

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale **قسم :** بيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

Impact de l'extraction de carbonate de calcium dans la carrière géante d'Ibn Badis

Présenté et soutenu par : *BENKENIDA Amira Ryam et KHEBBAB Hawa Lina*

Le : Juillet 2021

Jury d'évaluation :

Président du jury : ARFA Azzedine Mohamed Touffik **MCB – UFM Constantine 1**

Rapporteur : BENDERRADJI Mohamed El Habib **Prof – UFM Constantine 1**

Examineurs : GANA Mohamed **MAB – UFM Constantine 1**

*Année universitaire
2020 – 2021*

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la volonté de poursuivre nos études.

Sans oublier que sans eux on ne sera pas ici, nos parents, qui se sont sacrifié pour notre réussite.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements, notre gratitude et notre grand respect à notre encadreur Monsieur le Professeur BENDERADJI Mohamed El Habib pour sa compréhension, sa disponibilité, sa patience, ses conseils judicieux et l'aide qui nous apporté.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont bien voulu examinés notre travail :

Dr ARFA Azzedine Mohamed Toufik et DR GANA Mohamed qui ont accepté d'évaluer notre travail et de nous avoir honorés par leur présence.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui de prêt ou de loin ont contribues à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Je tiens à remercier mon Dieu le tout Puissant de m'avoir donné la force et le courage
pour terminer mes études.*

*À mes très chers parents qui se sont toujours sacrifiés pour me voir réussir, que Dieu leur
procure bonne santé et longue vie et les garde dans son vaste paradis.*

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour.

Mes proches et mon frère, chacun en son nom.

*Avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance
Pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans
les meilleures conditions pour leurs encouragements et leurs soutiens*

*Que ce travail soit l'expression de ma grande affection et un témoignage de
Mon attachement et de mon grand profond amour.*

À toute la famille :

À tous mes amis :

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce Projet soit possible, je vous
dis merci.*

Amira Ryam

Dédicace

*Pour commencer je prends le temps de remercier mon Dieu pour nous avoir aidés à
accomplir ce présent travail.*

*A mes chers parents symbole de sacrifice, de tendresse, qui
Ont éclairé mon chemin et qui m'ont encouragé et soutenue
Toute au long de mes études.*

*A mon frère Issam et ma sœur Meriem à qui je souhaite beaucoup de joie, de réussites
et de bonheur dans la vie.*

A tous les membres de ma famille, petits et grands.

A tous mes camarades et mes amis.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

A vous cher lecteur.

Hawa Lina

Sommaire

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Dédicace.....	III
Sommaire.....	IV
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VIII
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1. Introduction.....	2
2. Situation géographique de la zone d'étude.....	2
3. Climat	4
4. Relief	4
5. Conditions hydrographiques	5
6. Type de sol.....	5
7. Cadre géologique	6
8. Situation géographique de la zone d'étude (carrière géante d'Ibn Badis).....	7
9. Situation géographique du Djebel Oum Settas.....	8
10. Couvert végétal	8
11. L'agriculture	9
12. Carbonate de calcium.....	9
12.1. Principaux synonymes	10
12.1.1 Donnée physico-chimique	10
12.2 Origine des roches calcaires	15
13. Conclusion.....	15
Chapitre II : Extraction des carbonates de calcium	
1. Introduction.....	16
2. Qu'est ce qu'une carrière ?	16
3. Les différents types de carrières	17
4. Les caractéristiques de la carrière ENG (selon l'ENG)	19
5. Carrière à ciel ouvert.....	20
6. Les différents types d'exploitation à ciel ouvert.....	21
7. Les méthodes d'exploitation à ciel ouvert	23
8. L'extraction de carbonate de calcium.....	25
9. Conclusion	29
Chapitre III : Impact de l'extraction des carbonates de calcium	
1. Introduction.....	30
2. Qu'est ce qu'un impact ?	30
3. Qu'est ce qu'un impact environnemental ?	30
4. Qu'est ce qu'une étude d'impact ?	30
5. Etude d'impact environnemental	31
6. Les impacts de calcaire sur l'environnement.....	32
6.1. Les impacts sur l'atmosphère	32
6.2. Impact sur le sol.....	34
6.3. Impact sur l'eau.....	35

6.4. Impact sur l'être humain	35
6.5. Impact sur les végétaux.....	36
6.6. Impact sur les animaux.....	36
6.7. Impact sur l'agriculture.....	37
6.8. Impact socio-économique	37
7. La phytoremédiation.....	37
7.1. Les différents procédés de la phytoremédiation	37
7.2. Phytoremédiation des sols contaminés par la salinisation.....	39
8. Conclusion	40
Chapitre IV : Solution pour diminuer les impacts	
1. Introduction.....	41
2. Le développement durable.....	41
3. Les 3 piliers du développement durable	41
4. Histoire du développement durable.....	42
5. Quel est le rapport entre le développement durable et l'exploitation des carrières	43
6. Solution (Brique à base de déchets plastique)	43
7. Comment ça marche	44
8. Conclusion.....	45
Conclusion générale.....	46
Références bibliographique.....	47
Résumé.....	IX
Abstract	X
ملخص.....	XI

Liste des figures

- Figure 1.1** Situation géographique de la commune d'Ibn Badis (El Haria)
- Figure 1.2** Carte topographique d'Ibn Badis (altitude, relief)
- Figure 1.3** Le réseau hydrographique de la région Ibn Badis
- Figure 1.4** Situation des principales régions et structures géologiques en Méditerranée
- Figure 1.5** Des photos du Djbal Oum Settas
- Figure 1.6** Des images des espèces *Quercus ilex* (chêne vert) et *Crataegus* (arbre aubépin)
- Figure 1.7** La récolte du blé dans la région d'El Khroub
- Figure 1.8** Des pierres de carbonates de calcium
- Figure 2.1** Image d'une carrière
- Figure 2.2** Image d'une carrière a roche massive
- Figure 2.3** Image des roches meubles
- Figure 2.4** Image d'une carrière de pierre de taille
- Figure 2.5** La carrière géante d'Ibn Badis
- Figure 2.6** Image d'une carrière à ciel ouvert
- Figure 2.7** Image d'une exploitation par le dragage
- Figure 2.8** Image d'une exploitation minière par des explosifs
- Figure 2.9** Image de sciage par le câble diamanté
- Figure 2.10** Image de la méthode de ripage
- Figure 2.11** Schéma représentatif sur les étapes d'extraction de CaCO_3
- Figure 3.1** Le nuage de poussière des carrières
- Figure 3.2** Mécanisme du mouvement de l'air
- Figure 3.3** Illustration de turbulence de l'air

- Figure 3.4** Image d'un sol salin
- Figure 3.5** Couche de poussière sur les feuilles de la plante
- Figure 3.6** Schéma des procédées de la phytoremédiation.
- Figure 3.7** La phytoremediation
- Figure 4.1** Les 3 piliers du développement durable
- Figure 4.2** Brique en plastique recyclé

Liste des tableaux

- Tableau 1.1** Les principaux synonymes de carbonates de calcium
- Tableau 1.2** Les données atomique de CaCO_3
- Tableau 1.3** Données physique de CaCO_3
- Tableau 1.4** Données chimique de CaCO_3
- Tableau 1.5** Données thermodynamique de la calcite
- Tableau 1.6** Données thermodynamique de l'aragonite
- Tableau 4.1** Des exemples de crises écologiques

Introduction

générale

Introduction générale

Le but de ce mémoire est de montrer les impacts de la poussière de CaCO_3 dû à l'extraction des carbonates de calcium et les méthodes d'exploitation appliquées sur la carrière de Djebel Oum Settas. Pour cela le thème de ce travail est intitulé : Impact de l'extraction de carbonate de calcium dans la carrière géante d'Ibn Badis.

Dans l'Est de l'Algérie des substances utiles (tels que ; les agrégats, les argiles ou les Calcaires ...) sont extraits "à ciel ouvert". Les méthodes d'extraction de ces substances sont différentes : l'utilisation des explosifs, sciage par câble diamanté et autres. La poussière produite à cause de ces modes d'exploitation a un impact sur l'environnement.

Notre travail de recherche se propose de faire une mise au point sur l'exploitation de cette carrière et les problèmes posés à l'environnement.

Ce manuscrit mémoire s'articule autour de quatre chapitres :

Dans le premier chapitre on a invoqué les caractères et la situation géographique, le cadre géologique, le climat, les conditions hydrographiques et la végétation du secteur d'étude, on a aussi évoqué l'origine des carbonates de calcium, l'état naturel de ces derniers ainsi que leurs données physico-chimique.

Le second chapitre se caractérise par la définition de la notion d'une carrière, différents types de carrières, les paramètres techniques de l'exploitation d'une carrière, l'exploitation à ciel ouvert ainsi que ses étapes et ses méthodes. Nous avons montré également les caractéristiques de l'extraction de CaCO_3 dans la carrière d'Ibn Badis.

Dans le troisième chapitre, nous nous sommes intéressés aux différents impacts de la poussière sur l'eau, l'air, le sol, l'agriculture, la faune, la flore, la santé humaine et l'impact socioéconomique lors de l'exploitation à ciel ouvert des carrières sur l'environnement avoisinant et l'utilisation de la phytoremédiation pour diminuer la salinisation des sols.

Dans le dernier chapitre nous avons proposés la solution des briques en plastique pour la prévention de la pollution par les poussières dans le cadre du développement durable.

Se manuscrit se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Introduction

Les roches calcaires sont utilisées depuis des siècles comme matériaux de construction. L'objectif de ce chapitre concerne l'origine des carbonates de calcium, l'état naturel de ces derniers ainsi que leurs données physico-chimique, ainsi que la situation géographique d'Ibn Badis, son climat, son relief, son hydrographie.....et aussi celle de djebel Oum Settas.

2. Situation géographique de la zone d'étude

Avant appelée El Haria, Ibn Badis est une commune de la wilaya de Constantine comprise entre 36° 19' 01" et 36° 31' 73" latitude Nord et 6° 49' 28" et 6° 50' 45" longitude. Elle s'étend sur une superficie de 310,42km², c'est la plus grande municipalité en termes de surface.

Traversée dans sa partie Sud-Ouest par la RN 20, elle dispose de liaisons routières communales et compte actuellement une :

- population: d'environ 20 000 habitants (selon le recensement 2008)
- superficie agricole: 10050 hectares
- zone pastorale: 12.000 hectares
- densité : 60 hab. /km²
- altitude : Min. 791 m — Max. 1325 m
- superficie forestière: 4799 hectares

La commune d'Ibn Badis est limitée par :

- au Sud-Est par la commune d'Ain Abid
- au Sud-Ouest par la commune d'Ouled Rahmoune
- à l'Ouest par les communes de Constantine et d'El Khroub

- au Nord-Ouest par la commune de Zighoud Youcef
- au Nord-Est par la commune de d'Ouled Hababa
- à l'Est par la commune de Bordj Sabat

Outre les quatre autres communes: Constantine, El Khroub, Ain Abid et Ouled Rahmoun, El Haria partage ses frontières avec la wilaya de Skikda par Ouled Hbaba et la wilaya de Guelma par Bordj Sabate. La figure 1.1 montre la situation géographique de la commune d'Ibn Badis (El Haria)

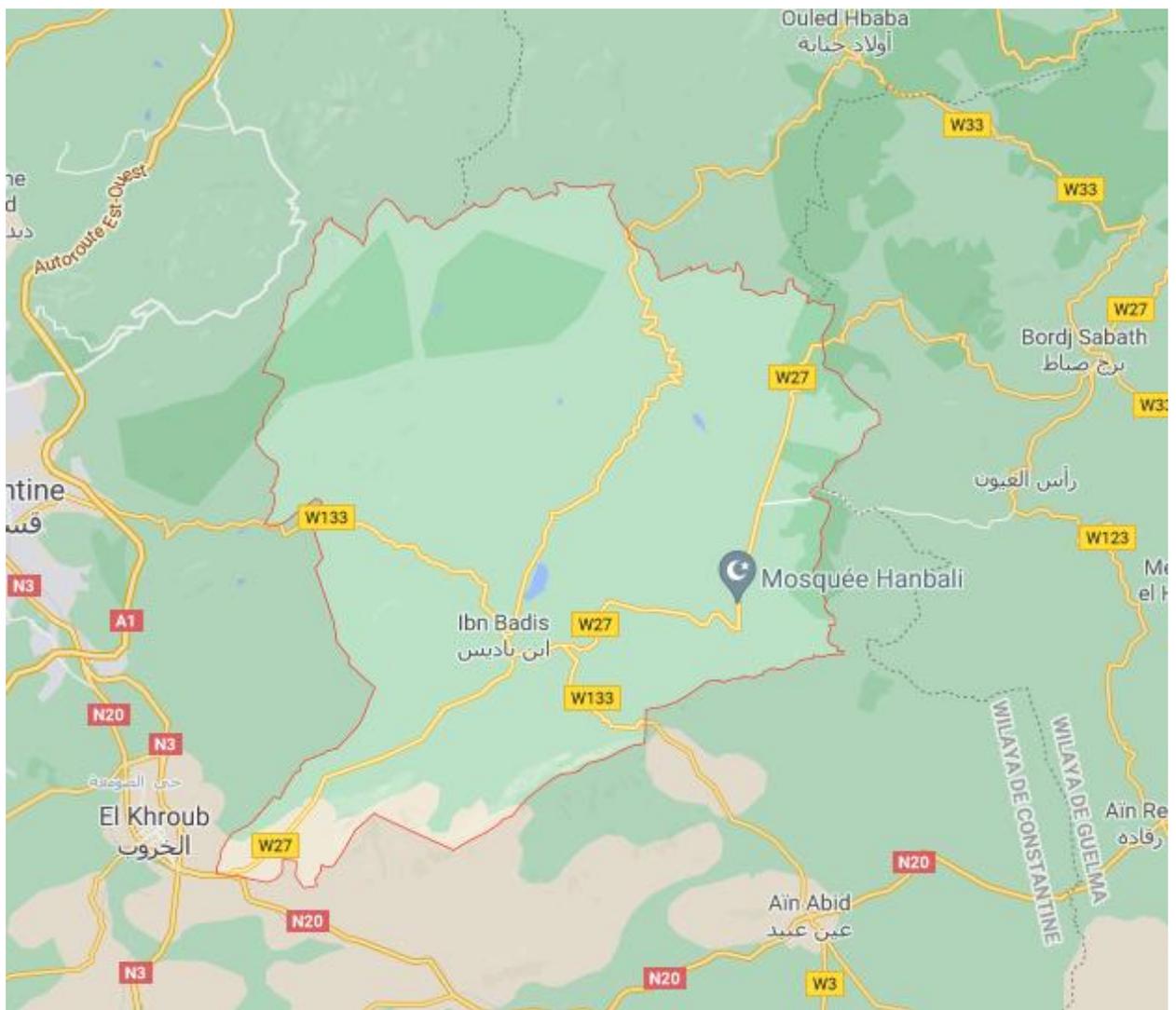


Figure 1.1 : Situation géographique de la commune d'Ibn Badis : El Haria (googlemap)

3. Climat

Ibn Badis est dominée par 2 étages bioclimatiques : au Nord l'étage subhumide à hiver frais et au Sud l'étage semi-aride à hiver également frais.

Les minimas de températures sont comprise de 1°C jusqu'à 3°C et les maximas peuvent atteindre 46°C en été.

Les précipitations sont de l'ordre de 1000mm à l'extrême Nord et varient entre 480mm et 650mm au Sud

4. Relief

La région d'El Khroub, Ain Abid et Ibn Badis se compose d'un ensemble montagneux, où on trouve:

- Djebel Oum Settas : d'une altitude de 1325m de structure anticlinale.
- Djebel Mazela : atteint 1040 m d'altitude et il appartient au massif d'Oum Settas.
- Djebel El Aria : à une altitude de 977 m.

Ibn Badis abrite des reliefs montagneux importants, accidentés et intensivement marqués par des gorges et flexures de pentes. La figure 1.2 représente la carte topographique (altitude, relief) d'Ibn Badis

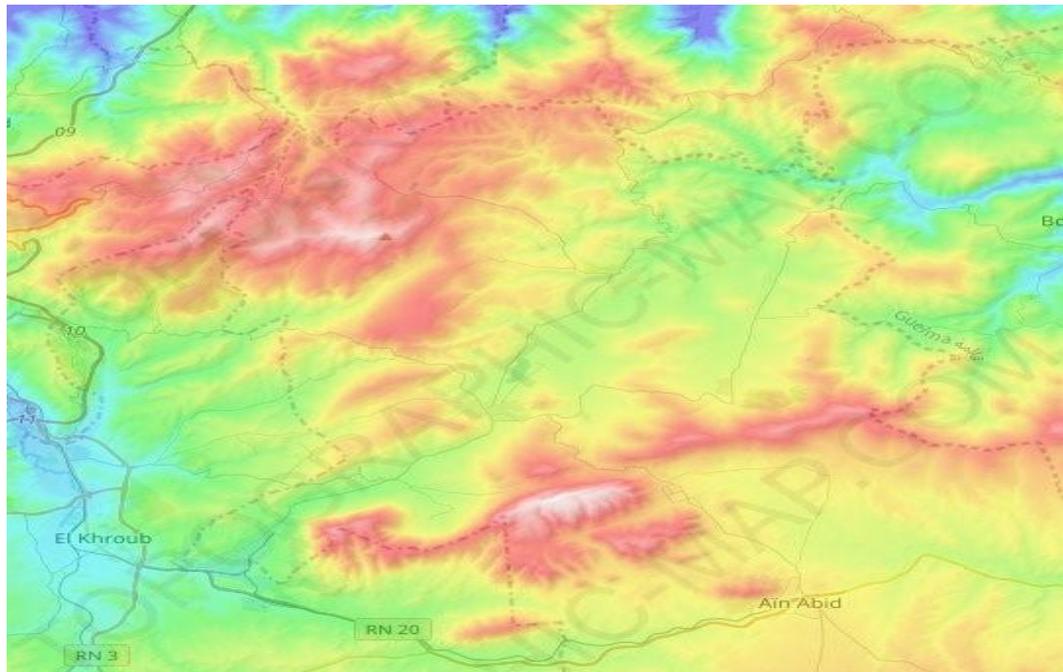


Figure 1.2 : Carte topographique (altitude, relief) d'Ibn Badis (topographic-map.com)

5. Conditions hydrographiques

Le réseau hydrographique principal est assuré par un oued permanent, oued El Haria, les chaabas qui composent les affluents de cet oued coulent du Sud-Ouest vers le Nord-Est. La commune d'Ibn Badis est divisée en deux sous bassins versants. Sa partie Ouest appartient au bassin versant Kebir Rhumel, et sa partie Est au bassin versant de la Seybous. La figure 1.3 représente le réseau hydrographique de la région Ibn Badis.

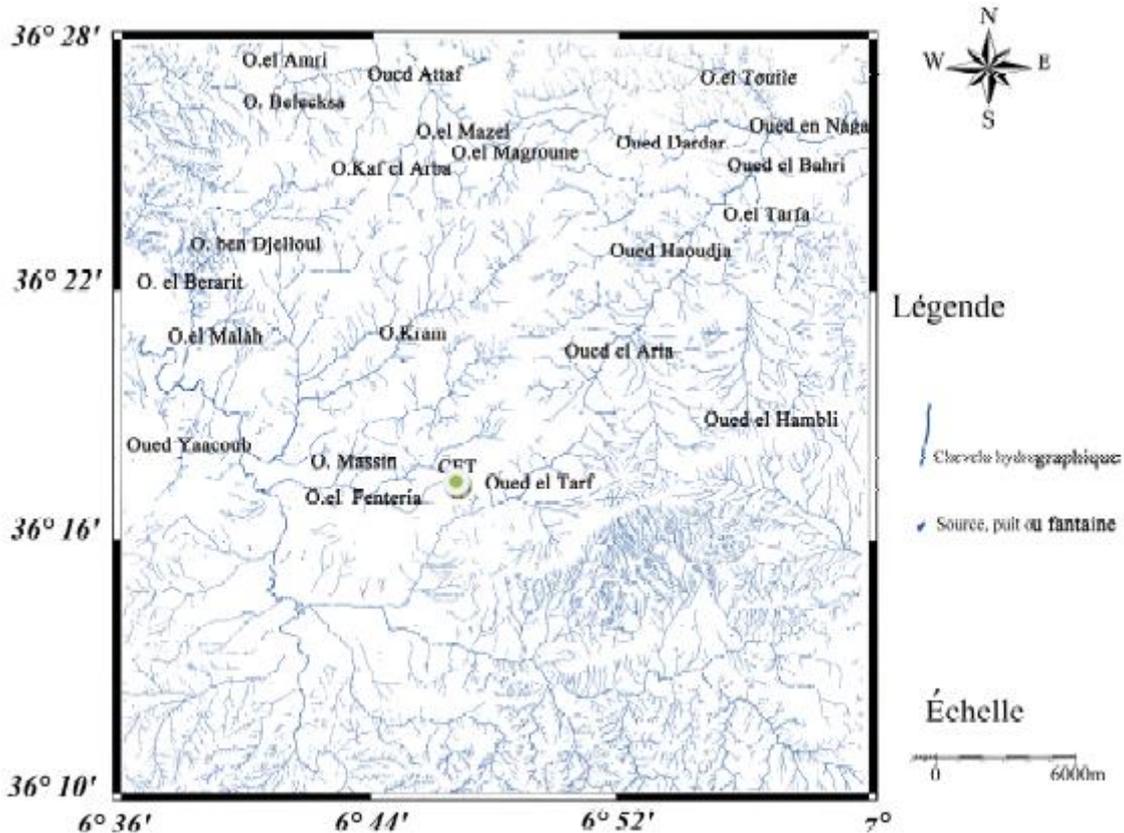


Figure 1.3 : Le réseau hydrographique de la région Ibn Badis (BENDJABALLAH Rafika, 2013)

6. Type de sol

Les sols de la commune d'Ibn Badis sont de type calcaire et sont composés de carbonates de calcium, poussiéreux et recouvert de tapis cailloutis. Lorsqu'il pleut, le sol calcaire concentre l'eau et peut s'avérer collant et boueux. Des plantes vivaces, bulbes et aromatiques, s'épanouissent dans ce type de sol.

7. Cadre géologique

Afin de mieux comprendre l'histoire géologique de la zone d'étude, il semble important de la replacer dans l'environnement géologique régional, c'est-à-dire dans le cadre de la chaîne côtière d'Afrique du Nord ou Maghrébide (Walter WILDI, 1983).

La chaîne alpine (Maghrébides) au nord de l'Algérie est subdivisée en trois grandes régions paléogéographiques (Saliha BELABBAS, 2012) :

- domaine interne
- zone de flyschs
- domaine externe

La partie de la chaîne de montagnes directement adjacente à l'avant-pays dans laquelle nous avons identifié des terrains qui se déforment seulement sans détérioration est appelée la zone externe. Au contraire, les zones internes sont affectées par le métamorphisme des montagnes.

La région méditerranéenne distingue trois zones de contact :

- point de contact de base méditerranée-Afrique : entre Sousse et Port-Saïd, la couverture est stable et s'enfonce vers le Nord.
- le contact entre la mer méditerranée et la ceinture plissée alpine : côte Est de la Tunisie, côte du levant, de Port-Saïd à Alexandrie et Provence.
- contact chaîne méditerranée-alpine : Bettique et Maghrebides, Pyrénées, Apennins, Alpes occidentales et Corse au Sud des montagnes, assortiment dinariques et chaîne Taurique (Issam ABACHA, 2009).

La région de Constantine fait partie de la région externe du Maghrebides. Les montagnes du Maghrebides constituent une zone exotique caractérisée par des aquifères charriés principalement situés dans la vergence Sud et formés dans l'étage tectonique alpin. Les Maghrebides s'étendent de Rif à la Sicile, en passant par l'Algérie et la Tunisie (AUBOUIN et Durand DELGA, 1971).

La géologie de cette zone est relativement compliquée, et la topographie est très accidentée. La lithologie est meuble et détritique, liée à des structures et modes de microstructure importants, et il est très instable sous l'influence de nombreux facteurs. La structure tectonique de cette zone est dominée par une superposition en alluvions (DEROUICHE Ali, 2008). La figure 1.4 représente la situation des principales régions et structures géologiques en méditerranée.

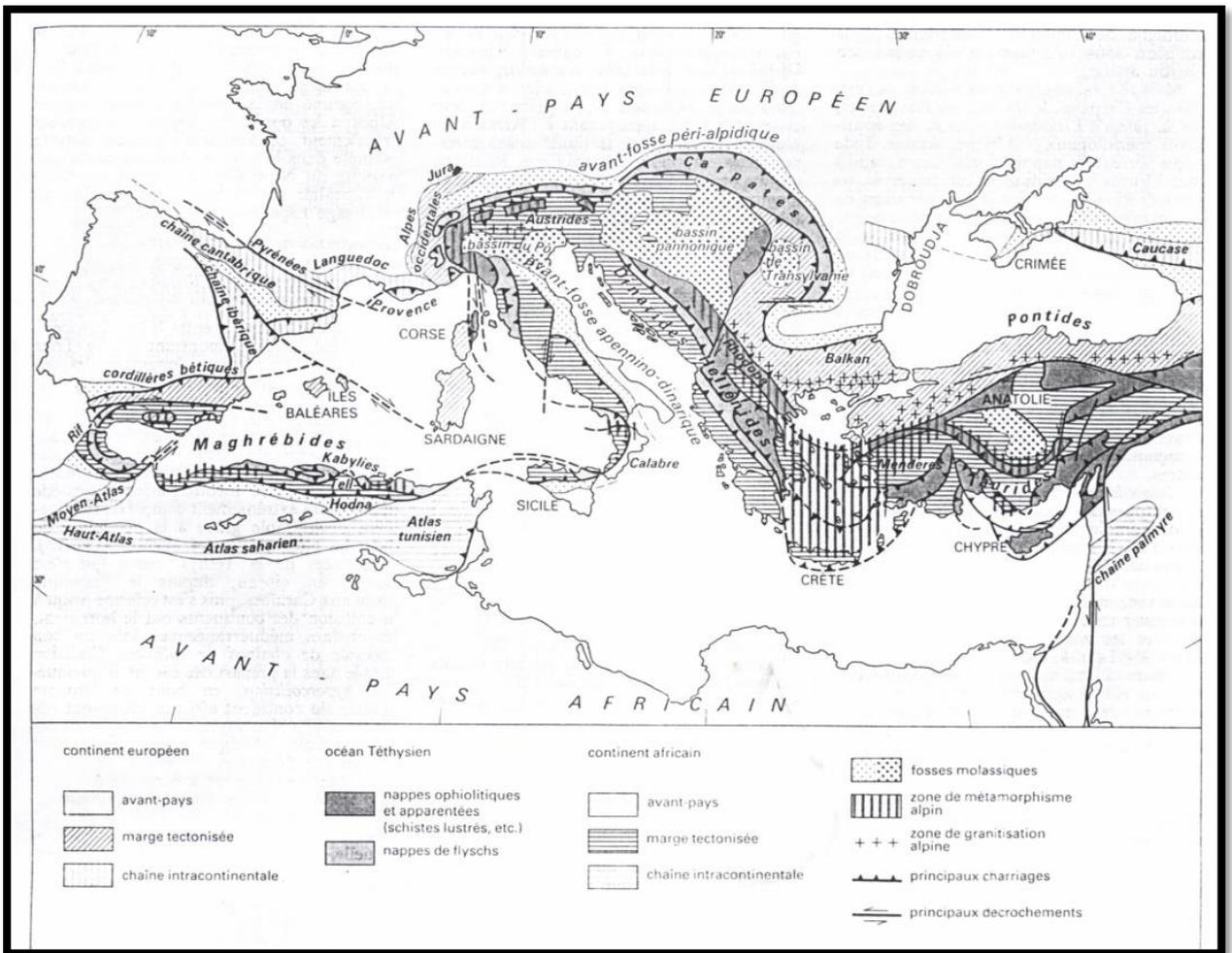


Figure 1.4 : Situation des principales régions et structures géologiques en méditerranée (JEAN AUBOUIN)

8. Situation géographique de la zone d'étude (Carrière géante d'Ibn Badis)

La wilaya de Constantine offre un vaste éventail d'opportunités d'investissement pour l'industrie minière, d'importants gisements de roches diverses sont répertoriés dans toutes les communes de la wilaya tels que l'argile, le calcaire, le gypse, le marbre ...etc.

Parmi ces carrières on a celle de Ain Smara, celle d'El Khroub, celle d'Ain Abid, celle d'Ibn Badis...

Le terrain d'étude (carrière géante d'El Khroub) se situe à une dizaine de kilomètres au Sud-Est de la ville de Constantine (à vol d'oiseaux) et entre 6 à 8 Km de la daïra d'El Khroub (BOUHARA Mohamed Amine et BOUZIANE Fatima, 2016).

Les coordonnées Lambert au centre du gisement sont : X= 866.100, Y=334.960 et Z=780.

9. Situation géographique du Djebel Oum Settas

L'allongement de la chaîne alpine orientale s'étend de l'Ouest à l'Est Algérien et traverse Constantine : on distingue dans la zone externe Djebel d'Oum Settas situé à environ 10 Km d'El Khroub et à 30Km au Sud-Est de la ville de Constantine, non loin de la RN 20 menant d'El Khroub – Ain Abid à Oued Zenati et à 6Km environ au Nord-Ouest du village de Bounouara – commune Ouled Rahmoune (NEGGAR Charaf Eddine, 2017).

C'est un massif montagneux allongé sensiblement Est-Ouest, où le sommet peut dépasser les 1300m d'altitude (ENG, 2017). La figure 1.5 représente des photos du Djebel Oum Settas.



Figure 1.5 : Des photos du Djebel Oum Settas (**RANDONNÉE À OUM SETTAS**)

10. Couvert végétal

Aux alentours du massif Oum Settas on aperçoit quelques jardins clôturés avec des arbres fruitiers, on trouve aussi au piémont de la montagne des fleurs, des plantes vivaces et une végétation ligneuse d'où on distingue le *Quercus ilex* (chêne vert) en association avec *Crataegus* (l'aubépine), c'est un plateau dominé par des plantes annuelles (figure 1.6).



Figure 1.6 : Des images des espèces *Quercus ilex* (chêne vert) (gerbeaud.com) et *Crataegus* (arbre aubépin) (detentejardin.com).

11. L'agriculture

La région d'El Khroub est connue par les cultures extensives : huit variétés de blé dur et blé tendre emblavent les sols de la région. On distingue aussi quelques jardins avec des arbres fruitiers. La figure 1.7 montre la récolte du blé dans la région d'El Khroub.



Figure 1.7 : La récolte du blé dans la région d'El Khroub (jeune-independant.net)

12. Carbonate de calcium

Le carbonate de calcium est présent naturellement dans le calcaire, la craie, le marbre....etc. Lorsque l'on souhaite obtenir une grande pureté, il est possible de faire une précipitation du lait de chaux à l'aide de dioxyde de carbone. Il est principalement utilisé en construction comme granulats et matière première de fabrication du ciment et de la chaux. Il est également une source de dioxyde de carbone et est employé en sidérurgie, comme amendement agricole, charge de papiers... (L'élémentarium.fr). La figure 1.8 montre des pierres de carbonates de calcium



Figure 1.8: Des pierres de carbonates de calcium (algotml.com).

12.1. Principaux synonymes

Le Tableau 1.1 représente les principaux synonymes de carbonates de calcium.

Nom en Français	Nom en anglais
Acide carbonique, sel de calcium	Carbonicacid, calcium salt
Carbonate de calcium précipité	Calcium carbonate precipitated
Carbonate monocalcique	Monocalcium carbonate
Carbonate de chaux précipité	Precipitated calcium carbonate

Tableau 1.1 : Les principaux synonymes de carbonates de calcium (reptox.cnesst.gouv.qc.ca)

12.1.1 Données physico-chimiques

a. Données atomiques

Le Tableau 1.2 représente les données atomiques de CaCO₃.

Formule	CaCO ₃
Masse molaire	100,09 g.mol ⁻¹
Densité	2,83 g/ml à 20 °C
Calcite (forme bêta)	Structure hexagonale de paramètres a = 0,499 nm et c = 1,706 nm
Aragonite (forme lambda)	Orthorhombique, de paramètres a = 0,496 nm, b = 0,797 nm, C = 0,574 nm. Se transforme en calcite à 520°C
Vatérite (forme mu)	Hexagonale, de paramètres a = 0,713 nm et c = 0,852 nm

Tableau 1.2 : Les données atomiques de CaCO₃ (L'élémentarium.fr)

b. Données physiques

Le Tableau 1.3 représente les données physiques de CaCO₃.

Masse volumique	- calcite: 2,711 g.cm-3 - aragonite: 2,93 g.cm-3 - Vatérite : 2,54 g.cm-3
Dureté	- Calcite : 3,00 - Aragonite : 3,5 à 4 - Vatérite : 2,54
Température de fusion	Décomposition à 825°C
Solubilité dans l'eau	À 25°C : 0,0013 g/100 g d'eau

Tableau 1.3 : Données physiques de CaCO₃ (L'élémentarium.fr)

c. Données chimiques

Le Tableau 1.4 représente les données chimiques de CaCO₃.

pKa : CO₂aq/HCO₃⁻	6,35
pKa : HCO₃⁻/CO₃²⁻	10,3
pKs : CaCO₃	8,5

Tableau 1.4 : Données chimiques de CaCO₃ (L'élémentarium.fr)

d. Données thermodynamiques**- Carbonate de calcium (calcite)**

Le tableau 1.5 montre les données thermodynamiques de la calcite

Composé	$\Delta_f H^\circ$ (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), S_m° (en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$) et C_p° (en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$)
Enthalpie molaire standard de formation à 298,15 K	-1 207,4 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Enthalpie libre molaire standard de formation à 298,15 K	-1 129,3 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Entropie molaire standard à 298,15 K	$S^\circ = 92,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Capacité thermique molaire sous pression constante à 298,15 K	$C_p^\circ = 81,9 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Tableau 1.5 : Données thermodynamiques de la calcite (L'élémentarium.fr)

- Carbonate de calcium (aragonite)

Le tableau 1.6 montre les données thermodynamiques de l'aragonite

Composé	$\Delta_f H^\circ$ (en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), S_m° (en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$) et C_p° (en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$)
Enthalpie molaire standard de formation à 298,15 K	-1 207,6 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Enthalpie libre molaire standard de formation à 298,15 K	-1 128,2 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Entropie molaire standard à 298,15 K	$S^\circ = 88,7 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Capacité thermique molaire sous pression constante à 298,15 K	$C_p^\circ = 81,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Tableau 1.6 : Données thermodynamiques de l'aragonite (L'élémentarium.fr)

e. Données industrielles

e.1. Etat naturel

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 4 % en carbonate de calcium. L'élément calcium est surtout présent dans la nature associé aux ions carbonates pour donner du carbonate de calcium, CaCO_3 , principalement sous forme de calcite ou d'aragonite, dans des roches calcaires qui par définition contiennent plus de 50 % de CaCO_3 (L'élémentarium.fr).

Les principaux autres composés naturels du calcium : sulfate de calcium (gypse) principalement utilisé dans la fabrication du plâtre, phosphate de calcium principalement utilisé par l'industrie des engrais (L'élémentarium.fr).

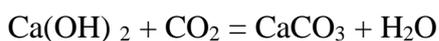
Le carbonate de calcium est ajouté dans de nombreux produits d'utilisation courante sans être un ingrédient actif. C'est un produit de remplissage entrant dans la fabrication de peintures, dentifrices, céramiques, mastic, pâte à polir, insecticides, encres, poli à chaussures, papiers, adhésifs, allumettes, crayons, linoléum, composés d'isolants, tiges à souder et dans la fabrication de plastiques et de caoutchouc synthétique (L'élémentarium.fr).

Il est aussi ajouté dans de nombreux produits destinés à être ingérés (L'élémentarium.fr) :

- produits alimentaires (pour enlever l'acidité des aliments et des préparations commerciales).
- produits pharmaceutiques (antiacides, supplément de calcium).
- antibiotiques.

e.2. Carbonate de calcium de qualité chimique

- **Carbonate de calcium précipité (PCC)** : le CaCO_3 est également un produit synthétiquement en quantité nettement moins importante que les exploitations de calcaire, par précipitation de lait de chaux purifié à l'aide de CO_2 selon la réaction (L'élémentarium.fr) :



Le lait de chaux et le dioxyde de carbone sont obtenus à partir de carbonate de calcium naturel (L'élémentarium.fr). Il peut être également produit à partir de lait de chaux et de carbonate de sodium naturel dans des pays, comme les États-Unis, qui possèdent de tels gisements. Dans ce dernier cas, de l'hydroxyde de sodium est coproduit selon la réaction suivante (L'élémentarium.fr) :



Le produit obtenu, plus pur que le produit naturel est principalement utilisé dans l'industrie papetière comme charge blanche des papiers et matériau de couchage (L'élémentarium.fr).

- **Carbonate de calcium naturel finement broyé (GCC)** : le carbonate de calcium précipité est concurrencé par le calcaire pur finement broyé (GCC), ses principales utilisations concernent, en Europe de l'Ouest, l'industrie papetière où les papiers contiennent jusqu'à 28 % de charge blanche (L'élémentarium.fr).

e.3. Utilisations des carbonates de calcium

La principale utilisation du calcaire est la construction.

Aux États-Unis, en 2014, le calcaire a été utilisé à 75 % comme granulats en construction, 14 % pour la fabrication du ciment, 9 % dans celle de la chaux, 2 % comme amendement agricole, 2 % dans la désulfuration de fumes (L'élémentarium.fr).

- Utilisations particulières:

- source de CO₂ : par exemple dans la fabrication de Na₂CO₃ selon le procédé Solvay. Le carbonate de sodium est utilisé, en particulier, dans l'industrie verrière (L'élémentarium.fr).
- sidérurgie : CaCO₃, appelé castine est ajouté, comme fondant, au minerai et au coke dans le gueulard du haut fourneau, afin de faciliter la fluidité du laitier, par formation de silicates ou silicoaluminates de calcium (L'élémentarium.fr).
- amendement agricole : sous forme de CaCO₃ (apport compté en CaO) permet d'apporter les ions Ca²⁺ consommés par les récoltes (50 kg de CaO par hectare de blé, 300 kg/ha de luzerne), de diminuer l'acidité des sols (pour augmenter le pH de 0,5 unité, il faut apporter, pour une terre sableuse de 800 à 2 000 kg de CaCO₃/ha) et d'améliorer le travail du sol (L'élémentarium.fr).
- désulfuration : introduit, finement broyé, avec le charbon lors de sa combustion dans des centrales thermiques permet d'éliminer jusqu'à 95 % du soufre qui serait émis sous forme de SO₂ (L'élémentarium.fr).
- charge et produit de couchage des papiers à l'aide de carbonate de calcium précipité (PCC) ou naturel, finement broyé (GCC). Dans cette application, le carbonate de calcium est en concurrence avec le kaolin, le talc, le dioxyde de titane (L'élémentarium.fr).

- pigment blanc pour peintures, matières plastiques, caoutchoucs, films, joints et adhésifs (L'élémentarium.fr).
- dans des fluides de forage (L'élémentarium.fr).
- la dolomie est utilisée comme matériau réfractaire dans la construction de fours après chauffage vers 1400°C comme revêtement basique de poches d'affinage en sidérurgie et sous forme de briques réfractaires de dolomie frittée par chauffage à 1900-2000°C (L'élémentarium.fr).

12.2. Origine des roches calcaires

On pense que les roches calcaires existent depuis plus de 3 milliards d'années, ce qui correspond à l'ère précambrienne. Les mers peu profondes de l'époque fournissaient un terrain idéal pour la formation du carbonate de calcium : débutant sa genèse sous eau, il résulte de l'accumulation de dépôts biologiques (lhoist.com).

L'accumulation biologique de carbonate de calcium se produit dans une eau (de mer de préférence) comprise entre 25 et 30 C° contenant des coraux, des algues et des coquillages. Les eaux ne doivent pas être trop profondes pour permettre aux organismes de profiter des rayons solaires. Les mers tropicales peu profondes répondent à ces critères (lhoist.com).

Les ouragans, les forts courants ainsi que les vagues détruisent les coraux, les algues et les coquillages en les pulvérisant naturellement. Le sable qui en résulte se dépose sur les fonds marins et se déplace selon un axe horizontal au fil du temps. Il faut attendre des milliers d'années, voire plusieurs millions d'années, pour obtenir une roche calcaire à partir de ces dépôts.

En effet, ils doivent se compacter et se cimenter sous l'effet de la pression exercée par les couches successives de dépôts qui les recouvrent au fil du temps (lhoist.com).

13. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit de façon générale la situation géographique de la commune d'Ibn Badis : climat, relief, type de sol, conditions hydrographiques, couvert végétal et l'agriculture pratiquée dans cette municipalité.

Nous avons aussi parlé de la carrière et de la zone d'étude Djebel Oum Settas d'où on extrait le carbonate de calcium en citant son origine et en indiquant ses différentes données. Le CaCO₃ est présent naturellement dans le calcaire, la craie, le marbre...etc.

On conclut donc qu'en faisant le rapprochement sols calcaire-carbonates de calcium dans la carrière géante d'Ibn Badis, il y a des roches calcaires utilisés et transformés industriellement.

Chapitre II

Chapitre II

Extraction des carbonates de calcium

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la notion et les différents types de carrières (à roches massives, à roches meubles et à pierres de tailles) ainsi que les méthodes d'exploitation et d'extraction de carbonate de calcium à ciel ouvert. Nous avons montré également les caractéristiques de l'extraction de CaCO_3 dans la carrière d'Ibn Badis.

2. Qu'est-ce qu'une carrière ?

Le mot carrière vient du latin *quadrus* qui signifie 'Pierre taillée', c'est un lieu d'où sont extraits des matériaux de construction tels que la pierre et le sable du sol. La figure 2.1 représente un exemple d'une carrière.

La technique d'extraction varie selon la résistance de la roche et la finalité de l'exploitation de cette dernière.



Figure 2.1 : Exemple d'une carrière (futura-sciences.com).

3. Les différents types de carrières

Les carrières sont généralement réparties en trois catégories :

a- Les carrières de roches massives

Les carrières de roches massives correspondent à l'exploitation de matériaux de plusieurs origines :

- les matériaux sédimentaires consolidés : calcaire ou grès principalement dans les bassins parisien ou aquitain et dans les régions montagneuses (Thierry PIGEON, 2021).
- les matériaux métamorphiques : quartzites, gneiss principalement dans les massifs montagneux comme les Vosges, le massif armoricain, le massif central, Esterel ou la Corse (Thierry PIGEON, 2021).
- les matériaux éruptifs : roches plutoniques comme les granites, diorites, micro-diorites et roches volcaniques comme les rhyolites et trapp principalement exploitées dans les massifs montagneux anciens (Thierry PIGEON, 2021). En Algérie, sa correspond aux fractions calcaires de la chaîne tellienne (Djebel Oum Settas, Kef N'cer et Djebel Gueriounne). La figure 2.2 représente une carrière à roches massives.



Figure 2.2: Une carrière à roches massives (granulats-vicat.fr).

b- Les carrières de roches meubles

Les carrières de roches meubles sont situées dans les vallées fluviales, et correspondent à l'exploitation de matériaux sédimentaires détritiques non consolidés, parmi ces derniers nous avons notamment (Thierry PIGEON, 2021):

- les matériaux alluvionnaires des rivières et des fleuves : granulats siliceux ou silicocalcaires, exemple : Oued Kebir Rhumel
- les matériaux détritiques anciens, comme les sables pliocènes ainsi que les arènes granitiques, exemple : ancienne plage à Strombes (Guerbez, El Kala, vallée de Collo)
- les matériaux sableux des plages et dunes littorales qui, eux sont sévèrement exploités en Algérie.

La figure 2.3 représente des roches meubles.

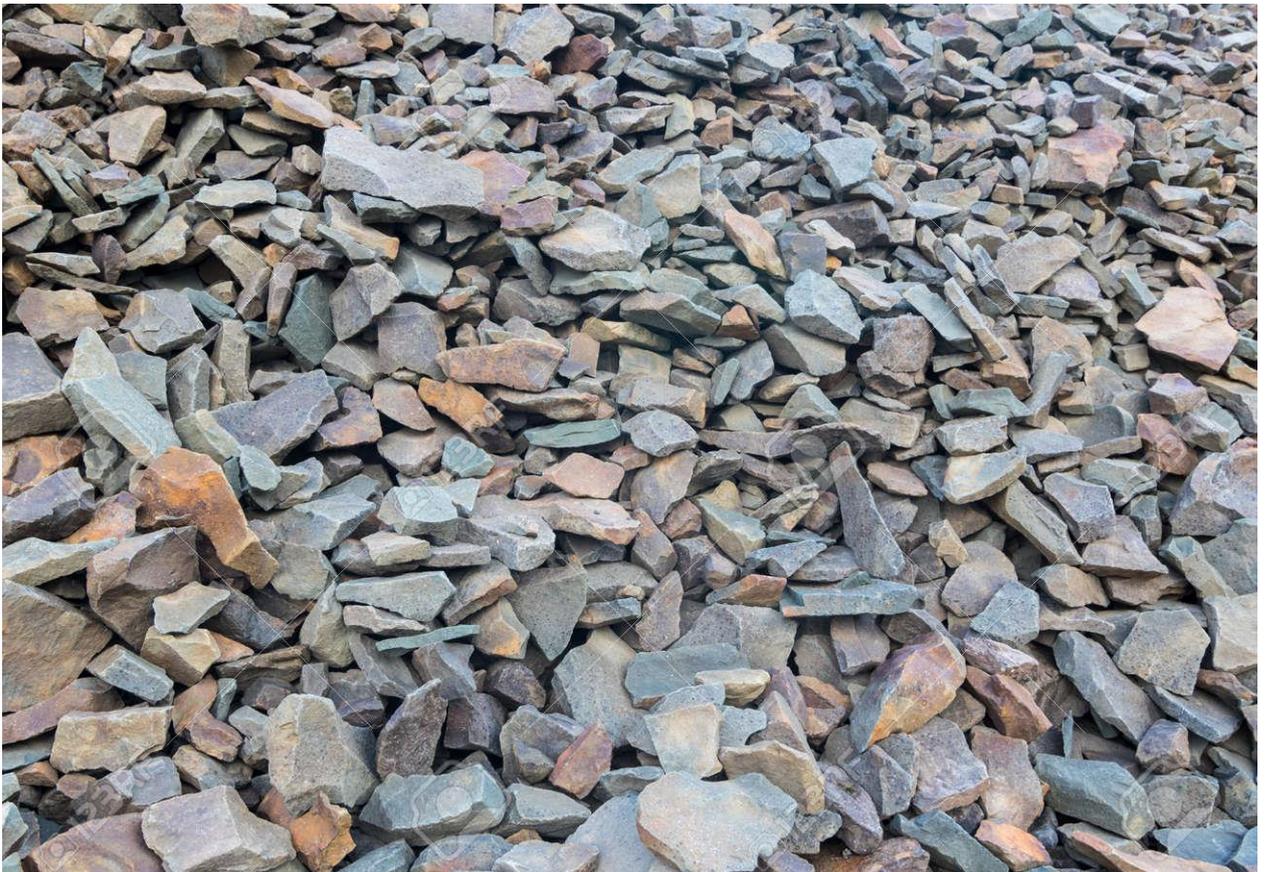


Figure 2.3 : Roches meubles (fr.123rf.com).

c- Les carrières de pierre de taille

Les carrières de pierre de taille rassemblent l'exploitation de matériaux de deux sources qui sont destinées à la production de blocs pour la fabrication de produits funéraires, des routes ou des décorations (Thierry PIGEON, 2021):

- les matériaux éruptifs (granite)
- les matériaux métamorphiques (marbres)

La figure 2.4 représente une carrière de pierre de taille.



Figure 2.4 : Carrière de pierre de taille (carrieresdevayolles.fr).

4. Les caractéristiques de la carrière ENG (selon l'ENG)

Située à 8Km au Sud d'El Khroub et à 12Km de Constantine, la carrière d'ENG est appelé «carrière géante » dû à sa taille immense qui s'étale sur une superficie de 174 Hectares et qui est mise en exploitation dans la fin des années 70 (1979).

Cette carrière est exploitée avec une méthode d'exploitation à ciel ouvert par rapport à la morphologie du gisement (NEGGAR Charaf Eddine, 2017). La figure 2.5 représente une carrière géante d'Ibn Badis.



Figure 2.5: Carrière géante d'Ibn Badis (eng.dz).

5. Carrière à ciel ouvert

Une carrière à ciel ouvert est exploitée à partir du flanc de la colline ou dans une fosse, on va donc en profondeur et en largeur. On progresse horizontalement dans le matériau ce qui constitue des gradins sur le front de la masse exploitée. Un gradin fait entre 10 à 20 mètres de hauteur, est sur une pente maximum de 80 degrés et selon le type de terrain. La circulation des moyens de transport d'un gradin à un autre, se fait à travers des banquettes qui sont reliés elles-mêmes par des rampes à plat (BOUAFIA Abdelhamid et HAMZA Benaouda, 2016).

En amont du début d'exploitation d'une carrière, le prorata de stériles ou morts terrains doit comptabiliser être par rapports au volume de matériaux recherchés. Contrairement à l'exploitation souterraine, ce type de carrière peut être exploitée de manière beaucoup plus importante, il n'y a donc pas d'espace semi abandonné ou abandonné en aval de l'exploitation (BOUZIANE Fatima et BOUHARA Mohamed Amine, 2016).

L'exploitation du calcaire est faite à ciel ouvert. Une fois que l'existence de la pierre est vérifiée, l'extraction passe par un processus de séparation du banc et sa division en blocs, exemple : Djebel Oum Settas. La figure 2.6 représente un exemple d'une carrière à ciel ouvert.



Figure 2.6 : Exemple d'une carrière à ciel ouvert (lavoixdunord.fr)

6. Les différents types d'exploitation à ciel ouvert

Le secteur d'exploitation à ciel ouvert englobe toutes les formes d'extraction de matières premières minérales à partir de gisements affleurant. Le gisement est mis à nu par enlèvement des roches de recouvrement ou morts-terrains (déblais) pour permettre la récupération du minerai. Selon les propriétés physiques du matériau brut et les contraintes imposées par la nature du site, il existe différents types d'exploitation de mines à ciel ouvert (BOUAFIA Abdelhamid et HAMZA Benaouda, 2016) :

a- L'extraction à sec

Elle caractérise les substances tendres ou dures. Si les matériaux sont trop durs pour pouvoir être excavés directement, ceux-ci doivent d'abord être abattus. Ils sont ensuite chargés mécaniquement et transportés vers les ateliers de préparation mécanique. Les exploitations de surface pratiquant l'extraction à sec nécessitent des dispositifs d'exhaure évacuant les infiltrations d'eau (ALIUCHE Mohamed, 2008).

b- Le dragage

Il caractérise les gisements alluvionnaires où les matériaux non consolidés sont récupérés par voie mécanique ou hydraulique, puis transportés vers la phase de préparation. L'ensemble de l'équipement du dragage se trouve généralement dans l'eau. Il s'agit souvent d'installations flottantes travaillant sur des cours d'eau ou des lacs artificiels (BOUAFIA Abdelhamid et HAMZA Benaouda, 2016). La figure 2.7 représente un exemple d'une exploitation par le dragage.



Figure 2.7 : Exemple d'une exploitation par le dragage (alamyimages.fr).

c- L'exploitation marine

C'est la récupération de matériaux non consolidés sur le plateau continental, c'est-à-dire à proximité de la côte (gisements alluvionnaires marins), les travaux se font aussi par voie mécanique ou hydraulique et d'autre part les exploitations dans les régions abyssales, où les matériaux sont remontés des fonds marins (BOUZIANE Fatima et BOUHARA Mohamed Amine, 2016).

7. Les méthodes d'exploitation à ciel ouvert

Selon le type de matériau à exploiter, il existe trois méthodes d'extraction ou d'abattage d'une mine à ciel ouvert :

a- Méthode à l'explosif

C'est la méthode la plus usitée, l'abattage en masse de blocs à l'explosif concerne essentiellement les roches dures, elle se fait dans des gradins prédécoupés par des forages sur 10 mètres de paroi au maximum. Dans les forages, on place les explosifs caractérisés par une forte puissance, l'explosion interne développe une pression de gaz pouvant dépasser quelques centaines de milliers de bars (BOUHARA Mohamed Amine et BOUZIANE Fatima 2016).

Lors de l'explosion des charges, les fissures créées par la multiplication des forages se rejoignent facilement et rapidement, induisant ainsi un basculement des blocs. En fait, l'explosif ne fait que révéler les fissures naturelles du massif, s'il est très fissuré, on obtiendra de petits blocs (BOUHARA Mohamed Amine et BOUZIANE Fatima 2016). La figure 2.8 représente un exemple d'une exploitation minière par des explosifs.



Figure 2.8 : Exemple d'une exploitation minière par des explosifs (energiemines.ma).

b- Méthode du sciage par le câble diamanté

La méthode est utilisée pour le découpage de blocs de forme bien définis dans un matériau non fissuré tel que le marbre ou le calcaire dur (les calcaires coralliens). 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 tordus ensemble) et

chaque câble constitutif peut en permanence être rempli de sable par envoi d'eau, le maintenant dans les trous du câble. Par contre, si le matériau est fissuré, l'eau et le sable entrent dans les fractures et la méthode devient alors inefficace (BOUAFIA Abdelhamid et HAMZA Benaouda, 2016). La figure 2.9 représente un exemple de sciage par le câble diamanté.



Figure 2.9 : exemple de sciage par le câble diamanté (snroc.fr).

c- Méthode du ripage

Cette méthode consiste à déplacer, à enlever ce qui gêne à l'aide d'une ripe (griffe ou engin plus puissant). Quant à la lauze, elle enlève les matériaux gênants, travaille 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. Quant aux matériaux tendres, l'abattage (et même le chargement) est fait par une machine telle que (BOUHARA Mohamed Amine et BOUZIANE Fatima 2016) :

- la pelle à godet
- l'excavateur à godet
- la dragline
- la roue –pelle.

La Figure 2.10 représente la méthode du ripage.



Figure 2.10 : La méthode du ripage (prolongement-a16.sanef.com).

8. L'extraction de carbonate de calcium

La production des carbonates de calcium dans la carrière géante d'Ibn Badis se déroule suivant cinq étapes principales (UNICEM) :

- le décapage des niveaux non exploitables
- l'extraction
- le transfert sur les lieux de traitement
- le traitement des granulats pour obtenir des produits finis
- le stockage et la livraison.

a- Le décapage (découverte)

Découvrir la carrière c'est retirer les terrains situés en surface pour mettre à nu les niveaux à exploiter. On retire ainsi la terre végétale, les roches plus ou moins altérées et les niveaux stériles. Ces matériaux de découverte seront alors stockés séparément afin de pouvoir être utilisés ultérieurement dans le réaménagement de la carrière (UNICEM).

b- L'exploitation

Dans la carrière géante d'Ibn Badis, l'extraction des roches calcaires nécessite l'emploi d'explosifs. Après forage de trous, les tirs de mines provoquent l'abattage d'une grande quantité de matériaux éclatés. Les éclats de roches (éléments couramment de plusieurs dizaines de centimètres) sont ensuite chargés et transportés vers le centre de traitement.

Le tir est placé sous la responsabilité d'un professionnel spécialisé : le boutefeu. Il prépare le plan de tir, et programme notamment un léger décalage entre les explosions afin de réduire la nuisance du bruit et des vibrations pour les habitants vivant à proximité de la carrière (UNICEM).

c- Le transfert

Le transfert des roches calcaires entre le lieu d'extraction et le lieu de traitement peut se faire en deux manières (UNICEM) :

- en continu, à l'aide de transporteurs à bandes, la disposition des unités de bandes transporteuses est modifiée selon la progression de l'exploitation.
- en discontinu, par des camions et dumpers pour les extractions terrestres et par bateaux ou barges dans le cas des exploitations immergées trop loin des rives.

d- Le traitement

Une fois les roches calcaires extraites et transférées vers les lieux du traitement, les installations de traitement se font en plusieurs postes de fabrication (UNICEM):

- la fragmentation (concassage)
- le classement (criblage) des matériaux
- les dispositifs de manutention (engins sur pneu et bandes transporteuses)

Des stockages intermédiaires soit en trémies, soit en tas au sol avec reprise par extracteurs en souterrain ou par engins mobiles, assurent l'indépendance fonctionnelle des postes de fabrication.

Ces installations de traitement sont le plus souvent situées sur le site de la carrière. Il arrive cependant qu'elles se trouvent ailleurs que sur le site d'extraction des granulats (UNICEM).

d.1. Concassage et broyage

Opération essentielle du traitement des roches extraites pour la production de granulats, le concassage consiste à réduire la taille des morceaux de roche. Il permet d'obtenir (UNICEM) :

- lors d'une première étape par un concassage, dit primaire, des matériaux relativement grossiers
- lors d'étapes suivantes, dites secondaire puis tertiaire, des matériaux de plus en plus fins.

Les blocs de roches massives issus des tirs de mines subissent jusqu'à trois phases de concassage et de broyage avant d'obtenir les dimensions de granulats recherchées.

Dans certains gisements de roches meubles, les sables très grossiers (galets, gros graviers) peuvent également subir une phase de concassage (UNICEM).

Le concassage et le broyage sont des opérations mécaniques réalisées à partir d'appareils communément appelés concasseurs. Il en existe différents types que l'on choisit en fonction de la granulométrie d'entrée, de la charge circulante et du débit de sortie (UNICEM).

d.2. Le criblage (tamisage)

Le criblage est une étape du procès que l'on rencontre dans le traitement de tous les gisements (roches massives et roches meubles) destinés à la production de granulats.

Le criblage ou tamisage est l'opération qui permet de sélectionner les grains et de séparer un ensemble de grains en au moins deux sous-ensembles de granulométries différentes, le crible ne laissant passer dans ses mailles que les éléments inférieurs à une certaine taille (UNICEM).

Le criblage a 2 vocations dans la chaîne de production (UNICEM):

- une vocation technique : orienter les granulats, en fonction de leur taille, soit vers des unités de broyage, soit vers un poste de criblage final
- une vocation dite de classement : trier les granulats suivant des spécifications dimensionnelles données (criblage final). Ainsi, par une succession de criblages, on peut trier les grains et obtenir des granulats de tous les calibres souhaités.

Le criblage est une opération mécanique réalisée à partir d'appareils communément appelés cribles. Ils sont équipés de grilles perforées avec des ouvertures de taille déterminée en fonction de la dimension des grains recherchée.

Les cribles peuvent être constitués d'une seule grille permettant le classement en deux sous-ensembles ou de plusieurs grilles permettant le tri en plusieurs ensembles de matériaux aux dimensions recherchées (UNICEM).

d.3. Le lavage

Le lavage a pour but d'éliminer les fines polluantes agglomérées entre elles ou collées à la surface des produits finis.

Le lavage est utilisé dans le traitement de tous les gisements (roches massives, roches meubles,...) destinés à la production de granulats dits « propres », en particulier pour la fabrication de béton. On débourbe, on lave ou on dépoussière pour obtenir des granulats « propres ». Cette propreté est une nécessité industrielle car la présence de boues d'argiles ou de poussières mélangées aux matériaux ou enrobant les grains empêche leur adhérence avec les liants comme le ciment, la chaux, le bitume et le laitier.

On détache, grâce à des moyens mécaniques, hydrauliques ou vibratoires, ces fractions argileuses qui sont collées à la surface des granulats (UNICEM).

e- Stockage et livraison

En fin de traitement, on obtient des produits de qualités qui répondent à des critères de qualité bien précis.

L'exploitant peut aussi réaliser des mélanges avec des proportions précises pour chaque composant, ceci en vue d'utilisations particulières ou pour économiser les gisements.

Une fois réduits, traités et classés, les granulats sont acheminés vers les aires de stockage, soit sous forme de tas individualisés, soit en trémies ou silos. Leur acheminement jusqu'au client peut se faire par camion, par train ou par péniche (UNICEM). La figure 2.11 montre un schéma représentatif sur les étapes d'extraction de CaCO_3 .



Figure 2.11 : Schéma représentatif sur les étapes d'extraction de CaCO_3 (drill-i.com)

9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons montré les différents types de carrières qu'il peut y avoir ainsi que la notion de carrière à ciel ouvert et les étapes de l'exploitation et de l'extraction des carbonates de calcium (Ibn Badis). Mais l'extraction des roches calcaire est-elle vraiment sans risque ?

Chapitre III

Chapitre III

Impact de l'extraction des carbonates de calcium

1. Introduction

Afin de limiter les atteintes portées à l'environnement lors de l'extraction de carbonate de calcium, on parle d'impacts environnementaux potentiels. Il existe plus d'une dizaine de ces effets, affectant principalement la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la qualité du sol, la faune, la flore et la santé humaine.

2. Qu'est-ce qu'un impact ?

Un impact est un fait pour un corps, un projectile venir en frapper un autre, un choc ou un effet produit par quelque chose : contrecoup, influence (Larousse).

3. Qu'est-ce qu'un impact environnemental ?

La notion d'impact environnemental fait référence à tous les changements qualitatifs, quantitatifs et fonctionnels (négatifs ou positifs) de l'environnement produits par un projet ou un procédé, un ou plusieurs organismes et un ou plusieurs produits conçus par celui-ci.

4. Qu'est-ce qu'une étude d'impact ?

L'étude d'impact est une étude qui accompagne tout projet de loi et qui vise notamment à évaluer ses conséquences juridiques, financières, sociales et environnementales (Larousse).

5. Étude d'impact environnemental

Procédure qui vise à prévoir les conséquences d'un aménagement (route, installation industrielle, etc.) sur l'environnement et qui est obligatoire dans certains cas (Larousse).

L'évaluation de l'impact environnemental est le processus qui aux premières étapes de la planification aura une identification et évaluation des risques d'impact environnemental des projets prévus. Elle identifie les mesures qui peuvent être utilisées pour faire face aux impacts environnementaux négatifs est les réduire à des niveaux acceptables à l'avance. Par conséquent, l'étude d'impact environnemental représente une approche proactive et préventive de la gestion et de la protection de l'environnement. L'évaluation d'un impact environnemental est quantifiée grâce à la mesure d'indicateurs de flux et d'indicateurs d'impact potentiels (Agence de la transition écologique, 2018) :

- Pour l'air, on retient cinq indicateurs :

- contribution à l'effet de serre
- acidification de l'air
- formation d'ozone troposphérique
- appauvrissement de la couche d'ozone
- particules et effets respiratoires des substances inorganiques

- Pour l'eau, on en retient quatre :

- eutrophisation des eaux douces
- écotoxicité aquatique
- eutrophisation des eaux marines
- consommation d'eau (indicateur de flux)

- Pour les ressources des sols et la santé humaine, on utilise les quatre indicateurs suivants :

- consommation d'énergie primaire (indicateur de flux)
- épuisement des ressources non renouvelables
- toxicité humaine
- occupation des sols

La production des matériaux de construction se fait par l'extraction de grandes quantités de roches qui sont traitées par différents procédés, au cours desquels se perdent des quantités importantes de poussières, qui n'ont qu'exceptionnellement des caractères toxiques, mais qui peuvent néanmoins produire des effets nocifs (MATEI BARNEA et PASCU URUSU, 1974). Les poussières évacuées dans l'atmosphère se déposent en grandes quantités sur le sol, les cours d'eau et aussi sur les végétaux.

6. Les impacts de calcaire sur l'environnement

Les carbonates de calcium ont beaucoup d'impacts sur l'environnement, parmi eux, on retrouve notamment :

6.1. Les impacts sur l'atmosphère

L'extraction des carbonates de calcium des carrières provoque une grande pollution de l'air car elle engendre l'évacuation de grandes quantités de résidus ce qui cause un nuage de poussière. La poussière est composée de particules fines qui sont en suspension dans l'air, cette dernière a plusieurs effets sur le climat, la santé humaine, l'environnement et divers secteurs socio-économiques. Elle peut aussi être nuisible car elle limite le champ de vision de l'homme. La figure 3.1 représente le nuage de poussière des carrières.



Figure 3.1 : Le nuage de poussière des carrières (researchgate.net)

a. Le mouvement de l'air

Les mouvements de l'air sont provoqués par une différence de densité (l'air chaud monte) et par une différence de température. A la sortie de carrière, le nuage de poussière se mélange à l'air, il est amené par son mouvement et sa vitesse. Les déplacements de l'air se font de manière verticale et horizontale. La figure 3.2 représente le mécanisme du mouvement de l'air.

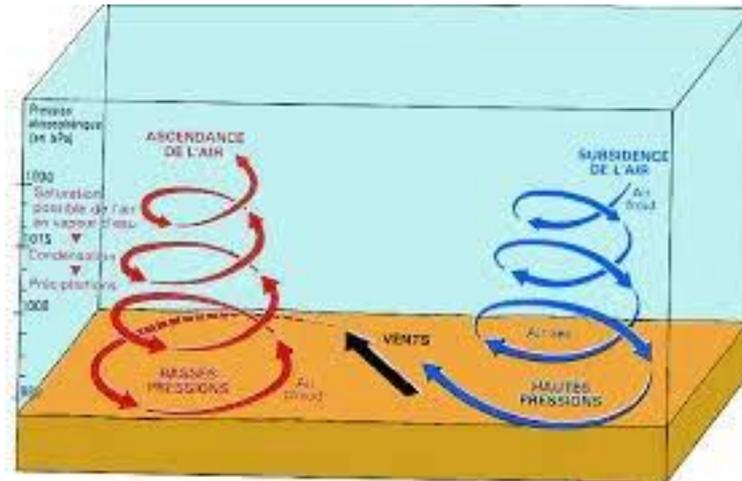


Figure 3.2 : Mécanisme du mouvement de l'air (tpeair.free.fr)

b. La turbulence de l'air

La turbulence est un déplacement aléatoire de différentes tranches de masse d'air provoqué par le déplacement, le frottement et la différence de température. L'émission des polluants est réalisée par la turbulence de l'air, elle est plus rapide quand la turbulence est grande. La figure 3.3 représente l'illustration de turbulence de l'air

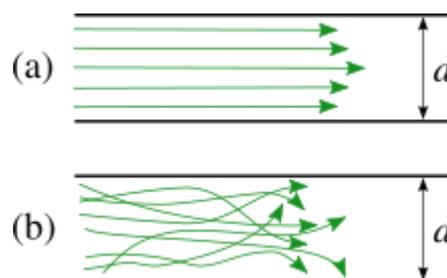


Figure 3.3 : Illustration de turbulence de l'air (wikipedia.org)

6.2. Impact sur le sol

Une faible teneur en calcaire, et donc en calcium sous forme ionique (Ca^{++}), n'est pas sans conséquences pour l'équilibre physico-chimique du sol.

Il faut savoir que les argiles et l'humus du sol forment, en présence de ces ions calciums, des agrégats, capables de retenir à leur surface une plus ou moins grande quantité de cations (H^+ , et des cations nutritifs pour la plante comme Mg^{++} , K^+ , NH_4^+ ,...). Cette capacité du complexe argilo-humique à retenir des cations s'appelle la capacité d'échange cationique (CEC) qui peut se mesurer en laboratoire. L'intérêt de cette CEC est qu'elle permet un stockage temporaire des cations dans le sol (et donc constitue un réservoir nutritif pour la plante) et un échange permanent (en présence d'eau) entre les différents cations, avec un effet important sur le pH (lefigaro.fr).

Une quantité trop importante de CaCO_3 augmente la salinité des sols, de ce fait, l'accumulation des sels a un effet nuisible sur les plantes car il est responsable de problème d'érosion, de désertification et de dégradation des sols. La figure 3.4 montre un exemple d'un sol salin.



Figure 3.4 : Exemple d'un sol salin (salineagricultureworldwide.com)

La salinisation est un phénomène courant dans les régions arides et semi-arides du monde (Valérie Tchang, 2018). La pénétration des sels peut être aussi causée par les activités humaines telles que labourer le sol en agriculture en les faisant entrer dans ce dernier.

Le calcaire peut aussi être un bon régulateur des sols acides, sa pénétration augmente le PH et maintient une saturation calcique élevée (PH alcalin stable).

6.3. Impact sur l'eau

Le CO₂ dissous dans l'eau est le responsable principal de dissolution de carbonate de calcium avec des réactions chimiques, une basse température augmente la dissolution de CaCO₃ et une température élevée la baisse (Camille Michel Ek, 1973).

Le CaCO₃ dissous dans l'eau ne présente aucune toxicité sur la faune et la flore aquatique quelle que soit sa concentration car il est faiblement soluble, sauf dans une eau riche en CO₂.

La haute teneur en particules de CaCO₃ dans les eaux douces forme des couches de sédiments, comme elle provoque aussi, avec les sels minéraux, le phénomène de l'eutrophisation des eaux.

6.4. Impact sur l'être humain

Les particules de poussière en suspension dans l'air causée par l'extraction de carbonate de calcium provoquent plusieurs maladies graves chez l'être humain.

Les particules de plus de 10 µm ne peuvent pas interagir avec la physiologie pulmonaire car, elles sont bloquées par les poils du nez et les sécrétions muqueuses, elles sont donc éliminées par les cils vibratiles. Ces particules sont surtout responsables d'irritations de la peau et des yeux, de conjonctivites et d'infections oculaires, cependant elles peuvent causer l'irritation des muqueuses par temps sec et chaud et peuvent exposer l'être humain à une infection des voies respiratoire.

Les particules de moins de 10 µm peuvent être inhalées mais elles sont généralement arrêtées au niveau du nez, de la bouche et des voies respiratoires supérieures; elles déclenchent alors des affections telles que l'asthme, les trachéites, les rhinites allergiques et la silicose (maladie professionnelle) et indirectement elles peuvent causer des infections pulmonaires.

Quand les particules fines pénètrent dans les voies respiratoires inférieures, elle atteint la circulation sanguine, de ce fait, elle affecte tous les organes internes et causent des trouble cardio-vasculaire.

6.5. Impact sur les végétaux

Comme tous les autres êtres vivants, les plantes exposées sont également affectées par la pollution atmosphérique. En raison du contact avec l'air, ce nuage de poussière de CaCO_3 agit directement sur les plantes, formant une couche épaisse qui bouchent les stomates, ralentissant la photosynthèse et intoxiquant les cellules en raison de ses composants alcalins. Les conifères sont sensibles à ces nuisances, à la différence des plantes à feuilles compactes plus résistantes, ou indirectement par sa dissolution dans l'eau ou par sa pénétration dans le sol. La figure 3.5 montre la couche de poussière sur les feuilles de la plante.



Figure 3.5 : Couche de poussière sur les feuilles de la plante (buzz-ultra.com).

6.6. Impact sur les animaux

Les particules de poussière ont un impact sur le biotope et certaines niches écologiques avoisinantes de la carrière, de ce fait, les animaux sauvages voyant leur environnement changer auront tendance à disparaître.

Dans certaines enquêtes menées sur le bétail dans les fermes de la municipalité d'Ibn Badis et ses alentours, il a été constaté qu'ils présentaient de légers symptômes d'intoxication et le taux de décès est légèrement élevé.

6.7. Impact sur l'agriculture

Tout est question d'équilibre, c'est à dire que le calcaire ne présente aucune toxicité pour les sols agricoles, à condition qu'il soit reparti de façon à ce que le sol ne soit pas trop concentré en carbonate de calcium, comme cité auparavant, le risque d'hyper salinité est présent. Le nuage de résidu provenant de la carrière contient des particules de poussière qui, par la gravité, tombent sur l'acériculture et forme une couche épaisse sur les plantes, ce qui ralenti la photosynthèse, et donc, leur développement normal.

La pratique de l'agriculture dans ces conditions demande un labour plus souvent pour permettre l'infiltration de l'eau et de l'oxygène.

6.8. Impact socio-économique

L'exploitation des carrières agit sur le fonctionnement social car il a des répercussions sur la santé des personnes employées et les habitants du voisinage, il a aussi des impacts sur l'environnement et sur les conditions de vie des populations.

Les carrières constituent aussi un enjeu économique car plus de 1500 entreprises travaillent dans le secteur de l'extraction, employant 14 000 personnes (Foncier valorisation).

7. La phytoremediation

Est une technique qui utilise les plantes pour éliminer ou transformer les polluants en composés moins toxiques.

7.1. Les différents procédés de la phytoremediation

Il existe différents procédés de la phytoremédiation:

- phytovolatilisation
- phytostabilisation
- phytodégradation
- phytoextraction

Les figures 3.6 et 3.7 représentent les différents procédés de la phytoremédiation.

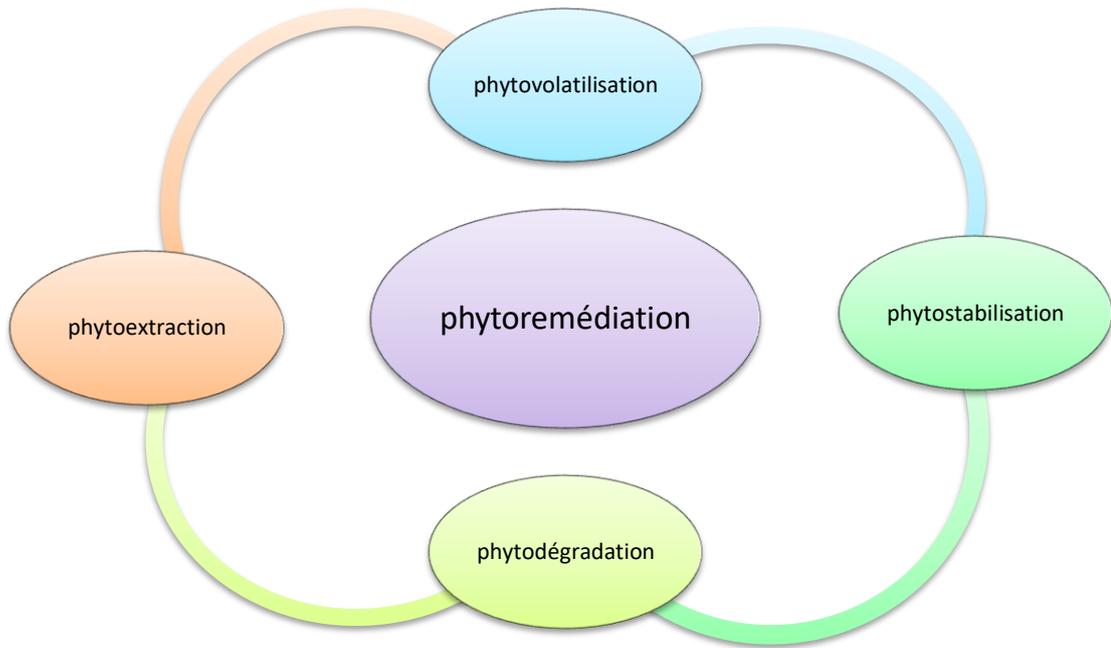


Figure 3.6 : Schéma des procédés de la phytoremédiation.

La phytoremédiation

PRINCIPE

Technologie utilisant le métabolisme des plantes pour accumuler, transformer, dégrader, concentrer, stabiliser ou volatiliser des polluants (molécules organiques et inorganiques, métaux et radioéléments) contenus dans des sols ou des eaux contaminés. Présentation des différentes stratégies de phytoremédiation.

Phytovolatilisation

Transformation et dégradation de certains types de polluants en éléments gazeux moins toxiques, qui sont ensuite libérés dans l'atmosphère par transpiration de la plante.

Polluants concernés : quelques composés organiques et métaux (méthane, mercure).

Phytostabilisation

Absorption et séquestration (ou immobilisation) dans le cas de la rhizofiltration) des polluants au niveau des racines (rhizosphère). Objectif : réduire leur disponibilité par le vent ou leur lixivilation par les eaux de pluie et limiter, par conséquent, leur migration et leur entrée dans la chaîne alimentaire ou les nappes phréatiques.

Polluants concernés : radioéléments comme le strontium.

Phytodégradation

Absorption et décomposition des contaminants par la libération d'enzymes et par des processus d'oxydation et de réduction. Les polluants dégradés, dans certains cas, sont ensuite incorporés dans la plante ou libérés de nouveau dans le sol.

Polluants concernés : composés organiques (hydrocarbures, pesticides, explosifs...)

Phytoextraction

Dirigé(e), transport, accumulation des polluants dans les tiges et les feuilles. Les plantes sont alors récoltées. Les feuilles, ou la plante entière, sont alors recyclées par des techniques agricoles, puis brûlées dans des usines. Les polluants sont concentrés dans les cendres et les filtres qui sont ensuite traités, comme des déchets de haute activité dans le cas d'une pollution nucléaire.

Polluants concernés : métaux (arsenic, ur...) et radioéléments (strontium, uranium...)

À SAVOIR

Pour optimiser les différents procédés de phytoremédiation, il est possible d'avoir recours à la bioaugmentation. Celle-ci permet de modifier et améliorer les capacités d'absorption ou de dégradation, l'efficacité des interactions... (présence dans le sol qui dégrade et transforme les polluants en molécules moins toxiques ou plus mobiles). Les plantes sont alors récoltées et des bactéries ajoutées par les plantes.

Polluants concernés : des hydrocarbures.

Avantages

- Faibles coûts de traitement (10 à 100 fois inférieurs aux technologies classiques);
- Adaptation aux grandes superficies contaminées (traités d'urgence);
- Récupération des polluants;
- Convention possible de la biomasse en énergie;
- Technologie visuellement attractive;
- Faible perturbation de milieu contaminé;
- Technologie verte ayant une bonne image auprès du public.

Limites

- Limitation aux surfaces contaminées par les racines;
- Temps de traitement très long (souvent 3 ans);
- Dépendance de la nature du sol, de la microbiologie, des espèces végétales, des micro-organismes...;
- Besoin de grandes superficies et d'une pollution peu profonde (de 50 cm à 3 m.);
- Aggravation possible des contaminations mobilisées jusqu'à la plante entière.

Figure 3.7 : La phytoremédiation (Les défis du CEA, 2016).

7.2. Phytoremédiation des sols contaminés par la salinisation

Des études ont démontrées qu'il ya certaines espèces de plantes qui vivent dans les terres semi arides et qui ont la capacité rémédietice des sols salins. Une plante qui a un bon potentiel pour la phytoremédiation des sols salins et *Atriplex nummularia*. Cette plante, de la famille des *Chenopodiaceae*, est originaire d'Australie, ce pendant elle s'adapte bien aux climats arides et semi-arides (Porto & Araújo, 1999). Les recherches ont prouvé qu'au près de cette espèce les sels contenues dans le sol avaient diminué.

L'ajout de gypse lors du traitement avec *A. nummularia* augmentait la capacité de cette dernière à extraire le sodium du sol (Valérie Tchang, 2018).

A. nummularia, *Mimosa caesalpinifolia*, *Leucaena leucocephala* et *Azadirachta indica*, ces trois espèces ont été évaluées dans le but de déterminer leur potentiel pour être utilisé dans les processus de phytoremédiation des sols salins (Santos, 2016b).

D'autres espèces ont été étudiées pour déterminer leur effet rémédiateur sur les minéraux, en excès dans le sol. Dans un système protégé, *Pennisetum americanum*, une *Poaceae* largement retrouvée dans la région semi-aride (Vier, 2013), a été évaluée pour ses propriétés phytoremédiantes, elle a démontré son efficacité dans l'extraction du calcium et du magnésium (Silva *et al*, 2016b). De plus, c'est une plante intéressante, car c'est aussi une espèce à croissance rapide qui peut développer une grande phytomasse dans les sols sableux et pauvres en nutriments (Vilela, 2009).

L'espèce *Medicago sativa*, appartenant à la famille des *Fabaceae*, peut également extraire efficacement le calcium et le magnésium du sol à l'aide de son système racinaire pivotant qui peut atteindre des profondeurs entre deux et cinq mètres (Silva *et al*, 2016b). Selon Pompeu *et al*. (2003) et Oliveira *et al*.(2014), l'espèce présente une bonne adaptabilité aux conditions de la région semi-aride où elle pourrait être cultivée (Valérie Tchang, 2018).

Enfin, les possibilités de remédiation des sols salins par les plantes dans la région semi-aride sont nombreuses et les recherches sur plusieurs espèces montrent des résultats concluants (Valérie Tchang, 2018).

8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons définis les notions d'impact, l'étude d'impact et l'étude d'impact environnemental. Nous avons étudié les conséquences de l'extraction de carbonates de calcium sur l'eau, l'air, le sol, l'agriculture, la faune, la flore, la santé humaine et l'impact socioéconomique.

Une quantité trop importante de carbonate de calcium conduit à la hyper salinisation des sols, ce qui nous a amené à proposer la solution de la phytoremediation.

Chapitre IV

Chapitre IV

Solution pour diminuer les impacts

1. Introduction

Le développement durable répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressée à trouver une relation entre le développement durable et la pollution engendrée par l'exploitation des carrières (dans notre cas, l'extraction de carbonate de calcium.)

2. Le développement durable

Le développement durable est une façon d'organiser la société de manière plus éco-responsable, c'est à dire répondre aux besoins des êtres humains sans compromettre la capacité des régénérations de la planète.

3. Les trois piliers du développement durable

Contrairement au développement économique, le développement durable est fondé sur trois piliers interdépendants, économie, environnement et société, la particularité du développement durable est de se situer au carrefour de ces 3 piliers. La figure 4.1 représente les trois piliers du développement durable.

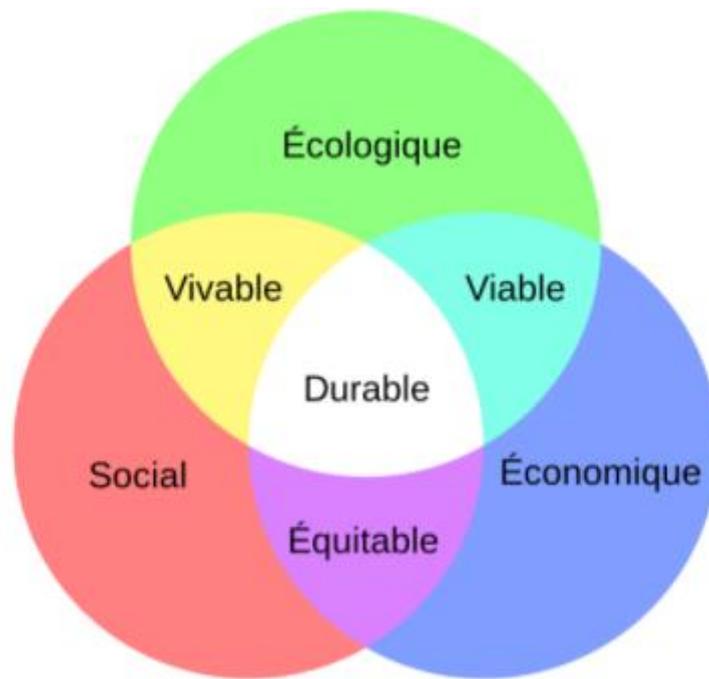


Figure 4.1 : Les 3 piliers du développement durable (youmatter.world.fr.).

4. Histoire du développement durable

A partir de la deuxième moitié du 19^{ème} siècle, les sociétés occidentales ont commencées à remarquer que leurs industries avaient un impact négatif sur l'environnement. Défini en 1987 par la commission Brundtland comme "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs", le concept de développement durable a été consacré par le premier sommet de la terre organisé à Rio de Janeiro en 1992. Ses objectifs sont d'assurer pour tous le progrès économique et social en préservant sur le long terme les ressources naturelles et énergétiques de la planète (SIDDTTS/MIG Aout 2012). Le tableau 4.1 représente quelques exemples de crises écologiques

Années	Crises écologiques
1954	retombées nucléaires de Rongelap
1956	crise du mercure de Minamata
1984	catastrophe de Bhopal
1989	marée noire de l'Exxon Valdez
1999	catastrophe Erika

Tableau 4.1 : Exemples de crises écologiques

Suite à la multiplication de ces crises écologiques, le développement durable a aussitôt pris de l'ampleur, car il était nécessaire de trouver un modèle économique éco-responsable, qui permet d'assurer les besoins de l'être humain sans pour autant détruire les écosystèmes.

5. Le rapport entre le développement durable et l'exploitation des carrières

Comme nous l'avons présenté dans le chapitre précédent, l'extraction des carbonates de calcium a un impact négatif que ce soit pour l'environnement, ou pour la santé de l'homme, c'est pour cette raison que grâce au développement durable, nous proposons la diminution voir même la substitution des matériaux à base de carbonates de calcium par des matériaux plus écologiques.

6. Solution (brique à base de déchets plastique)

L'extraction des carbonates de calcium des carrières est majoritairement utilisée à des fins de construction, une solution est proposée pour diminuer les différents impacts est de remplacer nos murs en ciments par des murs en déchets. L'idée paraît utopique, mais elle est très intéressante car elle permet de résoudre deux problèmes, et pas des moindres :

- la pollution des déchets plastiques dans le monde amène aujourd’hui à une situation écologique catastrophique, notamment pour la faune et la flore sous-marine (Wilmet group).
- le secteur de la construction est lui aussi très polluant puisqu’il représente aujourd’hui 25% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde (Wilmet group).

7. Comment ça marche ?

Un chercheur du nom de Peter Lewis a inventé une machine qu’il a baptisé la « Byfusion ». Cette dernière est de forme cylindrique. Elle permet de transformer les déchets en les compactant en brique. Il lui a fallu 10 ans pour mettre en marche sa machine, aujourd’hui, elle peut recycler 100% des plastiques. La figure 4.2 représente les briques en plastique recyclé.



Figure 4.2 : Briques en plastique recyclé (Construiesamaison.com).

Le processus est simple et ne demande pas beaucoup de moyens, les déchets sont lavés et séchés, puis compactés sous la forme d’une brique.

Ces briques en plastique sont faites exclusivement de déchets plastiques collectés, 40 % moins chères que les matériaux de construction conventionnels, elles sont 20 % plus légères et durent

des centaines d'années. En plus d'être extrêmement solides, elles sont étanches et apportent une très bonne isolation à la fois thermique et sonore.

Au-delà de leur aspect éco-responsable, ces briques ont été créées pour être ludiques et modulaires. « Elles ressemblent un peu à des Lègos grandeur nature. Pour les assembler, il suffit de se servir des encoches qu'elles possèdent et de les empiler » souligne Adrien de Chalogne (Site web Construire sa maison).

Exemple

Il y a quelques années, une petite entreprise de recyclage des déchets plastiques a mis au point la fabrication de cette fameuse brique de déchets et a exposé son concept en Côte d'Ivoire. Ce projet a donné naissance à la construction d'écoles en brique de déchets.

8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une solution de transformer les déchets plastique en brique de construction. Grâce à cette invention (brique en plastique), nous pouvons envisager de substituer l'exploitation des carrières par des usines de recyclage de déchets plastique sans déséquilibrer le cycle économique.

Conclusion

générale

Conclusion générale

Ce travail a pour objectif d'étudier les différents impacts de l'extraction des carbonates de calcium dans la carrière géante d'Ibn Badis qui se trouve à Djebel Oum Settas. Ce dernier fait partie de la chaîne montagneuse des meghrebides, qui traverse la région Sud Est de Constantine.

Le Djebel Oum Settas situé à environ 10 Km d'El Khroub et à 30Km de la ville de Constantine et d'une altitude de 1300m, est formé majoritairement de calcaire. Pour une raison industrielle, ce carbonate de calcium fait l'objet d'une exploitation à ciel ouvert. L'extraction des calcaires se fait par la méthode de l'abattage à l'explosif.

Nous avons étudié également les différentes méthodes d'exploitation de ces carrières et différents impacts sur l'environnement voisin. Les effets provoqués lors des opérations d'extraction sont dû aux poussières de CaCO_3 qui sont les plus importants dans la carrière.

Nous avons montré que la pollution par les résidus des calcaires dans la commune d'Ibn Badis est liée aux rejets de la carrière.

Nous avons proposé la méthode de phytoremédiation comme solution pour diminuer la salinisation des sols provoquées par l'excès de la poussière de carbonates de calcium.

Une solution a été proposée pour diminuer les impacts de CaCO_3 lors de son extraction est de remplacer les murs en pierres par des briques en plastique recyclées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

ABACHA, I., (2009) : Surveillance sismique de la région de Constantine par réseaux GPS et sismologique, mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif.

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 des frères Mentouri Constantine 1.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, (2010): TLVs and BEIs with 7th edition, documentation CD-ROM, Cincinnati, OH: ACGIH.

B

BELABBAS, S., (2012) : Inventaire Et Caractéristiques Des Accidents Actifs (Impact Sur La Sismicité De La Région De Constantine), mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif.

BENDJABALLAH, R., (2013) : Caractérisation des centres d'enfouissements techniques d'El Aria (Constantine) et Ouled Bouhallouf (Mila) : géologie des sites et modes de traitement des déchets, mémoire de master, Université des frères Mentouri, Constantine.

BOHNET, M. et al., (2003): Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th, Wiley InterScience (John Wiley & Sons).

BOUAFIA, A., BENAOUA, H., (2016) : Adaptation d'un plan de tir afin d'améliorer les résultats de fragmentation (Cas de la carrière d'Ain Kebira), mémoire de master, Université Abderrahmane Mira, Bejaia.

BOUHARA, M., BOUZIANE, F., (2016) : Exploitation des calcaires : cas de la carrière géante el Khroub –Constantine, mémoire de master, Université des frères Mentouri, Constantine.

BOULAOUIDAT, H., (2014) : Caractérisation, structure et évolution de l'aquifère carbonaté du Boumerzoug (Constantine), mémoire magister, Université des frères Mentouri, Constantine.

BOUREZG, M. : Etude géologique et minière de quelques roches industrielles (cas d'application dans le Nord-Est Algérien, thèse de doctorat, Université des frères Mentouri, Constantine.

C

CAMILLE MICHEL, Ek., (1973) : La dissolution du carbonate de calcium, B11/eti11 de la Société géographique de Liège, N° 9, 9°, pp. 55-87

CHARLES, N., COLIN, S., LEFEBVRE, G., (2017) : Mémento Carbonates calcaïques et magnésiens, Rapport BRGM/RP-67125-FR.

D

DEROUICHE, A., (2008) : Contribution de la géophysique et de la photo interprétation à l'étude de l'instabilité de terrains dans la région de Constantine mémoire de magister, Université des frères Mentouri Constantine 1.

DURAND-DELGA, M., (2011) : La recherche géologique française en Algérie du Nord après 1962. Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 3ème série (tome 25, 10), pp.217-222. hal-00913987.

F

FOURA, B., BOUREKKAB, A., (2015) : Contribution à l'étude des glissements de terrain dans la région de Constantine (Glissement de Djebel El Ouahch), mémoire de master, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.

FOURNON, D., (2017): La phytoremédiation. Sciences pharmaceutiques, 1999, HAL Id:dumas-01617616 <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/Submitted>.

G

GOIX, S., (2012): Origine et impact des pollutions liées aux activités minières sur l'environnement (eau-sol-atmosphère) et la santé, cas d'Oruro (Bolivie), thèse de doctorat, Université de Toulouse III, Toulouse.

K

KROSCWITZ, J.I., KIRK-OTHMER., (2004): encyclopedia of chemical technology : Bismuth and Bismuth Alloys to Carbon Disulfide, Vol. 4, 5th ed. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons. [RT-423004]

L

LOREC, A. et al. , (2016) : Les défis du CEA N°208

M

MADACI, B., (1988) : L'entomofaune des cereales dans la region du Khroub, A.nn. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, Vol. 12, n° special, pp.251-274, Université de Constantine.

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 Hdjar-Soud (SCHS) à Skikda, mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.

MOREL, J. : Phytoremédiation des sols contaminés, pp 157-184

MOULLEY, C. C.: La chaîne des Maghrébides, Cours de Géologie Algérienne (3ème année), Université Ferhat Abbas, Sétif.

N

NACER, W., (2005) : Etude des formations carbonatées du versant Sud du massif de l'Oum Settas : Approche quantitative et qualitative, mémoire de magister, Université des frères Mentouri, Constantine.

NEGGAR Charaf Eddine (2017) : Etude géologique des calcaires du Djebel Oum Settas cas de la carrière géante (ENG el Khroub), mémoire de master, Université des frères Mentouri, Constantine.

○

O'NEIL, M.J., SMITH, A. ET HECKELMAN, P.E., (2001): The Merck index: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biological, 13th ed, Cambridge, MA : Cambridge Soft; Merck & CO.[RM-403001].

ℱ

Tchang, V., (2018) : La phytoremédiation des sols dans le Sertão Brésilien, l'obtention du grade de maître en écologie internationale (M.E.I.), Université de Sherbrooke, Montréal, Québec, Canada.

ℳ

YAHIAOUI, A. et al., (2005) : Exploitation de carrières et pollution de l'environnement dans la région de Batna (Algérie orientale), In: Travaux de l'Institut Géographique de Reims, vol. 31-32, n°123-124, Erosion, végétation, aménagement, pollutions. pp. 143-150.

Livre :

MATEI, B., PASCU, U., (1974) : Pollution et protection de l'atmosphère, Entreprise polygraphique, Arta grafica, Bucarest, Roumanie.

Liens :

<https://youmatter.world/fr/definition/definition-developpement-durable/#:~:text=Le%20d%C3%A9veloppement%20durable%20est%20l,r%C3%A9pondre%20%C3%A0%20leurs%20propres%20besoins.>

<https://www.construiesamaison.com/actualites/une-brique-a-base-de-dechets-plastiques/a21726>

<https://www.sohow.be/fr/brique-construction-dechets-recycles/>

<https://plastic-lemag.com/Des-ecoles-en-briques-de-plastique-recycle>

<https://www.lefigaro.fr/jardin/questions-reponses/2015/09/09/30010-20150909QERFIG00391-quel-role-le-calcaire-joue-t-il-dans-un-sol.php>

<https://public.wmo.int/fr/ressources/bulletin/la-poussi%C3%A8re-atmosph%C3%A9rique-un-danger-pour-la-sant%C3%A9-humaine-l%E2%80%99environnement-et-la>

<https://www.foncier-valorisation.fr/pourquoi-les-carrieres-constituent-un-enjeu-economique-strategique/>

<http://www3.interscience.wiley.com>

<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME>

<https://www.unpg.fr/accueil/nos-activites/comment-sont-ils-produits/les-carrieres-terrestres/?fbclid=IwAR1eMzju1GoaE4ZwLQnvX8P9C8woFzvmOGvZi-0UXgLzMyfQs9a44zi1OQg>

<https://www.groupe-pigeon.com/notre-groupe/notre-actualite/les-types-de-carrieres>

https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=1622913

<https://www.lhoist.com/fr/origine-des-roches-calcaires>

<https://lelementarium.fr/product/carbonate-de-calcium/?fbclid=IwAR1O8p3gp5TzO932kCjmI8nPk6LcheT9tJKYYeTYUuA7egaDIASfLmYdOKI>

<https://fr-ch.topographic-map.com/maps/e4gj/Ibn-Badis/>

<https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/quercus-ilex-chene-vert-plantation-entretien,2287.html>

<https://www.detentejardin.com/plantes/fleurs-et-arbustes/les-aubepines-fiche-de-culture-6473>

<https://www.jeune-independant.net/le-ministre-de-lagriculture-a-partir-de-constantine-un-seul-critere-devaluation-la-collecte-agricole/>

<https://www.algomtl.com/chaux-pure-et-carbonate-de-calcium-852800.html>

<https://www.futura-sciences.com/planete/photos/terre-mines-carrieres-plus-spectaculaires-1149/terre-quest-ce-quune-carriere-8367/>

<http://www.granulats-vicat.fr/pages/carriere/extraction-roche-massive.html>

https://fr.123rf.com/photo_86684424_roches-meubles-typiques-de-la-vall%C3%A9e-de-longyear-svalbard-texture-de-fond-de-roches-brutes-avec-motif-.html

<https://www.carrieresdevayolles.fr/>

https://www.eng.dz/index.php?option=com_eng&view=unit&page=1&id=4&sunit=4&sart=8&Itemid=157

<https://www.lavoixdunord.fr/512666/article/2018-12-25/quand-le-patrimoine-est-une-histoire-de-tres-tres-vieilles-pierres>

<https://www.alamyimages.fr/dump-truck-dans-l-exploitation-mini%C3%A8re-industrielle-carriere-les-charges-de-la-pelle-du-sable-dans-un-camion-lourd-pour-le-transport-a-l-usine-de-concassage-et-l-expedition-de-sor-image245974791.html>

<https://energiemines.ma/controle-et-etude-des-travaux-dexplosifs-dans-les-mines/>

http://www.snroc.fr/fr/extraction-en-carriere_54.html

<https://www.prolongement-a16.sanef.com/actualites/operation-de-ripage-du-pont-rail-de-montsoul-t-reussie>

<https://drill-i.com/schema-de-principe-dune-carriere-de-roches-massives/>

https://www.researchgate.net/figure/Le-nuage-de-poussiere-sestompe-et-un-dernier-bloc-venant-de-se-detacher-de-la-colonne_fig20_303278912

<http://tpeair.free.fr/Chapitre1.html>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Turbulence_atmosph%C3%A9rique#/media/Fichier:Laminar_and_turbulent_flows.svg

<https://www.salineagricultureworldwide.com/agriculture-en-sol-salin>

<https://buzz-ultra.com/buzz/2021/01/09/plante-dinterieur-6-astuces-naturelles-pour-nettoyer-et-rendre-les-feuilles-brillantes/>

<https://www.ima-europe.eu/about-ima-europe/associations/cca-europe>

[http://www.calcium-carbonate.org.uk/#:~:text=The%20British%20Calcium%20Carbonates%20Federation%20\(BCCF\)%20exists%20to%20promote%20all,products%20used%20in%20everyday%20life.](http://www.calcium-carbonate.org.uk/#:~:text=The%20British%20Calcium%20Carbonates%20Federation%20(BCCF)%20exists%20to%20promote%20all,products%20used%20in%20everyday%20life.)

<https://www.unicem.fr/2020/07/13/un-nouveau-siege-pour-lunicem/>

https://www.cci-rhummel.dz/?page_id=317

<http://amis-du-djurdjura.over-blog.com/article-randonnee-a-oum-settas-2eme-partie-49672737.html>

<http://amis-du-djurdjura.over-blog.com/article-randonnee-a-oum-settas-1ere-partie-49667744.html>

<https://www.ademe.fr/expertises/consommer-autrement/elements-contexte/impacts-environnementaux>

<https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=11350>

<http://minesqc.com/blogue/exploitation-miniere-et-environnement-peuvent-ils-aller-de-pair-deuxieme-partie/>

<https://www.lefigaro.fr/jardin/questions-reponses/2015/09/09/30010-20150909QERFIG00391-quel-role-le-calcaire-joue-t-il-dans-un-sol.php>

http://www.lano.asso.fr/web/calcaire_actif.html

Résumé

Le massif de Djebel Oum Settas situé dans la commune d'Ibn Badis appartenant au gisement d'El Khroub fait partie du domaine externe de la chaîne alpine d'Algérie nord orientale et à l'Est de Constantine, qui est constitué essentiellement par des reliefs calcaires.

Les calcaires qui se présentent sous forme pure (constitués essentiellement de CaCO_3) se trouvent dans la craie, le marbre...etc.

Ils sont principalement utilisés en construction comme granulats et matière première de fabrication du ciment et de la chaux. Ils constituent une source de dioxyde de carbone employé comme amendement agricole, charge de papiers...

Ces gisements sont en cours d'exploitation à ciel ouvert et les matières extraites sont destinées pour l'industrie.

La méthode d'exploitation de ces gisements diffère selon le type de substance à exploiter, ces modes d'exploitation ont un impact direct et indirect sur l'écosystème et sur l'environnement avoisinant.

L'étude d'impact des poussières issues lors des travaux d'extraction de la carrière : sur l'être humain, la faune, la flore, sur l'air, l'eau, le sol et le socioéconomique.

L'utilisation de la phytoremédiation comme solution contre la salinisation du sol.

La remise en état par la diminution des carrières et les remplacer par des usines à recyclage est la seule façon pour dissimuler les cicatrices engendrées par les travaux d'exploitation et redonner au site un bon aspect paysagère.

Mots clés : calcaire, gisement, exploitation à ciel ouvert, méthode, impact, environnement, carrière, poussières, polluants, tirs de mine, air, sol, eau, végétaux, sciage avec le câble diamanté, développement durable, recyclage.

Abstract

The massif of Djebel Oum Settas located in the commune of Ibn Badis belonging to the deposit of El Khroub is part of the outer domain of the Alpine Chain of North-Eastern Algeria and East of Constantine, which consists essentially of limestone reliefs.

Limestone in its pure form (consisting mainly of CaCO_3) is found in chalk, marble...etc.

They are mainly used in construction as aggregate and raw material for the manufacture of cement and lime. They are also a source of carbon dioxide and used as an agricultural amendment, paper load...

These deposits are in open pit mining and extracted materials used for industry.

The method of exploitation of these deposits differs according to the type of substance to be exploited; these modes of exploitation have direct and indirect impacts on the ecosystem and the surrounding environment.

The study of the impact of dust from the quarry extraction: on humans, fauna, flora, air, water, soil and socio-economics.

The use of phytoremediation as a solution against soil salinization.

Rehabilitation by reducing quarries and replacing them with recycling factories is the only way to dissect the scars generated by exploitation work and give the site a good landscape look.

ملخص

تعد كتلة جبل أم ستاس الواقعة في بلدية ابن باديس التابعة لبلدية الخروب جزءًا من النطاق الخارجي لسلسلة جبال الألب في شمال شرق الجزائر وإلى الشرق من قسنطينة ، والتي تتكون أساسًا من الحجر الجيري البارز.

الأحجار الجيرية الموجودة في شكل نقي (تتكون أساسًا من كربونات الكالسيوم) في الطباشير والرخام وما إلى ذلك.

يستخدم بشكل أساسي في البناء كمواد خام لتصنيع الأسمنت والجير. كما أنه مصدر لثاني أكسيد الكربون ويستخدم كتعديل زراعي ، حمولة الورق ...

هذه الرواسب في التعدين المكشوف والمواد المستخرجة المستخدمة في الصناعة.

تختلف طريقة استغلال هذه الرواسب باختلاف نوع المادة المراد استغلالها، وطرق الاستغلال هذه لها تأثير مباشر وغير مباشر على النظام البيئي والبيئة المحيطة.

دراسة تأثير الغبار من أعمال استخراج الحجر على الإنسان والنباتات والحيوانات والهواء والماء والتربة والاجتماعية الاقتصادية.

استخدام المعالجة النباتية كحل ضد تملح التربة.

يعتبر الاستصلاح عن طريق تقليل المحاجر واستبدالها بمصانع إعادة التدوير هي الطريقة الوحيدة لإخفاء الندوب الناتجة و إعطاء البيئة المحيطة مظهرًا جميلًا.

**Présenté par : BENKENIDA Amira Ryam
KHEBBAB Hawa Lina**

Année universitaire : 2020/2021

INTITULE : Impact de l'extraction de carbonates de calcium dans la carrière géante d'Ibn Badis

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Protection des Ecosystèmes.

Résumé

Le massif de Djebel Oum Settas situé dans la commune d'Ibn Badis appartenant au gisement d'El Khroub fait partie du domaine externe de la chaîne alpine d'Algérie nord orientale et à l'Est de Constantine, qui est constitué essentiellement par des reliefs calcaires.

Les calcaires qui se présentent sous forme pure (constitués essentiellement de CaCO_3) se trouvent dans la craie, le marbre...etc.

Ils sont principalement utilisés en construction comme granulats et matière première de fabrication du ciment et de la chaux. Ils constituent une source de dioxyde de carbone employé comme amendement agricole, charge de papiers...

Ces gisements sont en cours d'exploitation à ciel ouvert et les matières extraites sont destinées pour l'industrie.

La méthode d'exploitation de ces gisements diffère selon le type de substance à exploiter, ces modes d'exploitation ont un impact direct et indirect sur l'écosystème et sur l'environnement avoisinant.

L'étude d'impact des poussières issues lors des travaux d'extraction de la carrière : sur l'être humain, la faune, la flore, sur l'air, l'eau, le sol et le socioéconomique.

L'utilisation de la phytoremédiation comme solution contre la salinisation du sol.

La remise en état par la diminution des carrières et les remplacer par des usines à recyclage est la seule façon pour dissimuler les cicatrices engendrées par les travaux d'exploitation et redonner au site un bon aspect paysagère.

Mots clés : calcaire, gisement, exploitation à ciel ouvert, méthode, impact, environnement, carrière, poussières, polluants, tirs de mine, air, sol, eau, végétaux, sciage avec le câble diamanté développement durable, recyclage.

Jury d'évaluation

Président du jury : ARFA Azzedine Mohamed Touffik **MCB - UFM Constantine1**

Rapporteur : BENDERRADJI Mohamed El Habib **Prof - UFM Constantine 1**

Examineurs : GANA Mohamed **MAB - UFM-Constantine 1**

Date de soutenance : Juillet 2021