



RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES
Licences es sciences et techniques
Géologie Appliquée aux Ressources Minières

LST – GARM

ETUDE DE LA REPARTITION DE LA
MAGNESIE DANS LA ZONE 5 DE LA
CARRIERE DE M'ZOUNDIA ,REGION
MARRAKECH,MAROC

Réalisé par

MARIEM HACH & LOUBNA AIT BENADDI

Soutenu, le 24 juin 2015

Encadrant
Mr Abdellah Ait Addi

Parrain
Mr Mourchid
Mr Zidani

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2014-2015

Dédicaces

A nos parents:

Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de nos études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer notre respect, notre considération et nos profonds sentiments envers eux. On prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de nous.

A tous nos professeurs:

Leur générosité et leur soutien nous obliges de leurs témoigner notre profond respect et notre loyale considération. A tous nos amis et nos collègues: Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

Mariam HACH

Loubna Ait BENADDI

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos sincères et profonds remerciements et reconnaissances à Mr Mourchid chef du département de production de nous avoir accordé ce stage et Mr Zidani chef du service carrière à la cimenterie de Marrakech (CIMAR) pour sa disponibilité sans faille, ses conseils judicieux et sa patience tout au long du stage.

Nous remercions également notre professeur encadrant Mr Ait Addi pour l'intérêt qu'il a accordé à notre travail, pour ses conseils didactiques et professionnels, sa patience et sa disponibilité tout au long de notre projet.

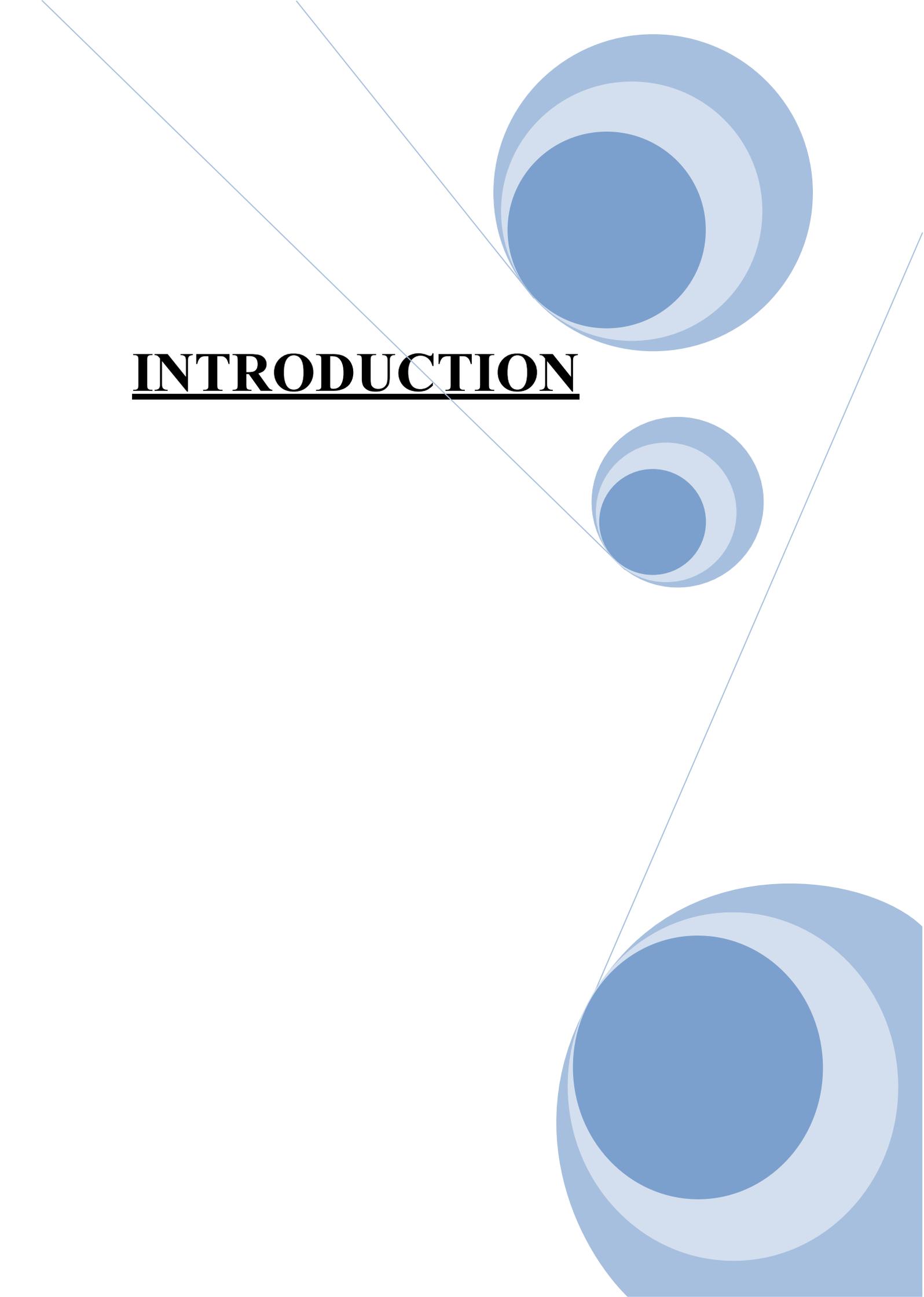
Nous n'oublions pas toute l'équipe du service de production du siège Ciments du Maroc Marrakech pour son dynamisme, ses conseils et les explications qu'elle nous a fournies toute la période du stage.

Nos vifs remerciements s'adressent également au corps professoral de notre faculté et particulièrement ceux de notre département de géologie pour tout le savoir faire qu'ils ont su nous prodiguer, ainsi que le grand intérêt qu'ils accordent à l'ensemble des étudiants de la section.

Table des matières

CHAPITRE I: Généralités.....	9
I -1/ Présentation générale de la société.....	6
I-1-1/Italcementi groupe.....	6
I-1-2/Ciments du Maroc CIMAR	7
I-1-3/Usine de Marrakech	8
I-2/Procédure de fabrication du ciment.....	8
I-2-1/ L'Extraction	8
I-2-2/ Le concassage	9
I-2-3/ Le broyage	10
I-2-4/ La cuisson	11
I-2-5/ Broyage de ciment.....	12
I-2-6 Expédition du ciment.....	13
I-3 /Produits de la société	13
I-3-1- Le béton prêt à l'emploi	13
I-3-2- Le Ciment	14
CHAPITRE II: Présentation et localisation de la zone d'étude	16
Introduction.....	17
II-1/Situation du gisement.....	17
II-1-1/Situation géographique	17
II-1-2/ Contexte géologique	19
II-1-3/ Présentation du log stratigraphique de la région.....	23
II-2/ Différentes zones de la carrière de M'zoudia.....	27
II-3/ Présentation de la zone 5 de la carrière de M'zoudia.....	30
CHAPITRE III : Méthodes et techniques	32
III-1-Prélèvement des échantillons de la zone 5	33
III-2-Méthode d'analyse des échantillons.....	34

CHAPITRE IV : Interprétation des résultats d'analyses	37
IV-1-Interprétation des sondages de la zone.....	38
IV-1-1-Échantillons prélevés.....	38
IV-1-2-Sondages faits par CIMAR.....	43
IV-2/Établissement d'un profil géologique.....	44
BIBLIOGRAPHIE	53
ANNEXES.....	53

The image features an abstract graphic design on a white background. It consists of three overlapping circles in various shades of blue, arranged in a vertical line. The top circle is the largest, the middle one is the smallest, and the bottom one is the largest. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the circles. The word "INTRODUCTION" is written in a bold, black, serif font, underlined, and positioned to the left of the middle circle.

INTRODUCTION

Au terme de notre cursus universitaire de licence en géologie appliquée aux ressources minières, nous sommes tenues, au même titre que nos collègues des autres branches de la Faculté des Sciences et Techniques(FST) de présenter et défendre devant un jury, un rapport de stage de fin d'études, réalisé dans une entreprise dont l'activité a des liens directs ou indirects avec la spécificité de notre branche.

Dans ce cadre, nous avons opté pour un stage d'un mois dans la cimenterie " ciment du Maroc" (CIMAR) sise à M'ZOUZIA à proximité de Marrakech, après l'accord bienveillant de son directeur. L'objectif étant de déterminer dans la carrière de matériaux (zone 5) approvisionnant l'usine les plages où les concentrations de la magnésie dépassent les normes requises, rendant les matériaux impropres à l'utilisation dans la fabrication du ciment.

En effet une teneur élevée en magnésie entraîne des gonflements importants, plusieurs années après la mise en place du béton de même qu'elle favorise la formation d'une croûte de clinkerisation au niveau du four provoquant une diminution de son débit.

Nous avons souhaité effectuer notre stage dans cette entreprise pour ses enjeux économiques importants, où chaque phase de production a son tribut dans le système. La carrière des matériaux est, à cet égard, la pierre d'achoppement à cause de la méconnaissance précise de la composition et de l'importance des substrats, ce qui constitue un point névralgique pour l'avenir de l'usine.

Par ailleurs, l'exploration d'une carrière est longue, fastidieuse et les chances de découvrir un gisement remplissant les exigences environnementales, techniques et économiques sont faibles. De ce fait, et en raison des capitaux engagés, la mise en œuvre de projets d'exploitation représente d'importants risques financiers. C'est pourquoi, l'investigation poussée de la stratification, des événements géologiques et de la composition chimique des matériaux est primordiale. Le suivi de l'exploitation d'une carrière est à cet égard un secteur tout à fait indiqué pour un géologue afin de mettre à l'épreuve ses connaissances théoriques.

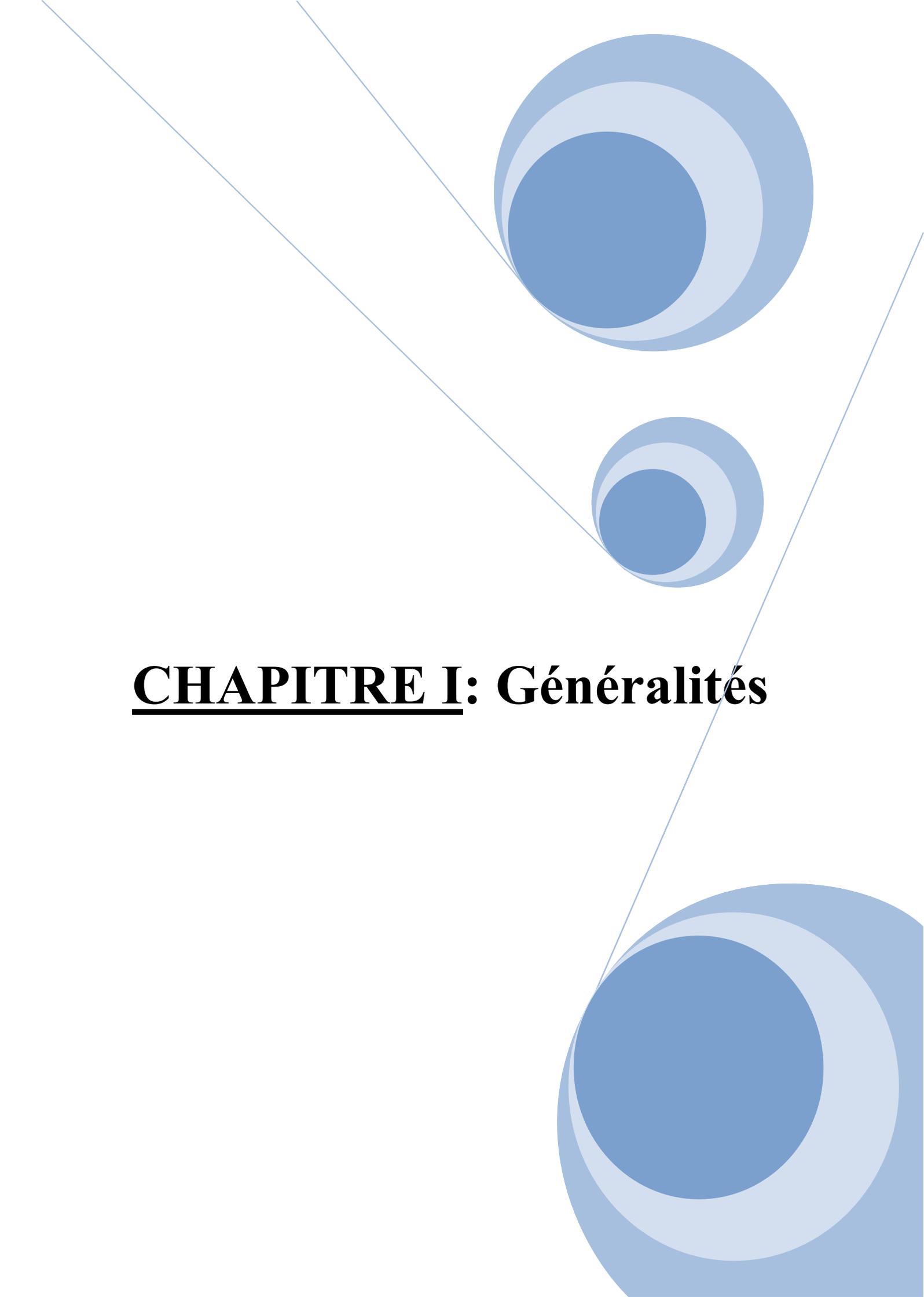
Ainsi, une fois l'exploitation entamée, la prospection autour du gisement se poursuit tout au long de la vie de l'exploitation afin d'en avoir une connaissance fine permettant d'augmenter les réserves connues, la durée de vie de la carrière et rentabiliser au maximum la production.

La carrière point de départ du processus de fabrication doit satisfaire un certain nombre de critères à même de justifier les investissements engagés tels que:

- Réserves importantes de matériaux,
- Qualité chimique appropriée,
- Coût d'exploitation raisonnable.

C'est dans cet esprit que nous avons essayé d'articuler notre rapport autour de cinq points essentiels :

- Dans un premier temps nous décrirons brièvement l'entreprise et son secteur en insistant sur ses particularités. Puis nous exposerons notre mission lors de ce stage avant d'en dresser le bilan,
- Dans une seconde partie, nous présenterons la zone de l'étude et la localisation exacte de la carrière dont laquelle nous avons effectué notre travail (zone 5 de la carrière de M'zoudia),
- En troisième partie nous décrirons les différentes méthodes d'analyse et d'échantillonnage pratiquées,
- En quatrième partie, nous donnerons les interprétations qui découlent des différents résultats d'analyses, antérieurs et actuels,
- En fin nous tenterons de tirer les conclusions qui s'imposent sous l'angle du vue d'un géologue.

The background features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each composed of concentric layers of different shades of blue. These circles are arranged in a triangular pattern, with one large circle at the top, a smaller one in the middle, and another large one at the bottom. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the central text.

CHAPITRE I: Généralités

Préambule

Pour bien apprécier l'importance de l'entreprise et ses répercussions sur la zone du Haouz, il est judicieux d'en faire une présentation même partielle.

Cette partie comprendra donc, les aspects :

- Historique
- Procédure de fabrication du ciment
- Produits de la société

I -1/ Présentation générale de la société

I-1-1/Italcementi groupe

Italcementi est une société italienne de fabrication des matériaux de constructions (ciment, béton prêt à l'emploi ...) ; elle est classée cinquième mondialement dans la production de ciment et premier cimentier du bassin méditerranéen. Italcementi Groupe est né du groupement de deux sociétés (Italcementi fondée en 1864 et ciments français fondé en 1881) dont l'expertise cimentière remonte à plus d'un siècle.

Italcementi est aujourd'hui présente dans 22 pays répartis sur quatre continents (Fig. 1), elle emploie plus de 18 500 personnes et exerce son activité dans trois métiers de proximité : le ciment, les granulats et le béton prêt à l'emploi.

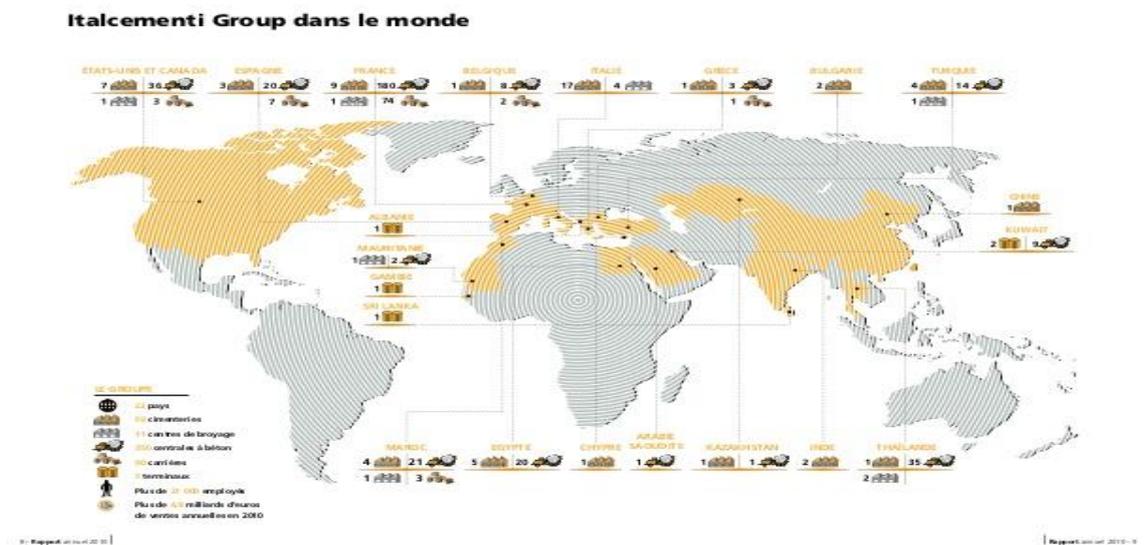


Fig.1 : distribution de la société dans le monde

I-1-2/Ciments du Maroc CIMAR

C'est une entreprise marocaine, filiale du groupe italien Italcementi, elle est classée deuxième par le volume des ventes de ciment et premier dans le béton prêt à l'emploi et les granulats à travers sa marque Betomar.

C'est un opérateur qui concentre ses efforts sur l'expérience de ses hommes, la qualité de ses produits, le progrès technologique et l'efficacité économique tout en respectant l'environnement.

Avec 964 salariés, Ciments du Maroc font tourner trois cimenteries :

- M'zoudia (Marrakech)
- Aït Baha (Agadir)
- Had Hrara (Safi)

Ils disposent également de deux centres de broyage à Laâyoune et à Jorf Lasfar, d'un centre d'ensachage au port de Jorf Lasfar, de quatre(04) carrières de granulats et de vingt-cinq (25) centrales à béton implantées dans les principales villes du pays (fig. 2)



Fig.2 : implantation de la société au Maroc

I-1-3/Usine de Marrakech

L'usine de Marrakech où nous avons effectué notre stage, se situe au centre du Maroc à environ 47 km à l'Ouest de la ville ocre, sur la route nationale n° :10 en direction d'Essaouira dans le petit village de M'zoudia.

Inaugurée en juin 1976 l'usine dispose d'une carrière avec des réserves en mesure d'alimenter l'usine pour une période de plus de 40 ans avec une cadence annuelle de production qui dépasse 1.000.000 tonnes/an.

I-2/Procédure de fabrication du ciment

I-2-1/ L'Extraction

Les carrières sont de vastes terrains dont on exploite des matières premières vierges, les réserves peuvent couvrir les besoins pour plusieurs décennies dans notre cas, elles sont estimées à plus de 40 ans.

Les matières premières sont des extraits rocheux de la carrière à ciel ouvert après abattage à l'explosif introduit dans des trous de mine forés avec une sondeuse, ensuite elles sont chargées dans de gros camions très robustes, appelés " dumpers" d'un gabarit de 35 tonnes puis transportées vers l' atelier de concassage.

CIMAR dispose de 2 carrières :

- 1) Carrière de Mzoudia (carrière principale située juste à côté de l'usine, riche en calcaire et en argile)
- 2) Carrière d'Ighoud à 70 km de l'usine, constituée principalement de calcaire pur.

Pour produire des ciments standards de qualité constante, les matières premières doivent être très soigneusement échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière dans le temps.

I-2-2/ Le concassage

Le concassage a pour but la réduction de la granulométrie des matériaux extraits de la carrière et qui peuvent atteindre des dimensions de 1m. Il faut, donc, réduire les dimensions de ces blocs de roches pour obtenir un produit inférieur à 60mm environ.

L'usine de Marrakech dispose de trois types de concasseurs :

- Un concasseur primaire ou concasseur à mâchoire.
- Deux concasseurs secondaires ou concasseur giratoire.

La matière première passe d'abord par le concasseur primaire à mâchoires; puis elle arrive au concasseur secondaire à giration. A la sortie du deuxième concasseur, la granulométrie de la matière est réduite à moins de 50mm. En plus de ça les roches extraites depuis la carrière présentent des différences notables ; c'est pourquoi ces roches sont soumises à une pré-homogénéisation dont l'objectif est de rendre homogène toute la matière avant de l'acheminer vers le broyage cru qui intervient pour corriger ses écarts, et obtenir un produit de composition moyenne constante.

La matière concassée est acheminée par des bandes transporteuses T1 et T2 vers le manège, ce dernier est doté de deux bandes qui peuvent effectuer des mouvements de translations formant ainsi un tas sous forme de pyramide. Le transport de ce tas formé vers la trémie en bas du manège s'effectue par un système mécanique qui s'appelle le " scraper".

Le Hall de la pré-homogénéisation est formé de deux tas, un tas en cours de constitution et l'autre en cours de reprise.

Le laboratoire contrôle régulièrement la composition de matière et communique les corrections à faire à la carrière pour aboutir à la fin à une combinaison globale correcte.

I-2-3/ Le broyage

Une fois la matière prête, elle passe au broyage qui va réduire les pierres de différents diamètres sous forme de farine.

CIMAR dispose de deux types de broyeurs :

a) Broyeur cru 1 (**à boulets**):

Il s'agit d'un broyeur horizontal à boulets avec trois compartiments (broyage, décharge et finition), le premier compartiment est composé des boulets de diamètre pouvant atteindre 150mm pour écraser la matière, et le compartiment de finition comporte des boulets de diamètres entre 20-40 mm, dont le rôle est de finaliser le travail du premier compartiment (le taux de remplissage du broyeur est de 30%). Le broyage est provoqué par un moteur d'une puissance pouvant atteindre 1400 KW, et qui le fait tourner avec une vitesse de 16 tr/min.

b) broyeur cru 2 (**à galets**):

C'est un broyeur vertical à galets qui réalise le même travail que le broyeur cru 1 (horizontal), mais ses caractéristiques sont totalement différentes.

Il comprend deux types de galets, un fixe et l'autre mobile, et une piste tournante, le tout est entraîné par un moteur électrique d'une puissance de 250 KW.

Après cette étape, la matière broyée est transportée ensuite vers des silos à l'aide des élévateurs utilisant la pression d'air comme principe de relevage. L'usine dispose de 3 silos : Le premier d'une capacité de 5000T, et les deux autres d'une capacité de 2200T chacun. Le but de cet étape est de bien mélanger la matière broyée afin d'obtenir l'homogénéisation total.

I-2-4/ La cuisson

La matière première réduite en farine, subit une série de modification qui la transforme en clinker (produit obtenue par la cuisson). Pour obtenir ce clinker, le produit farine obtenue lors des premières étapes passe par une série de traitements physiques qui sont :

- ✓ Une tour de préchauffage
- ✓ Un four rotatif
- ✓ Et finalement un refroidisseur

a) La tour de préchauffage

Cette tour est composée de plusieurs cyclones, arrangés verticalement sur quatre étages. Ces cyclones sont reliés entre eux par des gaines. Les matériaux moulus sont injectés de la partie supérieure de la tour et descendent par gravité passant par tous les cyclones pour pénétrer ensuite dans un pré-calciateur, (procédé utilisé pour accroître la décarbonatation de la farine avant la cuisson) contenant les gaz de combustion du coke (charbon provenant de la carbonisation ou la distillation de la houille) issus des deux brûleurs situés à la partie inférieure de la tour. Ensuite la matière entre dans la boîte à fumée décarbonatée. L'échange thermique au sein de la tour s'accompagne des effets suivants

- ✓ Evaporation de l'eau libre;
- ✓ Dégagement de l'eau de constitution des argiles;
- ✓ Décarbonatation partielle de la farine

b) Le four rotatif

Après l'étape de préchauffage, la matière arrive au four rotatif, ce dernier se compose de trois zones :

- 1- La zone de calcination : C'est la zone à l'entrée du four où se termine la décarbonatation de la matière.

- 2- La zone de cuisson appelée aussi « clinkérisation » : c'est la zone la plus importante et la plus chaude du four rotatif. A ce niveau, la température atteint son point culminant en dépassant parfois 1450°C, c'est à peu près la température du noyau de la terre, ce qui permet la combinaison des éléments, formant ainsi le clinker. Cette chaleur atteinte par le four est assurée par la combustion du coke.
- 3- Entre la zone de clinkerisation et la sortie du four, le clinker subit un pré-refroidissement appelé zone de trempe.

c) Le refroidisseur

Dès que le clinker sort du four, il traverse un refroidisseur à grilles (dont le rôle consiste à garantir la trempe du clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables).

Ce refroidisseur est composé de plaques fixes et d'autres mobiles. Au dessous des grilles se trouvent des ventilateurs qui à propulsent de l'air frais afin d'abaisser la température de 350 ° C.

Le clinker se présente sous forme de nodules gris foncés après son refroidissement. Finalement, le clinker refroidi est transporté avant d'être stocké dans des silos d'une capacité normale de 22 800 tonnes

I-2-5/ Broyage de ciment

Le clinker refroidi est sous forme de grains grossiers, il doit être encore broyé très finement avec le gypse et les ajouts qui sont :

- la pouzzolane (produit généralement d'origine volcanique ou des roches sédimentaires essentiellement composées de silice réactive),
- et les cendres volantes (résidus légers de la combustion du charbon des centrales thermiques).

Chap. I : Généralités

Ces ajouts servent à diminuer la quantité du clinker utilisé pour la production du ciment.

Ce broyage s'effectue dans un broyeur à boulets (même système de recyclage que le broyeur cru 1) en écrasant la matière par les boules broyantes mises en mouvement par la rotation du cylindre. A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins (inférieurs à 40 microns) des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur.

I-2-6 Expédition du ciment

Après le broyage du clinker avec les ajouts, le ciment est prêt à l'emploi, il est renvoyé vers des silos de stockage. Selon la demande du client le produit est livré en vrac ou en sacs. Les sacs contiennent 50 kg de ciment ; ils sont acheminés vers les palettiseurs constitués par des palettes de 1500 Kg transportés par camion. Pour le ciment livré en vrac, elle est transporté par camion-citerne

I-3 /Produits de la société

I-3-1- Le béton prêt à l'emploi

Le béton prêt à l'emploi (BPE) est un mélange de ciment, de granulats (des sables et des graviers naturels), d'eau et d'adjuvants (produits chimiques permettent d'améliorer des propriétés spécifiques du ciment ou du béton sans pour autant altérer ses autres propriétés spécifiques) dont la composition répond à des exigences très rigoureuses. Il est livré par des camions directement sur les chantiers aux entreprises de construction.

Le BPE permet aux entreprises de gagner du temps et d'assurer leurs prestations dans des délais plus rapides.

I-3-2- Le Ciment

L'usine fournit trois catégories de ciments:

- ***Le ciment portland CPJ35:*** résultant de la mouture de Clinker (à +65%) avec constituants secondaires tels que les fillers (granulats fins de 0 à 125 µm environ et destiné à remplir, à charger divers produits des industries du BTP), pouzzolane ou les cendres définies par la NM 10.1.004.

Il est utilisé pour réaliser :

- ❖ Bétons non armé ou faiblement armé,
- ❖ Mortier,
- ❖ Béton de résistance mécanique moyenne ou peu élevée.

- ***Le ciment portland CPJ45:*** résultant de la mouture du clinker (à +70%) avec un ou plus constituants secondaires tels que les fillers, pouzzolane ou les cendres définies par la NM 10.1.004.

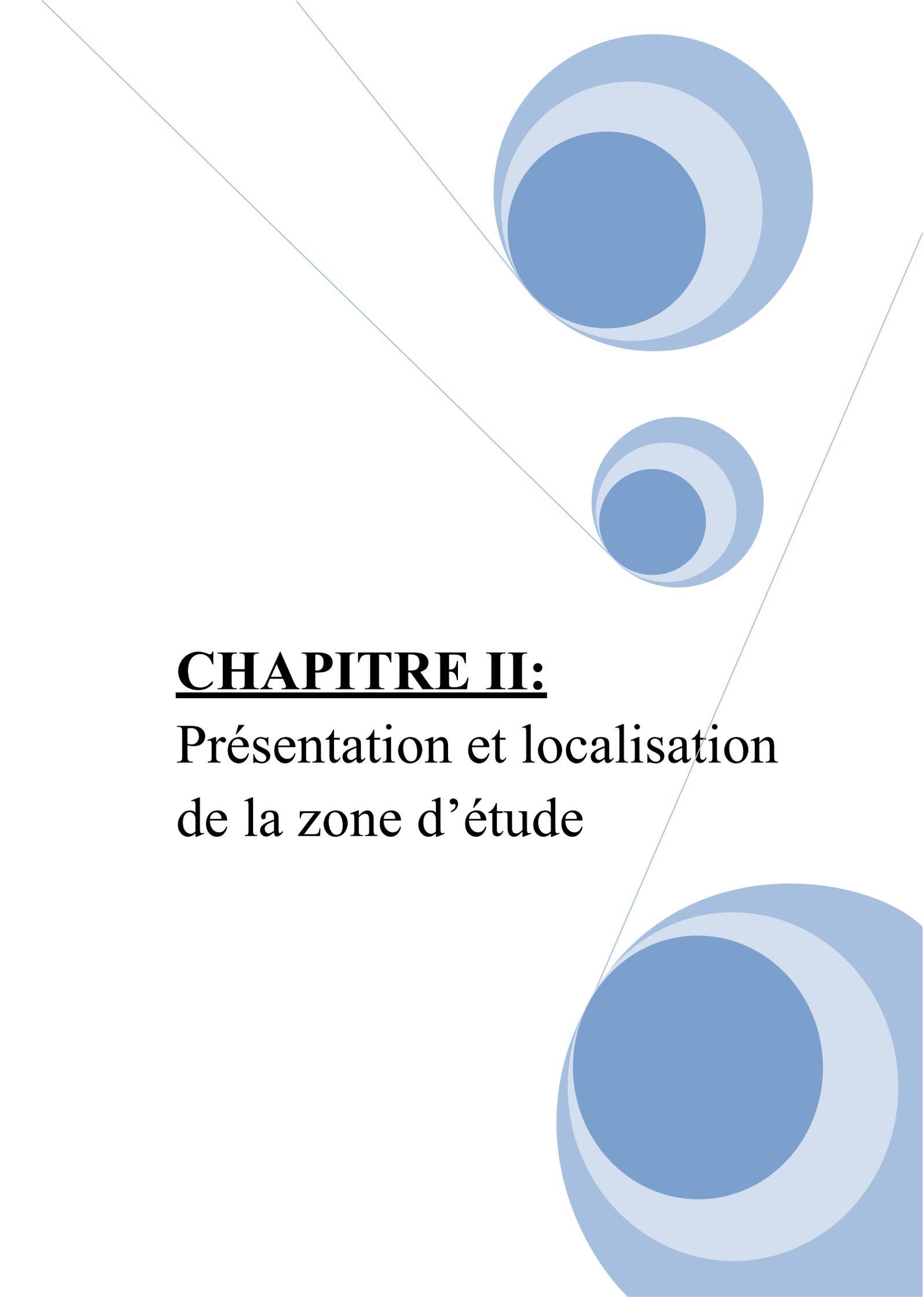
Il est utilisé pour réaliser :

- ❖ Béton fortement sollicité (pour les structures porteuses et les fondations),
- ❖ Béton armé courant,
- ❖ Eléments préfabriqués en béton armé ou non armé: (Poutres, poutrelles, éléments de grande surface, buses, hourdis etc...)

- ***Le ciment portland CPJ55:*** résultant de la mouture de clinker (à +85%) avec des ajouts (calcaires, pouzzolane ou les cendres volantes) par la NM 10.1.004.

Il est utilisé pour réaliser :

- ❖ Ouvrages en béton armé fortement sollicité,
- ❖ Préfabrication et béton manufacture,
- ❖ Béton précontraint coulis d'injection.
- ❖ Travaux exigeant un décoffrage rapides et des hautes résistances initiales.

The page features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each composed of concentric rings of different shades of blue. These circles are arranged in a descending diagonal line from the top right towards the bottom right. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles and the text.

CHAPITRE II:

Présentation et localisation
de la zone d'étude

Introduction

La zone étudiée dans le présent mémoire de fin d'étude, concerne la carrière de M'zoudia. Les matériaux de cette carrière sont : les schistes, calcaires (pur, marneux, d'encroutement, dolomitiques), quartzites..., seul les calcaires pur sont utilisés en grandes quantités (60%) dans la fabrication du ciment par la cimenterie CIMAR

II-1/Situation du gisement

II-1-1/Situation géographique

Le gisement de matériaux M'zoudia, appartenant à Jbel Ardouz fait partie du domaine géologique des Jbilets occidentales culminant à 450m, ce qui présente une dénivellation maximale de 80m au-dessus de la plaine du Haouz. Il est situé près de l'usine de CIMAR, à environ 47 km à l'Ouest de Marrakech sur la route reliant Marrakech à Essaouira.

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

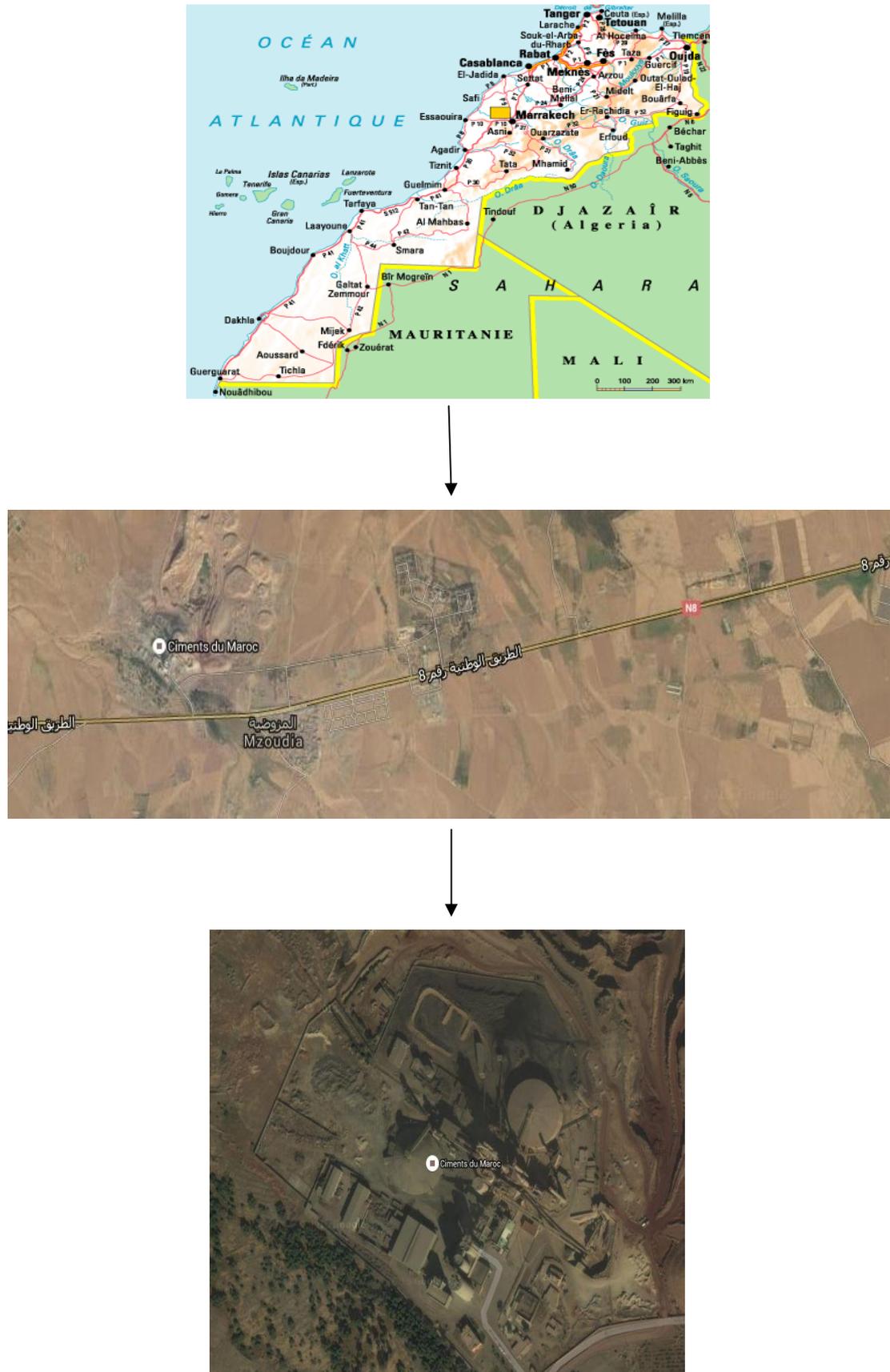


Fig.3 : localisation géographique de l'usine

II-1-2/ Contexte géologique

L'expérience a montré que pour comprendre la géologie d'une zone donnée, Il faut commencer, d'abord, par le général pour arriver au particulier ; autrement dit il faut expliquer la géologie régionale pour comprendre les phénomènes locaux. C'est ce que nous allons tenter de faire, ci-après, pour le cas de la carrière de M'zoudia.

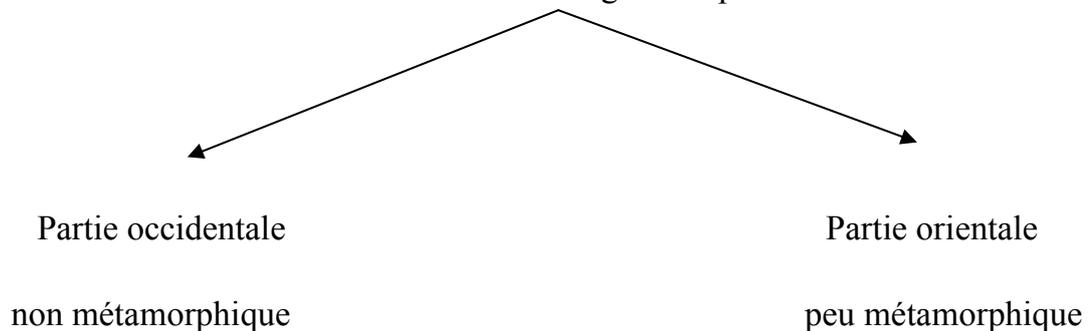
Le gisement de calcaire de M'zoudia correspond à la structure géologique du Jbel Ardouz formant la partie sud de la boutonnière hercynienne des Jbilet occidentales (Tahiri, 1982); Il constitue un synforme orienté, approximativement, N-S avec une amplitude de 200 m environ 8 (Fig. 4)

Cette région comprend trois grands domaines structuraux mis en évidence (Tahiri ,1982), à savoir :

- a) Un domaine autochtone
- b) Un domaine para-autochtone
- c) Un domaine allochtone

❖ Domaine autochtone

Subdivisé en deux grandes parties :



Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

Ce domaine comprend une formation argilo-gréseuse et conglomératique rouge, constitué de bas en haut par :

- ✓ Des argilites avec un peu de muscovite détritique, ils ne sont pas affectés ni de schistosité, ni de métamorphisme. Des blocs de calcaires sont emballés dans ces argilites (20 cm de diamètre pour le plus gros bloc trouvé). La base de ces argilites n'est pas connue.
- ✓ Des conglomérats à ciment gréseux rougeâtre, avec des galets de nature variés, sans fossile. Dans l'un de ces galets (Hollard, 1979) a trouvé une faune de l'Emsien inférieur.
- ✓ Et finalement des quartzites rouges sans stratification observable, ni fossiles.

Toutes ces formations que nous venons de décrire sont attribuées au cambro-ordovicien.

❖ Domaine para-autochtone

Il s'agit essentiellement d'alternance silto-gréseuse et silto-calcaire attribués sans preuves paléontologiques aux cambriens inférieurs et qui comprend de bas en haut :

- ✓ Dolomies brunes renfermant des polypiers,
- ✓ Calcaires gris clairs à grains fins traversés par de fines veinules blanches de calcite. On peut trouver également des calcaires qui contiennent des débris des ostracodes et des entroques,
- ✓ Des calcaires dolomitiques avec des petits nodules,
- ✓ Des calcaires argileux,
- ✓ Des calcaires avec des petits nodules de silex (\leq à 5cm) .Certains nodules sont fracturés et allongés parallèlement à la stratification,
- ✓ Des calcaires à gros silex (\geq à 5cm),
- ✓ Des calcaires gris foncés,

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

- ✓ Des calcaires récifaux parcourus par des veinules blanches, leur stratification est mal définie et les polypiers sont abondants.
- ✓ Des marno-calcaires avec des intercalations métriques de calcaires gris sombres et des intercalations centimétriques à décimétriques grés fin jaune pâle. Des brachiopodes ont été rencontrés dans ces marno-calcaires. Les sommets des marno-calcaires sont inconnus.

Ce domaine est affecté de trois épisodes du plissement hercynien :

- Plis P1, de direction N- S accompagné d'une schistosité de flux
- Plis P2, caractérisé par un pendage de direction N20 à N160 associé à un clivage axial
- Plis P3 de direction E-W avec un épisode cassant lié au déplacement tangentiel.

❖ Domaine allochtone

Ce domaine se compose de trois unités :

✓ *L'unité de Jbel Ardouz :*

C'est une série qui n'a pas été affecter par un métamorphisme donc elle est dite non métamorphique d'âge dévonien, cette série s'allonge selon une direction allant SW au NE sur environ 2km. Les affleurements de cette unité sont formés essentiellement de calcaires, conglomérats et de quartzites.

✓ *L'unité de Skirates :*

Cette série est caractérisée par des terrains d'âge ordo-dévonien, elle est formée surtout du calcaire soit massif ou polypier. Dans certains endroits, ce calcaire subit des altérations qui le transforme en dolomie (Hollard, 1967). On trouve également dans cette série une grande abondance de schistes gris ou

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

souvent argileux avec des intercalations de grès vert ou marron appartenant eux aussi peut être à l'ordovicien.

✓ *L'unité d'Abda :*

Dans les terrains de cette série, on trouve souvent des matériaux volcano-sédimentaire, on y rencontre donc des quartzo-phyllithes et des phyllithes épi-métamorphique .L'âge des terrains de cette unité n'a pas été déterminé jusqu'à présent.

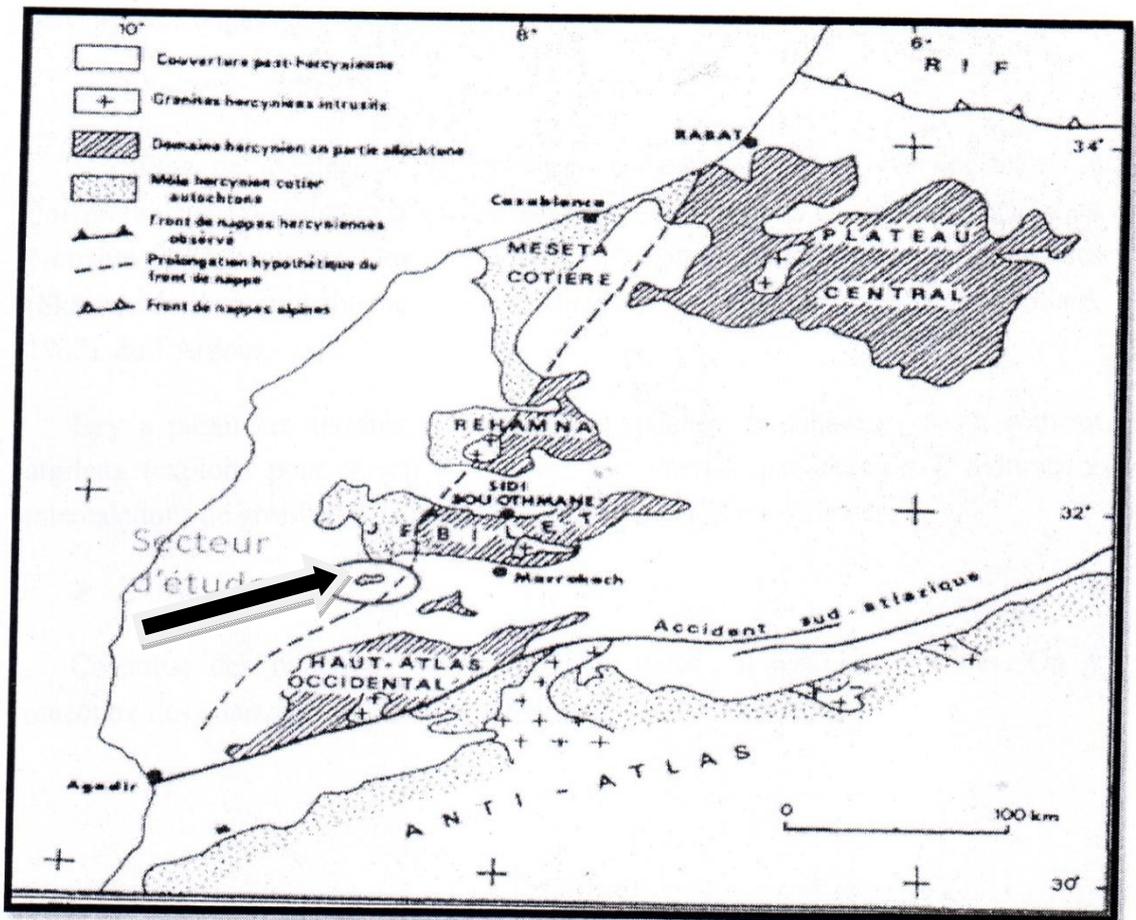


Fig.4 : contexte géologique du gisement de M'zoudia

II-1-3/ Présentation du log stratigraphique de la région

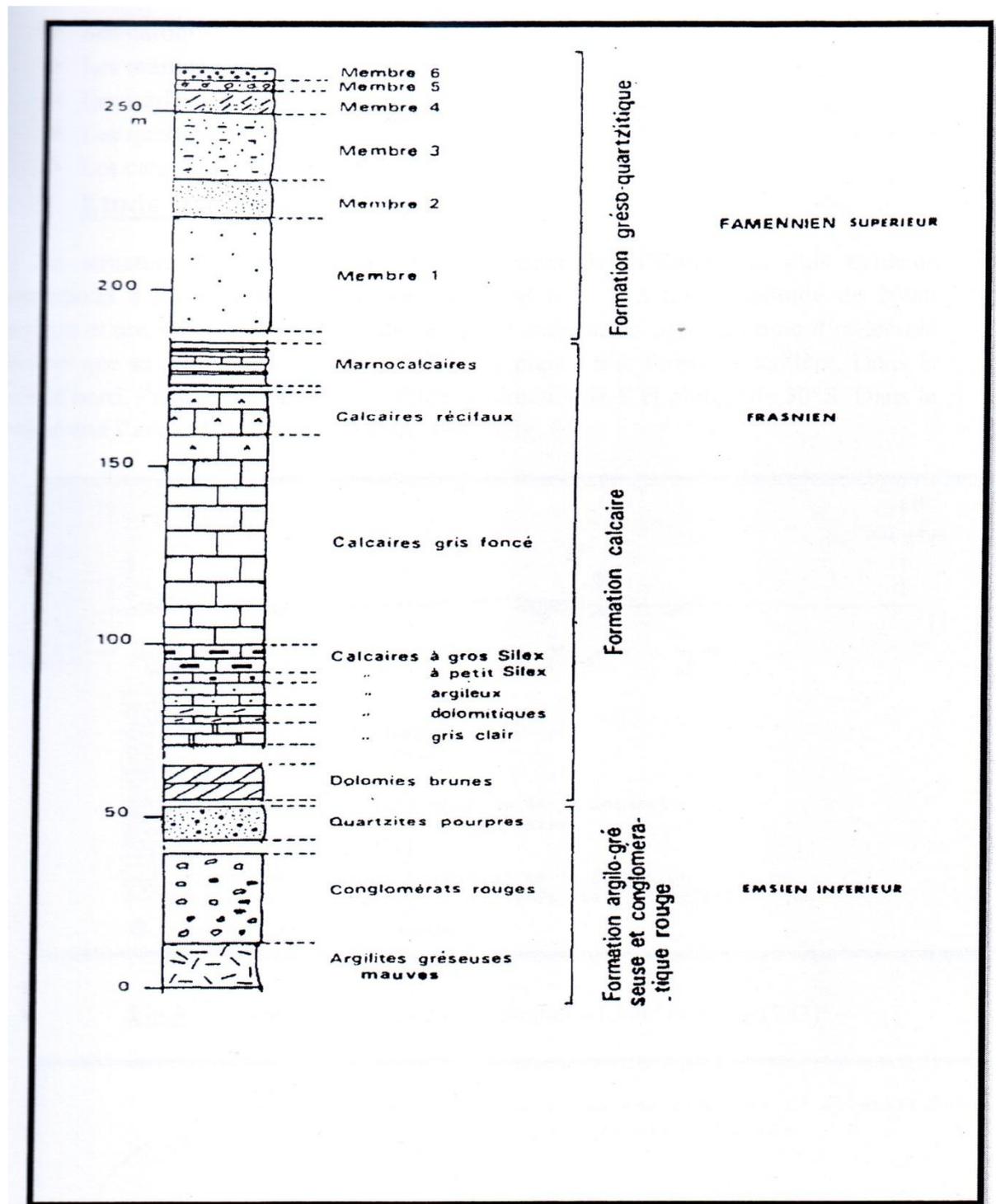


Fig.5 : log stratigraphique de Jbel Ardouz

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

Le Log peut être subdivisé en trois formations :

- formation grès-quartzitique ;
- formation calcaire ;
- formation argilo-gréseuse et conglomératique rouge ;

Ces formations appartiennent au Dévonien.

❖ *La formation grès-quartzitique* a une épaisseur estimée à 170m, elle est divisée en 6 membres dont chacun est composé de plusieurs niveaux.

Le membre 1 :

Se divise en 7 niveaux notés M.1a à M.1g

- **M.1a** : formé de grès quartzitique fin à patine beige jaunâtre et cassure gris translucide (13,7m d'épaisseur)
- **M.1b** : quartzite mauve clair à beige brun. On y rencontre des brachiopodes et spirifer verneuil (genre de brachiopodes marins appartenant à la famille des Spiriferida, ce catégorie d'espèces se sont produite à partir de l'ordovicien moyen) qui datent du Famennien supérieur (Hollard ,1967) (1,75m d'épaisseur).
- **M.1c** : quartzite mauve à brun foncée à rubanement millimétrique de lits clairs et de lits sombre (3m)
- **M.1d** : grès quartzitique fin à patine jaunâtres et cassure beige clair (2m) contenant d'abondant spirifer verneuil.
- **M.1e** : grès quartzitique (5m) gris clair en bancs de 5 à 30 cm d'épaisseur à spirifer Verneuil.
- **M.1g** : grès quartzitique fin, blanchâtre à jaune clair, avec un litage fin et des stratifications entrecroisées centimétriques montrant une polarité normale (3,5m).Une fracturation subverticale affecte ce niveau.

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

Vers le sommet, dans ces grès quartzitiques s'intercalaient des lentilles décimétriques de quartzite massif beige à gris clair et de grès quartzitique grossier.

Le membre 2 :

Contient deux niveaux qui sont de bas en haut

- **M.2a** : grès quartzitique fin blanchâtre qui a subi des fracturations, à stratification non visible (5,75m),

Sans aucune trace de fossile trouvé.

- **M.2b** : grès quartzitique identique à M.2a mais peu ou pas fracturé (5m).

Le membre 3 :

Contient deux niveaux qui sont de la base au sommet

- M.3a : quartzite beige clair à violet clair (8,50m), finement rubané avec des lits beige clair à violet sombre de 0,3 à 8 cm d'épaisseur. Des stratifications entrecroisées centimétriques à décimétriques indiquent une polarité normale. Les fossiles essentiellement des brachiopodes et à *Spirifer Verneuli* (det.1967) sont disposés en lits lumachelliques continus de 3 à 10 cm d'épaisseur qui alternent irrégulièrement avec les lits quartzitiques.
- M.3b : quartzite moins massif que M.3a, brun à violet clair, sans fossile (10m).

Le membre 4 :

Contient des quartzites massifs beiges à gris clair, fracturé non fossilifère. Au sommet du membre s'intercalent des lentilles métriques de grès quartzitique à grain moyen.

Le membre 5 :

Grès quartzitique brun foncé avec des intercalations lenticulaires décimétriques de microconglomérat quartzitiques (diamètre \leq à 0,3m), présentant des figures sédimentaires (stratifications entrecroisées) ce qui montre une polarité normale. Les fossiles n'ont pas été retrouvés à ce niveau. L'épaisseur de ce membre est estimée à 3m, son sommet n'est pas connu.

Le membre 6 :

Quartzite massif (4m) à cassure beige violacée, sans stratification visible, avec la présence de lentilles centimétriques de grès fin. Ce membre affleure de manière très discontinue et forme des masses arrondies de dimensions métriques. Aucun fossile n'y a été rencontré (Tahiri, 1983).

- ❖ Ensuite ***une Formation calcaire*** d'âge Frasnien toujours dans le dévonien avec une épaisseur estimée à 270 m (pour la composition voir domaine para-autochtone)
- ❖ Et finalement ***un domaine argilo-gréseux et conglomératique rouge*** d'âge Emsien inférieur avec une épaisseur estimée de 51m (pour la composition voir domaine autochtone).

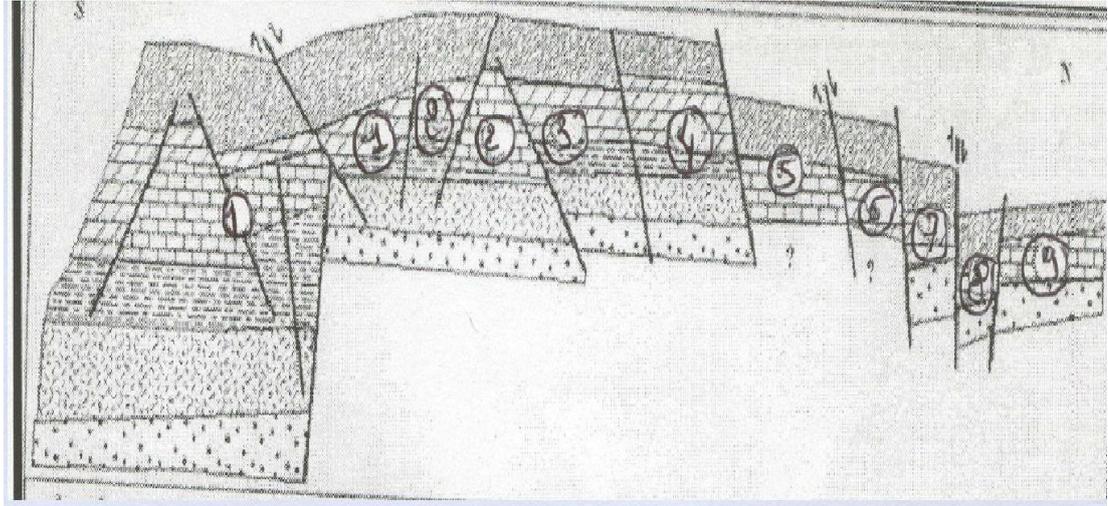
Conclusion

→ Les enseignements qui ressortent d'une brève étude du log stratigraphique permettent de dire que :

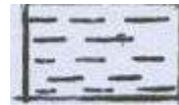
- Le gisement est surtout riche en formations calcaire, ce qui peut être considéré comme critère parmi d'autres pour choisir l'implantation d'une carrière dans cette région,
- Deuxièmement, nous remarquons des variations notables d'épaisseur de certaines couches qui peuvent être dues à des contacts tectoniques ou des phénomènes localisés d'érosion.
- Aucune manifestation métamorphique n'a été décelée, ni à l'échelle macroscopique, ni à l'échelle microscopique (d'après les études consultées) dans les différentes formations qui constituent la série du Jbel Ardouz

II-2/ Différentes zones de la carrière de M'zoudia

La carrière de M'zoudia est située à 2,5km de l'usine; elle est subdivisée en 9 zones dont les limites correspondent à des failles majeures. La structure détaillée du gisement de M'zoudia est très complexe à cause de la présence de nombreux contacts anormaux liés à des chevauchements qui recoupent toute la série particulièrement à la base et auxquels sont liés des plis. Ces contacts anormaux sont visibles sur le terrain (Fig. 6).



Schiste inferieur



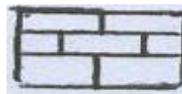
Marnes



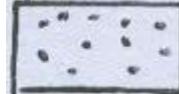
Calcaire dolomitique



Schiste super



Calcaire pur



Quartzite

Fig6 : profil des différentes zones de la carrière de M'zoudia

La méthode d'exploitations employée par CIMAR est le gradin: Il s'agit d'une suite de marches successives en descente donnant lieu à des immenses banquettes ou "marches". C'est la méthode la plus adéquate à ce genre de structure caractérisée par des faciès très hétérogènes. Ces gradins apparaissent comme un cratère qui s'approfondie régulièrement. Chaque gradin ne dépasse guère 15 m de hauteur.

La pente de chemin d'accès entre deux gradins ne doit pas dépasser 8% afin de faciliter la circulation des engins.



Fig.7 :Exemple de gradin (zone 2)

Description des zones de la carrière :

Zone 1 : Elle renferme une quantité importante de calcaire pur recouvert de calcaire magnésien, des schistes, et les quartzites. L'exploitation partielle de cette zone a déjà eu lieu avec l'enlèvement de cinq gradins ; mais elle s'est interrompue à cause de l'émergence des eaux de la nappe phréatique. La CIMAR procède actuellement au pompage pour assécher la zone et pouvoir reprendre son exploitation.

Zone 2 : Elle contient aussi une quantité importante de calcaire, schiste, quartzite etc ...L'exploitation dans cette zone a déjà été faite sur une grande partie; mais elle a été suspendue au niveau du gradin numéro 8 qui correspond à une couche dure de quartzite, difficile à éliminer bien qu'en dessous de ces quartzites se situent d'importantes quantités de calcaire pur. Des études ont proposées des solutions alternatives pour une reprise de l'exploitation, mais sans succès.

Il faut signaler que les deux zones 1 et 2 sont affectées d'importantes failles, (Fig6), ce qui pourrait constituer une entrave à l'exploitation à venir.

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

Zones 3 et 4: Elles ne sont pas exploitées à cause du stock limité en matière première (calcaire- Cf fig6)

Zone 5: s'agissant de la zone de notre d'étude ; nous la détaillerons dans les paragraphes qui suivent.

Zone 6,7 et 8 : Elles ne sont pas exploitées à cause du stock limité en matière première (calcaire- Cf fig 6)

Zone 9 : c'est une zone prometteuse où les couches sont assez épaisses. Son exploitation est projetée après l'achèvement de la zone 5.

II-3/ Présentation de la zone 5 de la carrière de M'zoudia

La zone 5, qui a fait l'objet de notre étude, est située à 2,5 km au NNE de l'usine CIMAR. C'est un espace formé de deux petites collines dont le point culminant est à 380m d'altitude. Elle est limitée par deux grandes failles subverticales de direction N150 et N125, ces failles majeures ont engendré d'autres petites failles à l'intérieur des facies de la zone qui ont affecté en grande partie les calcaires (la preuve est le décalage des veinules de calcite).

Trois types de formations affleurent dans cette zone :

- 1) Formation représentée par des schistes inférieures, de direction N20 et un pendage 10 vers l'Ouest, l'épaisseur de ces formations restent inconnue.
- 2) Formation de calcaire représentée généralement par des calcaires gris clair traversés par des veinules de calcite, des calcaires dolomitiques de dimensions variables, des marnes et des marno-calcaires.
- 3) Formation de schiste cette fois supérieure caractérisé par la présence des intercalations de quartzites qui peuvent atteindre plusieurs mètres.

Chap. II : Présentation et localisation de la zone 5

La majorité de ces formations sont recouvertes par des encroutements calcaux, généralement des conglomérats polygéniques qui ne dépassent pas les 5 m.

1^{er} gradin de la zone 5

2^{em} gradin de la zone 5

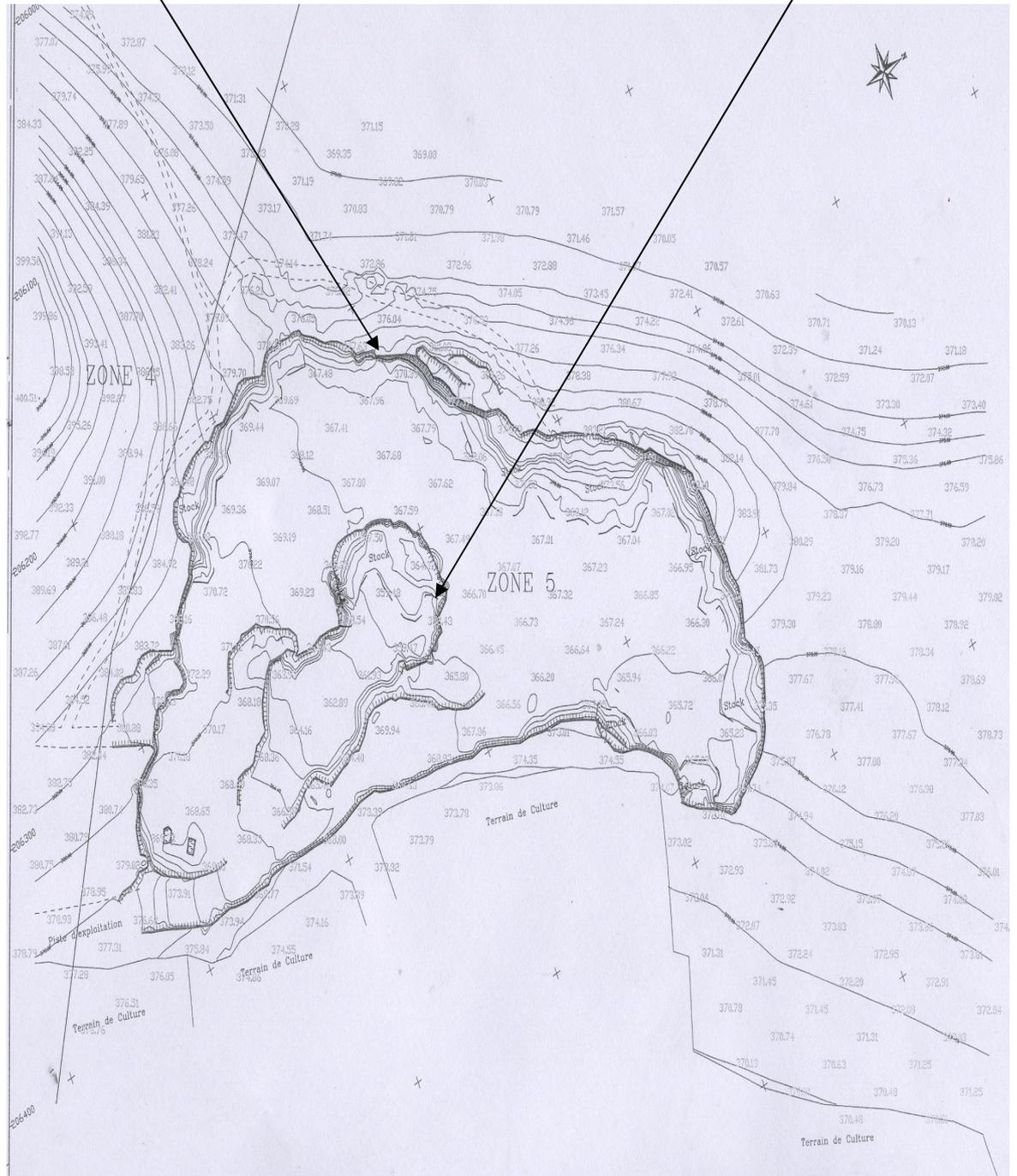


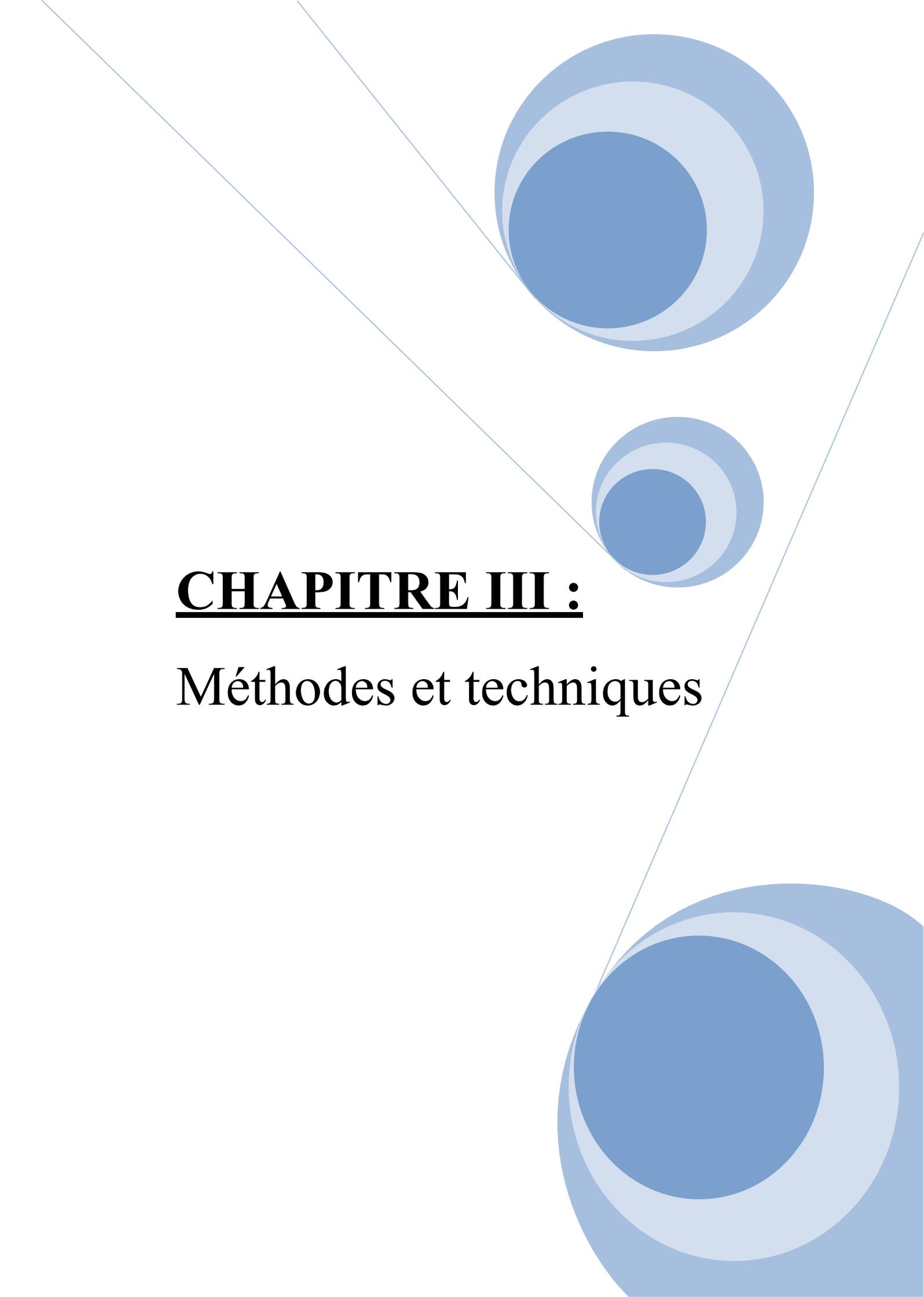
Fig.8 : présentation des gradins de la zone 5

	Calcaire
	Schiste
	Marne
	Quartzite

Fig.9 :exemples de facies présents dans la carrière



Fig.9 :exemples de facies présents dans la carrière(suite)

The page features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a lighter blue ring around its center. These circles are arranged in a descending sequence from top-right to bottom-right. Two thin, light blue lines originate from the top-left corner and extend diagonally across the page, intersecting the circles.

CHAPITRE III :

Méthodes et techniques

III-1-Prélèvement des échantillons de la zone 5

Précisons tout d'abord, dans le domaine de la prospection minière, un échantillon est une petite quantité de matière censée représenter un ensemble (lot) plus grand de matière.

Le but de l'échantillonnage est de déterminer ou d'approcher avec une approximation acceptable la teneur des constituants divers d'une zone à partir des analyses d'un nombre limité d'échantillons. Les teneurs obtenues permettent d'extrapoler les résultats à l'ensemble du gisement afin d'effectuer des estimations sur les ressources et les réserves et bien sûr pour diriger l'exploitation.

Au niveau de la carrière de CIMAR, plusieurs méthodes d'échantillons sont utilisées, parmi lesquels, les échantillons cutting et les échantillons carottés qui correspondent respectivement au déblai poudreux recueilli à la tête de la foreuse et aux carottes de matière extraites par tarière et dont le but est d'évaluer les teneurs des différents éléments présents dans la carrière afin d'apprécier les réserves en matériaux recherchés, en particulier le calcaire pur.

Pour notre cas d'étude, Nous avons effectué des prélèvements d'échantillons cutting en plus des échantillons que nous avons ramassés nous-même.

Méthode d'échantillonnage

Pour les échantillons que nous avons analysés nous-même; en nous basant sur l'avancement de l'exploitation, nous avons divisé la zone 5 en deux parties chacune correspond à un gradin à savoir :

- Gradin 1 (Fig. 7) situé à la partie supérieure, a fait l'objet de prélèvements de douze (12) échantillons de roches ramassées,

Chap. III : Méthodes et techniques

- Gradin 2 (Fig. 7) situé en dessous du gradin 1, a fait l'objet de prélèvements de six(6) échantillons dont cinq (5) cutting et un(1) de roches.

Munies de notre marteau, nous avons arraché des morceaux de roches de façon à couvrir toute la zone explorée. Les échantillons récoltés sont issus de roches ayant les caractéristiques du faciès et sans altération.

Les prélèvements sont effectués sur deux gradins successifs n°: 1 et 2 en forme de croissant légèrement ovale ouvert vers le sud en cours d'exploitation.

Ces échantillons permettront de bien comprendre la répartition de la magnésie sur les profils, ce qui est le centre d'intérêt de notre travail.

Il faut absolument prendre les roches les moins altérées: sans cassure ni fracture pouvant permettre la circulation des solutions d'éléments étrangers à la roche.

Par la suite, les échantillons sont mis dans des sachets, puis numérotés, à l'aide d'un stylo indélébile ou feutre de telle sorte à pouvoir identifier facilement la zone et l'endroit de sa provenance. Enfin, il faut positionner les échantillons sur une carte.

Signalons, que le pendage qui a affecté les couches de la zone 5 varie entre 40 et 45° SE.

III-2-Méthode d'analyse des échantillons

Les échantillons prélevés sur le terrain sont concassés par un concasseur de laboratoire, ensuite broyés au broyeur jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Dix grammes (10G) de cette poudre sont prélevés pour préparer une pastille, à l'aide d'une presse à pastille. C'est cette pastille qui sera soumise à l'analyse.

Chap. III : Méthodes et techniques

La confection des pastilles se fait de la manière suivante: Un anneau vide de moins d'un centimètre de profondeur sur deux centimètres de diamètre est placé dans une petite machine à presse, puis rempli avec la matière broyée, ensuite pressé jusqu'à 120 Kbar.

Après obtention de la pastille cohérente et homogène, on la fait passer à l'analyse par spectrométrie de fluorescence X communément connue sous l'appellation " Fluo-X". C'est une méthode rapide spécifique qui permet d'analyser chimiquement, la composition d'une multitude d'échantillons de matière grâce aux propriétés de la fluorescence aux rayons x.

Cette méthode fonctionne selon le principe suivant : Lorsque l'on bombarde de la matière avec des rayons X, celle-ci réémet de l'énergie sous la forme, entre autres, de rayons X ; c'est la fluorescence X, ou émission secondaire de rayons X. Cette méthode permet d'avoir deux résultats simultanément:

- 1) Connaitre la composition d'un échantillon
- 2) Evaluer la quantité exacte d'éléments qui le compose.

On place la pastille à analyser dans une cassette de la fluo-x, cette dernière est connectée à un ordinateur à partir duquel l'analyse est lancée et au bout de quelques minutes les pourcentages des éléments majeurs contenus dans l'échantillon s'affichent sur l'écran.

L'échantillon frais est divisé en deux parties : une partie est préservée comme témoin, auquel on peut se référer pour une éventuelle vérification des analyses en cas de résultats qui nous semblent aberrants et l'autre partie est soumise à l'analyse.

Chap. III : Méthodes et techniques

La détermination du type de faciès à partir des résultats d'analyses respecte les normes adoptées suivantes :

Faciès	% Si ₂ O ₃	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% CaO	% MgO	SO ₃
Calcaire pur	< 5	< 1	< 1	> 48	< 4	< 1
Calcaire magnésien	< 10	< 2	< 2	38 à 48	4 à 15	< 1
Calcaire d'encroustement	5 à 25	< 5	< 3	32 à 44	< 4	< 1
Calcaire marneux	10 à 25	< 10	< 3	30 à 40	< 4	< 1
Marnes	35 à 45	6 à 13	< 3	15 à 30	< 4	< 1
Schiste	40 à 60	12 à 22	4 à 10	6 à 14	< 4	< 1

NB : Pour la teneur en magnésie, nous avons adopté la proportion de la CIMAR qui est de : % MgO < 2,5

La qualité finale est évaluée par des modules, c'est-à-dire des valeurs d'indices calculées à partir de la composition chimique. On définit par exemple :

Indice de saturation de Kühl ou (Lsf) :

$$\text{KÜHL: } (\text{CaO}/2.8 \times \text{SiO}_2 + 1.1 \times \text{Al}_2\text{O}_3 + 0.7 \times \text{Fe}_2\text{O}_3) * 100$$

L'indice de saturation doit être compris entre 80 et 100

Chap. III : Méthodes et techniques

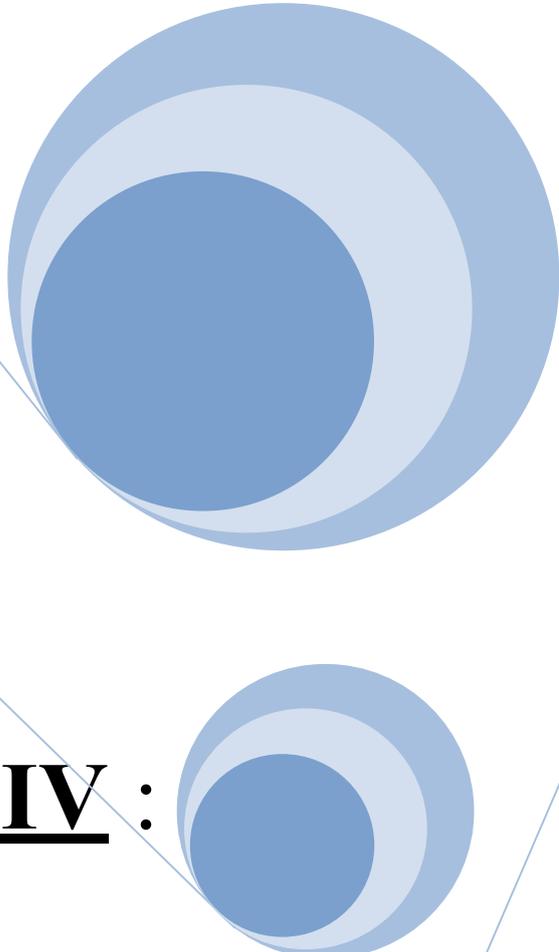
Ce module exprime le rapport entre la chaux présente dans le mélange et la quantité de chaux qui peut être liée dans le clinker. Le standard de chaux permet de connaître le comportement du mélange à la cuisson et de prévoir la qualité du ciment. Plus le standard de chaux est élevée, plus les résistances du ciment le seront aussi, et plus la cuisson sera difficile et nécessitera un accroissement de la consommation calorifique nécessaire à la cuisson. Par ailleurs, un standard en chaux élevé influe négativement sur la stabilité de volume du ciment hydraté (teneur en chaux libre).

Indice silicique de Kühl ou (MS) :

$$MS = \text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

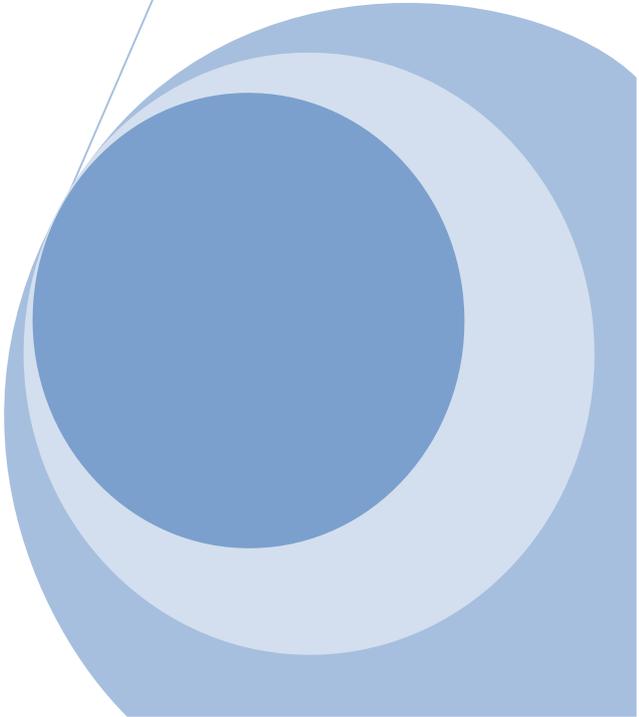
L'indice silicique doit être compris entre 1,5 et 5

Une valeur élevée correspond à une concentration élevée de silice au détriment des agents fondants. Une valeur faible provoque un croûtage excessif dans la zone de clinkérisation et nuit à la bonne marche du four.



CHAPITRE IV :

Interprétation des résultats
d'analyses



IV-1-Interprétation des sondages de la zone

IV-1-1-Échantillons prélevés

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons tenter d'interpréter les résultats d'analyse des différents échantillons que nous avons effectués, nous même, au niveau des deux gradins 1 et 2

Tableau 1 : Echantillons provenant du gradin n°1

Echantillons	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	Formations
n1	70,44	2,38	-0,36	1,66	0	0,25		Quartzite
n2	56,65	11,85	1,56	10,64	0,68	0,18	0,08	Quartzite
n3	61,55	14,07	2,93	2,47	2,22	2,70	0,008	Quartzite
n4	46,41	13,85	3,38	13,25	0,73	2,5	0,04	Schiste
n5	8,95	1,87	1,09	38,86	0,49	0,29	0,04	Calcaire marneux
n6	13,67	3,19	1,30	29,39	1,01	0,01	0,61	Calcaire marneux
n7	1,30	0,31	0,34	55,97	0,71	0,02	0,06	Calcaire pur
n8	1,27	0,33	1,08	45,86	6,37	0,09	0,11	Calcaire magnésien
n9	3,86	0,92	1,03	38,06	8	0,2	0,13	Calcaire magnésien
n10	0,65	0,30	0,15	58,86	0,36	0,01		Calcaire pur
n11	76,54	8,53	0,64	3,10	0,11	0,78	0,02	Quartzite
n12	64,26	7,12	1,85	9,58	0,21	0,91		Schiste



Fig.10 : orientation de la zone 5

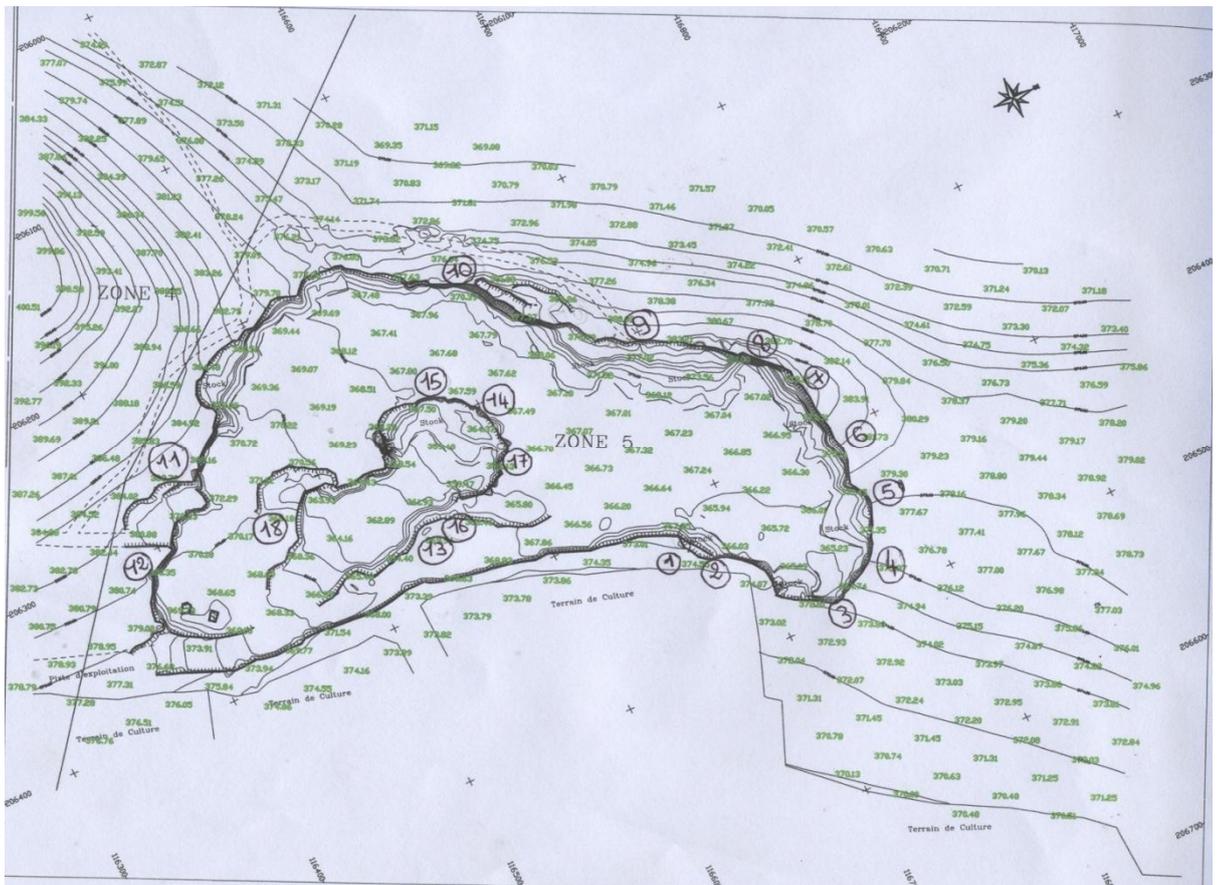


Fig.11 : localisation des échantillons prélevés dans les deux gradins

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

- Pour le premier gradin :

⇒ Au niveau de l'aile Est du gradin : Nous avons trouvé en premier lieu des quartzites, avec une moyenne de silice de 62,88%, caractérisées par une importante épaisseur (supérieure à 10m), suivies de schistes friables, puis de calcaires marneux riche en silice.

Jusqu'à présent, la magnésie est très faible voire absente. On peut donc dire que la partie orientale du premier gradin de la zone 5 est saine et sauve de la magnésie, elle est par conséquent exploitable.

⇒ Au niveau du centre du gradin : Nous avons relevé des calcaires purs à très faible concentration de magnésie (0,71%) et la présence notamment des calcaires à fortes concentrations de magnésie (6,37 jusqu'à 8 %) impropre à l'exploitation.

⇒ Au niveau de l'aile ouest du gradin : Nous avons relevé la présence de calcaire pur à faible concentration de magnésie (0,36%) répondant aux normes exigées par la CIMAR.

En conclusion, nous pouvons dire que le gradin répond aux exigences établies par la CIMAR ; bien que certains endroits, du gradin font apparaître des taux de magnésie supérieurs aux normes. Le gradin dans sa globalité est exploitable. L'homogénéisation des différentes parties amende la qualité de la matière première.

Tableau 2 : Echantillon provenant du gradin n°2

Echantillons	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	MnO	Formations
n1	50,29	13,51	2,42	12,07	0,93	1,87	6,026	Schiste quartzitique
n2	1,74	0,56	0,58	52,28	1,5	0,04	0,08	Calcaire pur
n3	4,18	1,31	1,32	46,12	0,66	0,26	0,18	Calcaire pur
n4	39,83	11,63	3,65	18,61	1	2,43	0,064	Marne
n5	4,88	1,03	0,5	47,2	0,85	0,13	0,03	Calcaire pur
n6	61,17	14,54	2,39	4,94	0,55	2,47	0,032	Schiste quartzitique

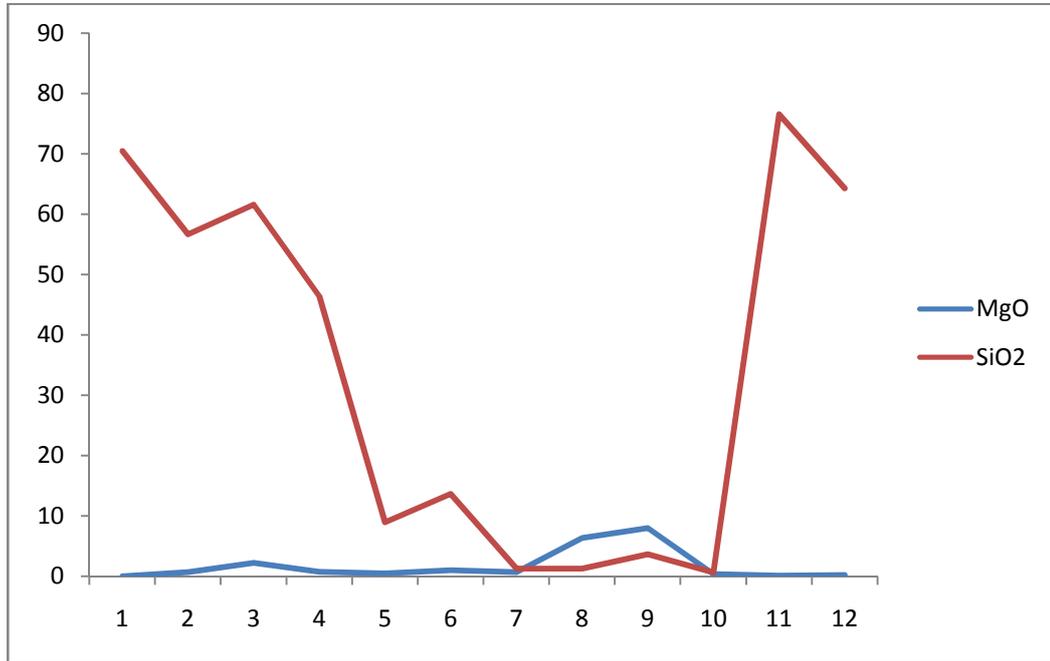
- Pour le deuxième gradin :

Il ressort de l'analyse d'échantillons Cutting que le gradin est constitué de schistes quartzitiques suivi du calcaire pur dans l'aile Est, puis de calcaires pur au centre. Au niveau de l'aile ouest du calcaire pur puis des schistes quartzitiques. Le gradin n°2 répond aux normes imposées pour l'exploitation de la matière première.

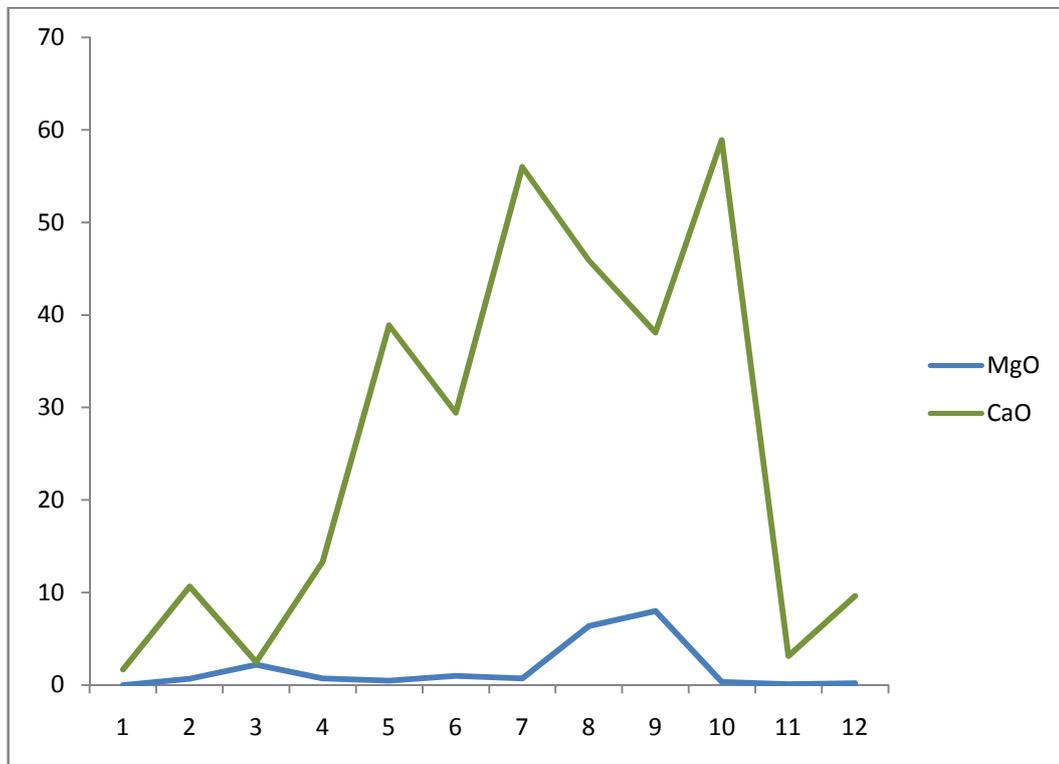
- **En conclusion, Nous déduisons que les deux gradins sont valablement exploitables au regard des exigences imposées par l'usine en ce qui concerne la teneur en magnésie. Toutefois le gradin 2 est plus rentable à cause de sa teneur élevée en chaux**

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

Pour approcher le comportement des variations de la magnésie par rapport a la silice et a la chaux dans les 12 échantillons du premier gradin. Nous avons essayé de les regrouper dans une même représentation graphique.



Relation MgO et SiO2



Relation MgO et CaO

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

D'après l'analyse des courbes, il ressort que les variations de la magnésie entraînent une variation dans le sens inverse de la silice et de la chaux. C'est à dire que lorsque la teneur de MgO augmente celle de la silice et la chaux diminuent et inversement. Toutefois, le comportement de la silice est plus prononcé. Elle diminue plus que la chaux vis-à-vis de la magnésie

IV-1-2-Sondages faits par CIMAR

Etant donné que le point culminant de la zone 5 est 380m, et compte tenu du fait que les deux premiers gradins, en majorité, exploités totalisent une profondeur moyenne de 30m, le niveau du troisième gradin commence à partir de l'altitude 350m. Les nombreux sondages effectués par CIMAR dont les profondeurs dépassent largement l'altitude 350m atteignent le gradin n°3. Ce dernier se situe entre les altitudes 350m et 335m.

Les résultats des analyses de six sondages dénommés "CTG"

(voir les tableaux CTG5 à CTG 11 en annexe) dans la tranche du troisième gradin (350 -335m) se présentent comme suit :

CTG 5 : 6 échantillons analysés

Magnésie : varie de 0,64 à 4,5%

Silice : 0,81 à 46,58 %

Chaux : 12 à 54,08%

CTG 7 : 5 échantillons analysés.

Magnésie : varie de 0,46 à 2,82

Silice : 1,47 à 14,36 %

Chaux : 38,31 à 53,62 %

CTG 8 : 7 échantillons analysés.

Magnésie : 0,92 à 14,25 %

Silice : 1,01 à 45,02 %

Chaux : 15,23 à 44,84 %

CTG 9 : 5 échantillons analysés.

Magnésie : 0,58 à 1,87 %

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

Silice : 0,31 à 4,8 %

Chaux : 48,33 à 55,29 %

CTG 10 : 8 échantillons analysés.

Magnésie : 0,4 à 2,54%

Silice : 0,55 à 7,18%

Chaux : 40,16 à 54,94%

CTG 11 : 5 échantillons analysés.

Magnésie : 12,46 à 15,92%

Silice : 0,93 à 1,93%

Chaux : 33,64 à 38,21%

**Pourcentage très élevée en magnésie dans les sondages 11 (12,46-15,92%)
et 8(0,92-14,25%)**

IV-2/Établissement d'un profil géologique

En comparant la magnésie dans les trois gradins entiers, on peut remarquer que:

- ✓ Gradin 1 : La magnésie va de 0,35 à 16,46% avec une moyenne de 3,71%
- ✓ Gradin 2 : Elle va de 0,4 à 15,67% avec une moyenne de 4,4%
- ✓ Gradin 3 : La magnésie va de 0,4 à 15,92 %avec une moyenne de 4,06 %

On peut donc conclure que la teneur en magnésie est presque la même au niveau de tous les trois gradins. Il n'y a pas de gradient de croissance, cependant, la teneur varie au niveau d'un même gradin d'un lieu à un autre. La carte schématique ci-après montre les plages de différentes concentrations de la magnésie.

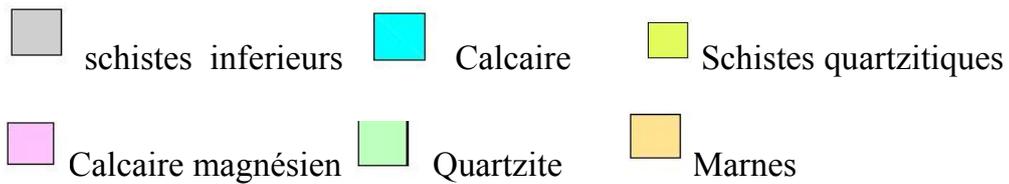
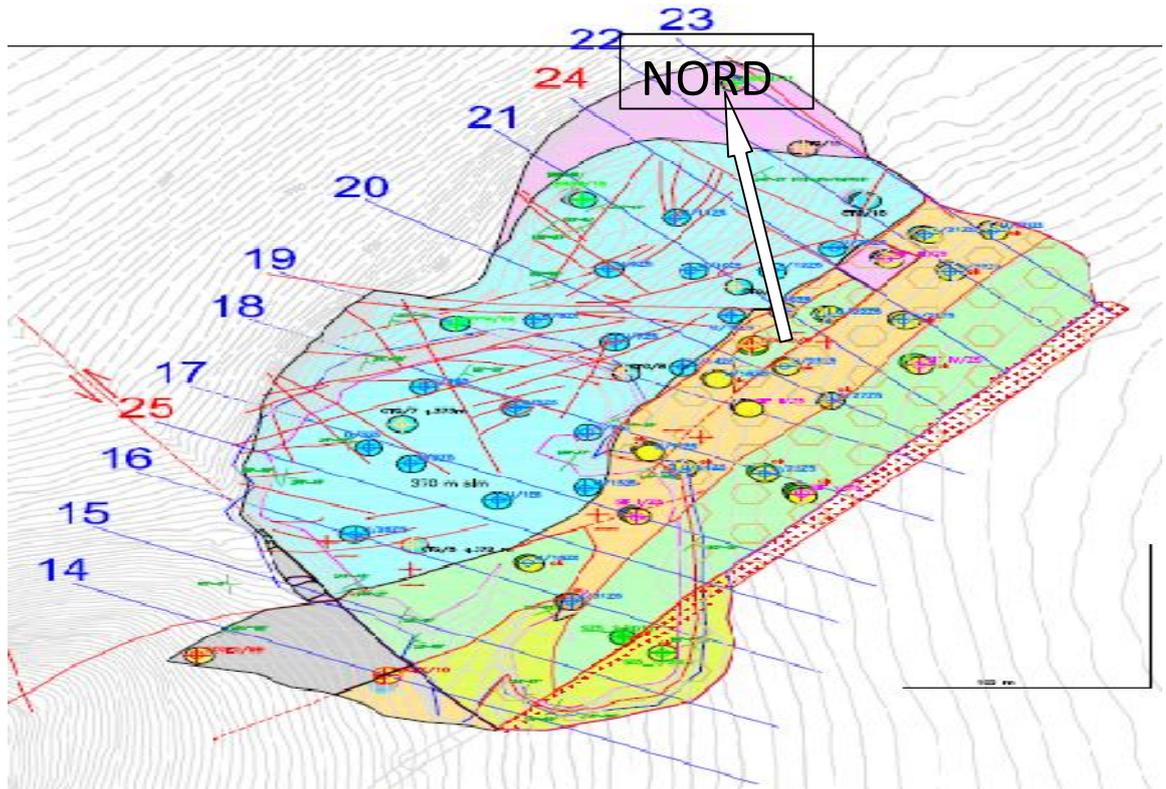


Fig.12 :carte schématique de la zone 5 montrant l'affleurement des différentes formations(rapport interne)

Etablissement des coupes des sondages :

En nous appuyant sur la répartition des sondages réalisés par la société, pour déterminer l'agencement des différents faciès et sur les résultats d'analyse des échantillons de différentes profondeurs ; nous avons établi des coupes nous permettant la localisation du calcaire pur (la matière recherchée) et du calcaire magnésien (matériau impropre) et des autres formations en présence dans la zone 5. Pour ce faire, nous avons fait des coupes dans différentes directions: E-W, N-S, NE-SW (à partir de la corrélation entre les points de sondages faits par la société).

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

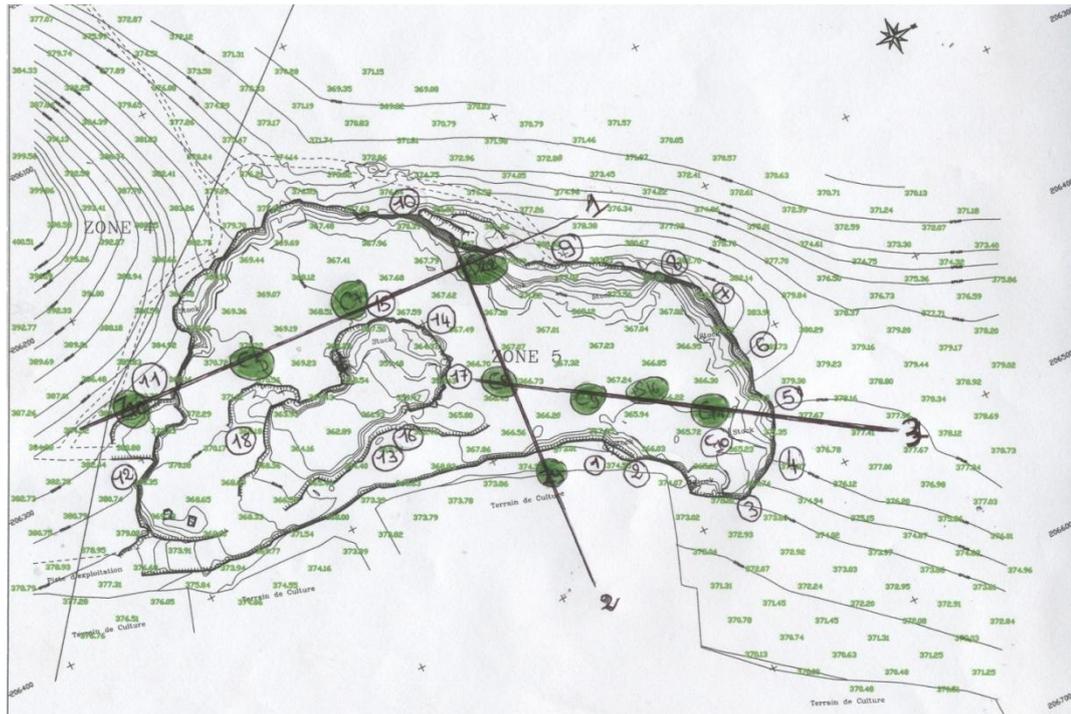


Fig.13 : position des coupes réalisés dans la zone 5

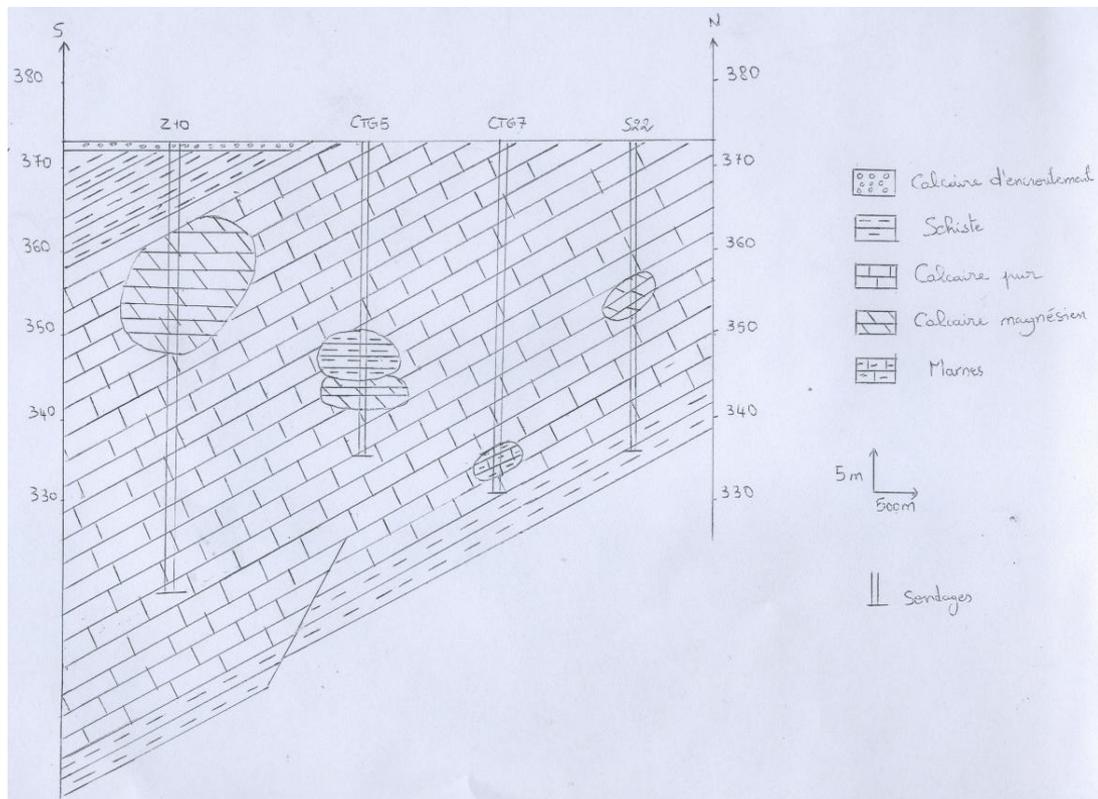


Fig.14 : profil géologique de la zone 5 de direction N-S

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

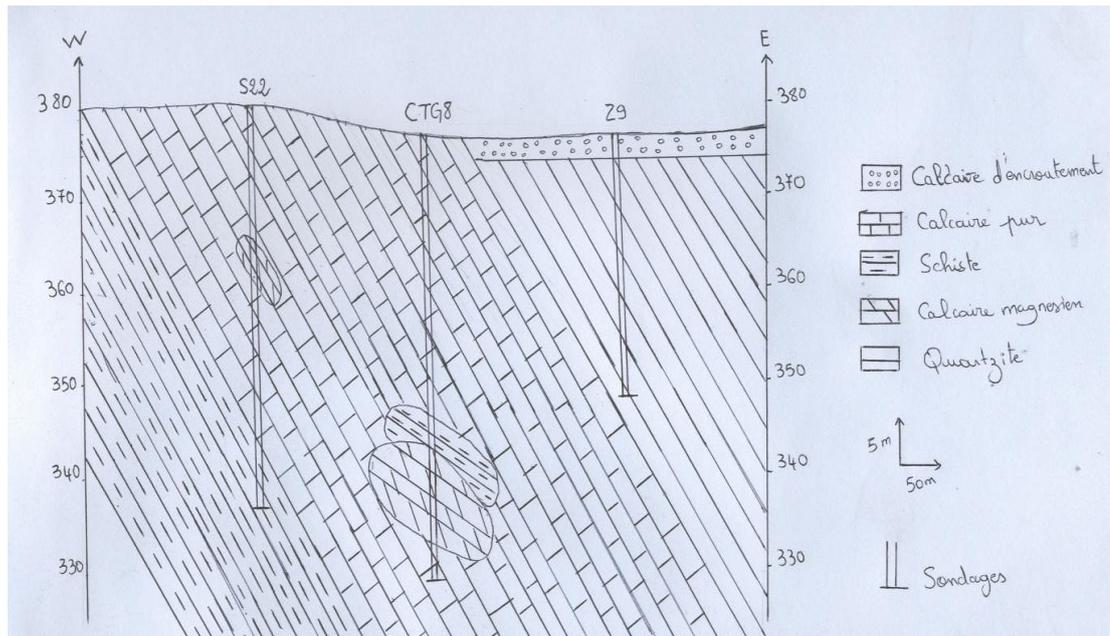


Fig.15 : profil géologique de la zone 5 de direction :E-W

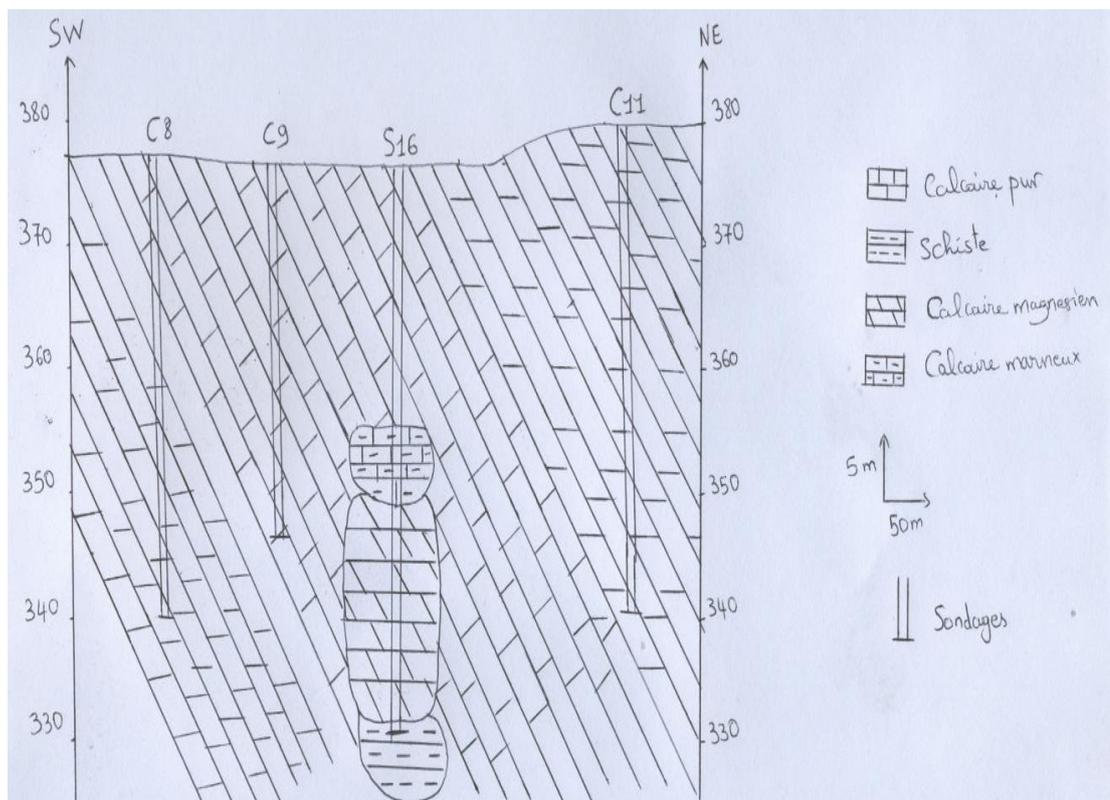


Fig.16: profil géologique de la zone 5 de direction NE-SW

Commentaire des profils :

Sur La carte topographique, nous avons positionné les sondages et les coupes réalisées dans la zone 5, il en ressort ce qui suit :

- Les sondages (S16, S22) ne comportent que la description des aspects de faciès mais sans analyse, ce qui ne nous permet pas de préciser la nature du calcaire ni de savoir sa teneur en MgO (coupe 3),
- A l'ouest (coupe 2), les couches de schistes et de calcaires sont inclinées, avec la présence en allant vers l'est des poches dolomitiques au sein du calcaire pur, précisément au-dessous de l'altitude 350m qui lié au troisième gradin.
- A l'est la couche horizontale de calcaire d'encroutement est en discordance avec les couches inclinées de quartzite (coupe 2) et au sud le calcaire d'encroutement est en discordance avec les schistes inclinés (coupe1),
- Vers le sud, on note la présence des poches dolomitiques de grandes dimensions, ainsi que la présence des lentilles de marnes au sein du calcaire (coupe 1),
- Un décalage remarquable concerne les couches de calcaire et de schistes (appartenant à deux sondages qui sont proches) nous amène à penser qu'il est la conséquence d'une faille qui aurait affecté ces deux couches qui se suivent. La formation calcaire ne montre pas une grande variation d'épaisseur,
- Les formations de calcaire d'encroutement trouvées vers le sud et l'est de la zone sont toujours discordantes avec les formations qui leur sont antérieures

Commentaire des logs stratigraphiques

CTG5 : Ce sondage, comprenant les trois gradins et présente différents types de faciès sur une profondeur de 38 m. En allant du haut vers le bas, nous avons successivement : Du calcaire pur sur 25m, suivi de schiste de 16m puis du calcaire magnésien sur 3m.

Au niveau du gradin3, le calcaire pur représente 40% et le calcaire magnésien 20%

CTG7 : D'une profondeur de 39m, ce sondage englobe les trois gradins. Il comprend deux types de calcaires :

- Un calcaire pur d'une épaisseur de 36m et,
- un calcaire marneux de 3m d'épaisseur,

Le gradin 3 contient un banc de calcaire pur de 12m d'épaisseur (80%) avec absence de calcaire magnésien.

CTG8 : Au niveau de ce sondage, nous successivement :

- Du calcaire pur sur 26m,
- du calcaire marneux (1m),
- du schiste (3m) et,
- calcaire magnésien (10m),

Nous constatons l'absence de calcaire pur dans le gradin 3 et la présence de calcaire magnésien avec un pourcentage de 66%.

CTG9: Sur les 44m de profondeur forée, nous retrouvons du calcaire pur sur une épaisseur importante au milieu duquel se localise du calcaire magnésien avec une épaisseur ne dépassant pas les 2m. Pour le gradin n°3, il y'a que du calcaire pur.

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

CTG 10 : Ce sondage fait apparaître une alternance des couches de calcaire pur et de calcaire magnésien. Le calcaire pur est présent sur une épaisseur variant de 10m à 13m et le calcaire magnésien sur une épaisseur de 3m à 7m.

Au niveau du gradin 3 le calcaire magnésien à une épaisseur de (3m) avec une proportion de 20%, alors que le calcaire pur présente 80% (12m).

CTG11: Tous les trois gradins, contiennent au niveau de ce sondage du calcaire magnésien, de la surface jusqu'à 47m de profondeur et parfois plus, avec des teneurs élevées en magnésie MgO (15m d'épaisseur).

S22 : Le sondage comprend des faciès variés: faciès ocre saccharoïde dolomitique, des calcaires bien cristallisés, du calcaire avec transition vers le faciès dolomitique (calcaire affecté par dolomite), du calcaire avec des veines, calcaire noir, et des schistes noirs.

Le faciès dolomitique présente 11%, alors que calcaire gris présente 23%.

Le gradin 3 dans ce sondage, ne contient que des schistes noirs mal récupérés.

S16: Le sondage se caractérise par des calcaires variés allant du calcaire gris compact veiné de calcite blanche, du calcaire d'aspect marneux et du calcaire tendre d'aspect rose.

Ces calcaires ont une épaisseur de 49m suivis par des schistes noirs d'une épaisseur de 6m.

Z9: Se caractérise par un calcaire d'encroûtement d'épaisseur 10m suivi par 22m de quartzite (absence de calcaire pur et magnésien).

Z10: Le sondage d'une profondeur de 47m englobe les 3 gradins. Il fait apparaître des schistes, des calcaires dolomitiques de différents aspects (12,40m), du calcaire gris de différents aspects (6m), du calcaire gris avec des passées de dolomite (6m) et enfin du calcaire grisâtre en bas.

Chap. IV : Interprétation de résultats d'analyses

Pour le 3eme gradin, il y a trois types de calcaires:

- calcaire dolomitique représentant 7,5%,
- calcaire gris avec des passées de calcaire dolomitique 37,5%,
- calcaire gris bien cristallisé représentant 56%.

NB : Les schémas des logs stratigraphiques sont portés en annexe

Conclusion

 Les formations géologiques présentent des différences d'épaisseurs remarquables d'un sondage à un autre. Le calcaire magnésien y est souvent présent avec des proportions variables ce qui constitue une entrave au rendement de l'exploitation.

Ces variations de teneur en magnésie peuvent être dues soit à des effets géologiques par des failles ou des chevauchements, soit à des effets chimiques par substitution de calcaire en dolomie.

Pour avoir une idée nette sur le gradin 3, en projet d'exploitation, nous avons délimité sur la carte les sondages dont la teneur en magnésie est inférieure à 2,5 entre les profondeurs 30 et 45m, épaisseur équivalent à un gradin, laquelle couche correspond au gradin 3.

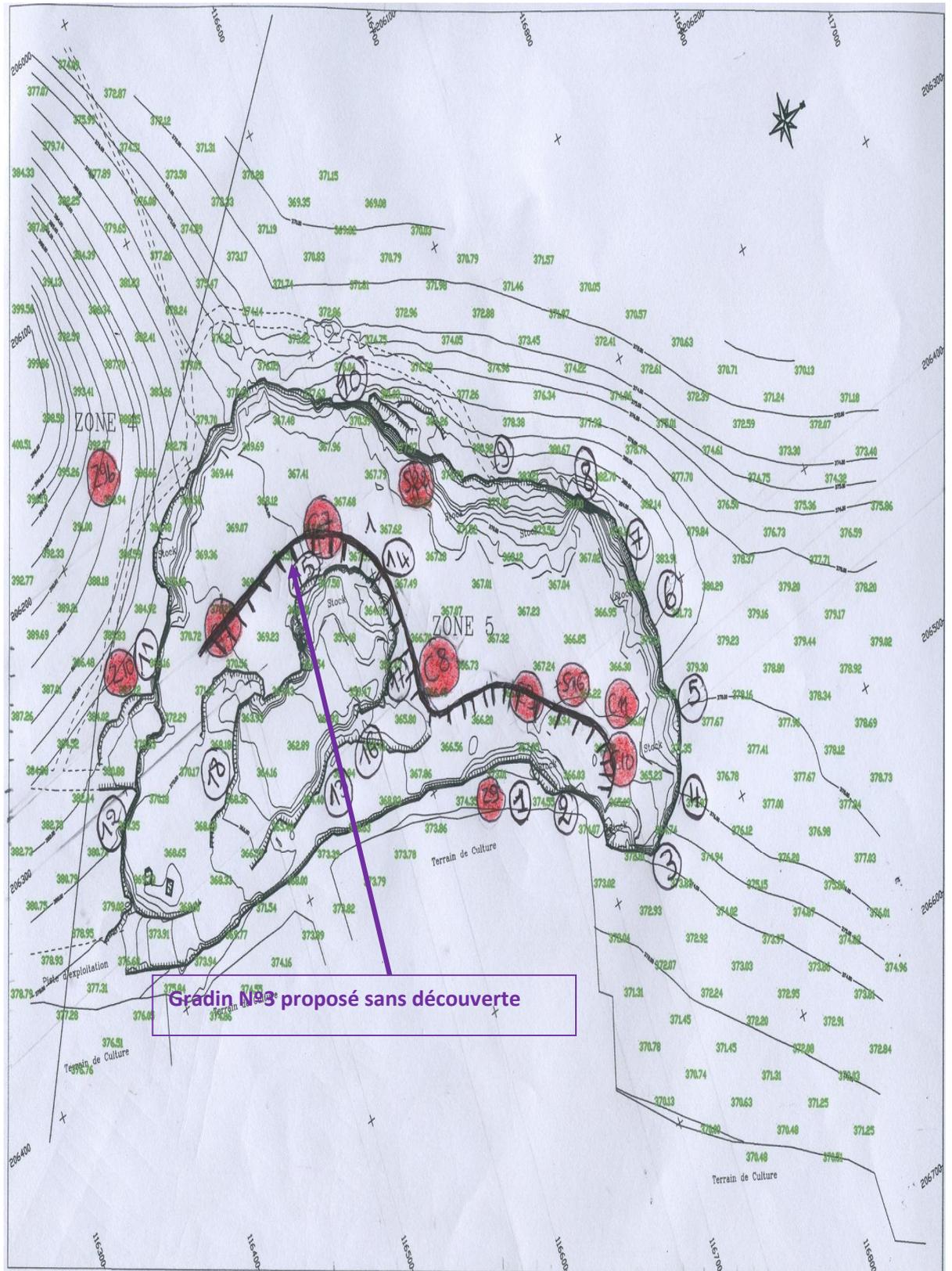
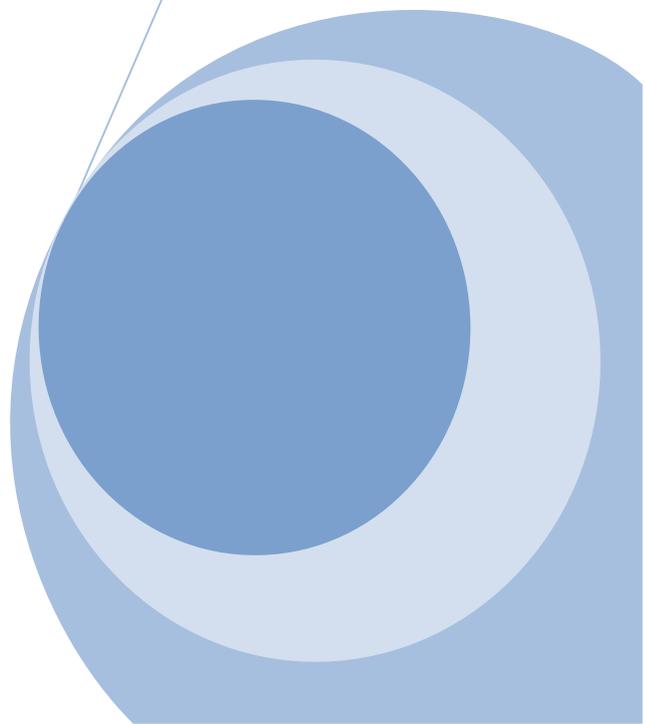
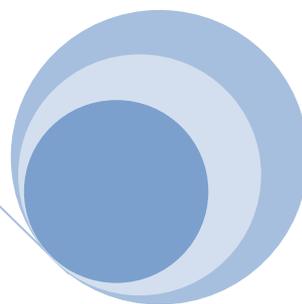
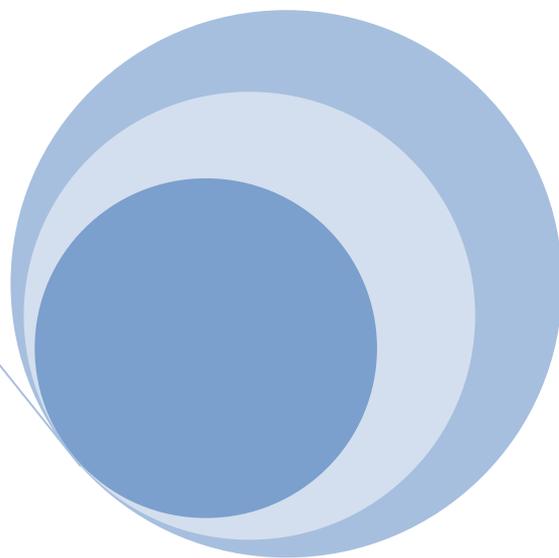


Fig.17 : Le 3^{em} gradin proposé

CONCLUSION

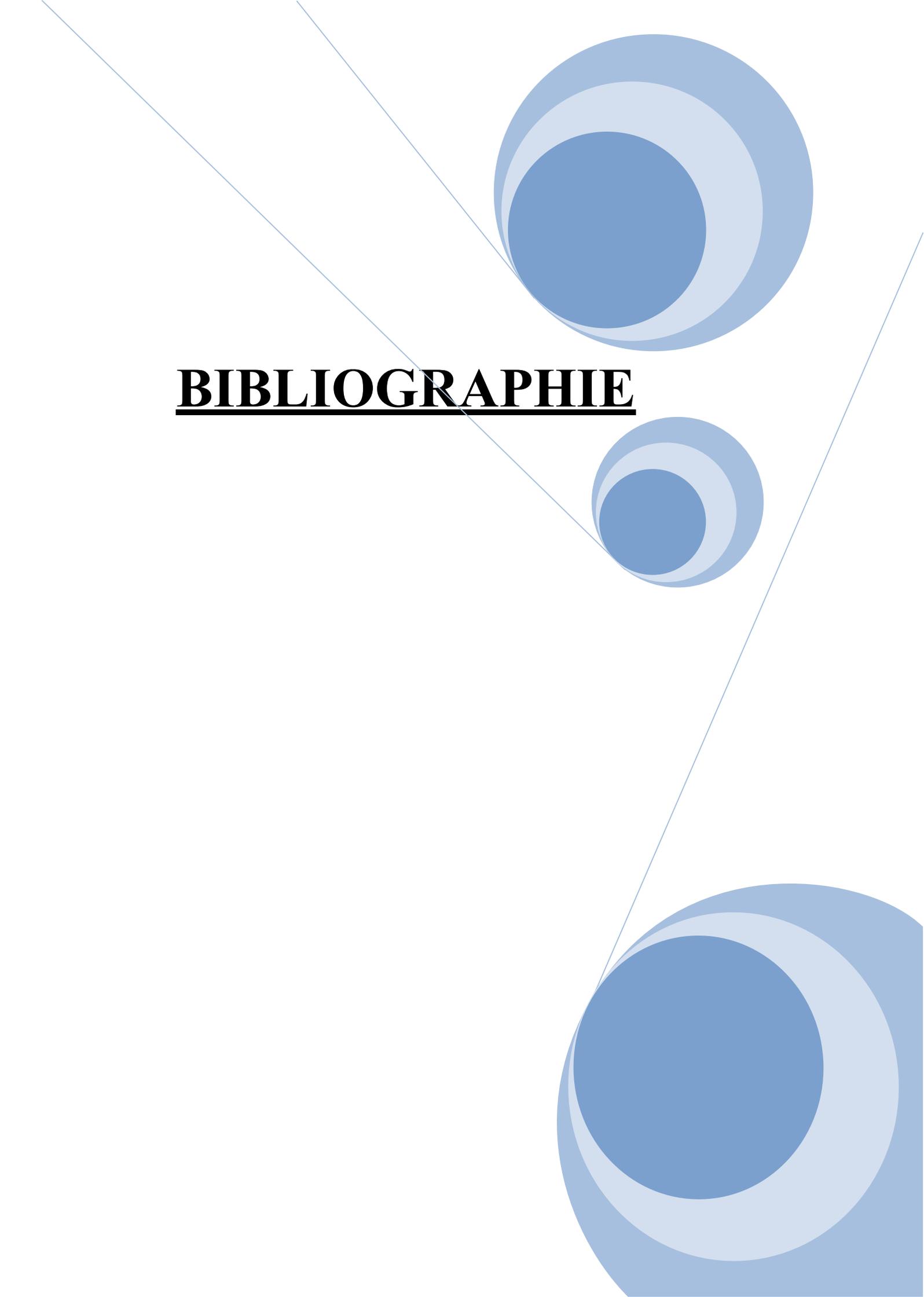


Les analyses d'échantillons de substrat prélevés à différents niveaux de profondeur et à plusieurs endroits choisis aléatoirement de telle sorte à couvrir toute la zone 5, ont permis de déceler les réalités suivantes :

- Les teneurs élevées de magnésie ($> 2,5\%$) ne sont observées que de temps à autre, çà et là d'une façon irrégulière, avec une augmentation importante vers le Nord d'une moyenne de $13,5\%$.
- La répartition de la magnésie dans les différents faciès ne suit pas une évolution croissante ou décroissante continue, elle se montre par des poches de calcaire magnésien au sein du calcaire pur.
- La magnésie d'une part et la silice et la chaux d'autre part paraissent antagonique : A chaque teneur élevée de magnésie correspond des teneurs faibles de silice et de chaux et vice versa,
- Les matériaux provenant de la zone 5 dans sa globalité, sont conformes aux normes imposées par CIMAR par rapport à la teneur en magnésie malgré quelques points où sa teneur est élevée. L'opération d'homogénéisation en réduit la concentration,

Sur le plan stratigraphique l'étude de la zone des carrières approvisionnant l'usine de ciment, appartenant à la société "Ciments du Maroc"(CIMAR) a permis de mettre en évidence plusieurs points:

- La carrière renferme des potentialités importantes en matériaux rentrant dans la fabrication du clinker (calcaire, marnes etc...).
- Les couches de quartzite vers l'Est peuvent constituer un facteur limitant à cause de leur dureté élevée.
- La maîtrise de la géologie de la carrière est une réalité incontournable, sur laquelle repose l'avenir de l'usine.
 - La gestion de la carrière repose sur les observations de terrain, les analyses de laboratoire, le bon sens et beaucoup de savoir-faire qui s'acquiert avec l'expérience.

The page features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a darker blue center and a lighter blue outer ring. These circles are arranged in a diagonal line from the top right to the bottom right. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, one passing through the top circle and the other through the middle circle.

BIBLIOGRAPHIE

Tahiri.1982 :

Lithostratigraphie, structure de métamorphisme de la partie sud des jbillets occidentales autochtone et allochtone contribution a la connaissance de la chaîne hercynienne en meseta marocaine .Thèse 3eme cycle Université de rabat , p.171.

Tahiri.A, El Hassani 1983 :

Lithostratigraphie et structure du Jbel Ardouz Maroc hercynien , bulletin de l'institut scientifique ,Rabat n°7 ,p-16.

Benia,M 2004 :

Influence de la surface spécifique des ciments aux ajouts minéraux sur le comportement mécanique du mortier et du béton a base de matériaux locaux, mémoire d'obtention du diplôme de magister, université de Mohammed Boudiaf de M'sila p-101.

Benaziz Fatim Zahra et Essimmou Assya 2012 :

Etude géologique de la zone 5 : cartographie et calcul des réserves quartzitiques.

Benkbir Jalila et Taki Med Yassir 2010 :

Etude de la zone 5 du gisement de M'zoudia : cartographie, calcul des réserves et plan d'exploitation.

Rabie Rajaa 2014 :

Etude geologique de la zone 2 et 3 de la carriere M'zoudia :

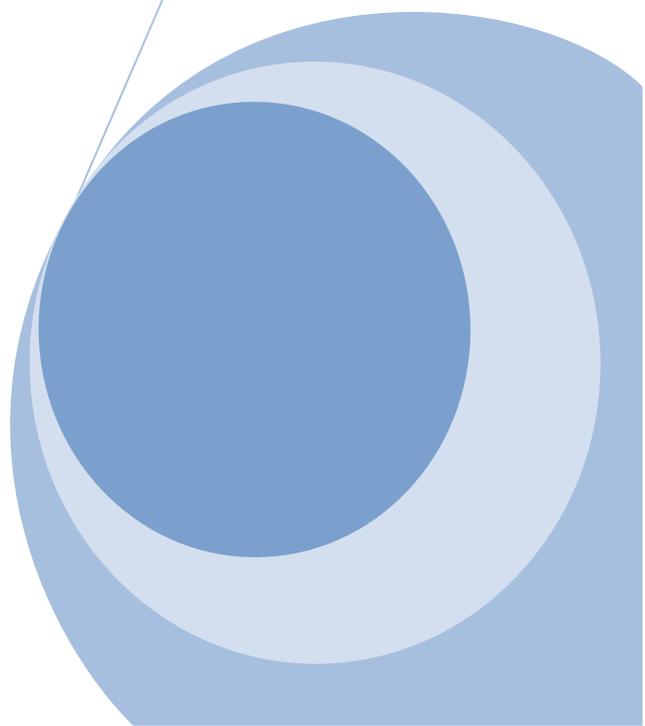
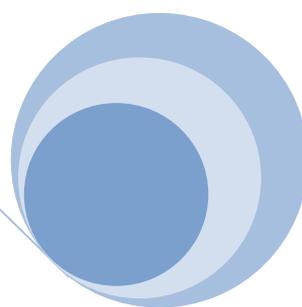
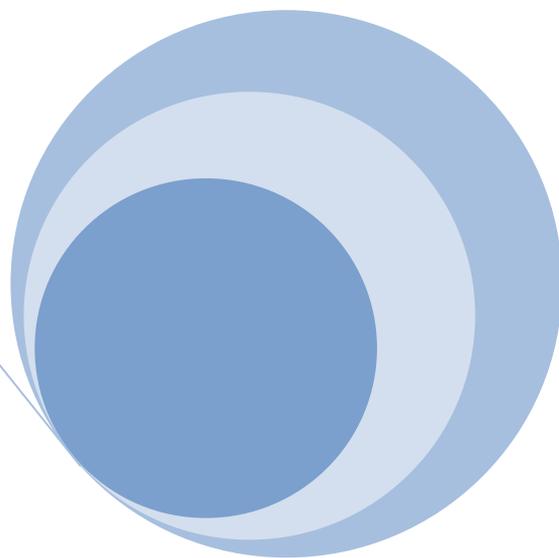
Cartographie et interprétation des courts sondages juin 2013 (18m)

❖ <http://www.cimentsdumaroc.com/FR/Nos+usines+et+centres/Marrakech.htm>

❖ http://fr.wikipedia.org/wiki/Ciments_du_Maroc

- ❖ <https://www.google.com/maps/M'zoudia>
- ❖ https://www.google.co.ma/?gws_rd=ssl#q=carte+maroc
- ❖ <https://www.google.co.ma/search?hl=ar&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1280&bih=709&q=carte+du+maroc&oq=carte+du+maroc>
- ❖ <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89chantillonnage>
- ❖ http://www.memoireonline.com/02/13/7021/m_Etude-physicochimique-du-ciment1.html
- ❖ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ciment>

ANNEXES



	échantillon	Profondeur en m	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	
Gradins 1 et 2	1	0-2	2,48	0,54	0,42	50,2	3,16	0,11	
	2	2-5	1,31	0,34	0,76	53,91	0,75	0,03	
	3	5-8	1,01	0,33	0,35	54,11	1,05	0,02	
	4	8-11,0	1,10	0,4	0,42	50,93	3,60	0,05	
	5	11,0- 13	1,62	0,44	0,37	51,81	1,90	0,06	
	6	13 -17	VIDE						
	7	17 -20	2,03	0,41	0,35	52,09	1,75	0,06	
	8	20 -23	1,21	0,3	0,15	54,16	0,59	0,02	
Gradin 3	9	23 -26	29,85	0,21	3,79	31,05	1,45	1,52	
	10	26 -27	46,58	14,01	6,84	12,20	1,24	2,96	
	11	27 -29,3	39,80	10,01	6,94	20,07	1,36	2,26	
	12	29,3- 32	1,40	0,44	0,44	49,08	4,5	0,05	
	13	32 -35	0,81	0,35	0,36	52,75	1,67	0,04	
	14	35 -38	1,25	0,4	0,18	54,08	0,64	0,04	

Sondage effectuée par la Cimenterie de Marrakech CTG 5

	Echantillon	Profondeur en m	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O
Gradins 1 et 2	1	0-2	2,89	0,95	0,43	51,39	0,78	0,17
	2	2-4	1,68	0,61	0,37	52,67	0,91	0,08
	3	4-7	1,52	0,64	0,06	53,62	0,57	0,08
	4	7-9	1,75	0,99	1,06	52,53	0,56	0,17
	5	9-12	0,67	0,37	0,1	53,89	1,09	0,02
	6	12-13	0,75	0,36	0,16	54,02	1,13	0,02
	7	13- 15	3,63	1,9	1,07	47,38	1,97	0,4
	8	15- 18	4,32	1,53	0,77	46,44	1,75	0,3
	9	18 -21	4,42	1,69	1,11	48,32	1,04	0,31
	10	21 -24	1,04	0,44	0,16	50,88	0,94	0,05
Gradin 3	11	24 -27	1,47	0,47	0,26	52,43	0,54	0,05
	12	27 -28	2,31	0,72	0,43	51,35	0,46	0,11
	13	28 -31	1,85	0,62	0,4	53,62	0,62	0,08
	14	31 -33	5,73	1,53	3,30	46,06	2,10	0,31
	15	33 -36	3,51	1,19	1,42	48,31	2,24	0,24
	16	36 -39	14,36	4,58	1,47	38,16	2,82	0,91

Sondage effectuée par la Cimenterie de Marrakech CTG7

	Echantillon	Profondeur en m	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O	
Gradins 1 et 2	1	0-2	5,48	0,84	0,43	48,75	0,91	0,09	
	2	2-4	2,52	0,57	0,29	51,06	1,32	0,05	
	3	4-7	0,64	0,35	0,19	53,30	1,86	0,03	
	4	7- 10	1,08	0,4	0,25	53,01	0,88	0,07	
	5	10- 13	1,80	0,61	0,47	52,92	0,88	0,06	
	6	13 -16	0,79	0,31	0,38	52,47	2,24	0,02	
	7	16- 19	3,37	0,7	0,38	50,86	1,25	0,14	
	8	19 -22	1,64	0,41	0,21	53,77	0,58	0,04	
	9	22 -25	1,21	0,4	0,22	53,87	0,81	0,03	
	10	25 -26,4	0,56	0,22	0,09	53,81	1,62	0	
	11	26,4 -29,4	VIDE						
Gradin 3	12	29,4 -30,4	8,87	2,14	1,16	44,84	0,93	0,32	
	13	30,4 -31,4	12,93	3,14	1,95	40,01	0,92	0,39	
	14	31,4- 33,4	45,02	10,34	7,62	15,23	1,48	1,50	
	15	33,4- 34	2,56	0,9	1,6	43,83	7,36	0,11	
	16	34 -37	1,01	0,38	2,20	38,06	14,25	0,05	
	17	37- 40	2,58	1,08	3,14	37,70	12,26	0,23	
	18	40- 43	2,33	1,21	2,30	42,05	8,63	0,33	

Sondage effectuée par la Cimenterie de Marrakech CTG 8

	Echantillon	Profondeur	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O
Gradins 1 et 2	1	0-2	4,82	0,8	0,42	49,61	1,29	0,14
	2	2-4,5	1,42	0,6	0,71	53,69	0,57	0,06
	3	4,5-7,5	1,17	0,7	0,32	54	0,83	0,07
	4	7,50-8	3,99	0,49	0,11	51,66	0,55	0,03
	5	8-11	0,4	0,37	0,07	55,87	0,45	0,01
	6	11-14	0,24	0,27	0,04	55,47	0,73	0,01
	7	14-17	0,39	0,25	0,05	55,88	0,48	0
	8	17-20	0,20	0,23	0,17	53,27	2,15	0,01
	9	20-23	0,84	0,63	0,59	52,37	2,04	0,11
	10	23-24,4	0,85	0,63	0,6	52,40	2,04	0,11
	11	24,4-26	2,95	1,28	0,9	47,80	3,57	0,28
	12	26-29	3,41	1,55	0,95	48,71	1,98	0,3
Gradin 3	13	29-32	0,31	0,3	0,19	55,29	0,58	0,01
	14	32-35	2,46	1,43	0,67	50,36	1,52	0,28
	15	35-38	4,8	1,61	0,64	48,33	1,6	0,34
	16	38-41	1,63	0,94	0,53	51,39	1,87	0,15
	17	41-44	0,91	0,5	0,47	52,30	1,57	0,06

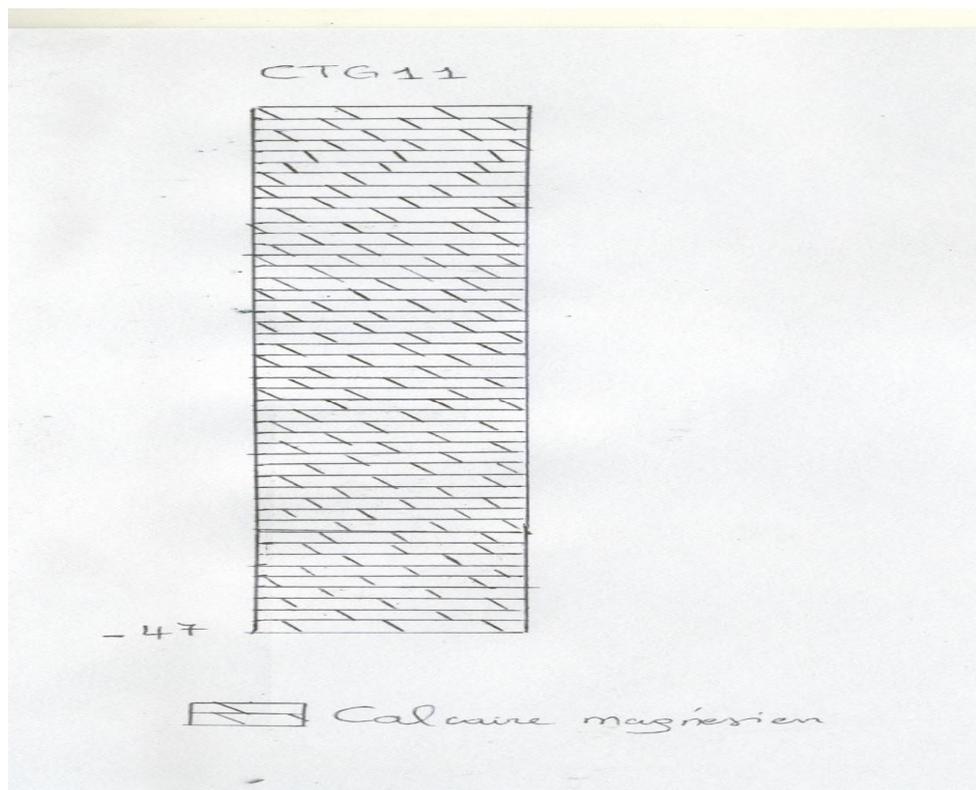
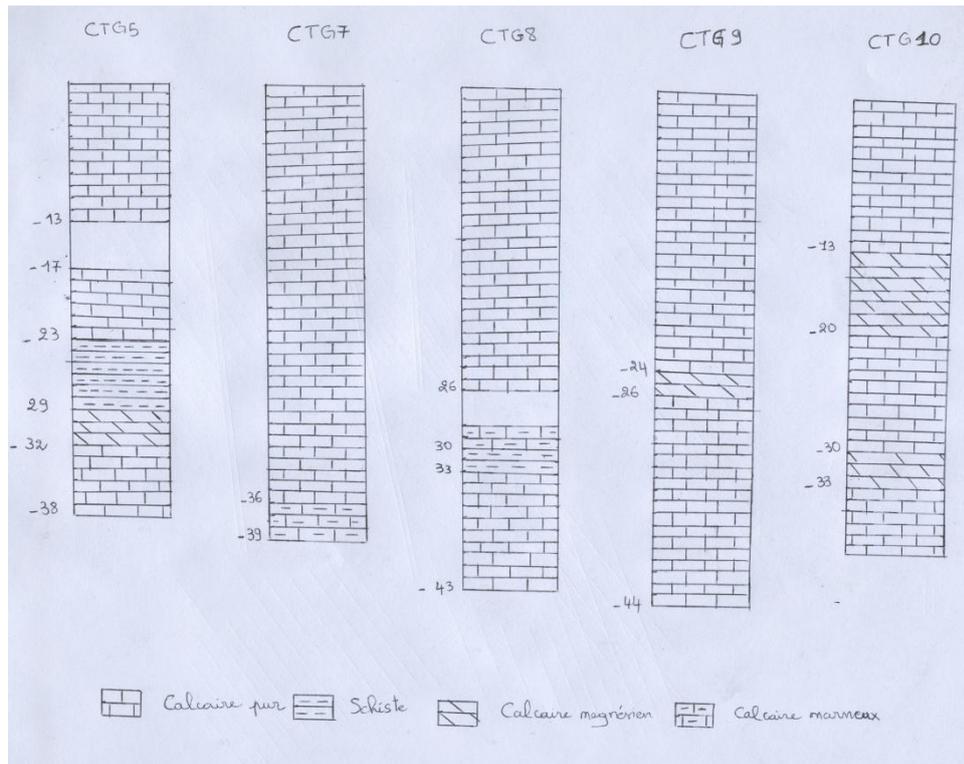
Sondage effectuée par la Cimenterie de Marrakech CTG 9

	Echantillon	Profondeur en m	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O
Gradins 1 et 2	1	0-0,6	2,34	0,91	0,42	52,33	0,52	0,14
	2	0,6-1,60	2,34	1,27	0,61	52,85	0,4	0,21
	3	1,60-3,60	1,01	0,57	0,19	55,11	0,36	0,09
	4	3,60-5,10	0,34	0,31	0,09	55,10	0,37	0,02
	5	5,10-7,60	0,48	0,44	0,13	55,23	0,35	0,03
	6	7,60-8	0,14	0,19	0	55,35	0,38	0
	7	8-11	0,20	0,22	0,01	55,44	0,37	0,01
	8	11-13	0,46	0,36	0,06	55,24	0,4	0,02
	9	13-14,35	4,89	1,81	1,54	37,66	10,34	0,42
	10	14,35- 14,85	0,46	0,25	0,8	37,91	15,67	0,01
	11	14,85-17,45	0,47	0,25	0,49	41,74	12,17	0,01
	12	17,45-20,45	0,71	0,4	1,32	41,58	11,36	0,05
	13	20,45-21,8	1,37	0,61	1,45	52,05	0,95	0,1
	14	21,8-23,8	0,79	0,49	1,4	51,04	0,96	0,05
	15	23,8-25	0,63	0,44	0,71	52,22	0,66	0,03
	16	25-27	3,72	1,74	2,90	46,16	0,86	0,32
Gradin 3	17	27-30	3,65	1,63	0,65	47,76	1	0,25
	18	30-33	6,45	2,65	1,89	40,16	2,54	0,48
	19	33-33,5	0,55	0,4	0,4	53,35	0,41	0,08
	20	33,5-34,5	2,01	1,03	0,69	53,86	0,4	0,19
	21	34,5-35,25	7,18	3,33	2,91	45,38	0,48	0,6
	22	35,25-36	3,45	1,77	1,02	51,51	0,49	0,29
	23	36-39	0,88	0,43	0,29	54,94	0,42	0,07
	24	39-39,9	1,12	0,76	0,52	54,44	0,41	0,16
	25	39-42	5,52	2,25	1,27	48,59	0,48	0,43

Sondage effectuée par la Cimenterie de Marrakech CTG10

	Echantillon	Profondeur en m	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
Gradins 1 et 2	1	0 -1,5	1,92	0,95	3,29	36,02	14,59	0,23
	2	1,5- 4,5	3,02	1,50	4,69	37,07	10,94	0,29
	3	4,5 -6,4	1,61	0,99	6,67	42,08	6,09	0,17
	4	6,4 -9	1,18	0,72	6,84	34	14,96	0,17
	5	9- 10,5	1,42	0,83	7,90	35,46	12,68	0,19
	6	10,5 - 13,5	2,72	1,56	6,99	36,66	10,47	0,38
	7	13,5 - 14,7	0,66	0,47	5,83	34,63	15,70	0,07
	8	14,7 -17	0,70	0,43	4,16	35,10	16,46	0,08
	9	17 -20	0,52	0,4	4,92	39,37	11,43	0,06
	10	20 -23	1,23	0,83	5,29	35,78	14,51	0,18
	11	23 -26	2,38	1,53	5,01	33,66	12,93	0,37
	12	26 -29	1,97	1,49	2,15	36,55	12,81	0,22
	13	29 -32	1,48	0,78	2,86	36,44	14,67	0,17
Gradin 3	14	32 -35	1,19	0,77	3,53	38,21	12,46	0,23
	15	35 -38	1,53	0,80	5,38	33,64	15,73	0,19
	16	38 -41	0,93	0,55	4,67	34,61	15,80	0,12
	17	41 -44	1,42	0,71	4,12	35,09	15,44	0,16
	18	44 -47	1,93	0,83	2,12	35,59	15,92	0,15

Sondage effectuée par la Cimenterie de Marrakech CTG11



Log stratigraphique des sondages effectués par la Cimenterie

Zone V

M'ZOULDIA. SONDAGE n°16

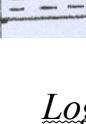
ECHELLE. 1 / 400

PROFONDEUR en m	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
	Calcaire gris compact finement cristallisé veiné de calcite blanche
22,50	
	Aspect marneux rougeâtre "mauvaise récupération"
28,65	
	Aspect tendre rose, veiné orange, aspect également gréseux, magnésie ?
44,70	
	légèrement schisteux vers la fin
49,34	
51,90	Noir (calcaire marne-schisteux, peu feuilleté, transition schisteux)
	Schistes noirs (mauvaise récupération)
56,25	

Log stratigraphique du sondage N°16

SONDAGE Z 5/9/2000

ECHELLE : 1/200^e

PROFONDEUR (en m)	FIGURES	DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE
0		
2,20		Calcaire d'encroûtement à éléments de Calcaire gris clair dans une matrice marneuse compacte beige claire et consolidée.
5,00		Roche dure et compacte de couleur brune-rougeâtre (Quartzite).
7,70		Quartzite rougeâtre consolidé (très dure), ferrugineuse.
10,70		Quartzite rougeâtre avec quelques traces de fossiles de végétaux. Récupération en destructif.
13,70		d° même description.
16,70		- d° -
19,70		- d° -
21,00		Quartzite brune à jaunâtres pourpre.
23,00		Quartzite rougeâtre consolidé.
24,30		Quartzite rougeâtre fracturé.

Log stratigraphique du sondage N°9

SONDAGE Z 5/10/2000

ECHELLE: 1/200^e

PROFONDEUR en m	FIGURES	DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE
0 1,00		Brèche à éléments fins de Calcaire rondes, et aussi du quartz.
4,00		Schistes Compacts avec des passages beiges-rougeâtres probablement du Calcaire dolomitique, veiné de Calcite.
7,00		Schistes beiges avec quelques passages du Calcaire dolomitique, contenant des Cristaux de Dolomite mielleuse.
10,00		- d° même description.
13,00		Schiste rougeâtre avec quelques veinules de Calcite blanche.
15,70		Schistes un peu tendres, rougeâtres, veinés de Calcite.
17,80		Rien - pas de récupération.
20,00		Calcaire dolomitique plutôt rougeâtre avec quelques passées de Calcaire gris clair.
22,30		Rien - pas de récupération.
25,30		Prédominance d'aspect dolomitique. Carapelles rougeâtres avec quelques passées de Calcaire grisâtre bien cristallisé.
28,30		Calcaire dolomitique avec d'avantage de Cristaux bien visibles de Dolomite brunâtre clair.
31,30		Calcaire dolomitique à Cristaux rose à rougeâtre brillants.
32,50		Calcaire dolomitique avec passages Caverneux rouges.
35,50		Calcaire gris clair fracturé, bien cristallisé, veiné de Calcite blanche et avec des traces de fossiles.
38,50		d° - d'avantage de débris de Lamellibranches et peut être d'Echinodermes.
41,50		Calcaire gris-clair, avec quelques passées de Calcaire dolomitique.
44,50		d° - même description.
47,50		Calcaire grisâtre, veiné de Calcite blanche et bien cristallisé.
50,50		Calcaire blanc, ce faciès karstifié montre plus de Calcite blanche bien cristallisée qui remplit les karsts.

Log stratigraphique du sondage N°10

SONDAGE Z 5/10/2000

EHELLE: 1/200^e

PROFONDEUR en m.	FIGURÉS	DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE
53,50		Calcaire blanchâtre bien cristallisé.
55,00		d° - même description.
58,00		Calcaire dolomitique beige bien cristallisé avec des cristaux de calcite et dolomite.
61,00		Calcaire dolomitique grisâtre à cristaux roses de dolomite bien cristallisés (sous forme de grains fins).
64,00		Calcaire d'aspect dolomitique grisâtre veiné de calcite et de dolomite jaunâtre.
67,00		Calcaire gris foncé finement cristallisé, veiné de calcite blanche (fentes de tension), d'aspect magnésien.
70,00		Calcaire gris-clair bien cristallisé veiné de calcite blanche.
73,00		d° - même description.
76,00		d° -
79,00		d° -
82,00		d° -
85,00		d° -
88,00		d° -
91,00		d° -
94,00		Calcaire gris foncé, veiné de calcite blanche.
97,00		d° - même description.
100,00		d° - même description.

Log stratigraphique du sondage N°10 (Suite)

SONDAGE Z 5/10/2000

EHELLE : 1/200

PROFONDEUR en m.	FIGURÉS	DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE
103,00	[]	Calcaire gris clair bien cristallisé, veiné de Calcite blanche.
106,00	[]	d° - même description.
108,00	[]	d° - même description.
109,10	[]	Calcaire grisâtre bien cristallisé, avec moins de veinules de Calcite.
109,90	[]	Rien - Pas de récupération.
112,00	[]	Calcaire gris clair bien cristallisé, veiné de Calcite.
113,00	[]	Rien (Vide) - Pas de Récupération.
116,00	[]	Calcaire grisâtre, avec quelques parcelles de Calcaire globulitique.
119,00	[]	Calcaire gris clair, avec des veinules de Calcite blanche.
120,80	[]	Calcaire gris clair, veiné de Calcite blanche.
122,80	[]	Calcaire gris foncé, d'aspect schisteux.
123,40	[]	Schistes noirs peu tendres.

Log stratigraphique du sondage N°10(Suite2)

M'ZOULDIA. SONDAGE n°22

ECHELLE 1/200

PROFONDEUR en m	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
2	Facies ocres saccharoïde dolomitique
3,5	Calcaire gris clair bien cristallisé
6,7	- d° - avec une transition vers un facies dolomitique
10,60	ocres saccharoïde
12,30	- d° - mais avec cargneules
16,60	Calcaire gris clair, veines de blanc, nombreux passages ocres
19,60	 Facies ocres saccharoïde dolomitique
21,95	Calcaire gris, passages ocres
23,80	- d° - légèrement plus ocres
30,75	Passage calcaire noir - lie de vin - peut-être dolomitique
32,30	Aspect lie de vin bien stratifié
	Schistes noirs, mal récupérés très stratifiés.

Log stratigraphique du sondage N°22