

## Liste des figures :

Figure 1 : Holcim à travers le monde .....	1
Figure 2 : répartition des sites de Holcim Maroc .....	3
Figure 3 : L'usine Holcim de Ras El Ma.....	5
Figure 4 : organigramme hiérarchique d'Holcim.....	7
Figure 5 : Processus de concassage.....	9
Figure 6 : Préparation du cru.....	10
Figure 7 : Cuisson de la farine.....	11
Figure 8 : Broyage du clinker.....	12
Figure 9 : Ensachage.....	13
Figure 10 : Schéma représente les différentes étapes de fabrication du ciment.....	13
Figure 11:trou de foration.....	17
Figure 12 : le remplissage des trous de foration avec de l'Ammonix.....	17
Figure 13 : Exécution de tir.....	18
Figure 14 : Schéma de tir.....	18
Figure 15 : Machine hydraulique foreuse.....	19
Figure 16 : Taillon.....	20
Figure 17 : les produits d'explosif utiliser par Holcim (Ammonix, Tovex et Amorce électrique).....	21
Figure 18 : prélèvement des échantillons à partir des gradins de la carrière.....	23
Figure 19 : l'emplacement des échantillons prélevés de la carrière.....	24
Figure 20 : le sciage de la roche.....	25
Figure 21 : le collage des roches friables.....	26
Figure 22 : rectification des surfaces.....	26
Figure 23 : collage sur les lames.....	27
Figure 24 : sciage des sucres.....	27
Figure 25 : travertin à pisolithes Gx1.....	28
Figure 26 : calcaire lacustre Gx1.....	29
Figure 27 : travertin à tige des végétaux Gx1.....	30

Figure 28 : travertin Gx1.....	31
Figure 29 : Calarénite Gx1.....	31
Figure 30 : calcaire à pisolithe Gx1.....	32
Figure 31 : conglomérat à matrice calcaire Gx1.....	32
Figure 32 : observation microscopique.....	33
Figure 33 : vue microscopique de l'échantillon 1 Gx40.....	33
Figure 34 : vue microscopique de l'échantillon 2 Gx40.....	34
Figure 35 : vue microscopique de l'échantillon 3 Gx40.....	35
Figure 36 : vue microscopique de l'échantillon 4 Gx40.....	35
Figure 37 : vue microscopique de l'échantillon 5 Gx40.....	36
Figure 38 : vue microscopique de l'échantillon 6 Gx40.....	36
Figure 39 : vue microscopique de l'échantillon 7 G x40.....	37
Figure 40 : schéma de la situation de la carrière de Holcim au niveau du lac pliocène de la plaine de saïs .....	38
Figure 41 : schéma des gradins de la carrière.....	42
Figure 42 : l'ancien gradin.....	43
Figure 43 : image satellitaire de l'usine et son entourage.....	44
Figure 44 : régulation de front de taille et plantation des banquettes.....	47
Figure 45 : recouvrement progressif par la végétation après l'exploitation.....	48
Figure 46 : ruche d'abeilles.....	49
Figure 45:arbres fruitiers exp: abricot.....	50
Figure 46:plantes aromatiques exp: lavande.....	50
Figure 49 : plan de circulation des engins dans la carrière .....	52

### **Liste des tables :**

Table 1 : Le pourcentage des différentes matières dans le ciment.....	15
Table 2 : table de données .....	42

## Table des matières :

INTRODUCTION

**CHAPITRE I : PRESENTATION DE GROUPE HOLCIM.....1**

**I. HOLCIM MAROC : .....1**

1) Historique : .....2

2) Répartition du capital de Holcim Maroc : .....3

3) Activité :.....4

4) Cadre juridique : .....4

**II. USINE DE RAS EL MA FES : .....5**

1) Situation géographique et accessibilité : .....6

2) Activité : .....6

3) Organigramme : .....6

**CHAPITRE II: LE PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT : ...8**

*Introduction : .....8*

**I. LES ETAPES DE FABRICATION DU CIMENT: .....8**

1) Extraction des matières premières : .....9

2) Concassage et pré-homogénéisation : .....9

a. Concassage : .....9

b. Pré-homogénéisation : .....10

3) Broyage et homogénéisation de la farine crue : .....10

a. Broyage crue : .....10

b. Homogénéisation : .....10

4) Production du clinker : .....11

a. Le séchage et le préchauffage de la farine crue : .....11

b. La décarbonatation partielle de la farine crue : .....11

c. Clinkérisation (production du clinker) : .....11

d. Refroidissement du clinker : .....12

5) Broyage de ciment : .....12

6) Ensachage et expédition du ciment : .....13

II. LES DIFFERENTS QUALITES DU CIMENT :	14
1) CPJ 35 :	14
2) CPJ 45 :	14
3) CPJ 55 :	15

## CHAPITRE III:LES METHODES D'EXTRACTION DES MATIERES

PREMIERES:	16
Introduction :	16
I. EXPLOITATION A CIEL OUVERT :	16
L'avantage de l'exploitation à ciel ouvert :	16
II. LES METHODES D'EXTRACTION UTILISEES PAR HOLCIM RAS EL MA :.....	16
1) Avec explosif :	16
a. Procédure de Tir :	17
b. La Foration :	19
i.Le diamètre du trou :	20
ii.La hauteur et L'inclinaison du forage :	20
c. Le choix de l'explosif :	20
d. Les nuisances liées au tir	21
2) sans explosif :	22
3) Conclusion	22

## CHAPITRE IV: Caractérisation de la carrière carbonatée de Holcim :...23

Introduction :	23
I. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS :	23
1-échantillonnage	23
II. LE DECOUPAGE DE LA ROCHE ET LE PROCESSUS DE LA FABRICATION DES. LAMES MINCES :	24
1) Le sciage de la roche :	25

2) Le collage des roches friable (Imprégnation) :	25
3) État de surface :	26
4) Le collage sur lame de verre :	26
5) Sciage :	27
6) Rodage :	28
<b>III. ANALYSE DES ECHANTILLONS :</b>	<b>28</b>
1) Analyse macroscopique :	28
a. Echantillon 1 :	29
b. Echantillon 2 :	30
c. Echantillon 3 :	30
d. Echantillon 4 :	31
e. Echantillon 5 :	31
f. Echantillon 6 :	32
g. Echantillon 7 :	32
2) Etude microscopique :	33
a. Echantillon 1 :	33
b. Echantillon 2 :	34
c. Echantillon 3 :	35
d. Echantillon 4 :	35
e. Echantillon 5 :	35
f. Echantillon 6 :	36
g. Echantillon 7 :	36
Conclusion :	38

## **CHAPITRE V: REHABILITATION DE LA CARRIÈRE CARBONATÉE DE RAS EL MA**

*Introduction:* .....39

**I. LA REHABILITATION DE LA CARRIÈRE A CIEL OUVERT:** .....39

1) Définition de la réhabilitation :	39
2) Objectifs de la réhabilitation:	40
3) Les conditions contrôlant une réhabilitation d'un site et ces opérations :	40
II. ANALYSE DE L'ETAT INITIALE DE LA CARRIERE HOLCIM :	41
1) Etudes préalables au réaménagement de sites :	41
2) Description de la carrière et l'entourage de l'usine :	41
a. La carrière :	41
b. L'entourage de l'usine :	43
3) Analyse des contraintes :	44
a. La profondeur de la carrière :	44
b. L'hydrogéologie :	44
c. L'hydrologie locale :	45
d. Le climat :	45
III. LES OPERATIONS A EFFECTUEES LORS D'UN REAMENAGEMENT DE LA CARRIERE	45
1) Les solutions proposées pour la réhabilitation de la carrière de Holcim :	45
2) Régulation des fronts de taille :	46
3) Plantation des arbres mellifères :	47
4) L'apiculture :	48
5) Les plantes et les arbustes adaptés avec ce genre de réaménagement :	49
Conclusion :	50

**CHAPITRE VI : PLAN DE CIRCULATION DES ENGINS AU SEIN DE LA CARRIERE.....51**

**CONCLUSION**

**Bibliographie**

## *Les abréviations :*

CIOR : les Ciments de l'Oriental.

CIMA : Cement Industries of Malaysia Berhad

CPJ : Ciment Portland avec Ajouts

HOLCIM REM : HOLCIM Ras El Ma

ODI : office pour le développement Industriel

SNCM : la société nationale des matériaux de Construction

## **INTRODUCTION**

Le développement du secteur de la construction créé un besoin important en matériaux naturels extraits de carrières à ciel ouvert. Et la carrière de Ras El Ma a un grand avantage pour Holcim Fès.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études à la FST, nous avons souhaités réaliser notre stage à HOLCIM Ras El Ma qui est une entreprise multinationale, parmi les plus grands producteurs mondiaux du ciment.

Notre stage au sein de cette entreprise était l'opportunité pour nous de découvrir de plus près le milieu professionnel, ainsi que l'application du domaine de l'exploitation au monde réel, Nous verrons ainsi au travers de ce rapport la problématique actuelle du secteur : quels sont les caractéristiques géologiques de la carrière calcaire, ses problèmes de circulation et de réhabilitation?

Dans un premier temps nous décrirons l'entreprise et son secteur en insistant sur ses particularités notamment dans les méthodes d'extraction et le processus de la fabrication du ciment. Puis nous étudierons nos missions, lors de ce stage.

# **CHAPITRE I : PRESENTATION DE GROUPE**

## **HOLCIM**

Le nom d'Holcim est simple et facile à retenir ;

**HOL** : rappelle l'origine de groupe, le village Holderbank.

**CIM** : désigne l'activité du ciment.

D'origine suisse, le Groupe Holcim Ltd est un acteur majeur au niveau mondial dans la production de ciment, granulats et bétons.

Holcim compte parmi les leaders de la production de matériaux de construction car il se concentre sur ses produits de base, en particulier la production et la distribution de ciments et granulats.

Actif dans près de 77 pays, le groupe Holcim offre la plus grande diversité géographique du marché. Présent aussi bien en Europe que dans les pays émergents, sa diversification géographique assure la solidité de son économie.

Gérer l'approche locale et globale est au cœur de la dynamique de Holcim. Le Groupe est un acteur global, mais reste très ancré localement. L'importance des coûts de transport, notamment, incite le Groupe à être proche de ses clients.



*Figure 1: Holcim à travers le monde*

### **I. HOLCIM MAROC :**

Holcim Maroc est l'un des leaders mondiaux du ciment, du béton et des granulats, il est un groupe cimenterie national. Présent sur le marché national depuis 1978, Holcim Maroc, avec

470 collaboratrices et collaborateurs, produit des matériaux de construction pour les usages les plus variés. A ces produits s'ajoutent les supports techniques et logistiques adaptés aux besoins du client.

### 1) Historique :

✓ En 1972 les gouvernements marocains et algériens avaient décidé de créer une entreprise commune pour la construction d'une cimenterie à OUJDA dénommée : la cimenterie maghrébine (CIMA. Son capital social de 75.000.000DH a été réparti entre deux organismes représentant respectivement le MAROC (ODI) et l'ALGERIE (SNCM)

- ODI : office pour le développement Industriel
- SNCM : la société nationale des matériaux de Construction

La partie algérienne s'étant retirée du projet au début des opérations de consultations pour la réalisation de l'unité, l'ODI de sa part a créé en 1976 une SA : les ciments de l'oriental (CIOR) dans le but de poursuivre le projet initial.

- Les filiales dédiées aux activités béton et granulats adoptent le nom de HOLCIM.

✓ Dans des soucis de rapprochement à sa clientèle et de développement sur le marché national, HOLCIM (MAROC) a créé en 1980 à Fès et en 1982, deux centres d'ensachage d'une capacité respective de 500000t/an et 350000t/an.

✓ Ces deux centres sont alimentés en ciment VRAC de l'usine d'OUJDA par camion et progressivement par voie ferrée.

✓ En 1989, HOLCIM (CIOR auparavant) installe sur le site du centre d'ensachage de Fès un centre de broyage composé de deux lignes d'une capacité totale de 350000t/an. Le centre d'ensachage devient ainsi le centre de broyage et d'ensachage (CBEF)

✓ En 1990, face à la croissance soutenue du marché national et dans un souci permanent de maintien de sa présence sur le marché et de réponse à la demande croissante, HOLCIM lance dans la périphérie de la ville de Fès le projet de réalisation d'une ligne complète de production de clinker. Cette unité située à RAS EL MA démarrait son activité en avril.

✓ En 1993, commença la première phase de privatisation de HOLCIM qui traduit par la cession de 51% de son capital social au groupe cimentier suisse HOLDERBANK qui est devenu ainsi l'actionnaire majoritaire.

- ✓ En juillet 1996, une troisième ligne de broyage ciment démarra son activité sur le site RAS EL MA et complète ainsi l'usine de Fès dans sa configuration actuelle.
- ✓ En juillet 1999, HOLCIM a lancé un autre projet d'implantation à SETTAT qui a débuté en 2000 et qui permettra d'aider l'usine de CASABLANCA à couvrir les besoins du marché dans cette région.
- ✓ En 2010 HOLCIM lance le projet de doublement de la capacité de production clinker de la cimenterie de Fès (Projet 2800).
- ✓ En 2012 : doublement de la capacité de production clinker de l'usine de Fès.
- ✓ 2014 : l'accord de fusion entre Lafarge et Holcim.

## 2) Répartition du capital de Holcim Maroc :

Aujourd'hui Holcim est présente dans différentes régions du Maroc et dispose d'une capacité annuelle de production de 3,9 millions de tonnes, elle exploite trois cimenteries à Oujda, Fès et Settât, un centre de broyage, d'ensachage et de distribution à Nador, ainsi qu'un centre de distribution à Casablanca.



Figure 2:répartition des sites de Holcim Maroc

Les usines HOLCIM (Maroc) sont réparties comme suit :

- ✓ Oujda : cimenterie intégrée créée en 1979 et produit 1 500 000T/an.

- ✓ FES : usine de production de ciment à RAS EL MA réalisant d'excellents résultats en matière de productivité. Elle est automatisée grâce à un laboratoire de contrôle automatique.
- ✓ CASABLANCA : centre d'ensachage. Il reçoit du ciment par voie ferrée et assure sa distribution sur la zone Rabat - Casablanca.
- ✓ NADOR : un centre de broyage et d'ensachage qui utilise un nouveau procédé de fabrication appelé broyage séparé. Les produits fabriqués sont les ciments broyés à ajout de pouzzolane CPJ35.
- ✓ BENSLIMANE : usine avec une carrière située sur les gisements calcaires de L'OUED CHERRAT, à proximité des marchés de Rabat et de Casablanca.
- ✓ ATLACIM : une nouvelle usine créée à Settat.

### 3) Activité :

Créée en 1976, Holcim (Maroc) est un groupe spécialisé dans la production et la commercialisation de tous les liants hydrauliques employés dans la construction et les travaux publics, notamment le clinker (produit semi-fini du ciment), le ciment, le béton et les granulats.

### 4) Cadre juridique :

- ✓ Dénomination : HOLCIM Maroc
- ✓ Forme juridique : société anonyme de droit Privé.
- ✓ Date de création : 1976 pour une durée de 99 ans.
- ✓ Date d'introduction en bourse 21 décembre 1993.
- ✓ Activité: production et Commercialisation du Ciment.
- ✓ Capital social au 31 Août 2008 : 421 000 000 Dh, entièrement libéré, composé de 4 210 000 actions d'une valeur nominale de 100 Dh, dont 2 727 010 actions portent des droits de votes doubles.
- ✓ Registre commercial : 24713.
- ✓ N° de production fiscale : 512367.
- ✓ Affiliation à la CNSS: 1515123.
- ✓ Capacité de production : 2000000t/an.
- ✓ Effectif: 770

- ✓ Actionnaires : - Holderbank 51% - Personnels 1.5%
- Actions en bourse - Banque Islamique 14%.

## **II. USINE DE RAS EL MA FES :**

Cette unité avait démarrée en mois d'avril 1993. Elle est installée sur un terrain en propriété de la CIOR. Le gisement de calcaire est à proximité de l'usine et compte plus de deux siècles de réserves exploitables en calcaire de bonne qualité.

Cette usine est construite selon les technologies les plus nouvelles en matière d'industrie de ciment ce qu'il lui permet de produire, actuellement 2800 t/j.

Ce site a été choisi pour plusieurs raisons :

- ✓ La disponibilité des matières premières en quantité et qualité.
- ✓ La possibilité d'alimentation en eau et en énergie électrique.
- ✓ La qualité des terrains de point de vue fondation et écoulement de la production et l'approvisionnement de la cimenterie.



Figure 3:L'usine Holcim de Ras El Ma

### 1) Situation géographique et accessibilité :

La cimenterie de Fès est située dans la localité de Ras El Ma à 25 Km de la ville de Fès et à 340 Km du port de Nador à partir duquel elle est alimentée en pet coke.

La liaison routière avec les autres régions du Royaume se fait à partir de l'autoroute reliant Casablanca et Oujda, tandis que l'accès à la ville de Fès se fait directement via les localités de Bensouda et de Zillig. L'usine est raccordée à la voie ferrée depuis 2005.

### 2) Activité :

L'usine de Fès - Ras El Ma a été mise en service en 1993 et ne produit que du clinker pendant les trois premières années de son activité. Depuis 1996, l'usine de Fès Ras El Ma produit et commercialise différentes qualités de ciment.

L'unité de production de Fès - Ras El Ma utilise le procédé de fabrication à voie sèche intégrale.

L'usine comprend des ateliers de concassage, de broyage, d'homogénéisation et de stockage de la farine, de cuisson et stockage du clinker, de broyage du ciment et d'ensachage et expédition du ciment.

La production s'effectue à partir de matières premières extraites de la carrière de calcaire et de la carrière de schiste, d'où la première se situe à proximité de l'usine, la carrière de schiste se situe à 45 km de l'usine exactement dans la région de BNI MELLALA près d'Immouzar.

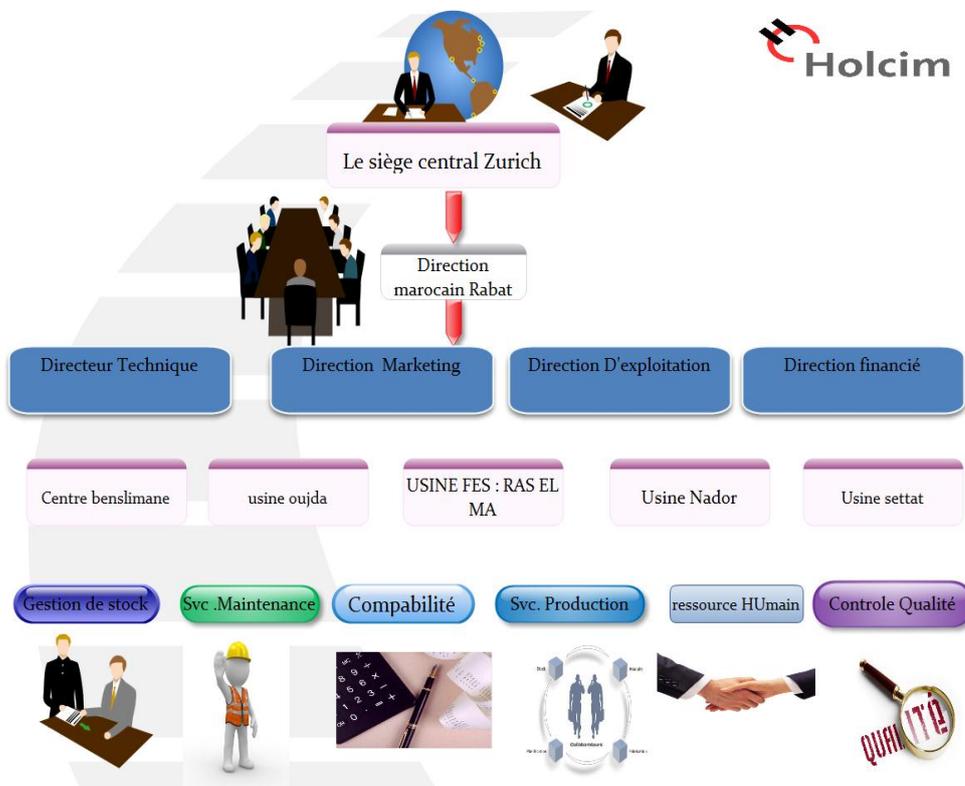
L'usine de Fès est dotée des certificats de conformité aux normes ISO 9001 de la gestion de la qualité, ainsi que la norme relative au management environnemental ISO 14001.

### 3) Organigramme :

Il suffit de connaître quelques chiffres sur la société Holcim tels que le capital, l'effectif, le chiffre d'affaires...pour se rendre compte que c'est une société de grande taille dont l'activité est répartie sur plusieurs régions du Maroc.

La gestion efficace de tous ces moyens nécessite une rigueur dans l'organisation, ainsi qu'un contrôle efficace. Pour cela, toutes les directions d'usine dépendent du siège se trouvant

à Rabat où l'on centralise des informations provenant des différentes usines à travers un réseau informatique permettant le transfert informations en temps réel.



*Figure 4: Organigramme hiérarchique d'Holcim*

## **CHAPITRE II: LE PROCESSUS DE FABRICATION**

### **DU CIMENT :**

#### **Introduction :**

La fabrication du ciment est un processus très complexe dans lequel les matières premières subissent des transformations physico-chimiques successives jusqu'à l'obtention du produit fini. Ce procédé comprend deux phases essentielles :

- La première phase du procédé comprend la fabrication du clinker suite à la cuisson d'un mélange cru (ou farine). Cette farine est composée en grande proportion de calcaire 80%, d'argile à 15% et 5 % de schiste (qui peut être remplacé par le sable). Le clinker constitue en quelque sorte le ciment dans son état pur.
- La deuxième phase est le broyage du clinker mélangé avec des matières de corrections (ajouts) constitués, dans le cas de l'unité de Ras El Ma, de gypse et calcaire. Suivant les qualités du ciment souhaité, le clinker est plus ou moins dilué.

#### **Qu'est-ce que le ciment ?**

Poudre minérale, le ciment est un liant hydraulique utilisé dans différents domaines, principalement comme matériau de construction. Il est fabriqué à partir de la cuisson, le mélange et le broyage de différentes matières premières.

### **I. LES ETAPES DE FABRICATION DU CIMENT:**

Le processus de fabrication du ciment est un processus complexe et graduel par voie sèche, dans lequel la matière subit à partir de la carrière des transformations successives jusqu'au produit fini.

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

La production du ciment s'opère selon un processus en six étapes :

#### **1) Extraction des matières premières :**

Pour assurer son approvisionnement en matières premières, la cimenterie de Fès dispose de deux carrières : l'une du calcaire et l'autre des schistes, ils sont extraits par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique ou encore au bulldozer afin de réduire les coûts de transport.

La production du ciment nécessite d'abord la production d'un produit semi-fini de base «le Clinker », qui subira en suite des transformations jusqu'au produit fini « le ciment ».

## 2) Concassage et pré-homogénéisation :

### a. Concassage :

Le concasseur se situe à proximité de la carrière du calcaire, qui existe au voisinage de l'usine et compte plus de 2 siècles de réserves exploitables en calcaire de bonne qualité.

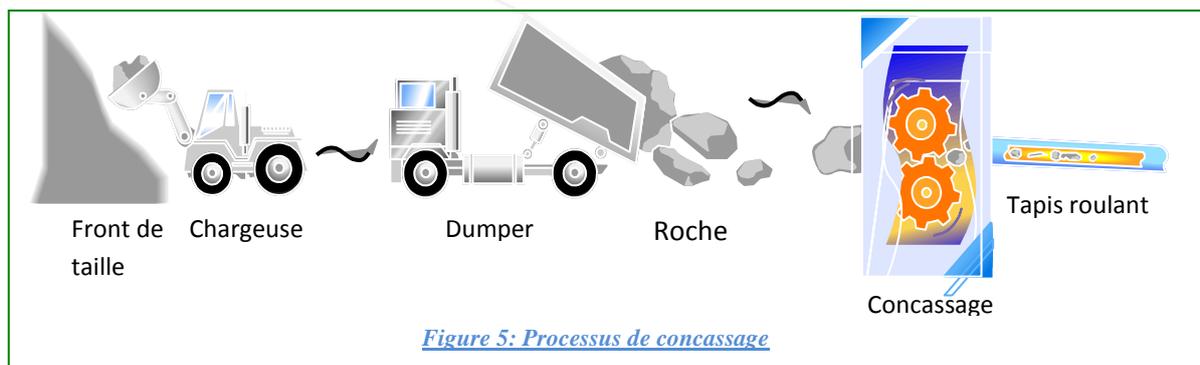
Le but de cette opération est de réduire les dimensions des blocs qui atteignent parfois 1,2m. La granulométrie du produit concassé est de 95% < 80mm.

La machine est un concasseur à marteaux à double rotor série DUO convenant pour le concassage primaire ou secondaire de toutes matières friables ou Semi-dures. La matière fragmentée est transportée vers le stockage (fig. 5).

Les matières premières extraites sous forme de bloc de grosse dimension, sont concassées afin de faciliter leur manutention pour les étapes postérieures. Les concasseurs utilisés dans les usines de Holcim (Maroc) sont à impact à battoirs ou marteaux.

Ce type de concasseur est adapté aux caractéristiques initiales et finales des matières à concasser.

Les matières premières sont transportées par des engins mécaniques (pelles mécaniques, chenilles, camions bennes, etc.) lors des phases d'extraction et d'alimentation du concasseur, ainsi que pour l'acheminement des ajouts.



### b. Pré-homogénéisation :

Les matières premières concassées sont acheminées vers un hall de stockage et de pré-homogénéisation. Cette opération permet d'améliorer l'homogénéité de la matière et de réduire les fluctuations du procédé, grâce à des tests et analyses réalisés dans les laboratoires de l'usine.

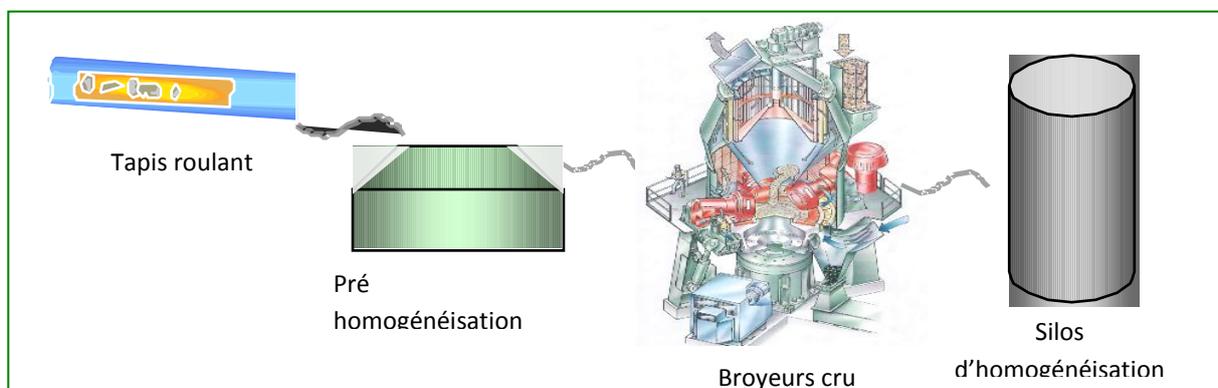
### 3) Broyage et homogénéisation de la farine crue :

#### a. Broyage cru :

La matière crue est constituée d'un mélange des différentes matières premières et de correction dans des proportions qui sont définies suivant les valeurs des modules chimiques du cru.

En général, la matière crue est constituée de 84% de calcaire, 11 % de schistes et 1% à 5 % de matières de corrections (sable et fer). Le dosage des différentes composantes est systématisé de manière automatique à l'entrée du broyeur (fig. 6).

Ce mélange est broyé et séché dans un broyeur vertical à galets. Cette opération de broyage permet de réduire la granulométrie du mélange. Le séchage de la matière crue à l'intérieur du broyeur est assuré par les gaz chauds du four.



*Figure 6 : Préparation du cru*

#### b. Homogénéisation :

A la sortie du broyeur cru, le mélange des matières broyées, appelé farine crue est stocké dans un ou plusieurs silos de stockage et d'homogénéisation.

Dans ces silos, la farine crue est homogénéisée par soufflage d'air sur-pressé. Cette opération permet d'améliorer la régularité des caractéristiques de la farine crue afin d'obtenir ensuite un clinker de qualité régulière.

#### 4) Production du clinker :

Le clinker est un produit artificiel obtenu par la cuisson de la farine crue dans un four rotatif.

La production du clinker se fait en quatre étapes:

##### a. Le séchage et le préchauffage de la farine crue :

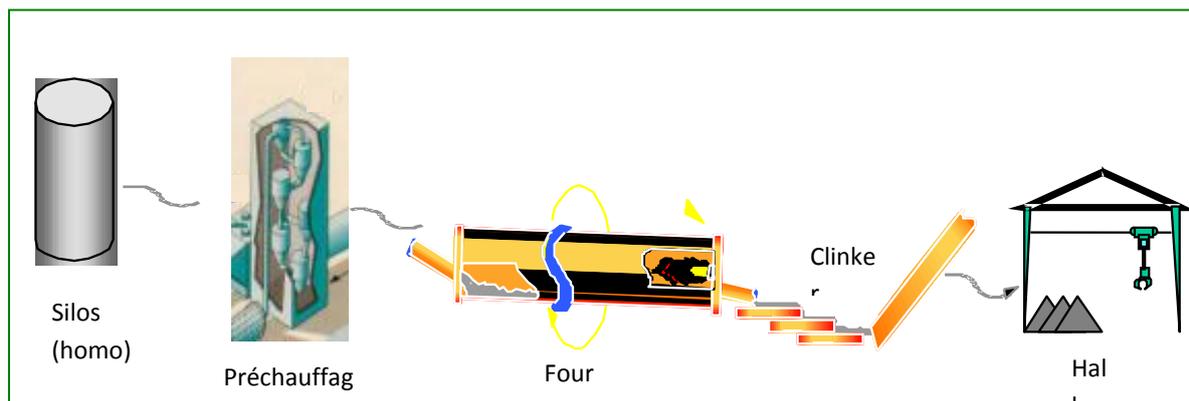
La farine crue est introduite et dosée au pied de la tour de préchauffage. Par la suite, elle est manutentionnée jusqu'au haut de la tour où elle est introduite au niveau du quatrième ou du cinquième étage.

##### b. La décarbonatation partielle de la farine crue :

Dans la tour de préchauffage, la farine crue avance du haut vers le bas et se mélange avec les gaz chauds du four circulant dans le sens inverse. Ce procédé permet de préchauffer la farine crue jusqu'à une température de près 800 °C au pied de la tour et de provoquer la première transformation (décarbonatation partielle) de ses principaux composants chimiques (carbonates, silicates, aluminates, etc.).

##### c. Clinkérisation (production du clinker) :

La farine crue, qui a été partiellement décarbonatée dans la tour de préchauffage, est introduite dans un four rotatif pour entamer le processus de clinkérisation (fig. 7).



*Figure 7 : Cuisson de la farine*

La clinkérisation consiste en la combinaison des principaux composants de la farine crue (carbonates, silicates, aluminates, etc.) sous l'effet de la chaleur du gaz du four (1 400 °C), pour former des minéraux artificiels qui confèrent au clinker ses propriétés hydrauliques.

Les proportions de ces minéraux doivent rester dans des limites définies afin d'assurer une bonne qualité du clinker.

L'énergie thermique nécessaire pour assurer la cuisson de la farine crue dans le four, est produite par la combustion du pet coke qui est introduit dans le four par une tuyère spéciale.

En plus du pet coke, on utilise des combustibles alternatifs (huiles usagées, pneus déchiquetés, etc.) en vue de réduire les coûts de l'énergie thermique.

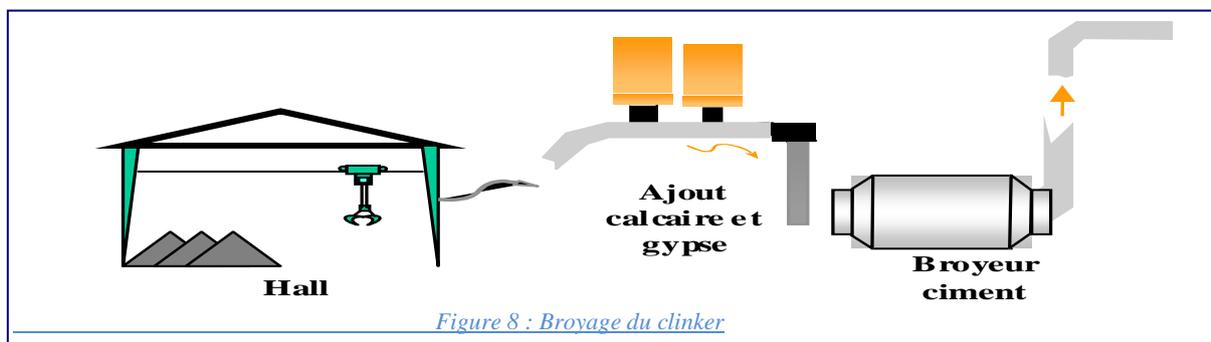
#### d. Refroidissement du clinker :

A la sortie du four, le clinker est introduit dans un refroidisseur à ballonnets ou à grilles où il est refroidi jusqu'à une température de 120 °C. Cette opération permet de récupérer la chaleur du clinker pour la réutiliser et de faciliter sa manutention jusqu'aux silos de stockage.

#### 5) Broyage de ciment :

Le clinker et les ajouts (gypse, calcaire et pouzzolane) sont introduits au niveau d'un broyeur vertical à galets, dans des proportions prédéfinies pour subir des efforts mécaniques du broyage et produire ainsi le ciment dont la finesse évolue de 2 800 à 4 000  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Le dosage du clinker et des ajouts se fait à l'entrée du broyeur par un système de dosage automatique (fig.8).

Les caractéristiques des différentes lignes de gamme de ciment obtenues sont conformes aux normes marocaines de production du ciment. Cette conformité est assurée grâce à des dosages mesurés et des tests de laboratoire effectués tout au long du processus de production.



#### 6) Ensachage et expédition du ciment :

Le ciment produit est stocké dans des silos pour alimenter par la suite les ateliers d'ensachage pour les livraisons en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en vrac.

Pour les livraisons en sacs, le chargement des camions ou des wagons se fait par des chargeurs automatiques répondant aux normes environnementales. Les sacs sont en papier kraft ou du papier poreux permettant le seul passage de l'air. Les sacs en Kraft sont perforés pour permettre la sortie d'air lors de leur remplissage en ciment (fig. 9).

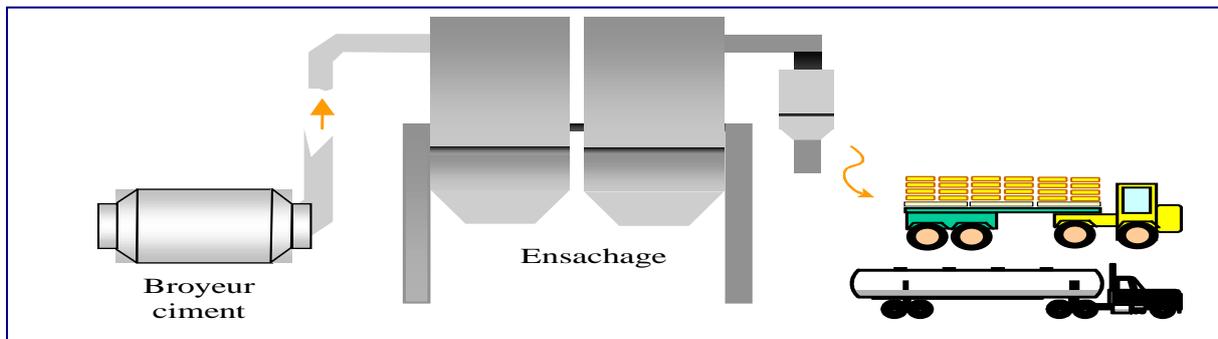


Figure 9 : Ensilage

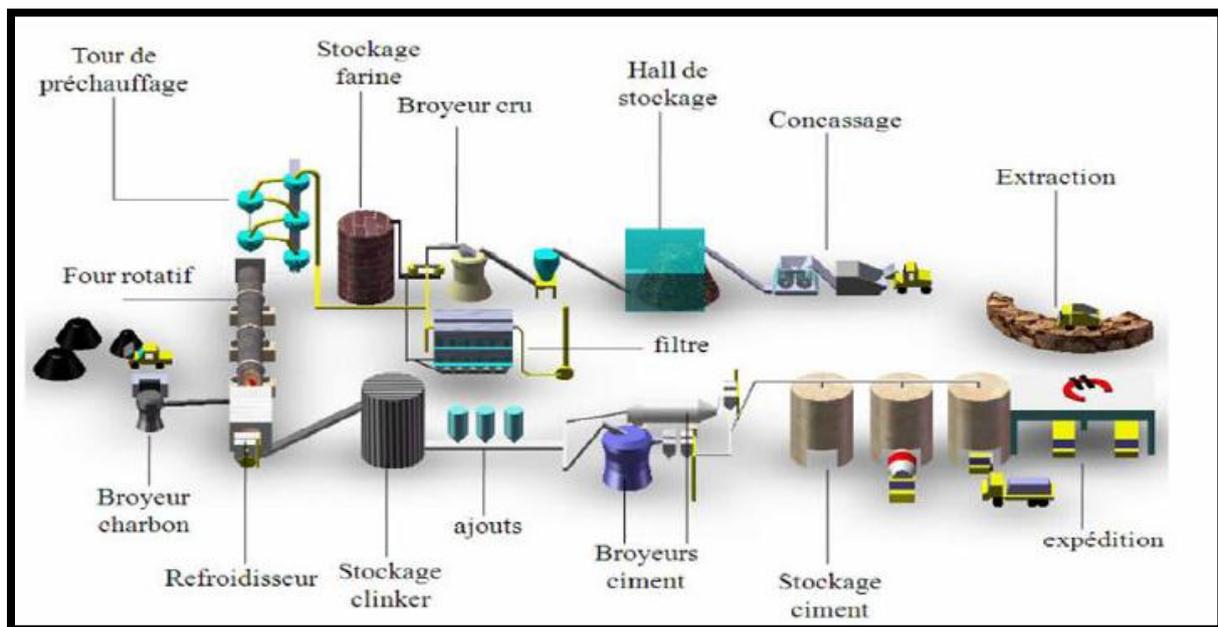


Figure 10 : Schéma représente les différentes étapes de fabrication du ciment

## **II. LES DIFFERENTS QUALITES DU CIMENT :**

Il existe plusieurs qualités du ciment qui sont régies par des normes internationales de qualité sur les liants hydrauliques. Suivant le pourcentage du clinker dans la composition finale du ciment (tableau : 1), la résistance du ciment à la flexion et à la compression varie.

Chaque catégorie est destinée à un usage particulier :

### 1) CPJ 35 :

Est un produit particulièrement adapté à la fabrication des mortiers et des enduits pour la maçonnerie, ainsi que les bétons non armés peu sollicités et à résistances mécaniques peu élevées. La classe de résistance (entre 29.5 et 32 MPA) du **CPJ 35** est utilisée aussi dans le domaine routier pour la stabilisation des sols et des couches des chaussées.

### 2) CPJ 45 :

La classe de résistance de **CPJ 45** lui confère l'aptitude à être utilisé pour les bétons armés, fortement sollicités et à résistances mécaniques élevées.

Les résistances élevées à jeune âge du CPJ 45 permettent d'obtenir un décoffrage rapide des éléments de structure et des produits préfabriqués.

### 3) CPJ 5

C'est un ciment portland composé Par ses résistances élevées, le **CPJ 55** est le ciment mieux adapté aux bétons à haute résistance (précontraintes et structures fortement sollicitées ...).

Les résistances élevées à jeune âge (2 jours) que le CPJ 55 permet d'atteindre, confèrent aux applications de la préfabrication, les avantages de décoffrage et de durcissement rapide.

L'utilisation en béton du **CPJ 55** requiert une étude de formulation de béton et la classe De résistance varie entre 50MPa et 52 MPA.

✚ L'usine ras el ma a commencé la production d'un nouveau type de ciment **CPJ65** marqué par sa forte résistance.

Et voilà un tableau qui présente le pourcentage des différentes matières utilisées dans les trois types du ciment les plus produites par Holcim (Tableau 1) :

<b>Ciment</b>	<b>CPJ35</b>	<b>CPJ45</b>	<b>CPA55</b>
<b>Calcaire</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>	<b>0%</b>
<b>Cendres volantes</b>	<b>8%</b>	<b>4%</b>	<b>0%</b>
<b>Gypse</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>	<b>4.64%</b>
<b>Clinker</b>	<b>56%</b>	<b>60%</b>	<b>75%</b>
<b>Pouzzolane</b>	<b>0%</b>	<b>21%</b>	<b>9%</b>

Tableau 1 : Le pourcentage des différentes matières dans le ciment

## **CHAPITRE III: LES METHODES D'EXTRACTION DES MATIERES PREMIERES :**

### **Introduction :**

L'abattage des roches représente le premier maillon des processus technologiques de l'exploitation des gisements à ciel ouvert. Il consiste à modifier l'état naturel des roches dans le but d'améliorer le processus de leur extraction.

### **I. EXPLOITATION A CIEL OUVERT :**

L'extraction consiste à extraire les matières premières comme le calcaire, les schistes et l'argile, à partir des carrières à ciel ouvert ; (c'est-à-dire une mine ayant pour mode d'exploitation à la surface de la terre en non pas des galeries). Ces matières premières sont extraites des parois rocheuses, les techniques d'exploitation sont influencées par la forme et la nature du gisement, la structure chimique des matériaux à extraire, la nécessité de faire à tout moment le mélange cru convenable pour la fabrication du ciment.

#### **L'avantage de l'exploitation à ciel ouvert :**

Le développement des exploitations à ciel ouvert s'explique par les avantages suivants :

- ✓ La meilleure récupération des gisements et une bonne sélectivité.
- ✓ La possibilité de choisir le minerai de teneurs conformes aux besoins.
- ✓ La plus grande souplesse dans la planification de l'exploitation.
- ✓ La sécurité de travail : meilleure visibilité, surveillance facile, personnel limité.
- ✓ La possibilité d'une importante mécanisation permettant d'utiliser des grosses machines.

### **I. LES METHODES D'EXTRACTION UTILISEES PAR HOLCIM RAS EL MA :**

#### **1) Avec explosif :**

Les travaux de tir sont largement utilisés dans les exploitations à ciel ouvert des roches dures, Dans ce cas, la roche est séparée du massif à l'aide des explosifs placés dans des trous réalisés à cet effet.

➤ Carrière de calcaire :

Chez Holcim, le Calcaire est exploité à partir de la carrière située à proximité de l'usine, l'extraction se fait à partir d'un abattage à l'explosif, le pourcentage du calcaire dans la production peut atteindre 80%.

a. Procédure de Tir :

- ✓ Implantation du tir dans la carrière ;
- ✓ Foration des trous de mine (Figure 11);



*Figure 11:trou de foration*

- ✓ Remplissage en explosifs : Les explosifs, d'une nature et d'une puissance adaptée, sont disposés en colonne dans des trous réalisés par forage et correspondant à la hauteur de la roche à abattre (Figure. 12) ;

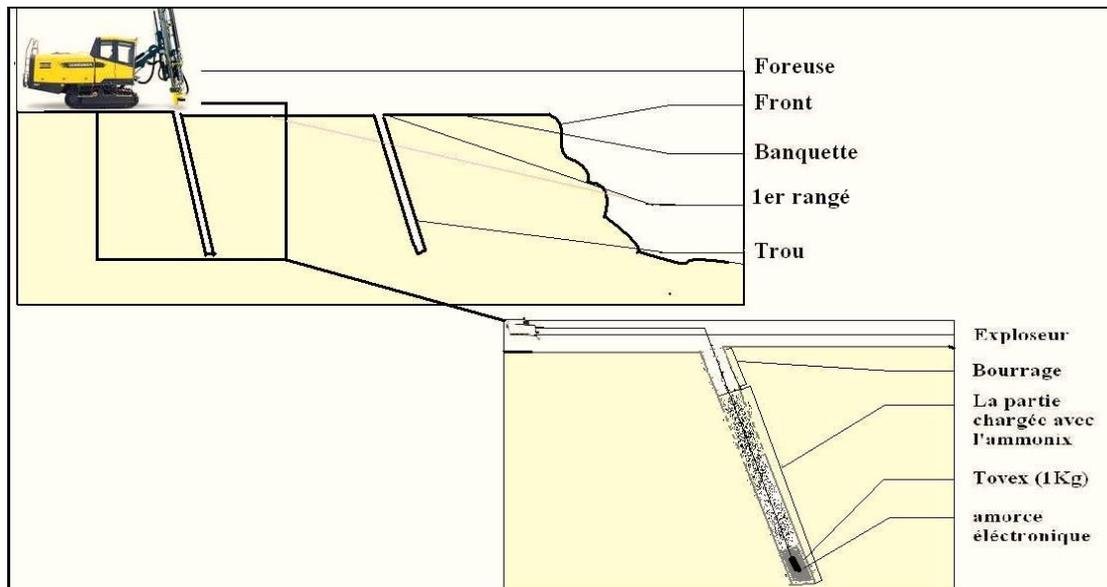


*Figure 12:le remplissage des trous de foration avec de l'Ammonix*

- ✓ Raccordements : Des détonateurs électriques, placés en fonds de trous, sont réglés avec des micros-retards ;
- ✓ Mise en sécurité des lieux ;
- ✓ Tir (Figure. 13) ;
- ✓ Temps de sécurisation.



*Figure 13: Exécution de tir*



*Figure 14: Schéma de tir*

### Définitions :

- **Front** : c'est une surface sensiblement verticale qui limite le massif rocheux à abattre et en arrière de laquelle on implante la foration.
- **La maille** : on appelle maille le quadrilatère formé par la succession de deux trous et leur projection sur le front. Est la grandeur caractéristique du plan de tir elle s'exprime en m<sup>2</sup>.
- **Espacement** : c'est la distance séparent deux trous successifs d'une même rangé.
- **Banquette** : c'est la distance qui sépare le trou de mine du front.
- **Bourrage** : constitué en haut de colonne pour empêcher la libération verticale de gaz.

### b. La Foration :

C'est une technique comme étant la première étape de la chaîne cinématique dans la carrière de ras el ma. Elle consiste à réaliser des trous dans un terrain dur pour y mettre de l'explosif dans le but de le fragmenter. On utilise couramment des machines hydraulique foreuse car l'eau a tendance à réduire la résistance de la matrice rocheuse et par conséquent à faciliter la pénétration de l'outil de foration. Cependant, la vitesse instantanée de la foration est augmentée.

La foration est définie par son diamètre, sa profondeur et son inclinaison par rapport à la verticale (Figure. 15).



*Figure 15: Machine hydraulique foreuse*

L'exécution de ces trous doit être faite suivant une maille bien déterminée tout en respectant la hauteur à forer. La précision avec laquelle ces paramètres sont respectés aura une grande influence sur les résultats des tirs.

*i. Le diamètre du trou :*

C'est le diamètre du taillon qui permet de forer le trou destiné à recevoir l'explosif.

Les résultats des travaux de certains chercheurs montrent qu'avec l'augmentation du diamètre de sondage, le degré de fragmentation diminue. Pour notre cas dans la plus part des forations effectuer, ils utilisent un Taillon d'un diamètre de 89mm (Figure.16).



**Taillon**

*Figure 16:Taillon*

*ii. La hauteur et L'inclinaison du forage :*

L'inclinaison du forage est très importante. Elle est en fonction de la hauteur du front et des conditions de la stabilité de la roche :

Si la hauteur est faible (moins de 10m) :l'inclinaison est entre 0 et 5°

Si la hauteur est élevée (plus de 10m) :l'inclinaison est entre 5 et 30°

*c. Le choix de l'explosif :*

Le choix de l'explosif dépend aussi dans large mesure de présence d'eau dans le massif à abattre ou des conditions climatiques, parce qu'il y a des explosifs très sensibles à l'eau et d'autres résistants (comme par exemple le nitrate fioul, leur emploi est prohibé lors de présence d'eau).

Pendant c'est à l'utilisateur de bien choisir le type d'explosif ou jouer sur les techniques permettant la conservation ou la protection de l'explosif contre l'eau (Figure. 17).



*Figure 17:les produits d'explosif utiliser par Holcim (Ammonix, Tovex et Amorce électrique)*

#### d. Les nuisances liées au tir :

Les principales nuisances liées au tir de mines sont donc :

- ✓ Les vibrations liées à la déformation élastique des matériaux
- ✓ Le bruit ou énergie acoustique

Le contrôle des vibrations émises par les tirs est devenu une préoccupation majeure des exploitants de carrière.

Elle s'appuie sur l'arrêté ministériel du 22 septembre 1994 qui définit :

- ✓ La méthodologie ;
- ✓ Les valeurs limitées ;
- ✓ Une loi de pondération en fonction des fréquences.

Les tirs de mine sont de la responsabilité de HOLCIM. Ils sont exécutés par du personnel spécialisé encadré par un chef mineur, qui est formé à cette fin notamment par la fédération des industries extractives. Il doit disposer d'un certificat officiel après réussite d'un examen.

Tous les tirs de mines réalisés sur la carrière Holcim sont enregistrés avec leurs paramètres complets : tableau de suivi des tirs avec positionnement sur un plan topographique (plan de tir).

Des sismographes- enregistreurs homologués, placés sur les fondations des habitations les plus proches enregistrent les émissions vibratoires qui grâce aux techniques mises en œuvre sont très inférieures aux exigences réglementaires.

Les résultats mesurés sur les habitations les plus proche de la carrière ne dépassent pas 4 mm/s alors que la réglementation tolère jusqu'à 10 mm/s.

Cependant l'effet de surprise occasionné par un tir peut être l'origine de crainte. C'est pourquoi les opérations de minage se font dans la mesure du possible en fin de matinée ou en milieu d'après-midi.

La fréquence des minages est normalement en moyenne de 2 tirs par semaine.

Il n'y a pas de stockage d'explosifs sur le site, les livraisons ont toujours lieu le jour du tir.

La quantité est limitée par une autorisation préfectorale.

Le registre des tirs est contrôlé annuellement par la gendarmerie.

## 2) sans explosif :

Holcim utilise l'extraction sans explosif dans les terrains meubles, c'est le cas des schistes dans la carrière de Bni Mellala, qui est exploitée avec les engins traditionnels de travaux publics tels pelles ou chargeuses.

### ➤ Carrière de schiste :

La carrière du schiste est située à 45 Km du site de l'usine, l'extraction est sous-traitée et le pourcentage peut aller de 13 à 14%.

## Conclusion :

Réalisée au fur et à mesure de l'extraction selon une programmation prédéfinie, elle s'inscrit dans une politique de réaménagement dont le but est de valoriser le site sur les plans paysager, environnemental et/ou pédagogique...

Et l'utilisation de l'explosif reste une technologie évoluant toujours vers moins de bruit et moins de vibrations et une meilleure gestion de la carrière de plus elle à un ensemble d'avantages conduit généralement à des coûts d'exploitation par tonne faible.

## **CHAPITRE IV: CARACTERISATION DE LA CARRIERE CARBONATEE DE HOLCIM :**

### **Introduction :**

La pétrologie est la partie de la géologie qui étudie les roches. À partir d'observations de roches à différentes échelles, de leur description rigoureuse, de nombreuses interprétations peuvent être formulées pour accéder à tout ce que ces roches peuvent nous apprendre sur leur aventure.

### **I. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS :**

#### **1) Échantillonnage :**

Un échantillon : est la partie d'un ensemble choisi pour représenter une ou plusieurs propriétés caractéristiques de cet ensemble.

L'objectif de l'échantillonnage est de prélever une partie représentative d'un ensemble ou d'un lot de minerai pour déterminer ses éléments, et avec la plus grande précision possible, le pourcentage de porosité (vide).



*Figure 18:prélèvement des échantillons à partir des gradins de la carrière*

Chaque opération de prélèvement est spécifique au matériel à étudier. De façon générale, il doit respecter l'intégrité archéologique et artistique de l'objet, tout en faisant preuve de

pertinence. La préparation doit tenir compte de l'homogénéité ou non du fragment, de son degré de dureté, et de sa résistance au découpage.



*Figure 19: l'emplacement des échantillons prélevés de la carrière*

## **II. LE DECOUPAGE DE LA ROCHE ET LE PROCESSUS DE LA FABRICATION DES LAMES MINCES :**

Au laboratoire, l'échelle microscopique est utilisée, à partir de lames minces de roches. Une roche est totalement opaque, exception faite de quelques verres d'origine volcanique ou météoritique. Mais, en réalisant des coupes extrêmement fines, il est possible de voir à travers les roches.

Une lame mince de roche est une préparation spécifique effectuée par un lithopréparateur. Ces préparations consistent à amincir un échantillon de roche, préalablement collé sur plaque de verre, à une épaisseur de 30 micromètres (davantage pour les lames destinées à la micropaléontologie).

### 1) Le sciage de la roche :

Il faut définir la zone d'un échantillon de roche qui est à analyser et une partie pour la surface polie. Avec une grosse scie diamantée, on découpe un « sucre », petit volume de roche n'excédant pas 8 à 10 centimètres cubes. La référence de la roche est notée sur le dos du sucre afin d'avoir une traçabilité sans défaut.



Figure 20:le sciage de la roche

### 2) Le collage des roches friable (Imprégnation) :

Dans le cas où la roche est peu cohérente, ou très fracturée, une étape d'imprégnation du sucre à la résine est nécessaire pour le consolider.



*Figure 21: le collage des roches friables*

### 3) État de surface :

Les sucres et les lames de verre qui seront utilisés doivent avoir une planéité parfaite pour être collés ensemble. On réalise cette rectification des surfaces grâce au papier abrasif, et à une poudre abrasive (carbure de silicium) de différentes granulométries (de la plus grossière à la plus fine) et qui vont venir user la surface du sucre ou de la lame pour obtenir la surface la plus plane possible.



*Figure 22: rectification des surfaces*

#### 4) Le collage sur lame de verre :

Les sucres sont collés sur les lames en verre à l'aide d'une résine bicomposante de type Araldite. La manipulation est délicate, car il ne doit pas subsister de bulles d'air entre la lame et le sucre, et la couche de résine doit être la plus fine possible. Toutes ces précautions visent à assurer une observation finale dans les meilleures conditions. La prise définitive de la résine se fait dans une plaque chauffante.



Figure 23: collage sur les lames

#### 5) Sciage :

La résine résiduelle est enlevée, et la référence de la roche est inscrite directement sur la lame. Le sucre est scié avec un disque diamanté de précision qui garantit le parallélisme entre la face collée et la face sciée. L'épaisseur de la roche est de 500 à 600 micromètres (millionièmes de mètres, ou millièmes de millimètres).



Figure 24: sciage des sucres

### 6) Rodage :

Il faut maintenant abaisser progressivement l'épaisseur de la roche jusqu'à ce qu'elle devienne transparente. On utilise une rodeuse qui, à l'aide d'un dispositif d'abrasion au diamant, permet une usure progressive par étapes de 5 à 10 micromètres.

## **III. ANALYSE DES ECHANTILLONS :**

### 1) Analyse macroscopique :

#### a. Echantillon 1 :



*Figure 25:travertin à pisolithes Gx1*

Cet échantillon comprend des pisolithes, oolithe, agrégat et de la porosité. Cette composition indique que l'échantillon a été formé dans un milieu où l'agitation est très forte.

**Oolithe :** Ce sont des grains constitués d'un "nucleus" (fragment de coquille, grain de sable) autour duquel précipite de la calcite ou de l'aragonite, formant un "cortex". Le cortex montre une lamination concentrique. Il s'agit de précipitation bio-chimique dans des milieux proches de la saturation, à très faible profondeur.

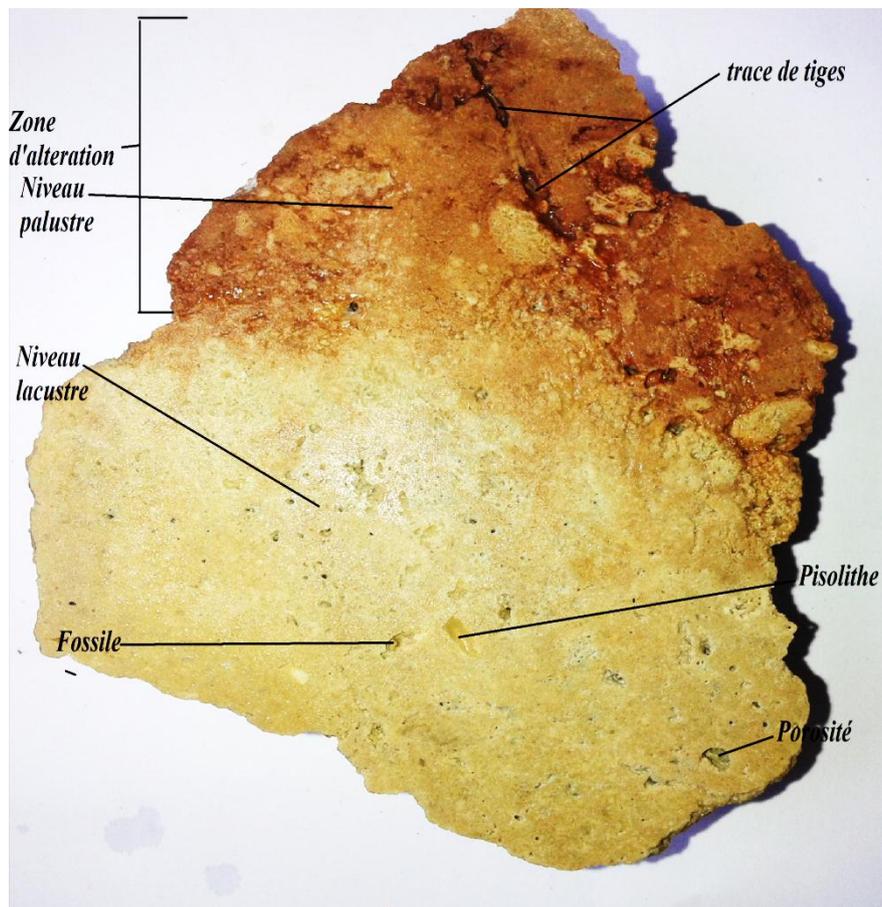
Le diamètre de oolithe va de 0.5 mm à 2 mm en moyenne au-delà de 2 mm on parle de **pisolithe**.

**Porosité** : est l'ensemble des vides (pores) d'un matériau solide, ces vides sont remplis par des fluides (liquide ou gaz). C'est une grandeur physique qui conditionne la capacité d'écoulement et de rétention d'un substrat

Son rapport est :  $\text{volume de vide} / \text{volume total}$

**Agrégat** : dans les roches sédimentaires, petite masse, plus ou moins lobée, formée par la coalescence de pelotes (pellets), de grains, de particules.

**b. Echantillon 2 :**



**Figure 26: calcaire lacustre Gx1**

On voit une zone d'altération par oxydation qui indique que cet échantillon est influencé par les apports de bordure du lac.

c. Echantillon 3 :

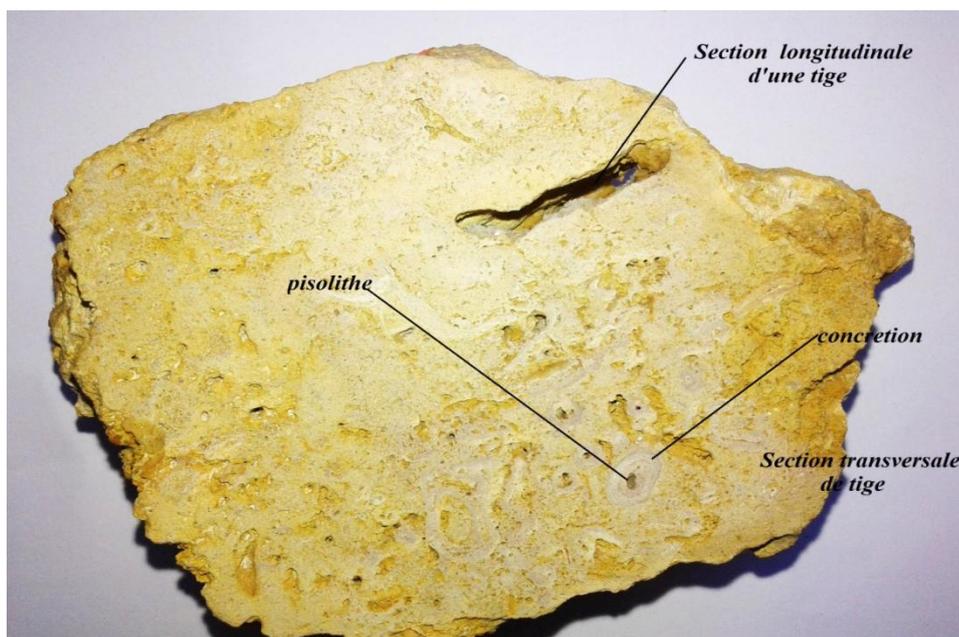


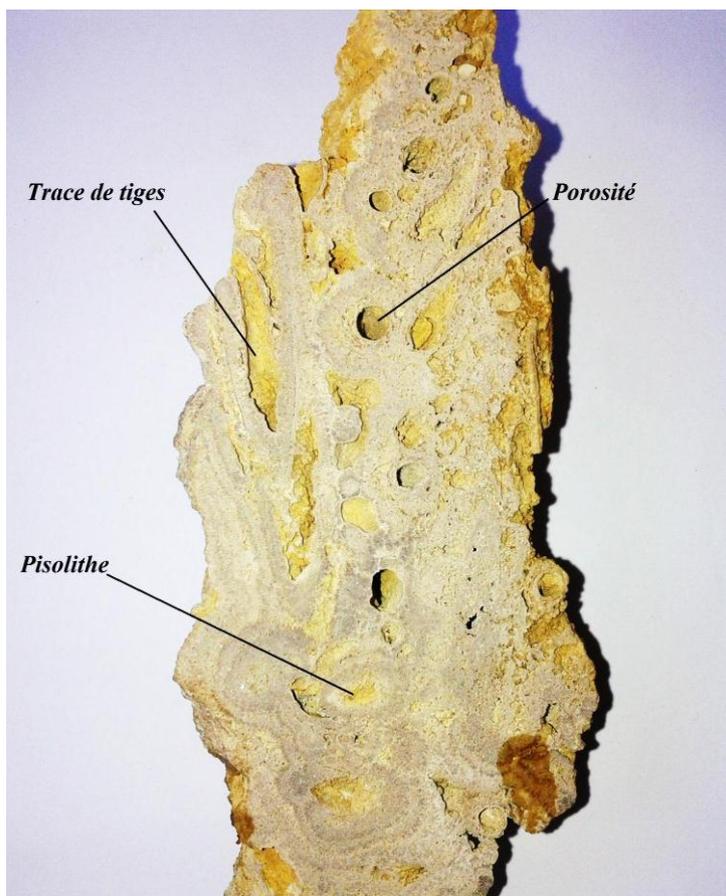
Figure 27:travertain à trace de tiges des végétaux Gx1

Il s'agit d'un calcaire à matrice micritique jaunâtre qui comprend des sections longitudinales et transversales de tiges de végétaux avec un concrétionnement qui indique la succession de saisons sèches et de saisons humides, les zones larges et claires : une saison humide ; les zones sombres et fines : une saison sèche.

**La matrice :** est la boue qui s'est infiltrée entre les grains, pendant le dépôt.

d. Echantillon 4 :

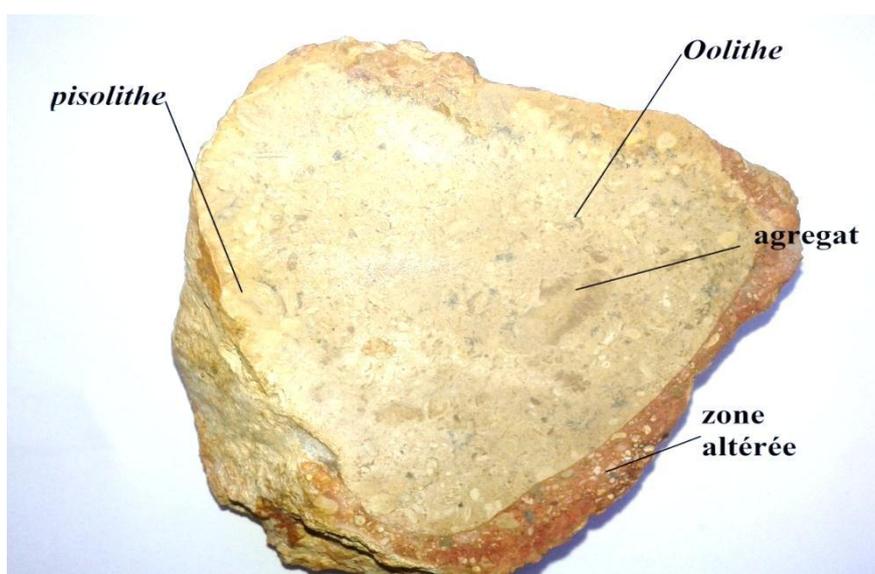
Cette roche marquée par un grand nombre de pores et par les traces de tiges des végétaux.



*Figure 28:travertin Gx1*

Ce fragment de roche représente un travertin typique à trace de tiges de végétaux à section longitudinale et transversale, des pisolithes ....

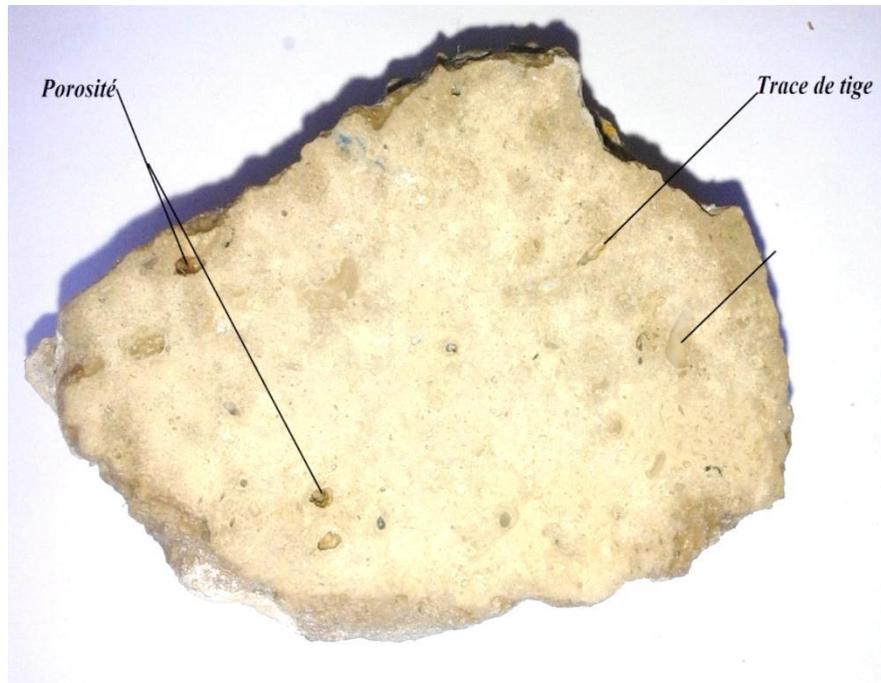
*e. Echantillon 5 :*



*Figure 29: calcarénite Gx1*

Les oolithes, les pisolithes et les agrégats sont des témoins que cet échantillon a subi un long transport, et qu'il a été formé dans un milieu très agité.

*f. Echantillon 6 :*



*Figure 30: calcaire lacustre Gx1*

Il s'agit d'un calcaire lacustre avec trace de tiges de végétaux, porosité

L'absence des agrégats et pisolithes indique un milieu de formation calme.

Cet échantillon a été formé dans un milieu calme au fond du lac.

g. Echantillon 7 :

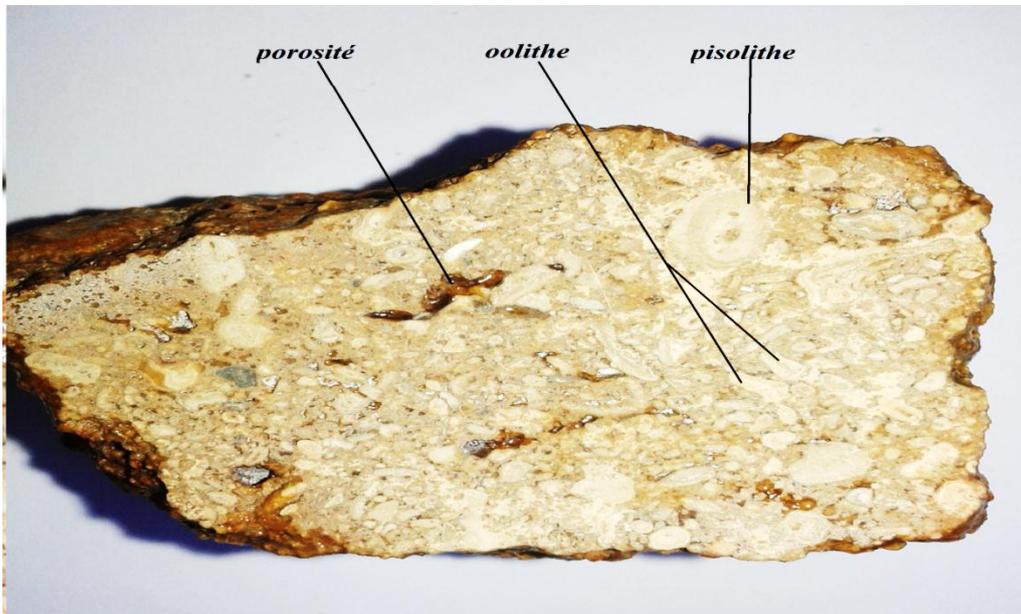


Figure 31:conglomérat à matrice calcaire Gx1

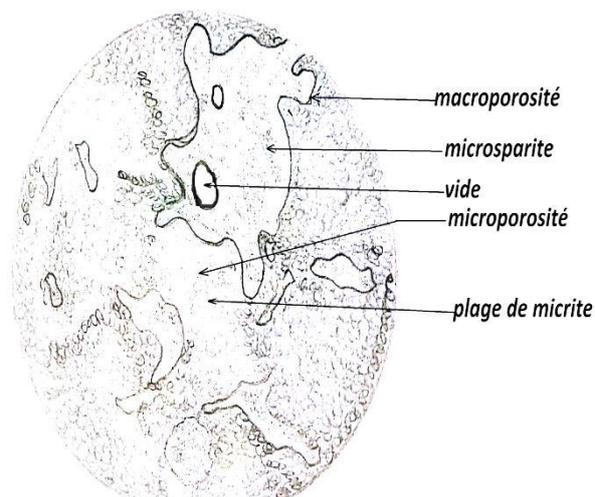
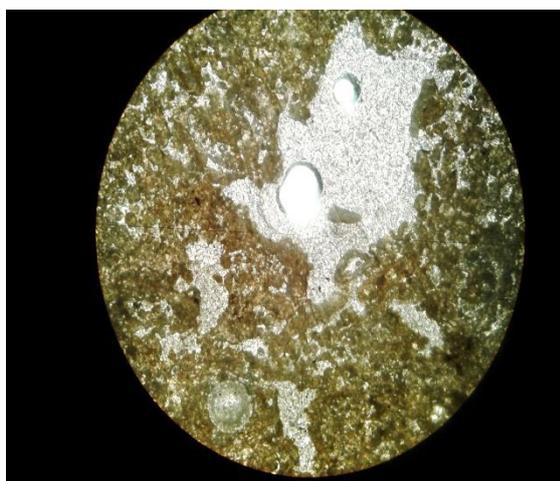
On observe que cet échantillon est constitué de pisolithes et oolithes liée entre eux par une matrice calcaire qui indique un milieu très agité, et les grains ont subi un transport rapide avec forte énergie de l'eau, qui est responsable de la lithification et de l'ajustement des grains entre eux.

## 2) Etude microscopique



*Figure 32:observation microscopique*

### a. Echantillon 1 :



*Figure 33: vue microscopique de l'échantillon 1 Gx40*

On voit deux petits vides qui peuvent être une trace de tiges, plus une concrétion, le grand vide qui est remplis par des microsparites (macroporosité), pour la micrite on la trouve sous forme de plages qui naviguent dans des petits pores remplis par la microsparite.

Le sédiment original est la micrite, une partie de cette celle-ci a été décomposée puis recristallisée sous forme de microsparite dans les vides et entre les plages de micrite.

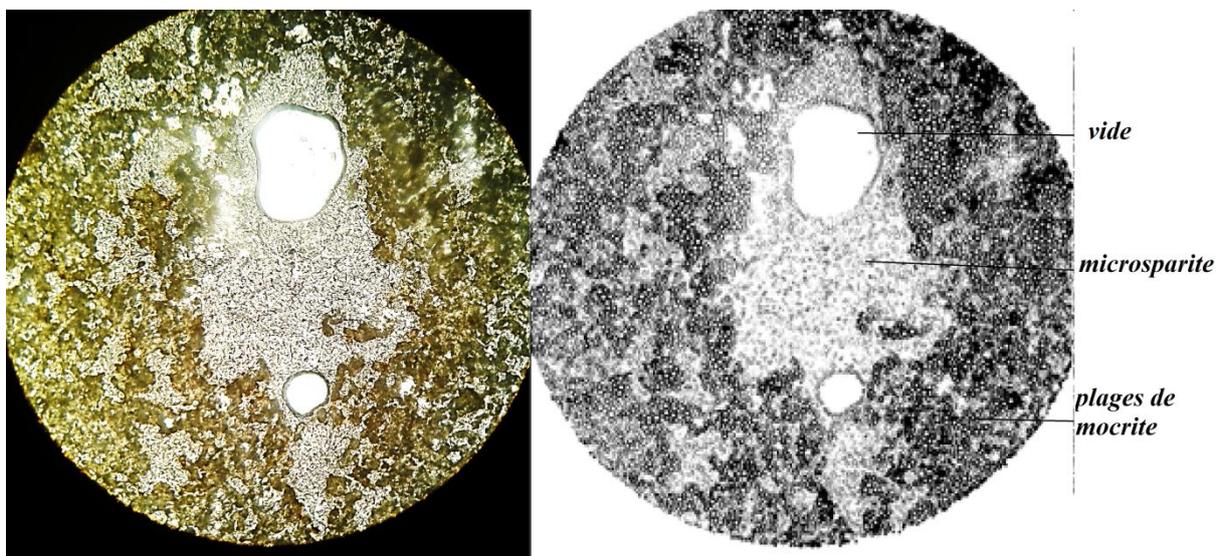
**La micrite :** est une boue carbonatée très finement cristallisée (cristaux de calcite  $< 4 \mu\text{m}$ ) qui contient parfois des micro-débris d'organismes, de particules argileuses, des oxydes et hydroxydes, des sulfates et des sulfures.

**La microsparite :** est un ciment de cristaux compris entre 10 et 63 micromètres. Il s'agit d'un intermédiaire entre sparite et micrite. Cette texture donne un aspect microcristallin au ciment.

Cette texture traduit généralement un début de recristallisation de la matrice micritique et elle contient donc toutes les impuretés de la boue originelle.

- 60% de porosité avec remplissage par microsparite

**b. Echantillon 2 :**



*Figure 34: vue microscopique de l'échantillon 2 Gx40*

- **Le même cas de l'échantillon précédant.**

c. Echantillon 3 :

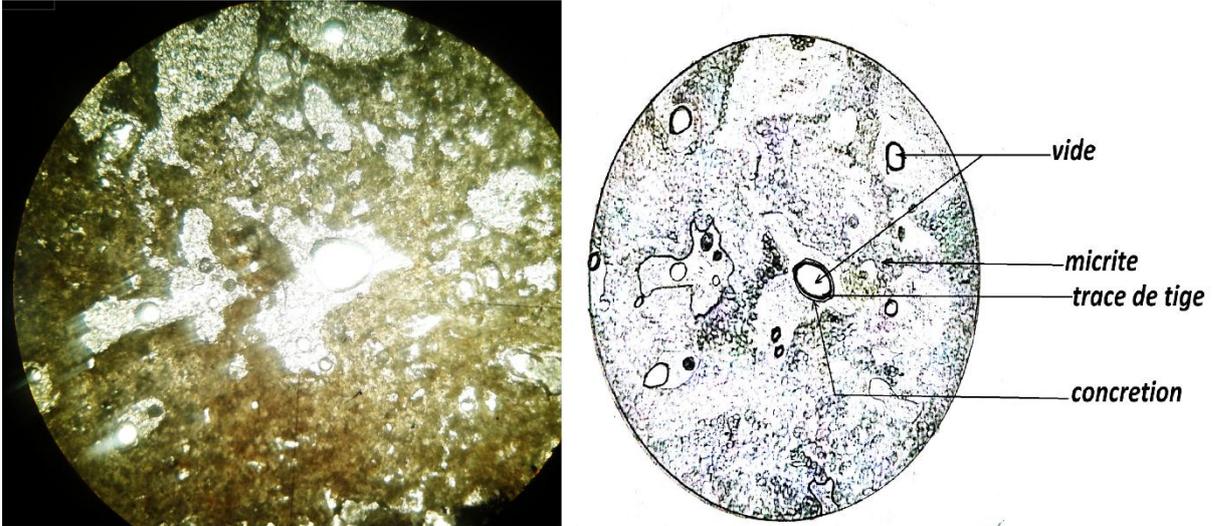


Figure 35: vue microscopique de l'échantillon 3 Gx40

- porosité compris entre 30-35%

On conclure que ces trois premiers échantillons ont la même composition, c'est logique car ont été prélevés d'un même niveau de profondeur.

Donc, il n'y a pas de changement de faciès au niveau de la zone d'exploitation.

d. Echantillon 4 :

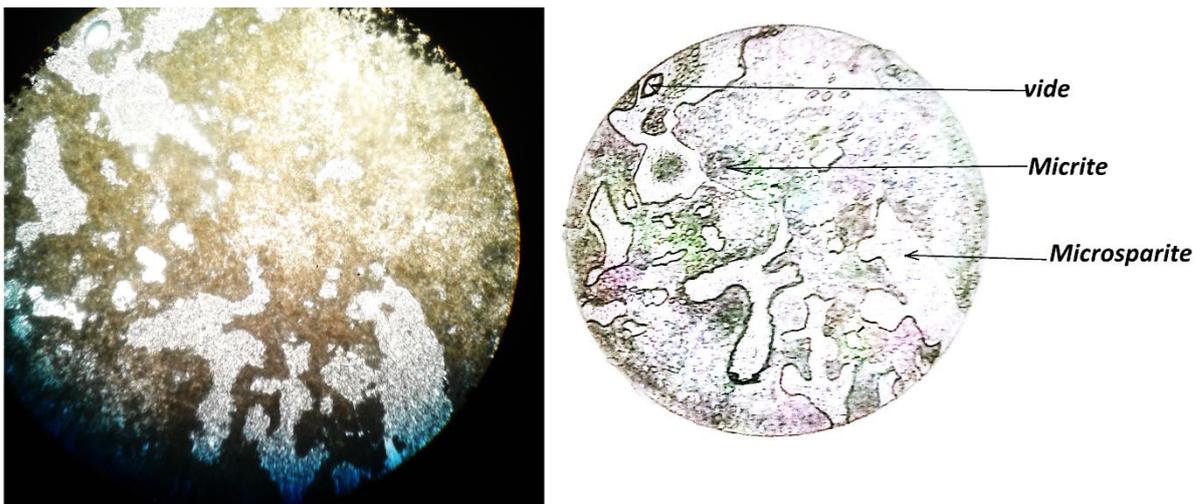
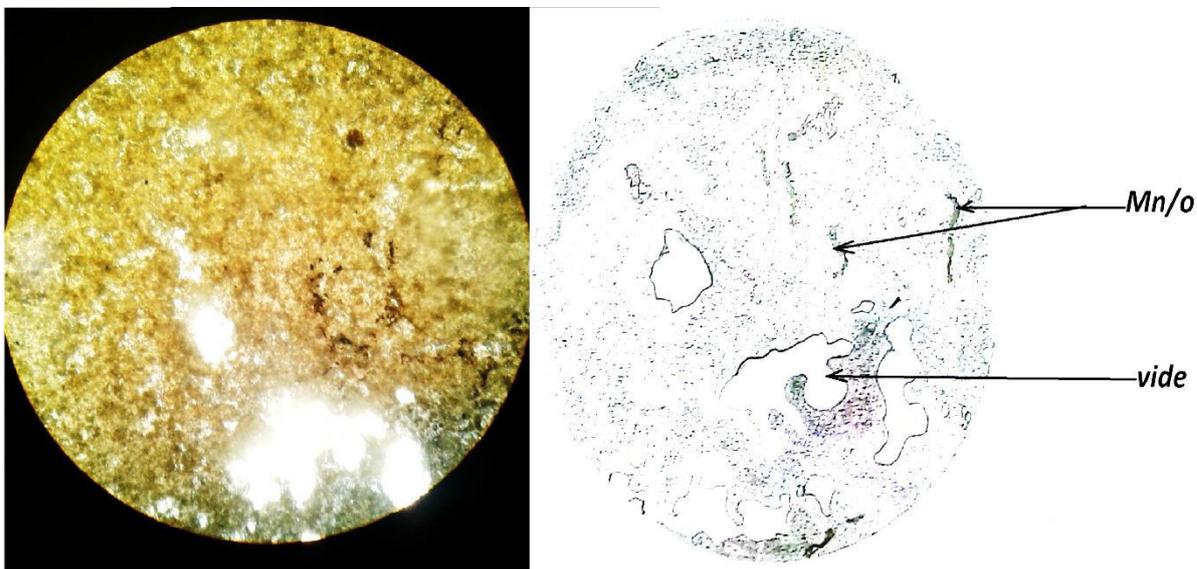


Figure36: vue microscopique de l'échantillon 4 Gx40

Cette lame permet de voir des plages de micrites, des microporosités remplie par la microsparite et un petit vide dont la porosité est 5%.

e. Echantillon 5 :



*Figure 37: vue microscopique de l'échantillon 5 Gx40*

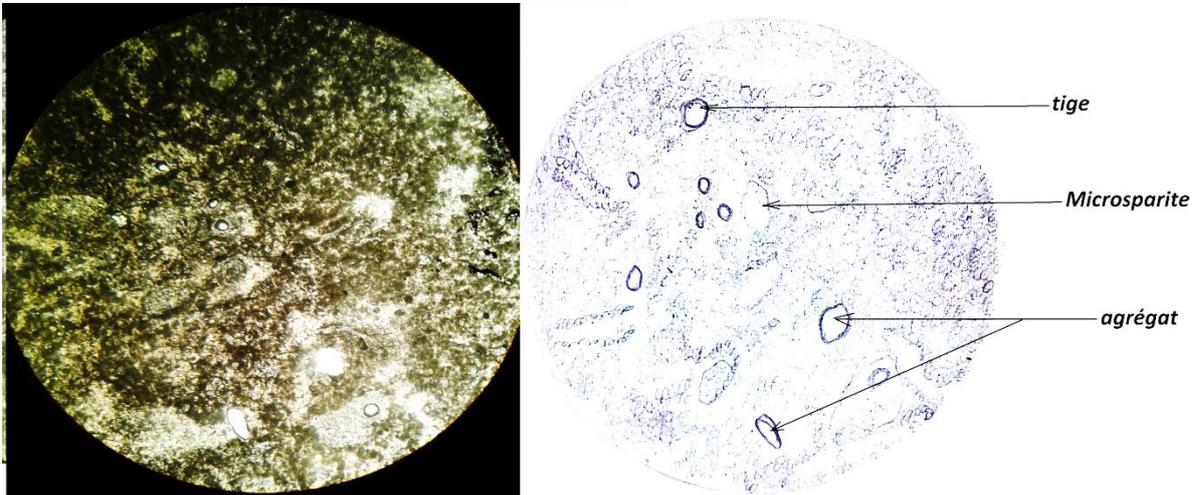
On remarque l'absence des microsparites, mais le sédiment original 'la micrite' est toujours présent, plus les vides, les fissurations et les oxydes de Manganèse.

Pour cet échantillon on constate une nouvelle caractéristique : on parle de l'oxydation par fluctuation de niveau piézométrique dont la présence des oxydes de Manganèse est expliquée par l'hypothèse suivante :

Quand le niveau piézométrique a augmenté, l'eau riche en Mn a remplis les vides existants dans la roche puis le niveau piézométrique diminua et par conséquent le Mn oxydé précipitera (coloration rougeâtre).

- Porosité : 30%

**f. Echantillon 6 :**



**Figure 38: vue microscopique de l'échantillon 6 Gx40**

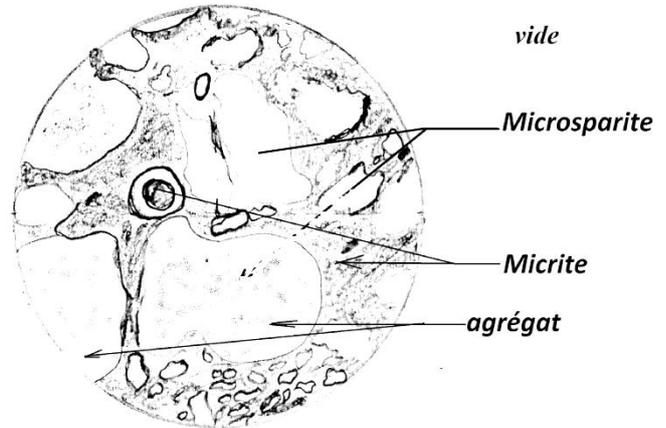
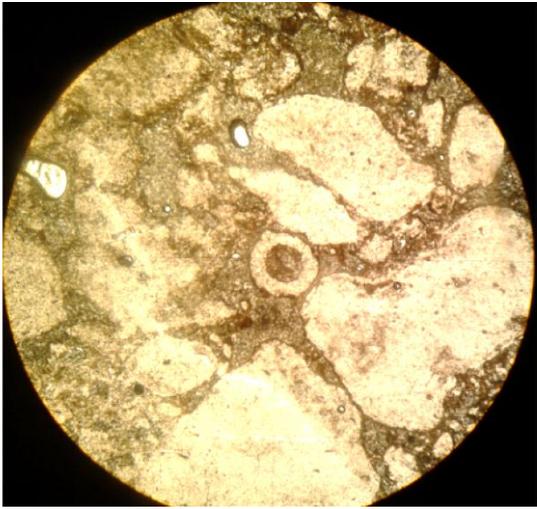
➤ porosité : 5%

Cet échantillon fait rappeller au échantillon 4 aussi c'est logique car ils sont prélevé du même niveau de profondeur même si l'emplacement de chacun différent.

Ce qui concerne sa composition la lame nous montre qu'il est constitué de plage de micrite avec recristallisation partielle en microsparite, des traces de tiges plus des agrégats indiquant que la boue a subit un léger transport et donc un milieu très agité.

**Agrégat :** dans les roches sédimentaires, petit masse, plus ou moins lobée, formée par la coalescence de pelotes (pellets), de grains, de particules.

**g. Echantillon 7:**



*Figure 39:vue microscopique de l'échantillon 7 G x40*

➤ Porosité : 60%

C'est un bon échantillon qui englobe tous les éléments rencontrés avant.

Il y a les agrégats, trace de tiges remplis par la micrite qui joue aussi le rôle de matrice dans ce cas.

**Conclusion :**

Les surfaces polies et les lames minces réalisées dans le cadre de ce travail, nous a permis de définir les faciès pétrographiques des roches qui constituent la carrière de Holcim.

En plus, nous avons étudié le mode de formation de ces roches, qui dans leur ensemble correspondent à des faciès carbonatés de type calcaires lacustres et travertins.

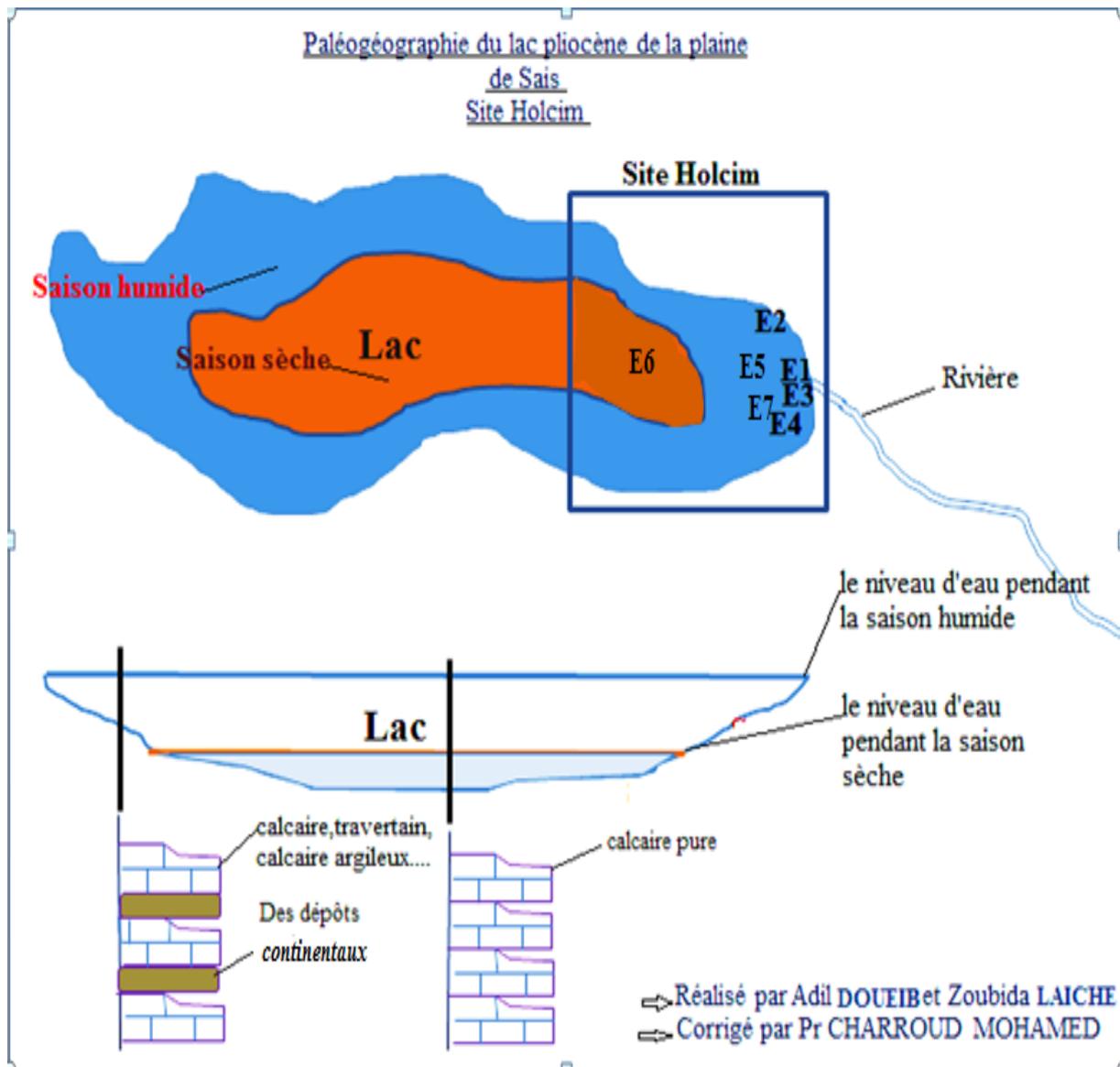


Figure 40: schéma de la situation de la carrière de Holcim au niveau du lac pliocène de la plaine de sais

## **CHAPITRE V:REHABILITATION DE LA CARRIERE**

### **Ras El Ma**

#### **Introduction:**

Tout le monde sait que l'activité des carrières, fondée sur la présence d'une ressource géologique exploitable, est indispensable à de nombreux secteurs de l'économie régionale.

Après exploitation, et parce que celle-ci a souvent bouleversé la topographie et les équilibres naturels des sites, une réhabilitation s'impose. Cette remise en état, prévue par la réglementation, a pour objet principal de garantir la sécurité des biens et des personnes. Elle doit aussi être adaptée aux caractéristiques et à l'intérêt des zones concernées.

#### **I. LA REHABILITATION DE LA CARRIERE A CIEL**

##### **OUVERT:**

Les Carrières doivent suivre le schéma de vie suivant :

On Commence par un décapage du couvert végétal et du sol et des couches superficielles qu'on stocke séparément sur le site.

Ensuite, On extrait la roche et on la traite pour pouvoir la vendre.

Une Fois l'extraction terminée on effectue une réhabilitation des lieux.

La carrière de ras el ma présente un gisement encore en exploitation mais le problème c'est l'approche de site exploité de l'autoroute et de oued bourkaiez. Ce qui fait, une grande zone du terrain exploité est besoin d'une réhabilitation selon les nouvelles circulaires.

##### **1) Définition de la réhabilitation :**

C'est l'ensemble d'opérations (réaménagement, traitement de dépollution, confinement, résorption des déchets, contrôles institutionnels...) effectuées en vue de rendre un site apte à un usage donné.

C'est une opération obligatoire effectuée durant et après l'exploitation sous la responsabilité et aux frais de l'exploitant. Sa réalisation est prévue dans l'étude d'impact.

## 2) Objectifs de la réhabilitation:

- ✓ Repérer les habitats et les espèces les plus intéressants ;
- ✓ Aider à accélérer leur retour sur des terrains réhabilités de façon maîtrisée ;
- ✓ Encourager la prise de conscience écologique auprès du grand public ;
- ✓ respecter au mieux le cadre de vie des riverains et les écosystèmes ;
- ✓ contrôler, supprimer ou limiter les impacts sur l'eau, l'air, les paysages et la biodiversité;
- ✓ réduire les émissions de bruit, de vibrations et de poussières.

### 1) Les conditions contrôlant une réhabilitation d'un site et ces opérations :

La réhabilitation d'une carrière est en fonction :

- ✓ 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).

Les travaux de réaménagement sont coordonnés à l'exploitation et comprennent les opérations suivantes :

- ✓ mise en sécurité et nettoyage des terrains et de toutes les structures n'ayant pas d'utilité après la remise en état du site,
- ✓ travaux de terrassement : modelage, talutage, régalinge de la découverte,
- ✓ ensemencement et plantations, réalisation d'aménagements spécifiques dans le cadre de la valorisation écologique du site et la mise en sécurité.

Le profil de réaménagement est modelé de façon harmonieuse, afin d'accroître la diversification de la végétation et la qualité paysagère et redonner ainsi une unité paysagère

de qualité au secteur. Les bords des fouilles sont raccordés en pente douce avec le terrain naturel.

Les matériaux utilisés peuvent être :

- ✓ des stériles d'exploitation,
- ✓ des boues issues du système de recyclage des eaux de procès de l'installation, qui seront déversées et mises à sécher dans les casiers d'exploitation,
- ✓ ou des matériaux de remblais extérieurs strictement inertes. Ceux-ci seront minutieusement triés avant d'être utilisés pour le remblaiement.

## **II. ANALYSE DE L'ETAT INITIALE DE LA CARRIERE HOLCIM :**

### **1) Etudes préalables au réaménagement de sites :**

Les études préalables, ou avant-projets, sont essentiels. Ils servent à établir un état des lieux initial de l'ensemble d'un site.

Objectif : aider à définir les enjeux et les étapes des futurs travaux ; prévenir la pollution des sols ; connaître, évaluer et surveiller les impacts ; évaluer les risques, les traiter et les maîtriser ; conserver la mémoire des risques.

### **2) Description de la carrière et l'entourage de l'usine :**

#### **a. La carrière :**

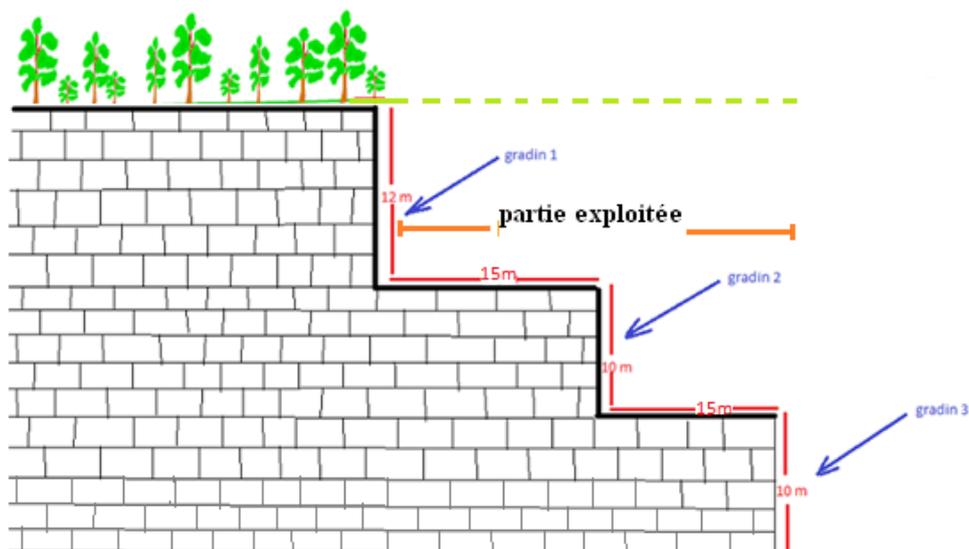
La carrière de Holcim est une carrière de calcaire dans la région de Ras El Ma Fès qui servait à la production de ciment.

Date de départ d'extraction:	1993
Durée :	99ans
Substances exploitées :	Calcaire massive
Commune concerné :	ras el ma Fès
Localisation :	carrière de Holcim ras el ma Fès
Superficie globale :	130 ha
Superficie exploité :	48 ha
Densité de calcaire par la superficie	2.2 m <sup>2</sup> → 1 tonne de calcaire

*Table 2 : table de données*

La carrière est constituée de 3 gradins de calcaire (Figure. 18) :

- ✓ 1<sup>er</sup> gradin de 12 mètres ;
- ✓ 2<sup>ème</sup> gradin de 10 mètres ;
- ✓ 3<sup>ème</sup> gradin de 9 mètres ;



*Figure 41:schéma des gradins de la carrière*

Sans oublier l'ancien gradin de 18 mètres, notre zone de travail (Figure. 19).

Sur Les 130 hectares autorisés à l'exploitation, seulement 48 hectares ont été exploités dont une partie de cette zone (ancien gradin) a été sauvegardée pour participer à la réhabilitation, pour des raisons de réduction de bruit pour le voisinage et pour des conditions techniques (autoroute et oued bourkaiez).



*Figure 42:l'ancien gradin*

### **b. L'entourage de l'usine :**

L'entourage de l'usine est occupé par des terrains agriculture, la zone est une zone de plateau donc En ce qui concerne la flore, les éléments végétaux sont représentés par des herbages, haies, arbres isolé, olivier en générale (Figure. 20).

La composition floristique est classique à cette altitude et ne présente pas de particularités exceptionnelles.

Les oliviers sont l'élément marquant du paysage végétal et sont représentées par des oliviers bas, taillées, des oliviers hauts sans arbre dominant (fort développement de ronces), L'ouverture de la carrière modifiera sensiblement le paysage végétal, donc l'équilibre faunistique au droit de la carrière.



*Figure 43:image satellitaire de l'usine et son entourage*

### 3) Analyse des contraintes :

Pour Réhabiliter une carrière nécessite une analyse précise des contraintes administratives et techniques ainsi qu'un état des lieux détaillé.

L'exploitation prenant fin après environ 40 ans pour l'ensemble de la carrière, on effectue les études de réhabilitation pour donner des solutions utiles.

#### a. La profondeur de la carrière :

L'épaisseur de la couche de calcaire locale est d'environ de 30 à 50 mètres, cependant l'extraction se fait sur 30 mètres. Cette contrainte est déterminée par une nappe d'eau située à une profondeur d'environ 20 mètres à partir de 3<sup>ème</sup> gradin, ce qui engendre des réglementations d'extraction.

En effet, cette réglementation est conçue par rapport au niveau de plus hautes eaux connues de la nappe. Il est interdit d'extraire de la matière à une distance de plus de 20 mètres au-dessus de celui-ci.

#### b. L'hydrogéologie :

Un massif karstifère soit généralement considéré comme hydrogéologiquement très riche, il y a lieu de tempérer cette conception en notant que :

- ✓ les manteaux d'arènes contiennent des nappes libres de profondeur entre 34 m au minimum et de 50 m au maximum selon les mesures piézométriques effectuées par la société dans 25 sondages réparties dans toute la zone.
- ✓ au sein du massif, des fracturations drainent les eaux en profondeur et les débits peuvent être, selon les cas, très importants.

#### c. L'hydrologie locale :

Est caractérisée par la présence d'oued Bourkaiez qui est situé à proximité de la carrière, avec un faible débit donc l'intérêt d'alimentation est réduite mais il est important pour l'agriculture dans la région.

#### d. Le climat :

L'usine ne dispose pas de station climatologique. Mais le climat a tendance méditerranéenne chaude et sèche. Les hivers sont généralement froids et secs,

Les vents dominants étant du secteur ouest et les vents fort sud-sud-ouest, ils entraîneront inévitablement les poussières émises par les installations situées au Nord du gisement vers le lotissement.

### **III. LES OPERATIONS A EFFECTUEES LORS D'UN REAMENAGEMENT DE LA CARRIERE**

Pour notre cas ce réaménagement va être réalisé progressivement durant d'exploitation et finalisé en fin d'activité.

#### **1) Les solutions proposées pour la réhabilitation de la carrière de Holcim :**

Lors notre stage, l'entreprise Holcim, nous a demandé un plan de réaménagement de la carrière carbonatée dans le cadre de la protection de l'environnement, au-delà du strict respect de la réglementation locale.

Et Après toutes études réalisées, nous proposons les solutions de réhabilitation tenant compte des spécificités de la région, essentiellement rurale et agricole. Ces dernières conçues pour promouvoir la production d'huile d'olive et de miel au profit des communautés locales. On a choisi cette dernière puisque la carrière se situe au sein d'un vaste terrain agriculture de plus cette dernière comprend divers types de plantes ainsi que la nature du sol qui permet la croissance des plantes mellifères qui sont nécessaire à la nourriture des abeilles.

Depuis, la zone abandonner ils vont replantés des oliviers et autres arbres et plantes florales, et voilà donc un milieu propice pour le butinage des abeilles.

#### **2) Régulation des fronts de taille :**

L'exploitation de carrière carbonatée a créé des fronts de taille de grande hauteur, d'aspect artificiel, visibles de très loin. Le réaménagement de notre carrière devra permettre de concilier la sécurité et l'intégration paysagère, ceci sans attendre la fin de l'exploitation. Il nécessite :

- ✓ d'assurer la stabilité des fronts sur le long terme,
- ✓ de limiter la hauteur des fronts en créant éventuellement des gradins intermédiaires,

- ✓ de casser la monotonie des gradins horizontaux qui soulignent le front de la carrière, par une alternance d'éboulis,
- ✓ de revégétaliser les banquettes et fronts de taille par la plantation d'espèces locales et adaptées.

Ce dernier point constitue l'une des principales difficultés des réaménagements de ce type d'exploitation. Son objectif est double : contribuer à stabiliser les fronts de taille, et donc apporter un élément de mise en sécurité, mais surtout atténuer l'impact visuel de la carrière.

Plusieurs techniques peuvent être conjuguées pour faciliter l'implantation de la végétation :

- ✓ le remodelage des fronts de taille qui permet à la fois de minimiser les risques de chutes, de diminuer l'impact paysager et de favoriser la recolonisation végétale en amenant des matériaux meubles et perméables sur les banquettes,
- ✓ la reconstitution, sur les banquettes, de pseudo-profil pédologiques par remblayage et apport de terre végétale,

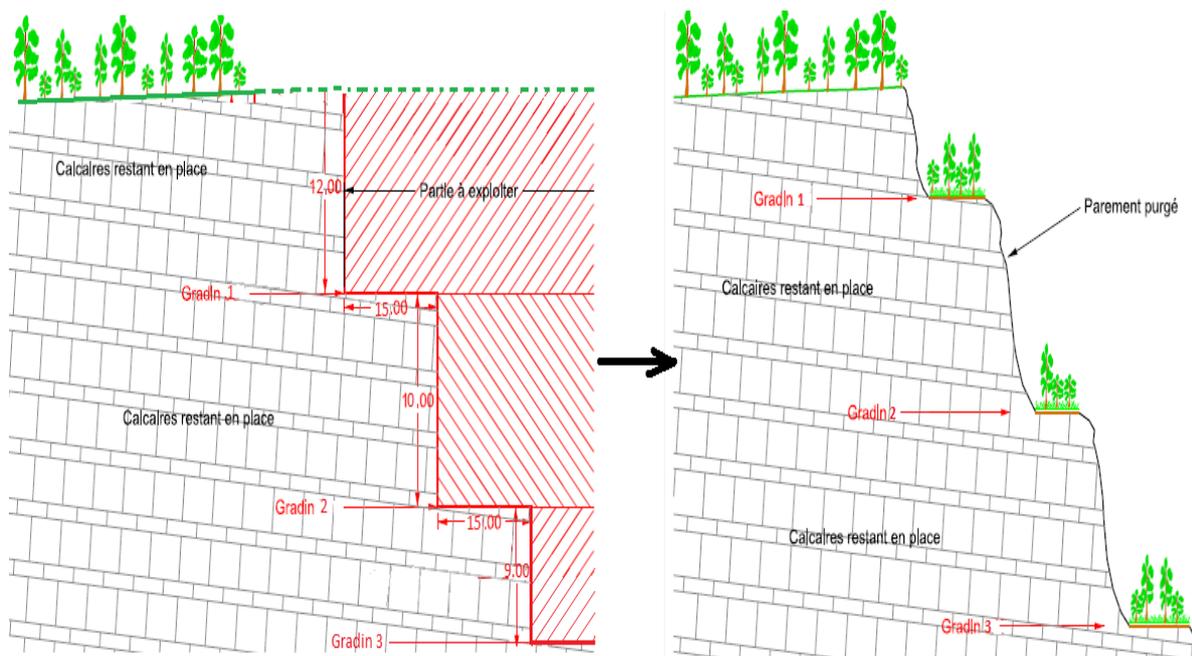


Figure 44: régulation de front de taille et plantation des banquettes

### 3) Plantation des arbres mellifères :

Le sol où on va faire la plantation, doit être apte à cette plantation, aéré, drainé, d'une composition physico-chimique adaptée aux espèces d'arbres que l'on souhaite planter. Des techniques complémentaires peuvent également être utilisées :

Avant ou parallèlement aux plantations, un semi temporaire peut contribuer à restituer la qualité biologique de l'humus.

Il faudra parfois prévoir une période intermédiaire de recolonisation naturelle avant de réaliser, une fois le sol reconstitué, de nouvelles plantations.

Ils peuvent aussi ajouter un petit lac d'eau douce accueille des canards



*Figure 45: recouvrement progressif par la végétation après l'exploitation*

#### 4) L'apiculture :

L'apiculture est une branche de l'agriculture qui consiste à l'élevage d'abeilles à miel pour exploiter les produits de la ruche, principalement du miel. L'apiculteur doit procurer

au rucher un abri, des soins, et veiller sur son environnement. Et elle exige la présence des plantes spécifiques.

*Les plantes utiles aux abeilles, sont les plantes "Mellifères ".* Est dite Mellifère une plante qui sécrète du nectar ou du miellat, substances à partir desquelles l'abeille fait son miel. Si toutes les plantes à fleurs produisent du pollen, toutes ne produisent pas de nectar, tels les roses ou le géranium.



*Figure 46: ruche d'abeilles*

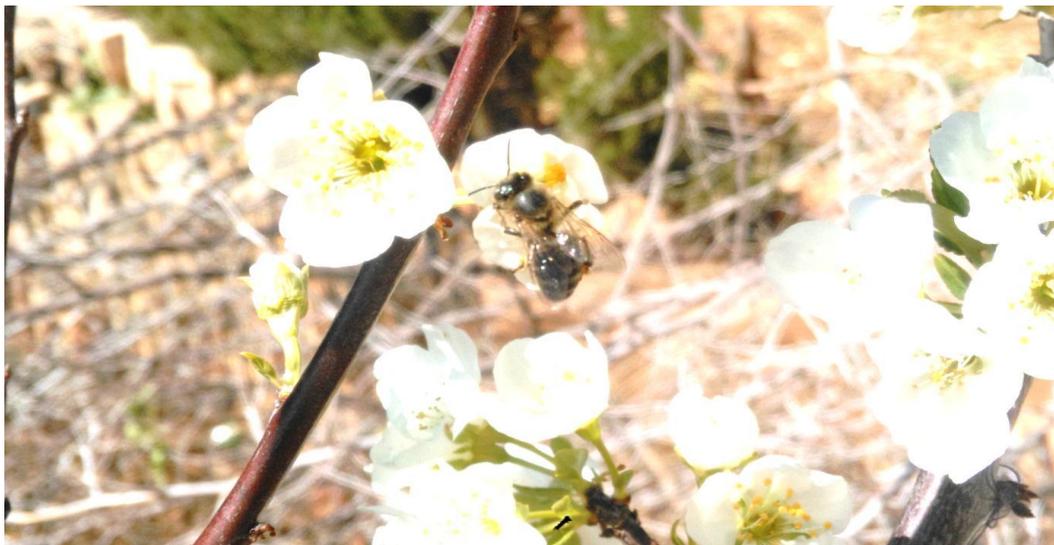
##### **5) Les plantes et les arbustes adaptés avec ce genre de réaménagement :**

Pour la carrière de Holcim nous avons choisies des plantes vivaces c'est-à-dire leurs durées de vie est longue et ne demandent pas une grande quantité d'eau pour sur vivre.

Pour aider les abeilles dans leur collecte, il est essentiel de favoriser la biodiversité en cultivant des espèces mellifères. Il faut qu'on soit attentif à planter des espèces qui fleurissent au fil des saisons, ainsi les abeilles trouveront le couvert tout au long de l'année.

Le choix de ses plantes est vaste : asters, campanules, muscaris, myosotis, arabettes (ou corbeilles d'argent), mélilots blancs, hellébore... et bien sûr les lavandes et les bruyères. Côté arbustes, il y a les petits fruits, à l'épinette vinette, au houx commun, Sachez que le lierre, la clématite, la glycine, le chèvrefeuille et la vigne vierge aussi sont mellifères.

Aussi, les abeilles se régaleront entre autres des fleurs des arbres fruitiers ainsi que de toutes les aromatiques : thym, romarin, menthe, sauge, mauve, verveine, bourrache, marjolaine.



*Figure 45:arbres fruitiers exp: abricot*



*Figure 46:plantes aromatiques exp: lavande*

### **Conclusion :**

Ce Projet tient compte de l'écologie présente sur le site, il conduit pour la protection de ceux-ci pour le long terme, dans le cadre d'un développement durable de l'activité humaine et il reste une solution plus efficace et moins chère pour l'entreprise.

Cette réhabilitation peut être aussi devenir une référence pour promouvoir les activités de développement durable du Groupe Holcim.

## **CHAPITRE VI : PLAN DE CIRCULATION DES ENGINS AU SEIN DE LA CARRIERE :**

Quand on dit carrière, on dit risques et danger, mais comme vous dite chez vous à Holcim ‘tout accident peut être évité’.

Et pour une circulation souple et en toute sécurité dans la carrière, nous avons réalisés le plan ci-dessous.

Pendant l’exécution de ce plan, il faut respecter les règles suivantes :

- ✓ Canal de drainage : 1 m de largeur.
- ✓ Deux Barrières de sécurité externes : 1m de la largeur et 0.88m de la hauteur pour éviter les risques de renversements des engins et les effondrements des blocs de calcaire sur les voies de circulation des engins.
- ✓ Barrière intermédiaire : 2m pour séparer les deux axes de circulation.
- ✓ Des ronds-points pour la facilitée et l’organisation de la circulation des engins.
- ✓ La pente ne doit pas dépassée 10%.

Pour la réalisation de ce plan nous étions obligés de prendre des mesures de largeur, longueur et des pentes des voies de la carrière (Figure. 24 ). Et nous avons trouvés que Les pentes sont compatibles avec les normes :

### Voie 1 :

$$\text{Pente}(\text{°})=2.2\text{°}$$

$$\text{Pente}(\%) =3.84\%$$

### Voie 2 :

$$\text{Pente}(\text{°})=4.21\text{°}$$

$$\text{Pente}(\%)=7.36\%$$

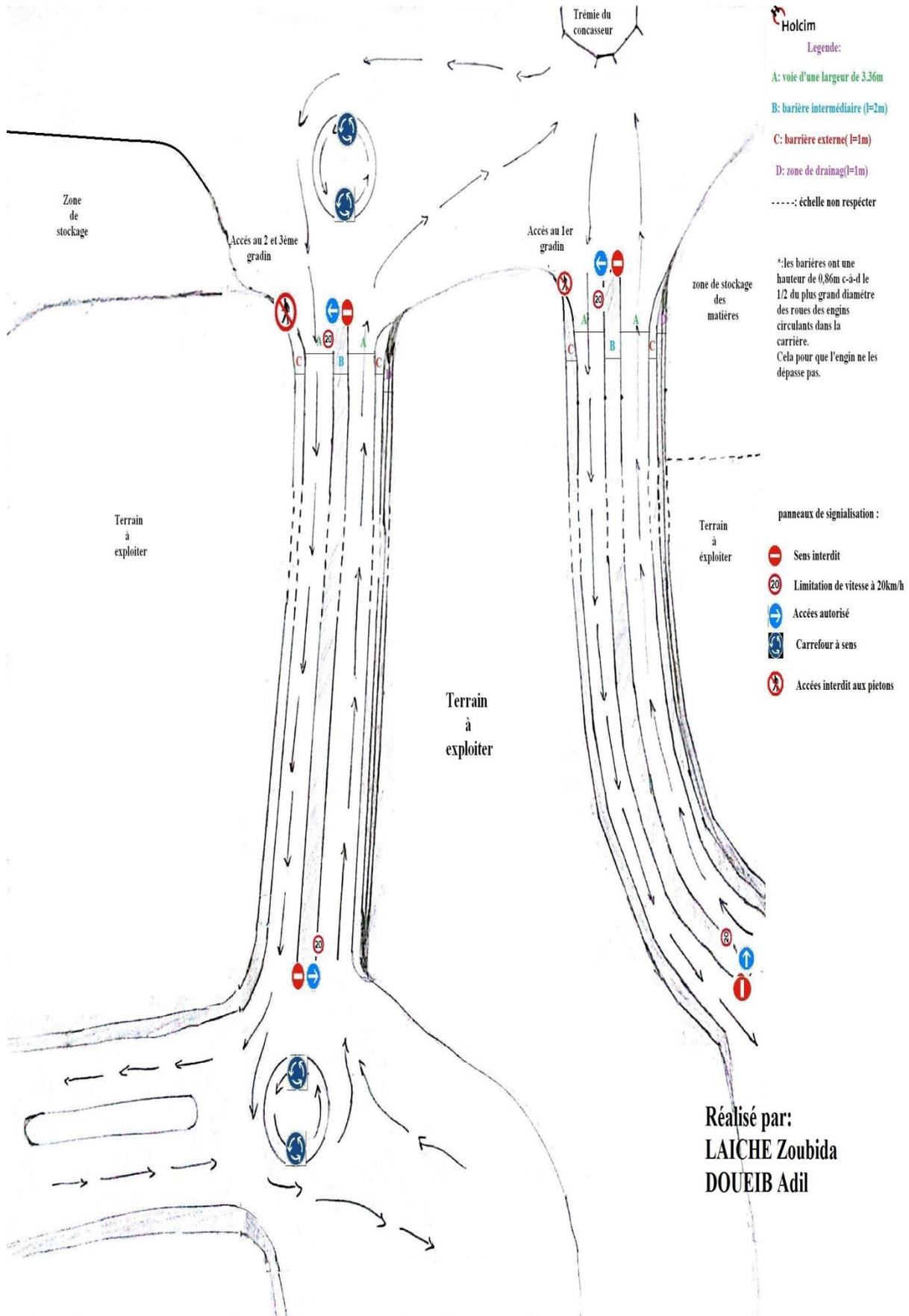


Figure 49: plan de circulation des engins dans la carrière

Il est nécessaire de respecter les règles et les panneaux de signalisation, afin d'assurer la sécurité de site, la souplesse et efficacité de travail au sein de la carrière.

## *CONCLUSION*

L'expérience qu'on a acquise au cours de ce stage est très enrichissante, on a dû apprendre une nouvelle technologie et nous adapter aux besoins de l'entreprise.

Au début en tant que stagiaires, on a pu découvrir le monde de travail, d'approfondir nos connaissances acquises pendant notre cursus d'études tant sur le plan pratique que sur le plan théorique.

Ensuite, on a traité dans ce rapport les points essentiels concernant le fonctionnement du travail dans l'usine de Holcim, surtout le service carrière qui a une fonction très importante au sein de l'entreprise :

Les méthodes d'extraction des matières premières.

Le procédé de la fabrication du ciment.

Et en tant qu'étudiants, nous avons pu réaliser des lames minces, les observer à l'aide de microscope et les analyser de point de vue géologique.

De plus, on a réalisé un plan de circulation des engins au sein de la carrière, et on a proposé un plan de réaménagement de ce site durant et après son exploitation, dans le but de donner à la zone anciennement exploitée une fonction écologique en rapport avec son environnement humain, pédologique et floristique.. Tout en maintenant un compromis entre la simplicité de mise en œuvre, l'efficacité et le coût, les solutions que nous avons proposées permettent d'éliminer les risques, de stabiliser les sols et de réintégrer la carrière dans son environnement.

On garde après ce stage un excellent souvenir, il consiste désormais une expérience professionnelle valorisante et encourageante pour notre stage.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Apiculture>
- [WWW.Holcim.co.ma](http://WWW.Holcim.co.ma)
- [WWW.Holcim.fr](http://WWW.Holcim.fr)
- [WWW.Wikipedia.org](http://WWW.Wikipedia.org)
- <http://www.terraegenesis.org/lames.html>
- <http://www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/get/pdf/2878>
- <http://www.construction21.org/france/articles/fr/carriere-et-environnement-peuvent-ils-faire-bon-menage.html>
- [http://www.onf.fr/produits\\_prestations/sommaire/besoins\\_reponses/environnement/rehabilitation/20080516-135521-493915/@\\_@index.html](http://www.onf.fr/produits_prestations/sommaire/besoins_reponses/environnement/rehabilitation/20080516-135521-493915/@_@index.html)
- [http://www.centre.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/Plaque\\_La\\_remise\\_en\\_etat\\_des\\_carrieres\\_apres\\_exploitation\\_-\\_decembre\\_2005\\_cle1d77ae.pdf](http://www.centre.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/Plaque_La_remise_en_etat_des_carrieres_apres_exploitation_-_decembre_2005_cle1d77ae.pdf)
- [https://agritrop.cirad.fr/489602/1/document\\_489602.pdf](https://agritrop.cirad.fr/489602/1/document_489602.pdf)