, puisque dans certains cas il est difficile d'implanté dans certaines parties du sol. Donc il faut le reconstruire, pour pouvoir implanter,
- ✓ Et enfin c'est l'exécution des travaux de réhabilitation proposés.

Références bibliographiques.



Adrien Gallant P., 2000. La plantation et l'entretien des arbres.

Aliouche M., 2008. Exploitation des substances utiles à ciel ouvert et impact sur l'environnement ; Etude de cas dans l'Est Algérien (Les gisements de Djebel Salah, Région de Constantine). Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine.113p

Aouididi L., 2015. Caractérisation d'un ciment à base de pouzzolane. Master. Université Mohamed Boudiaf - M'sila.84p

Archambaud C., Farigoule Y. & Mishellany A., 1984. Contribution des laboratoires des Ponts et Chaussées au premier symposium international sur les granulats. Laboratoire des ponts et chaussées. Paris. France. 183p

Ariba H., 2017. Etude d'impact sur l'environnement. Cas de la carrière de Beni Senous (wilaya de Tlemcen). Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen. 38p

-



Bauraing Eddy, Jacques Nicolas & Marianne Von Frenckell, 2000. Mise en place d'un système de management environnemental.

Benkherredine Kh. & Deloum A., 2018. Confection et Activation chimique d'un ciment Prépare à base de laitier. Master. Université Mohamed Boudiaf - M'sila.112p

Berkati S. & Mezani Ch., 2017. Evaluation des impacts environnementaux de la cimenterie de Sour El-Ghozlane. Master. UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA.60p

Bizriche N. & Benkerrou S., 2011. Audit environnemental de la carrière d'agrégat SOMACOB-AkbouWilaya de Bejaia. *Mémoire de Master.* Université ABDERRAHMANE MIRA-Bejaia.108p

Boudiaf M., 2015 « Influence des propriétés de la masse rocheuse et des roches intactes sur l'excavation. Thèse de Doctorat ; Université Badji Mokhtar Annaba.131p

Bouhariche I., 2017. Etude d'impacts sur l'environnement d'exploitation et de mise en valeur des phosphates de djebel ONK -Tebessa. Mémoire de Master, Ecole nationale supérieure des mines et métallurgie. 34p

Bournine K., 2017. Contribution à l'étude de la remise en état et restauration d'une carrière en roche massive dans la forêt domaniale de Beni Ghobri (Wilaya de Tizi Ouzou). Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou. 85p

Bruno L., 1997. Génie et environnement. Le Griffon d'argile. Québec. Canada.



CETIM, 2002. Etude d'impact sur l'environnement carrière de calcaire Djebel Sadia

CETIM, 2007. Audite environnementale de la cimenterie.

CETIM, 2012. Audit environnementale de la carrière de calcaire.

CETIM, 2013. Suivi environnementale de la cimenterie de Hadjar el Soud SCHS

CETIM, 2014. Suivi environnementale de la cimenterie de Hadjar el Soud SCHS

CETIM, 2016. Rapport sur les carrières et l'environnement.

CETIM, Août 2018. Rapport géologique actualisé Calcaire Dj. Safia.

CETIM, 2018. Suivi environnementale de la cimenterie de Hadjar el Soud SCHS

CETIM, 2019. Suivi environnementale de la cimenterie de Hadjar el Soud SCHS

CETIM, 2020. Suivi environnementale de la cimenterie de Hadjar el Soud SCHS

Commission Européenne, 2010. Document de référence sur les meilleures techniques disponibles Industries du ciment, de la chaux et de la magnésie. Ministère de l'énergie et du développement durable et de la mer en France, Paris.



Djafri S. & Benletaif KH., 2020. Elaboration d'un plan de tir pour améliorer la fragmentation des roches – Cas : Carrière du calcaire Hadjar Soude (W) de Skikda. Mémoire d'ingénieur. École nationale supérieure des mines et métallurgie -AMAR LASKRI-ANNABA. 122p



ENCEM, 2019. La carrière et installation de traitement – SAINT-AGNANT-DE-VERSILLAT (23) Eléments administratifs et techniques.

Environnement et Gouvernements locaux ,2010, Étude d'impact sur l'environnement, consulter Mai 2021, de https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/egl/environnement/content/etude_d_impact_en_vironnemental.html

Étude d'impacts, 2020. Consulter Mai 2021, de <https://lamy-environnement.com/etude-dimpacts/>



FouFou H, 2019. Mesure de la qualité de tir et prédiction de la fragmentation des roches: cas de la carrière de Djebel Safia. Mémoire d'ingénieur. École nationale supérieure des mines et métallurgie -AMAR LASKRI- ANNABA.91p

Fourar B. & Kouadri Y., 2018. Optimisation de la production dans les nouvelles conditions de la carrière de Sidi Ali Benyoub(W.Sidi bel abbes). Mémoire de master. Université Abderrahmane Mira de Bejaia. 94p.



GTZ, 2001. Guide des études d'impact sur l'environnement, projet : renforcement des capacités institutionnelles de l'environnement, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.



ISO 14001, 2015. Introduction au ISO 14001. 12p



Johanet, 2002. L'industrie des carrières et le développement durable : un guide pour comprendre et agir, Espaces pour demain, Collectif Johanet. Paris. France, 132p



Kemedji O. & Idir A., 2017. Exploitation des substances utiles à ciel ouvert et impact sur l'environnement - cas de carrière (Chouf Amar M'Sila).Mémoire de master. Université Abderrahmane Mira de Bejaia.150p



Labiod N. & Bouaita D., 2018. Etude hydrochimique des eaux de surface de la région d'Azzaba W. Skikda. Mémoire de master. Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel. 64p

Laib M. & Merouani A., 2011. Gestion et modes de traitement des différents types de déchets (gazeux, solide, liquide) générés par le processus de production dans la cimenterie de Hamma Bouziane. Mémoire de fin d'étude, Université Mentouri de Constantine.

Lansiart M. & Odent B., 1999. La remise en état des carrières : principes généraux, recommandations techniques et exemples par type d'exploitation. 60p

Leclerc A., 2012. Utilisation de matières résiduelles pour la restauration des carrières et sablières en fin de vie : modèles et applicabilité au Québec selon une approche de développement durable. Maîtrise en environnement. Université de Sherbrooke. 97p

Les cahier de développement durable ,2021 .LE SYSTÈME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL. Consulter Avril 2021, de <http://les.cahiers-developpement-durable.be/outils/systemes-de-management-environnemental/>

Les Granulats Vicat dans notre environnement,2010. Le réaménagement des carrières. Consulter Avril 2021, de <http://www.granulats-vicat.fr/pages/carriere/reamenagement-des-carrieres.html>



Madani. A, 2015. l'acceptabilité sociale des projets miniers en Algérie. European Scientific Journal. vol.11. 17p

Madoui Y., 2019. Recyclage d'un déchet industriel (poussière de By-pass). Master. Université Mohamed Khider de Biskra. 62p

Makhdoumi H., 2019. Etude d'impacts d'ajout pouzzolanique au ciment sur l'environnement /cas de la Cimenterie de Hamma Bouziane, Constantine. Mémoire de master. Ecole nationale supérieure des mines et de la Métallurgie Amar Laskri- Annaba. 51p

Martaud T., 2008. Evaluation environnementale de la production de granulats en exploitation de carrières - Indicateurs, Modèles et Outils. Thèse de doctorat. Université d'Orléans. 214p

Mekaret N. & Goumidi S., 2015. Evaluation du prix de revient des agrégats de la carrière UMABT sus à sidi Ali Benyoub (w. Sidi bel Abbes). Mémoire de master. Université Abderrahmane Mira de Bejaia. 92p.

Mekti Z., 2018. Comportement du laitier de l'usine sidérurgique d'El-Hadjar sur le mélange clinker : Cas ERCE Hadjar-Soud, Skikda. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba. 122p

Merdoud A. & Radjala H., 2016. Réhabilitation et fermeture de la carrière de l'ENG sise à El Hachimia-Bouira. Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia. 110p

Meziani S. & Yousfi N., 2017. L'évaluation d'impact de l'industrie du ciment sur l'environnement à l'aide de l'analyse de cycle de vie (ACV) : Cas de la cimenterie de Hadjar-Essoud (SCHS) A SKIKDA. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.78p



Nechem, 2009. Qualité des eaux des sources thermales. Cas des sources du Djebel Safia (Hadjar Soud), Nord-Est Algérien. Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar-ANNABA. 105p.

NITRO-BICKFORD, 2003. Document conçu et réalisé par le service technique de Nitro-Bickford « Maitrise du minage en mine souterrains dans les mines, carrière et les chantiers des travaux publics. Formation de Nitro Bickford. Paris. France. 433p



Orée, 2009. Mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités. *In* Orée, Entreprises, territoires et environnement. *Guide Écologie industrielle*, [En ligne]. <http://www.oree.org/publications/guide-ecologie-industrielle.html> (Page consultée le 4 octobre 2011).



Rebough S. & Benrachi B., 2013. Impact de la pollution de l'air provoquée par la cimenterie Tahar Djouad sur la sante publique et le cadre bati -cas de Hamma Bouziane. Mémoire de magister. Université Mentouri de Constantine. 181p

Rouaiguia I., 2018. Contribution à l'étude d'une valorisation des déchets miniers, cas des stériles francs de la mine de Boukhadra- Tébessa. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba. 164p



Saad Zineb, 2012. Les carbonates du gisement d'agrégats en exploitation du djebel Gustar - Ain el Hadjer (Sétif- Algérie) : Géologie, état des réserves et orientation de l'exploitation. Mémoire de Master, Université Ferhat Abbas de Sétif 1. 105p

Sabao Dulce Isabel, 2019. Etude du gisement: Projet d'exploitation de la carrière d'argile d'Irdjen dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de master, université mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 119p

Sam F., 2016. Evaluation de l'environnement de la carrière de MEFTAH – BLIDA et son projet de réaménagement. Mémoire de master 2, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 80p.

Serradj T., 2016. Les Carrières et l'environnement, CETIM.

Siline M., 2016. Étude de l'endurance des matériaux composites sous l'effet de changement des températures dans les conditions extrêmes. Cas: Performances des matériaux pouzzolaniques. Thèse Doctorat. Université Mohamed Boudiaf – M'sila. 213p



Taleb N.S., 2012. Contribution à l'étude d'impact de l'exploitation du gisement ferrifère de la mine de l'Ouenza sur l'environnement. Mémoire de magistère. Université Badji Mokhtar-Annaba. 90p

Tedjar L., 2012. Impact des rejets (unités industrielles: cimenterie et BCR) sur l'environnement dans la région d'Ain EL Kebira (Sétif). Thèse doctorat. Université Ferhat Abbas-Sétif. 128p



Vila J.M., 1980. La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse de Doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 665p.



Yahia M., 2015. Contribution à la valorisation d'un déchet de cimenterie (ciment hydraté) pour l'élaboration d'un nouveau ciment. Mémoire de master. Université Mohamed Boudiaf - M'sila. 88p

Yonkeu S., 2011. Système de management environnemental. 38p



ANNEXES

Annex

Annexe 1. Les principales sources des émissions dans la cimenterie SCHS





Annexe 2. Mesure de bruits par le bureau CETIM

Engins	Distance de mesures	Max (dB)	Min(dB)	Moye(dB)
Chargeur Komatsu CH15	A 50m	80,3	63,8	72,05
	A 20m	84,8	62,9	73,85
	A 10m	85,3	78,6	81,95
	Près du	85,1	79,1	82,10
	Dans la cabine	92	72	82
Brise roche Caterpillar 360D	A 50m	66,7	56,7	61,10
	A 20m	73,7	57,2	65,45
	A 10m	85,2	77,9	81,55
	Près du	93,8	83,1	88,45
	Dans la cabine	95,6	76,3	85,95
Sondeuse Atlas	A 50m	85	75	80
	A 20m	87,9	80,2	84,05
	A 10m	90,9	85,3	88,1
	Près du	95,5	82,3	88,9
Marteaux piqué + compresseur	A 50m	81,1	43,2	62,2
	A 20m	84,7	79,1	81,9
	A 10m	90,6	86,5	88,55
	Près du	103,7	101,4	102,55

Annexe 3. La consommation des déchets solide durant les années 2009 / 1er Semestre 2012

Années	2009	2010	2011	1^{er} Semestre 2012
Consommation pneumatique	08	30	14	17
Consommation batterie	-	36	20	18
Consommation filtres	-	89	77	58
Consommation des cartouches	-	47	31	31
Production matière première	1 114 900	1 254 646	1 041 920	585 000

Annexe 4. La consommation des déchets liquide (années 2009- 1er Semestre 2012)

Années	2009	2010	2011	1^{er} Semestre 2012
Consommation des huiles (L)	29 760.5	24 200	19 997	17 000
Consommation des graisses (kg)	14 400	10 692	14 941,4	8172
Production matière première	1 114 900	1 254 646	1 041 920	585 000
Consommation spécifique des huiles (L/T)	0,02	0,01	0,01	0,02
Conso spécifique des graisses (kg/T)	0,01	0,008	0,01	0,01

Annexe 5. Photos prise lors des visites de la carrière

