



## Sommaire

Introduction.....	5
<i>Chapitre 1 : Présentation de la Farge de Meknès.....</i>	<i>6</i>
1. Présentation de la société .....	6
a. Historique : .....	6
b. Implantation de LAFARGE Maroc : .....	7
c. Fiche Signalétique.....	8
d. Produits fabriqués : .....	9
e. Organigramme de LAFARGE Meknès : .....	10
2. Présentation des services de LAFARGE de Meknès: .....	11
a. LAFARGE Meknès : .....	11
b. Situation géographique : .....	11
c. Service carrière:.....	12
<i>Chapitre 2 : La fabrication du ciment .....</i>	<i>13</i>
1. Généralités sur le ciment .....	13
a. Le ciment : .....	13
b. Composition du ciment : .....	13
c. Qualité du ciment : .....	14
d. Procédé de fabrication : .....	15
e. Carrière : .....	15
f. Concassage : .....	16
g. Pré-homogénéisation : .....	17
h. Broyage Cru : .....	17
i. L'homogénéisation : .....	18
j. Cuisson : .....	19
k. Broyage : .....	19
l. Ensachage et expédition : .....	20
<i>Chapitre 3 : Optimisation des réserves de la carrière de Meknès zone 4. ....</i>	<i>21</i>
1. Situation régionale .....	21
a. Localisation de la carrière.....	21
b. Morphologie : .....	22



c. Climat/Végétation : .....	22
2. Cadre géologique.....	23
a. Stratigraphie : .....	23
b. Structure et Genèse .....	24
3. La réalisation des coupes .....	28
a. Principe : .....	28
b. Mode opératoire : .....	28
c. Exemple de calcul : .....	30
4. Le calcul du tonnage : .....	34
a. Application numérique : .....	34
Conclusion : .....	35
Liste des figures : .....	36
Liste des Tableaux : .....	37
Bibliographie : .....	38
RÉFÉRENCES WÉBOGRAPHIQUES : .....	38



## Introduction

Ce projet de fin d'étude porte sur l'Optimisation des réserves planchers de la carrière de Meknès zone 4, l'étude se focalise en principe sur la détermination des couches lithologiques les plus productives de CaO pour définir un plan d'exploitation pour les zones les plus riches en CaO, sachant que cette dernière (la chaux) est le constituant de base de ciment en admettant que la variation de la qualité du ciment .

Durant notre stage on a réalisé des coupes géologiques (Nord-Sud), (Est-ouest) à base des altitudes et de la géochimie des sondages effectués pour déterminer précisément la zone la plus riche en CaO , et qui va être favorable pour l'exploitation .



## **Chapitre 1 : Présentation de la Farge de Meknès**

### **1. Présentation de la société**

#### **a. Historique :**

C est à partir de 1912 que le ciment commence à s'utilisé au Maroc, d'abord pour certain réparation, puis pour les constructions principalement à CASABLANCA ,La construction du port de CASABLANCA nécessita des quantités importantes de ciments, qui étaient à l'époque importé. C'est alors fut décidée en 1913, l'implantation de la première cimenterie à Casablanca avec une capacité de production annuelle de 10000 tonnes .

L'accroissement des besoins nationaux en ciment a engendré l'extension de l'usine de Casablanca et la création de nouvelles unités. La cimenterie de Casablanca a renforcé son potentiel de production pour atteindre les 19000 tonnes en 1949 :

Création d'une nouvelle usine à Agadir en 1952 avec une capacité de production de 60 000 t/an.

Démarrage de la cimenterie de Meknès 1953 avec un nominal de production de 150 000 T/an,

Dans le Nord du pays, deux unités ont vu le jours à Tanger en 1953 avec un nominal de production de 60 000 T/an, à Tétouane en 1954 avec un nominal de production de 86 000 T/an.

Suite à la reprise affichée par la demande de ciment particulièrement depuis l'année 1988, le potentiel cimentier national est entrain d'être renforcé par des extensions d'unités existantes et de création d'autres nouvelles, on remarque ainsi l'extension de la capacité de production pour la CADEM à 1 300



000 tonnes/an, par l'adjonction d'une nouvelle ligne qui a démarré en avril 1993.

Depuis 1997, la CADEM est devenue LAFARGE CEMENTS et faisait partie du groupe international LAFARGE, LAFARGE CIMENT Usine de Meknès a réalisé le montage d'un nouveau filtre à manches, pour l'aval du four, alors que pour l'amont du four, pour protéger l'environnement.

Aujourd'hui LAFARGE MAROC occupe la place de leader sur le marché et notons que l'activité essentiel de LAFARGE est issue de la production de ciments (85% des ventes de l'entreprise),

### **b. Implantation de LAFARGE Maroc :**

1930 : Lafarge s'implante au Maroc avec ouverture de la 1ère cimenterie du pays à Casablanca.

1953 : Création d'une 2ème cimenterie à Meknès.

1992-1994 : Déploiement de l'activité :

- 2 cimenteries dans le nord (Tétouane et Tanger),
- 1 usine de plâtre à Safi.
- 9 centrales à béton.

1995 : Signature d'une convention de partenariat avec SNI/ONA.

1997 : Construction d'une nouvelle ligne de production de ciment à Bouskoura

1998 : Acquisition de Gravel Maroc.

2003 : Un nouvel atelier de dalles de plâtre au Maroc.

2004 : Début de Construction d'une nouvelle ligne de production à Bouskoura (900 000 T).

2005 : Inauguration du parc éolien de la cimenterie de Tétouan.

2006 : Inauguration d'une nouvelle ligne de production de plâtre à l'usine de Safi.

2014 : Afin de garder sa position et d'améliorer son chiffre d'affaire, le groupe LAFARGE a été fusionné avec HOLCIM, Les deux leaders mondiaux visent de dominer le marché de ciment et béton grâce à la complémentarité qui existe entre eux.

LAFARGE occupe la première position avec des parts au marché de 40% et un chiffre d'affaire de 2,986 MDH avec un résultat net de 784millions DH.

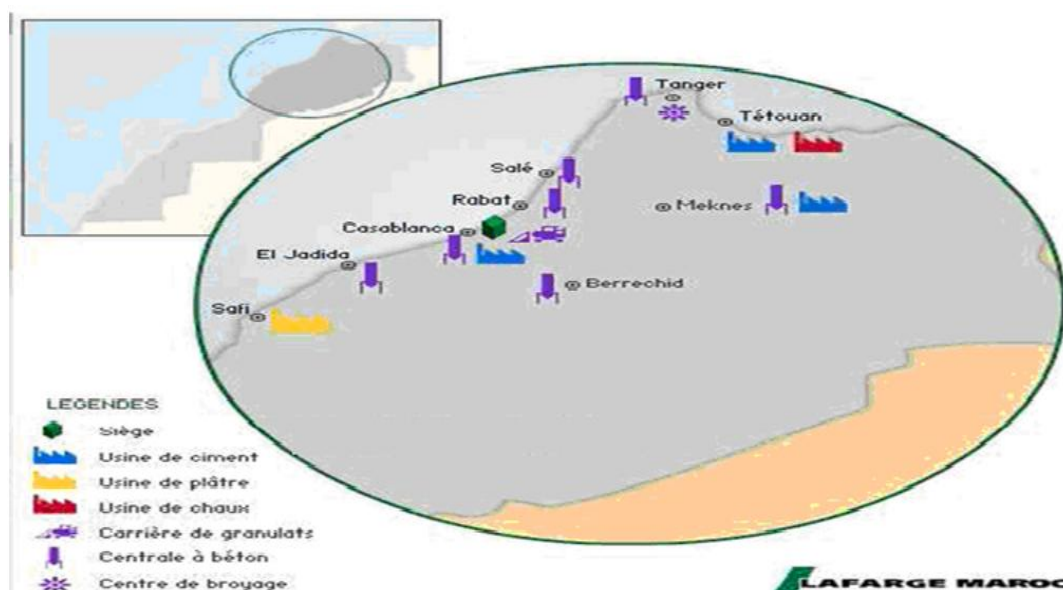


Figure 1 : plantation de Lafarge au Maroc (lafarge.ma)

### c. Fiche Signalétique

**Raison Sociale:** Usine Ciments de LAFARGE Meknès

**Forme Juridique:** Société anonyme

**Date de création:** Octobre 1953

**Adresse :** Km 8 Route de Fès, BP 33 Meknès

**Téléphone :** 035-52-26-44/45/46

**CNSS:** 1098343

**N° Patente:** 17045015

**Effectif du personnel :** 340

**Directeur:** Mr Lakbir Taya

**Capital :** 476 430 500 DH

Figure 2: La fiche signalétique (lafarge.ma)

#### d. Produits fabriqués :

L'usine de Meknès est spécialisée dans la fabrication de trois types de ciment le CPJ45, CPJ35 et CPJ55, le tableau 1 présente les trois types du ciment :

Tableau 1 : Les types du ciment

Produits	Description
<b>CPJ 35</b>	Ciment Portland composé dont les principaux constituants sont le clinker 58% le calcaire 35,60%, il est utilisable dans le domaine routier pour la stabilisation des sols et des couches de chaussées,
<b>CPJ 45</b>	Ciment Portland composé dont les constituants principaux sont le clinker 66,34%, calcaire 24%, caractérisée par une résistance de 45MPa ce qui confère l'aptitude à être utilisé pour les bétons armés fortement sollicités,
<b>CPJ 55</b>	Ciment Portland artificiel composé de clinker 94,34% et de gypse 5,64%, La résistance élevée de CPA 55 confère l'aptitude à être utilisé pour des applications spécifiques telles que les bétons armés fortement sollicités, les bétons précontraints et les bétons à haute performance,

**Clinker** : est un constituant du ciment artificiel qui résulte de la cuisson d'un mélange composé d'environ 80% de calcaire et de 20% de matériaux aluminosilicates (notamment les argiles qui apportent le silicium, l'aluminium et le fer).

**Cru** ou farine : est formée du mélange de poudre de calcaire et d'argile, Cette cuisson (clinkerisation) se fait à une température d'environ 1450°.

#### e. Organigramme de LAFARGE Meknès :

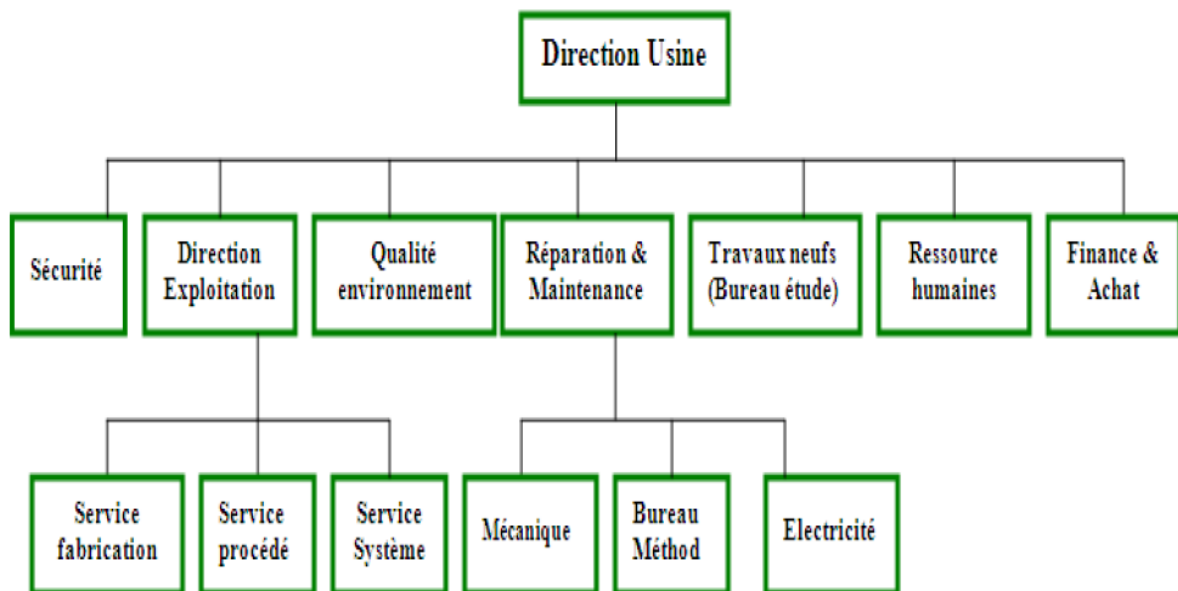


Figure 3 : Organigramme d'usine LAFARGE MEKNES (Rapport annuel LAFARGE Maroc)



## 2. Présentation des services de LAFARGE de Meknès:

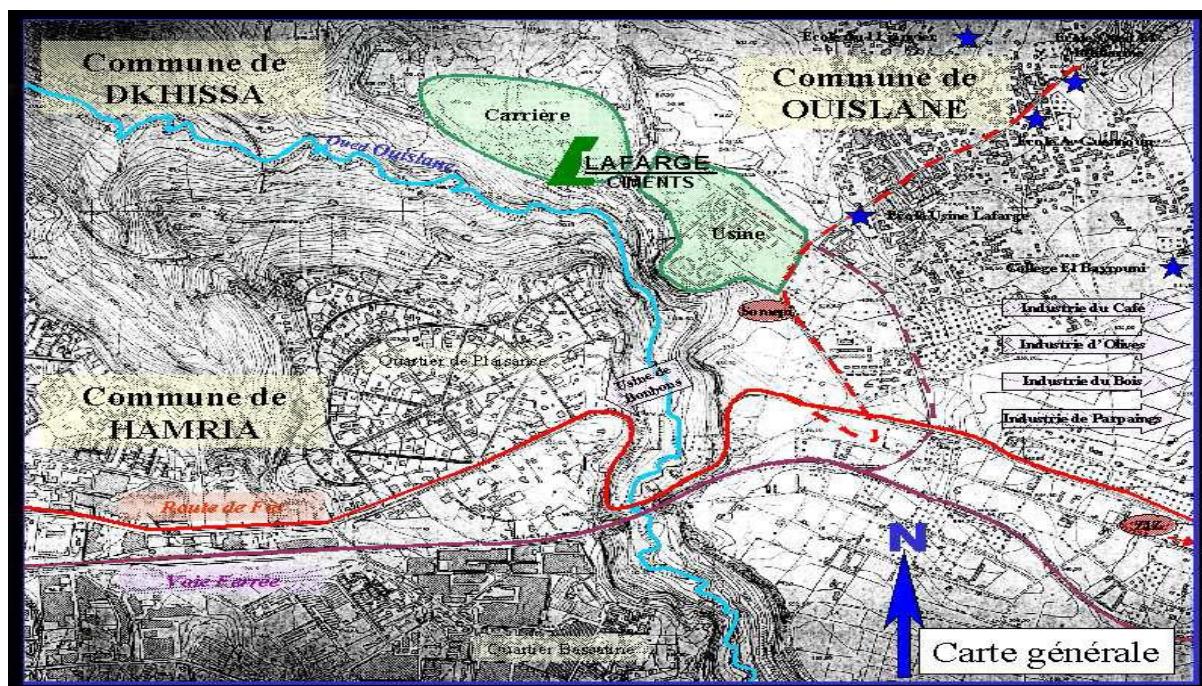
### a. LAFARGE Meknès :

Crée en 1950, la société des ciments artificiels de Meknès représente de nos jours l'une des composantes clés du secteur marocain, Depuis 1997, la CADEM est devenue LAFARGE Ciments et faisait partie du groupe international LAFARGE.

Au démarrage de l'usine, la production de clinker du seul four installé était de 300 tonnes par jour, soit moins de 100000 tonnes par an, Depuis, plusieurs améliorations techniques ont été réalisées pour augmenter le niveau et les performances de production.

*LAFARGE Meknès est aujourd'hui la troisième cimenterie en terme capacité et en terme consommation énergétique.*

### b. Situation géographique :



La cimenterie de Meknès se trouve au Nord-Est de la ville à proximité immédiate de Hay Soussi et non loin de la route principale Meknès-Fès.

Figure 4 : Situation géographique de La Farge Meknès(google)



En partant de l'extraction des matières premières jusqu'à l'obtention du ciment, ce processus de fabrication nécessite l'existence de plusieurs services s'occupant chacun d'une ou plusieurs tâches. le premier des service est :

### **c. Service carrière:**

Lafarge ciment Meknès exploite une carrière située de 5,6 km de l'usine qui fournit deux matières premières : le calcaire et les schistes, l'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif qui consiste à fragmenter le massif exploité, en précédant par le forage qui est la préparation des trous de mines destinée à recevoir l'explosif.

On procède par chargement de plusieurs trous à la fois selon le plan de tir de façon à provoquer l'arrachement d'un plan de roches et enfin, le sautage, c'est une opération qui consiste à faire exploser simultanément toutes les charges explosives, de façon à obtenir l'arrachement de la pierre.

Ce service est notamment accompagné d'autres services qui sont aussi important :

**Service fabrication**

**Service électrique et régulation**

**Service commercial**

**Service de sécurité**

**Service finance gestion**

**Service ressources humaines**

**Service d'achat**

**Service du contrôle qualité**

**Service bureau d'étude**

**Service procédé**



## Chapitre 2 : La fabrication du ciment

### 1. Généralités sur le ciment

#### a. Le ciment :

Le ciment est un lien hydraulique constitué d'une poudre minérale, d'aspect grisâtre, obtenue par broyage et cuisson jusqu'à 1450C° d'un mélange de calcaire et d'argile, Le produit de la cuisson appelé Clinker, forme une combinaison de chaux, de silice, d'alumine et d'oxyde ferrique (L,PLISKIN 1993).

#### b. Composition du ciment :

**Le calcaire** : Le calcaire est une roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), pouvant être accompagnée d'un peu de dolomite, d'aragonite (carbonate de calcium cristallisé), de sidérite (carbonate de fer naturel), Les calcaires sont de faible dureté et font effervescence, Les roches de calcaire ont une composition chimique et des propriétés particulières pouvant influencer leur érosion.

**Schiste** : Les schistes sont issus des sédiments (argiles, boues,,), et qui ont subi lors des différentes transformations géologiques, de fortes températures et de très grandes pressions, C'est une roche métamorphique.

**Bauxite** : La Bauxite est une roche sédimentaire principalement composée d'hydroxydes d'aluminium [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ], associée à des oxydes de fer et des impuretés (Silice, Calcite).

**Minerai de fer** : Le minerai de fer (Ferrite) est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

**Gypse** : C'est des sulfate de calcium hydraté ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ), sa dureté est faible, il est soluble dans l'eau.



Figure 5 : les ingrédients du ciment

### c. Qualité du ciment :

Un ciment avec une bonne qualité doit être compatible avec les normes internationales comme ce que représente le tableau suivant :

Tableau 2 : Pourcentage des principaux constituants du ciment (Rapport annuel LAFARGE Maroc).

Eléments chimiques	Noms communs	Pourcentage dans la Farine
Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ )	Chaux	77 à 83%
Oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ )	Silice	13 à 14%
Oxyde d'aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	Alumine	2 à 4%
Oxyde Ferrique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	Fer	1,5 à 3%



#### d. Procédé de fabrication :

Afin d'aboutir au produit final (le ciment), les matières premières subissent plusieurs opérations de transport, de cuisson et de transformation chimique.

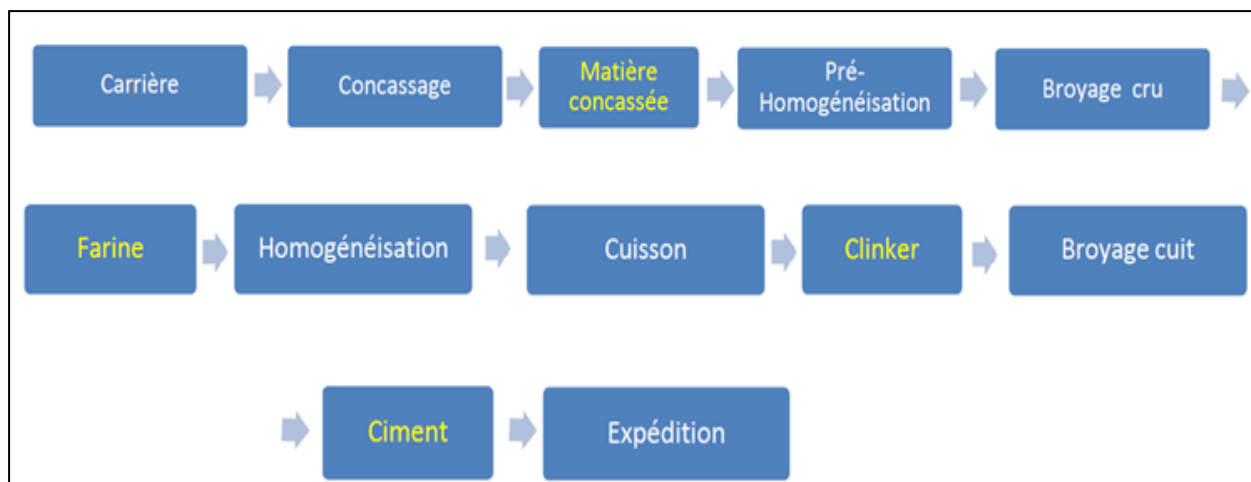


Figure 6 : Etapes de la production du ciment

#### e. Carrière :

L'usine dispose de deux carrières pour assurer son approvisionnement en Matières premières, L' une est située à 5Km de l' usine et couvre une surface de 150ha, la seconde est a 1Km de l' usine et couvre une superficie de 50 ha, Les carrières destinées a la production de la matière première du ciment fournissent deux éléments essentiels : le calcaire qui est très riche en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), et le schiste qui contient des teneurs importantes de silice ( $\text{SiO}_2$ ), d' alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) et d' oxyde du fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Ces matières premières sont extraites de la carrière par abattage.

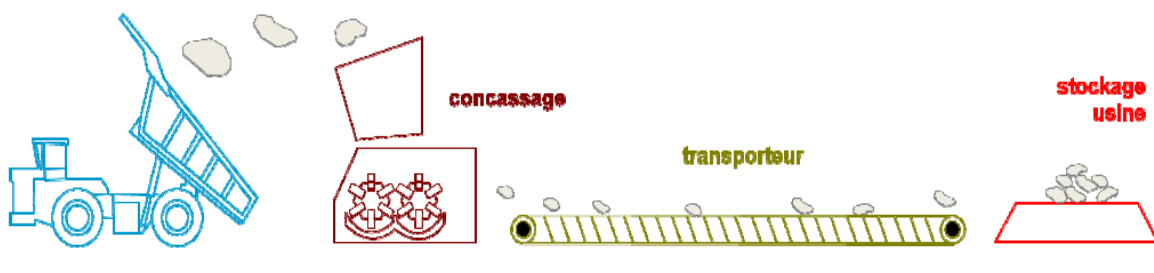


Figure 7 : Vue de la carrière

#### f. Concassage :

Les matières premières et les matières d'ajout sont concassées afin de réduire la dimension des blocs en fragments de faibles dimensions en vue d'optimiser et de faciliter leur stockage et leur manutention.

Les matières premières, après concassage, sont transportées à l'usine par un tapis roulant ou elles sont stockées et homogénéisées.



➤ Figure 8 : Etapes de concassage, transport et stockage (Compte rendu de la mission à la société de ciments Artificiels de Meknès CADEM –avril 1988)

### **g. Pré-homogénéisation :**

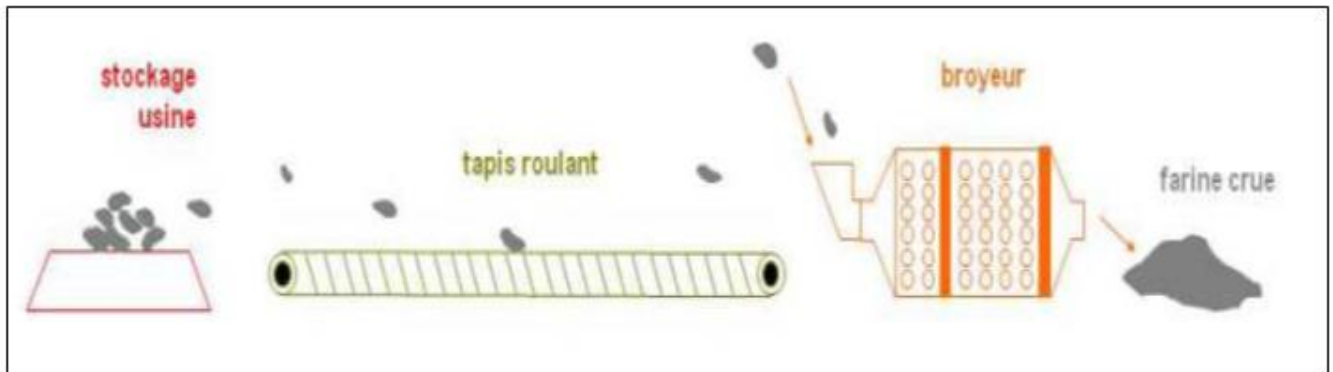
Cet atelier sert à stocker et à mélanger la matière issue de la carrière. La pré-homogénéisation est une constitution d'un stock intermédiaire entre le concassage et l'atelier du broyage, comme son nom l'indique on essaie d'homogénéiser le calcaire, la silice et l'alumine à l'avance avant son introduction au broyeur cru, afin d'obtenir un cru régulier.



*Figure 9 : hall de pré-homogénéisation*

### **h. Broyage Cru :**

Les matières premières doivent être finement broyées pour faciliter les réactions chimiques au cours de la cuisson dans le four.



➤ Figure 10 : Description du broyage du cru (Compte rendu de la mission à la société de ciments Artificiels de Meknès CADEM –avril 1988 .)

### i. L'homogénéisation :

L'opération d'homogénéisation complète le processus de pré homogénéisation préalable, elle permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques uniformes.



Figure 11 : Silo d'homogénéisation



#### j. Cuisson :

La farine crue est préchauffée puis passe au four : une flamme atteignant 2000°C porte la matière à 1500°C, avant qu'elle ne soit brutalement refroidie par soufflage d'air. Après cuisson de la farine, On obtient le clinker, matière de base nécessaire à la fabrication de tout ciment.

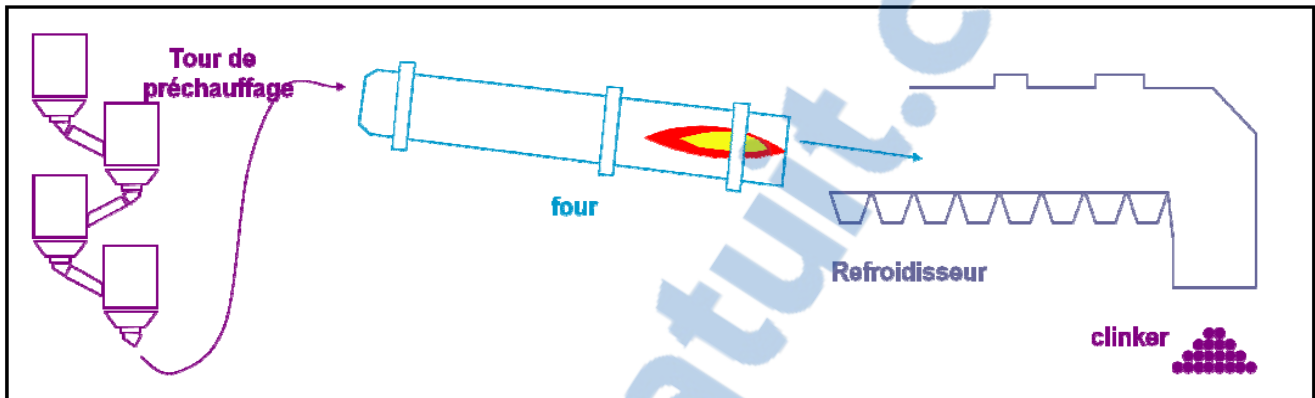


Figure 12 : Description de la ligne de cuisson (Compte rendu de la mission à la société de ciments Artificiels de Meknès CADEM –avril 1988.)

#### k. Broyage :

Après refroidissement, les granules de clinker sont ensuite broyés avec addition de gypse.



Figure 13 : Le broyeur



## **I. Ensachage et expédition :**

A la sortie du broyeur, le ciment est orienté vers les silos de stockage et de livraison.

LAFARGE dispose de 6 silos d'une capacité de stockage total de 18,000 tonnes de ciment.

La livraison du ciment s'effectue soit en sacs, soit en vrac ou par camions ou chemins de fer, Pour la mise en sac du ciment.



## **Chapitre 3 : Optimisation des réserves de la carrière de Meknès zone 4.**

### **1. Situation régionale**

#### **a. Localisation de la carrière**

LAFARGE a une carrière située à 5 km de l'usine et d'une superficie de 100 ha, possédant des réserves importantes des calcaires (environ 13,500,000 tonnes) et d'argiles.

Cette carrière est divisée en deux zones :

La première zone nommée Zone-4, à une profondeur d'exploitation de 4m environ.

La seconde zone nommée Zone-D, avec une profondeur d'exploitation de 8m maximum, cette zone est encore divisée en Zone-D-est et Zone-D-ouest, L'étude du terrain constitue notre premier intérêt dans la zone 4, La zone sur laquelle nous travaillons (zone 4) a été exploitée avec un pourcentage de 20% en 2015 par contre la zone D présente une exploitation de 80%, Les formations géologiques rencontrées dans ces deux zones de bas vers haut, sont les argiles, les marnes, les calcaires.





Figure 14: Localisation de la carrière Lafarge(Meknès) (Google earth, 2015)

## b. Morphologie :

Le terrain environnant l'usine est plutôt vallonné, L'altitude variant entre 300 et 500 mètres, Les sommets les plus élevés dépassent 900 mètres et sont situés dans le Jbel Kannoufa à 6 km au Nord-Est de la carrière, La valle d'Oued Ouislane sépare le site de la carrière de la ville de Meknès, L'Oued Jifer la borde à l'est et au Nord ,de nombreux tributaires de ces deux affluents entaillent le plateau calcaire, À signaler, la falaise Elkhaloua à l'extrémité NE de le Zone 4 et qui présente une paroi calcaire d'une vingtaine de mètres (Green Hand Sarl 2007)

## c. Climat/Végétation :

La région se caractérise par un climat tempéré chaud, avec des hivers relativement doux et des étés chauds, La température moyenne des mois d'hiver est de 10°C, celle des mois d'été est de 27°C, La région de Meknès est relativement bien arrosée avec des hauteurs de précipitation annuelles de 574 mm , Les précipitations les plus importantes ont lieu entre novembre et mars.



Les sols rouges « Hamri » qui recouvrent le calcaire se prêtent bien aux cultures céréalières (blé ...), à l'arboriculture (olivier, figuier ...) et à la culture des légumineux, (Green Hand Sarl 2007).

## 2. Cadre géologique

La carrière de l'usine LAFARGE de Meknès et ses gisements sont situés dans le bassin lacustre de Sais d'âge tertiaire (pliocène – 3 Ma environ), Ce bassin couvre toute la région de Fès à Meknès, Il est limité au Nord par les collines marquant l'extension des rides pré rifaines et au Sud par les roches liasiques du moyen atlas (Fouad AMRAOUI 2005).

### a. Stratigraphie :

La zone est formée par les calcaires est entaille dans la région immédiate du gisement par des vallées qui exposent les unités sous-jacentes, On trouve donc au niveau inférieur de l'exploitation les marnes bleues et vertes du Tortonien surmontées parfois par des dépôts sableux eux-mêmes recouverts par des roches carbonatées.

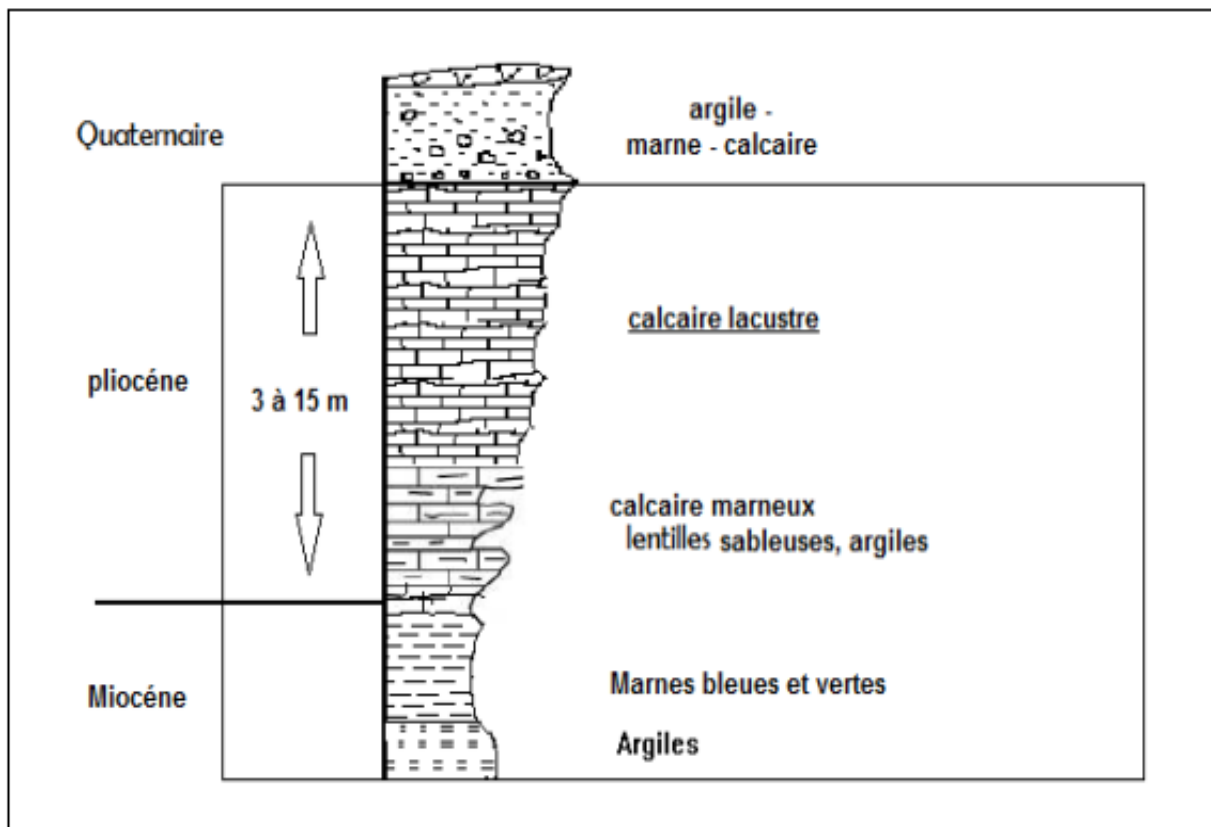


Figure 15 : Stratigraphie générale de la carrière (rapport de stage 2013)

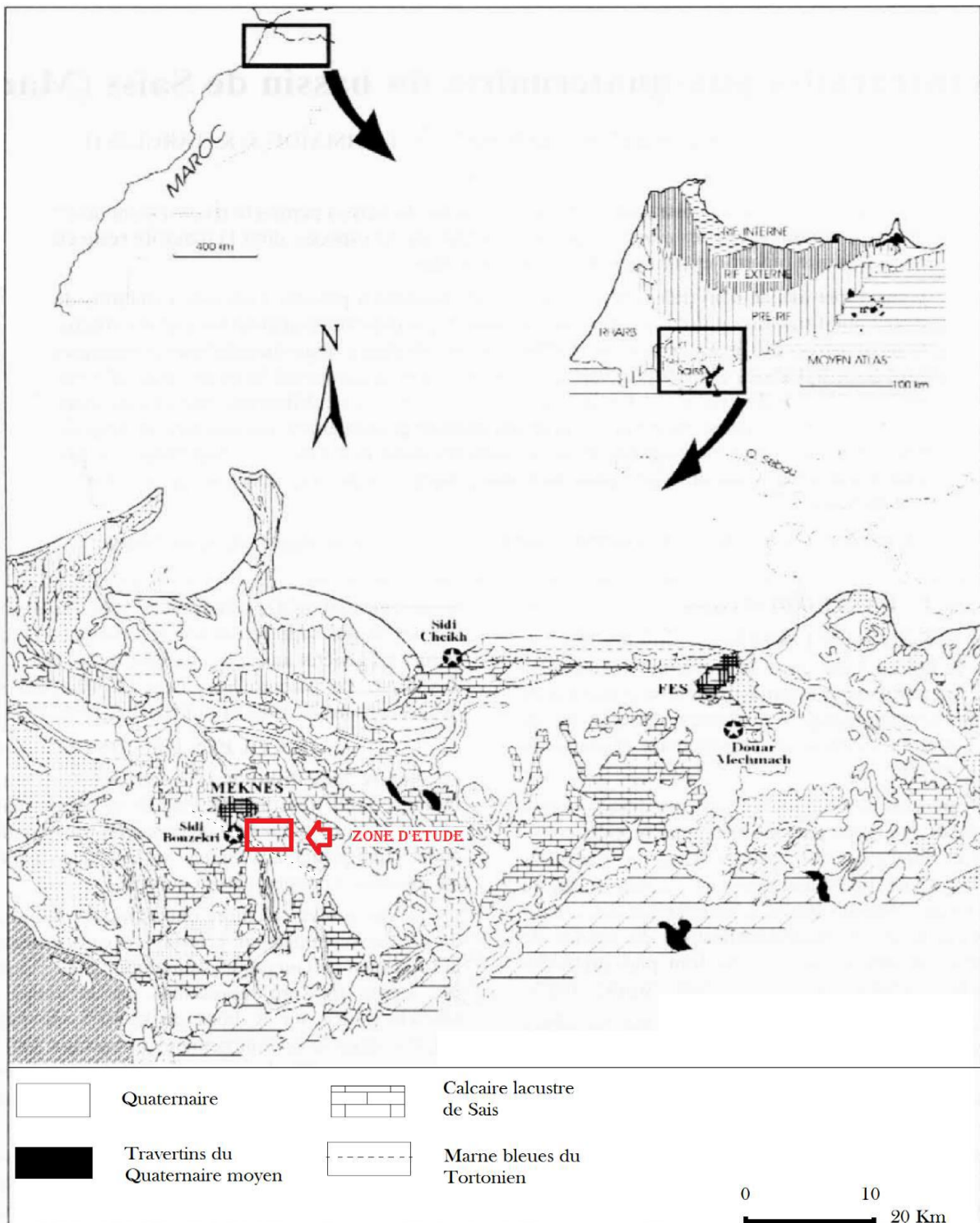
Ce schéma est général car l'épaisseur de ces unités est variable et les variations latérales des faciès sont fréquentes.

### b. Structure et Genèse

Les phases tectoniques de la fin de la formation de la chaîne pré rifaine ont influencé la formation du bassin lacustre, Elles ont ainsi provoqué le soulèvement et le plissement des calcaires dans la partie Nord, Sur le reste du bassin, On observe que de grandes ondulations à faibles amplitudes, La région de Meknès montre ainsi, de façon générale, un faible pendage de  $3^\circ$  vers le Nord.



-carte géologique régionale :



La carte représente le grand terrain d'où on extrait le calcaire qui est destiné à la fabrication du ciment.

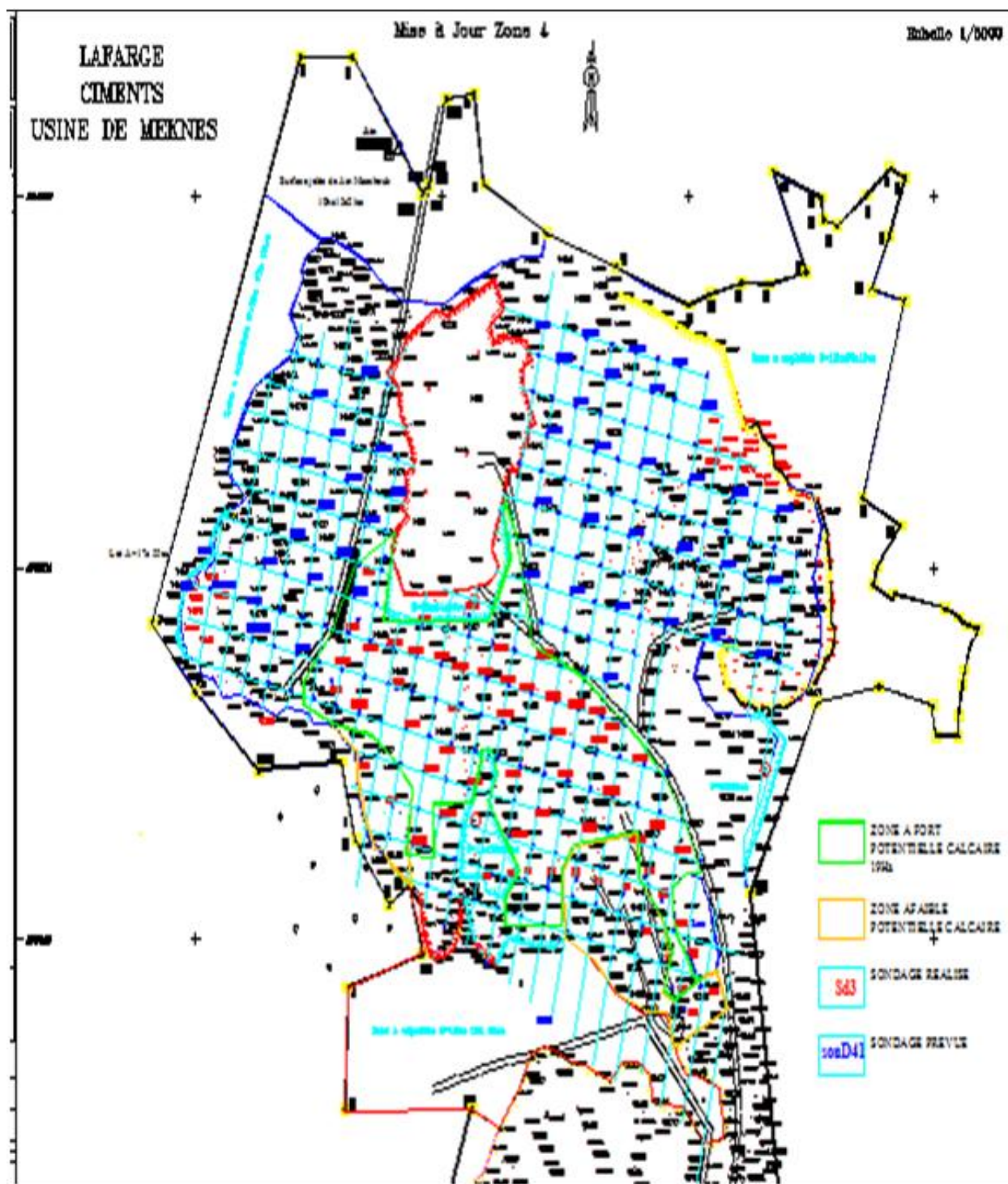


Figure 17 : Carte du front de la carrière zone 4 (bibliothèque de lafarge)



D'après la carte on remarque qu'il y a des coupes qu'on a pu réaliser à travers une orientation (NS) et (EW) et ces coupes montrent une variation très visible des épaisseurs des couches et parfois l'absence de certaines couches notamment celle du calcaires dur riche en CaO.

Les fronts de la carrière sont représentés comme ci de suite :



Figure 18 : Fronts de la carrière

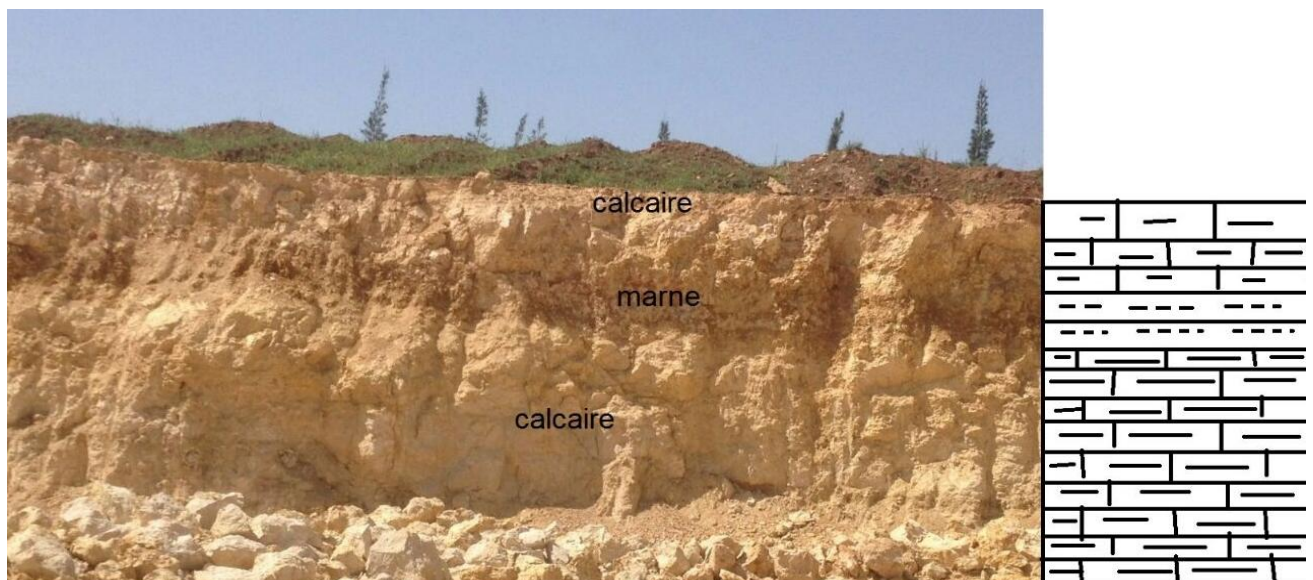


Figure 19 : Fronts de la carrière



### 3. La réalisation des coupes

#### a. Principe :

Le principe de cette réalisation est de savoir la zone la plus riche en calcaire et qui doit être plus rentable dans la fabrication du ciment.

#### b. Mode opératoire :

Les coupes sont faites à base des sondages réalisés et de l'altitude du terrain.

Les sondages réalisés ont subi une étude géochimique qui a pu montrer les compositions chimiques présentes sur le terrain étudié.

Les compositions principales qu'on a pu trouver à travers ces sondages sont :

- Le  $\text{CaO}$  : Oxyde de calcium (chaux).
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : Oxyde de fer.
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  : Oxyde d'alumine (Bauxite).
- $\text{SiO}_2$  : Dioxyde de silicium (silice).
- $\text{CaCO}_3$  : carbonate de calcium.

Ce qui nous intéresse le plus c'est la quantité de  $\text{CaO}$  présente dans notre sol alors qu'on peut déduire deux cas :

Soit le pourcentage de  $\text{CaO}$  est supérieur à 45%,  $\implies$  Une anomalie (valeur élevée).

Soit le pourcentage de  $\text{CaO}$  est inférieur à 45%,  $\implies$  Valeur normale,

La puissance de chaque sondage représente la profondeur sur laquelle il est prolongé.

Alors que la teneur en  $\text{CaO}$  représente la somme de toutes les valeurs divisée par la profondeur.



Tableau 4: le pourcentage du CaO .

Teneur (%)	Interprétation
Supérieur à 45%	Quantité du calcaire exploitable est élevée, (Anomalie positive).
Inférieur à 45%	Quantité du calcaire exploitable est faible.

Pour effectuer ces coupes géologiques on est passé par plusieurs étapes :

D'abord on a commencé par faire un profil topographique en fonction de l'altitude , et sur la carte on a des sondages qui sont déjà réalisés .

la coupe que nous avons dessiné afin d'avoir un profile est comme ci de suite :

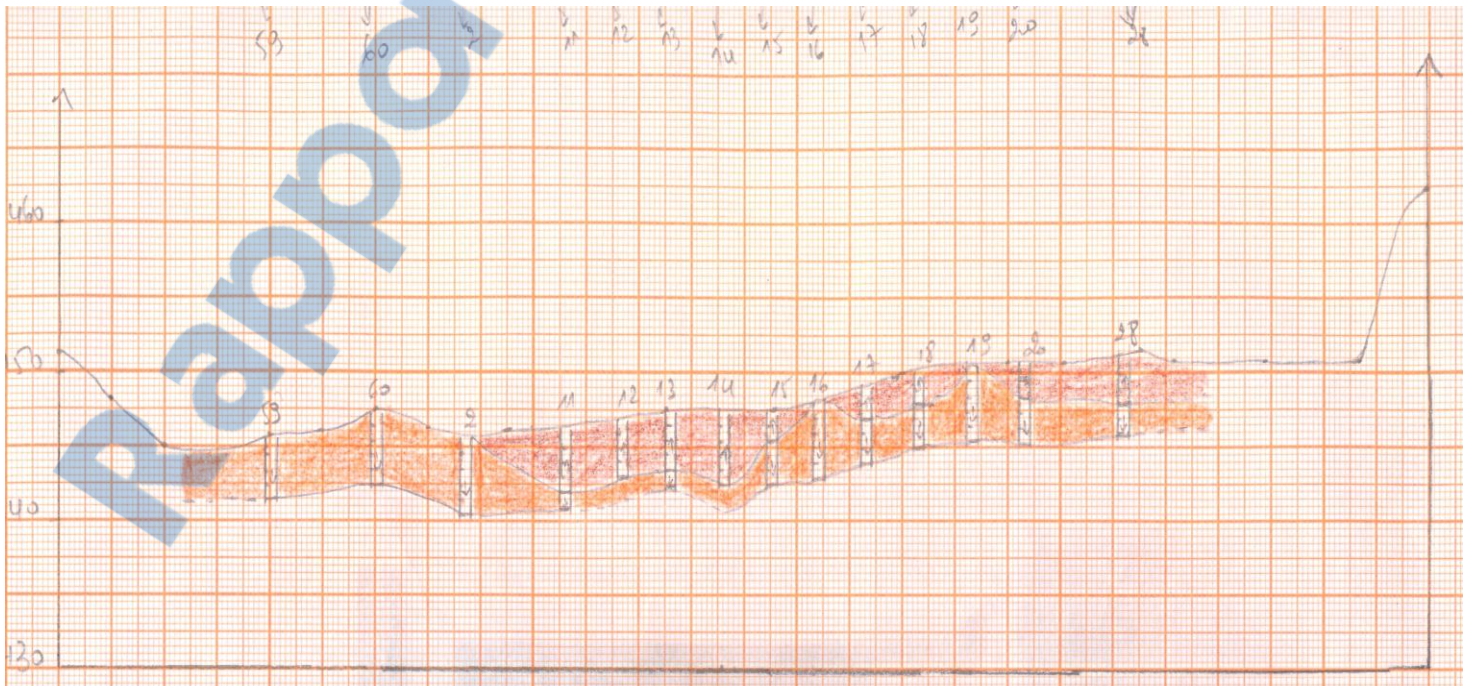




Figure 20 : coupe dessinée en fonction des altitudes

Ensuite on doit préciser la puissance du sondage qui représente sa profondeur en mètre et la teneur du CaO en pourcentage présente à travers l'étude géochimique réalisée.

Tableau : résultats de l'étude géochimique

N°	X	Y	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
SOND12 1M	488448	373382	90,17	5,831	1,193	0,81	50,49
SOND12 2M			92,25	4,927	1,174	0,822	51,66
SOND12 3M			85,98	8,519	1,782	1,114	48,15
SOND12 4M			84,79	9,422	1,931	1,131	47,48
SOND13 1M	488497	373370	87,98	7,159	1,473	0,961	49,27
SOND13 2M			91,64	4,403	1,195	0,881	51,32
SOND13 3M			92,36	4,011	1,115	0,739	51,72
SOND13 4M			80,42	12,006	2,716	1,573	45,03
SOND13 5M			68,43	24,269	2,937	1,749	38,32
SOND14 1M	488542	373362	89,46	6,294	1,334	0,901	50,10
SOND14 2M			92,86	2,798	0,909	0,635	52,00
SOND14 3M			91,37	4,372	1,327	0,772	51,17
SOND14 4M			90,10	5,564	1,167	0,754	50,46
SOND14 5M			83,23	11,476	1,566	0,918	46,61
SOND15 1M	488589	373349	90,50	5,65675	1,12125	0,94	50,68
SOND15 2M			91,50	4,46525	1,091	0,9455	51,24
SOND15 3M			78,51	8,42125	2,373	1,34825	43,97
SOND15 4M			78,23	11,718	2,09875	1,33025	43,81
SOND15 5M			75,65	14,13675	2,11275	1,55125	42,36
SOND16 1M	488634	373340	78,82	16,563	1,187	1,034	44,14
SOND16 2M			72,83	23,403	1,086	1,083	40,78
SOND16 3M			82,21	13,618	1,019	0,779	46,04
SOND16 4M			92,01	5,243	0,921	0,635	52,00

### c. Exemple de calcul :

On a le sondage 14 qui est sur une profondeur de 5 mètres, donc la puissance de ce sondage est : 5.

Les valeurs que nous avons de CaO sont :

SOND 14 : 1m $\Rightarrow$ 50,10%	} Toutes les valeurs sont supérieures à 45% (anomalie positive),
SOND 14 : 2m $\Rightarrow$ 52,00%	
SOND 14 : 3m $\Rightarrow$ 51,17%	
SOND 14 : 4m $\Rightarrow$ 50,46%	
SOND 14 : 5m $\Rightarrow$ 46,61%	

Donc la teneur en CaO est :

$$CaO\% = \frac{50,10\% + 52,00\% + 51,17\% + 50,46\% + 46,61\%}{5}$$

$$CaO = 50,068\%$$

Après on a travaillé avec un logiciel qui est Didger 3 et qui nous a aidé à dessiner les coupes en précisant les couches qui se trouve dans le sous-sol.

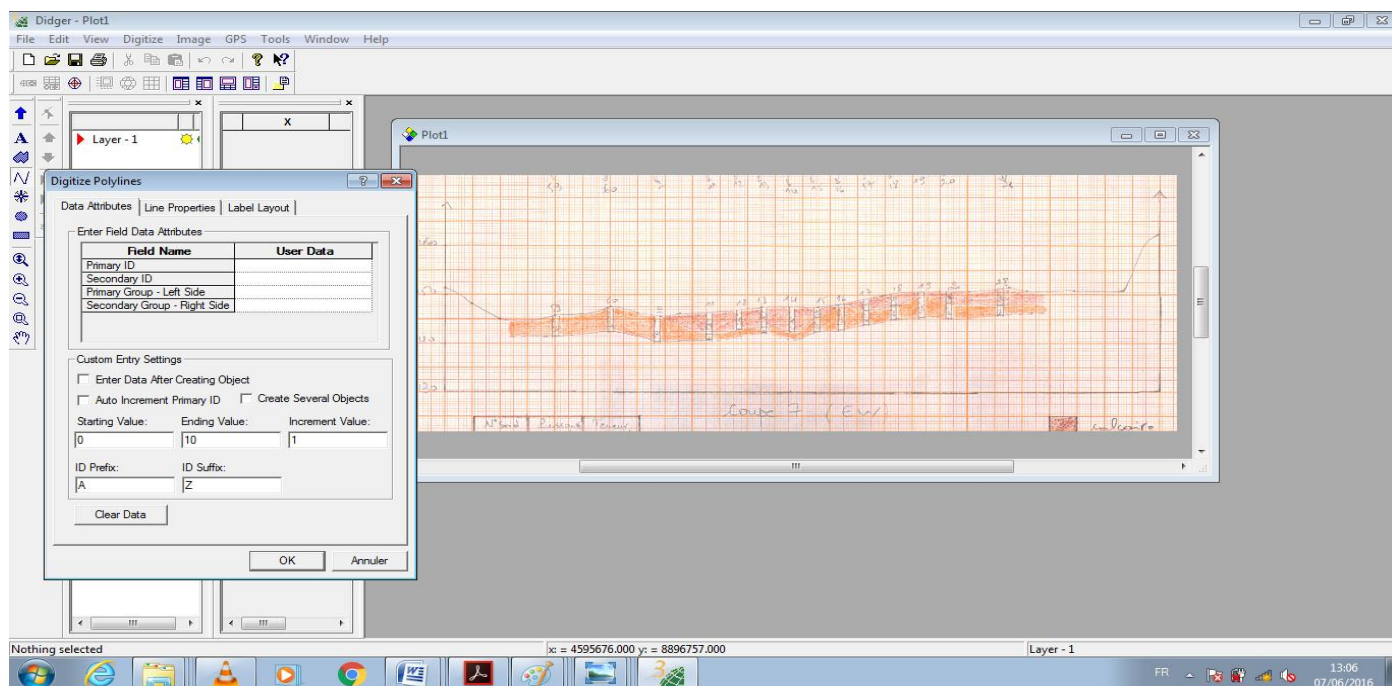


Figure 21 : Logiciel Didger 3

Pour travailler sur ce logiciel nous avons besoin de scanner toutes les coupes qui ont été dessinée afin de pouvoir les exploiter.

En travaillant sur ce logiel on a pu bien préciser les couches présentes dans le sous sol et qui sont représentés comme ci de suite .

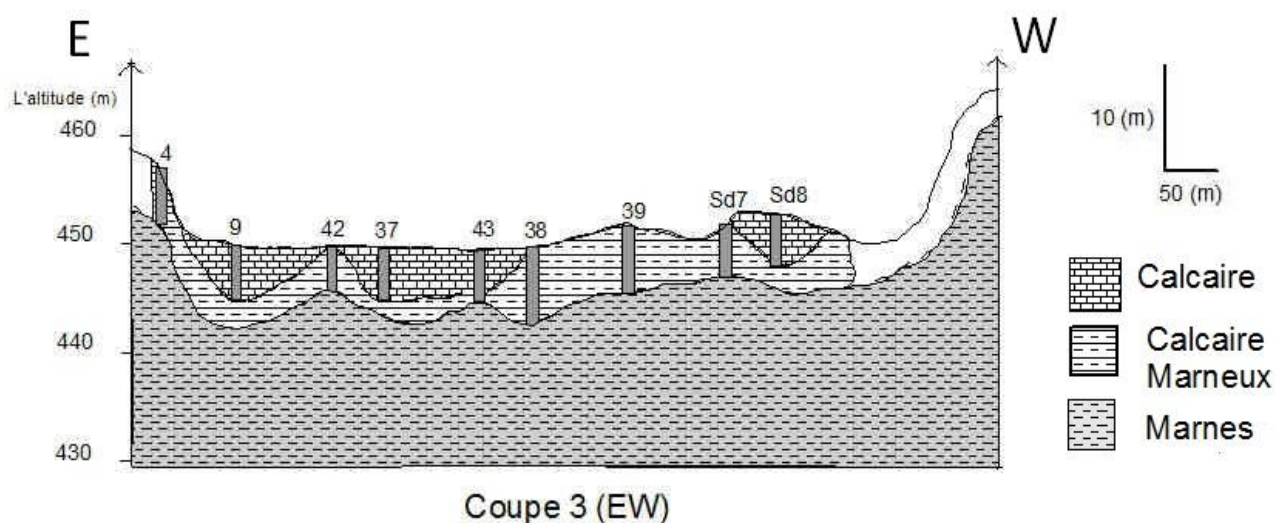


Figure 22 : Coupe 3 avec l'orientation (EW)

Tableau 4: Caractéristique de la Coupe 3 (EW)

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
4	6	<u>36,76</u>
9	5	<u>51,49</u>
42	4	<u>35,57</u>
37	5	<u>50,61</u>
43	4	<u>50,92</u>
	1	<u>44,63</u>
38	7	<u>51,13</u>
39	6	<u>36,68</u>



Sd7	5	<b><u>26,94</u></b>
Sd8	5	<b><u>49,65</u></b>

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **43,438 %**

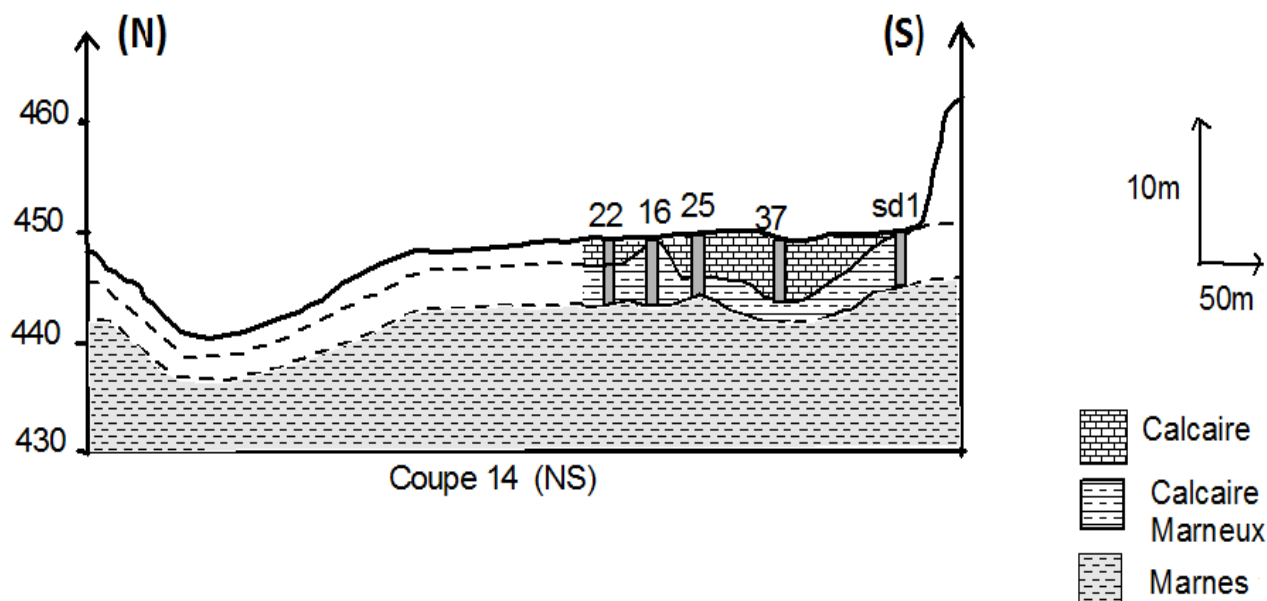


Figure 23: Coupe 14 avec l'orientation (NS)

Tableau 5: Caractéristique de la Coupe 14 (NS)

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
22	2	50,96
	3	43,46
16	5	44,52
25	4	50,68
	1	41,36
37	5	50,61
Sd1	5	40,31



La suite des coupes est présentée dans l'annexe.

#### 4. Le calcul du tonnage :

Le calcul du tonnage pour n'importe quelle zone d'étude se fait selon la relation suivante :

$$m(t) = S(m^2) \times L(m) \times d(t/m^3)$$

##### a. Application numérique :

Pour notre zone d'étude (zone4 de la carrière) on a un tonnage de :

$$m(t) = (19ha \times 10\,000)(m^2) \times 4(m) \times 2,2(t/m^3)$$

$$m(t) = 1\,672\,000 \text{ tonnes.}$$





## Conclusion :

Donc selon des coupes effectués on a pu conclure que les plus grandes teneurs de CaO sont présentes sur la coupe 10 avec l'orientation (NS) où la valeur est de : **47,04%** et sur la coupe 8 avec l'orientation (EW) où la valeur arrive jusqu'à **44,48%** .

Donc sur la carte , la zone la plus favorable pour l'exploitation et la plus rentable est représentée dans l'intersection de ces deux coupes (coupe 10 (NS) et coupe 8 (EW)) .

On peut retrouver l'emplacement exact de cette zone d'intersection selon les coordonnées suivants :

O (X= 373400, Y= 488450)

Le point O est représenté sur la carte .



# Liste des figures :

Figure 1 : plantation de Lafarge au Maroc.....	Page 6
Figure 2: La fiche signalétique.....	Page6
Figure 3 : Organigramme d'usine LAFARGE MEKNES .....	Page 8
Figure 4 : situation géographique de La Farge Meknès.....	Page 9
Figure 5 : les ingrédients du ciment.....	page12
Figure 6 : Etapes de production du ciment.....	page13
Figure 7 : photo de la carrière .....	page15
Figure 8 : Etapes de concassage, transport et stockage .....	page14
Figure 9 : hall de pré-homogénéisation.....	page15
Figure 10 : Description du broyage du cru .....	page15
Figure 11 : Silo d'homogénéisation .....	page16
Figure 12 :Description de la ligne de cuisson .....	page16
Figure 13 : broyeur.....	page17
Figure 14 : localisation de la carrière Lafarge(Meknès) .....	page18
Figure 15 : Stratigraphie générale de la carrière.....	page 20
Figure 16 : carte géologique de la région.....	page21
Figure 17 :carte du front de la carrière zone 4.....	page22
Figure 18 : Fronts de la carrière.....	page23



Figure 19 : Fronts de la carrière.....	page23
Figure 20 : coupe dessinée en fonction des altitudes .....	page25
Figure 21 : Logiciel Didger 3 .....	page27
Figure 22 : Coupe 3 avec l'orientation (EW).....	page28
Figure 22 : Coupe 14 avec l'orientation (NS).....	page29

## Liste des Tableaux :

Tableau 1 : Les types du ciment .....	Page7
Tableau 2 : Pourcentage des principaux constituants du ciment.....	page12
Tableau 3 : Analyse des teneurs du CaO.....	page25
Tableau 4 : résultats de l'étude géochimique.....	page 28
Tableau 5: Caractéristique de la Coupe 3 (EW).....	page28
Tableau 5: Caractéristique de la Coupe 14 (NS° .....	page29



## Bibliographie :

- Compte rendu de la mission a la société de ciments Artificiels de Meknès CADEM –avril 1988 .
- Rapport annuel LAFARGE Maroc 2013 .
- Rapport annuel LAFARGE Meknès 2014 .
- Rapport annuel LAFARGE Meknès 2015.
- Quelques rapports de stage de fin d'étude effectué à LAFARGE ciment
- usine de Meknès

## RÉFÉRENCES WÉBOGRAPHIQUES :



- <http://www.lafarge.ma/wps/portal/ma/nos-sites-de-production>
- <http://coinderecherche.over-blog.com/article-carte-et-coupe-geologiques-44931625.html>

Rapport-Gratuit.com



Année Universitaire : 2015-2016



Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement

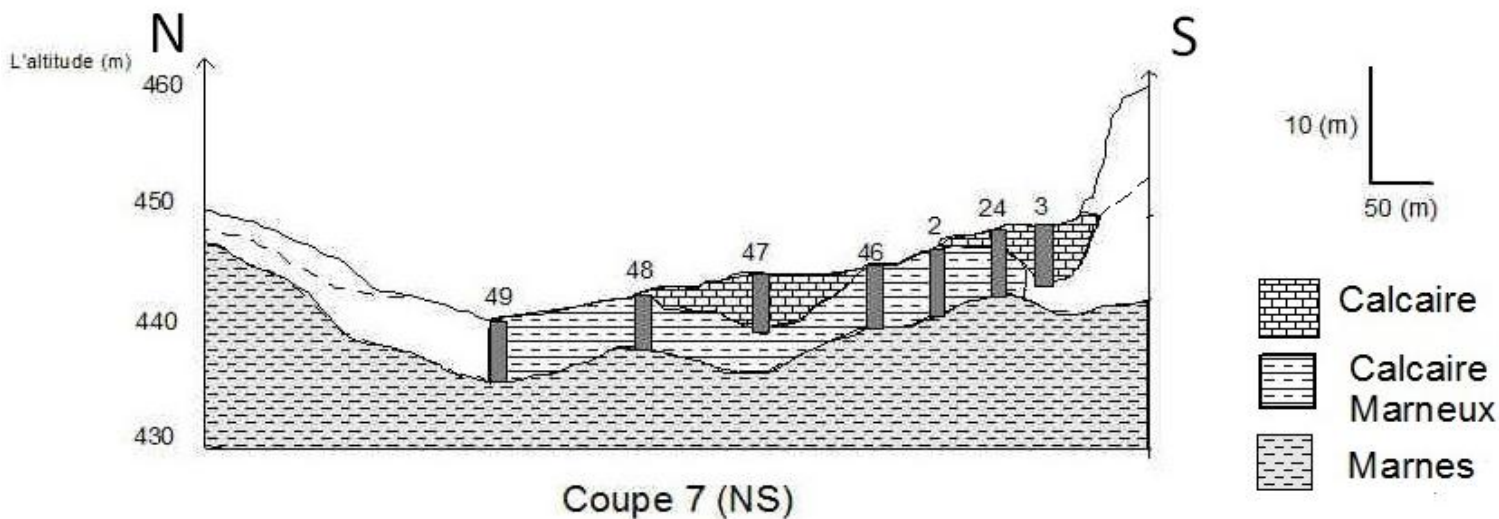
# Annexe

**Titre :**

*Optimisation des réserves plancher de la carrière zone 4*



## Coupes Nord Sud

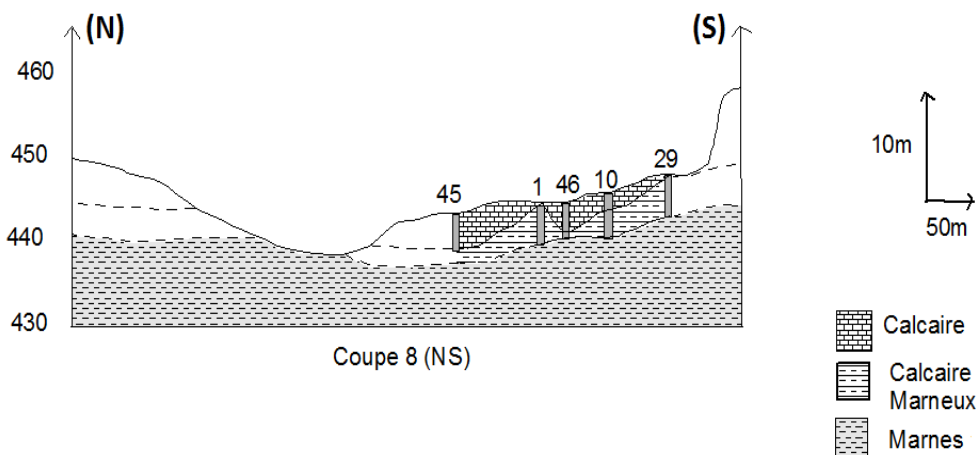


**Figure 1 : Coupe 7 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 1 : Caractéristique de la Coupe 7 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
49	5	<b>37,16</b>
48	4	<b>32,84</b>
47	4	<b>46,69</b>
46	3	<b>47,42</b>
	2	<b>44,92</b>
2	5	<b>37,02</b>
24	1	<b>47,23</b>
	4	<b>37,46</b>
3	5	<b>48,66</b>

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42,15 %**



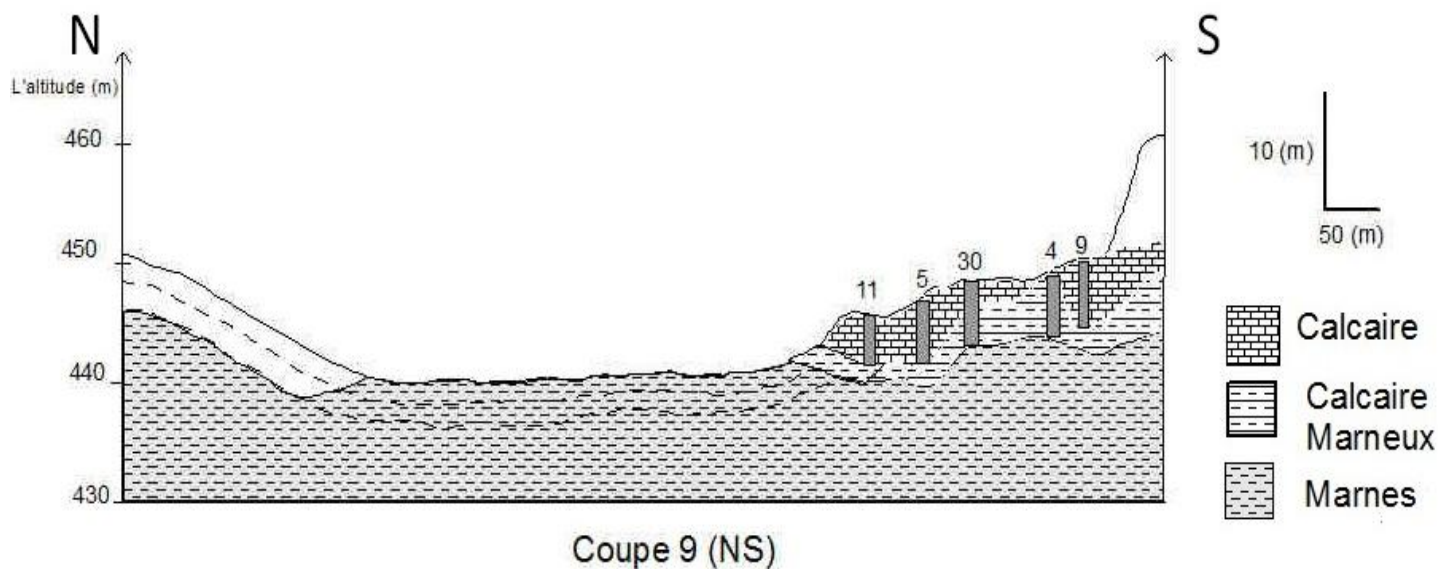
**Figure 2 : Coupe 8 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 2 : Caractéristique de la Coupe 8 (NS)**

N° Sond	Puissance (M)	Teneur CaO %
45	4	48,64
1	5	40,31
46	3	47,43
	1	44,92
10	2	48,47
	3	38,90
29	5	28,3



➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42,42 %**

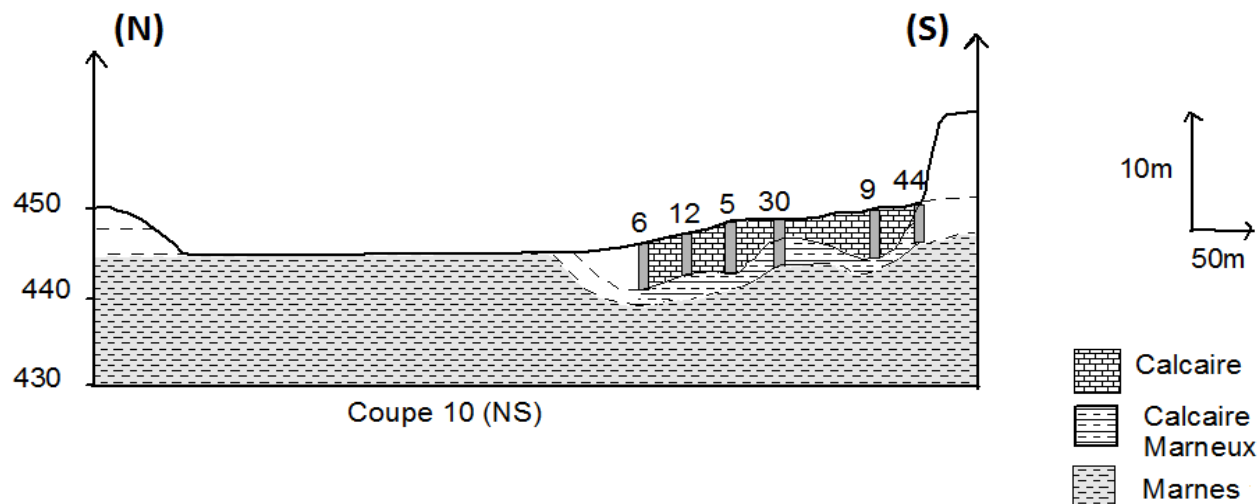


**Figure 3: Coupe 9 avec l'orientation (NS)**

**Tableau3 : Caractéristique de la Coupe 9 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
11	4	51,24
	1	44,04
5	5	51,66
30	2	45,76
	3	38,40
4	5	31,53
9	5	51,49

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **44,87 %**

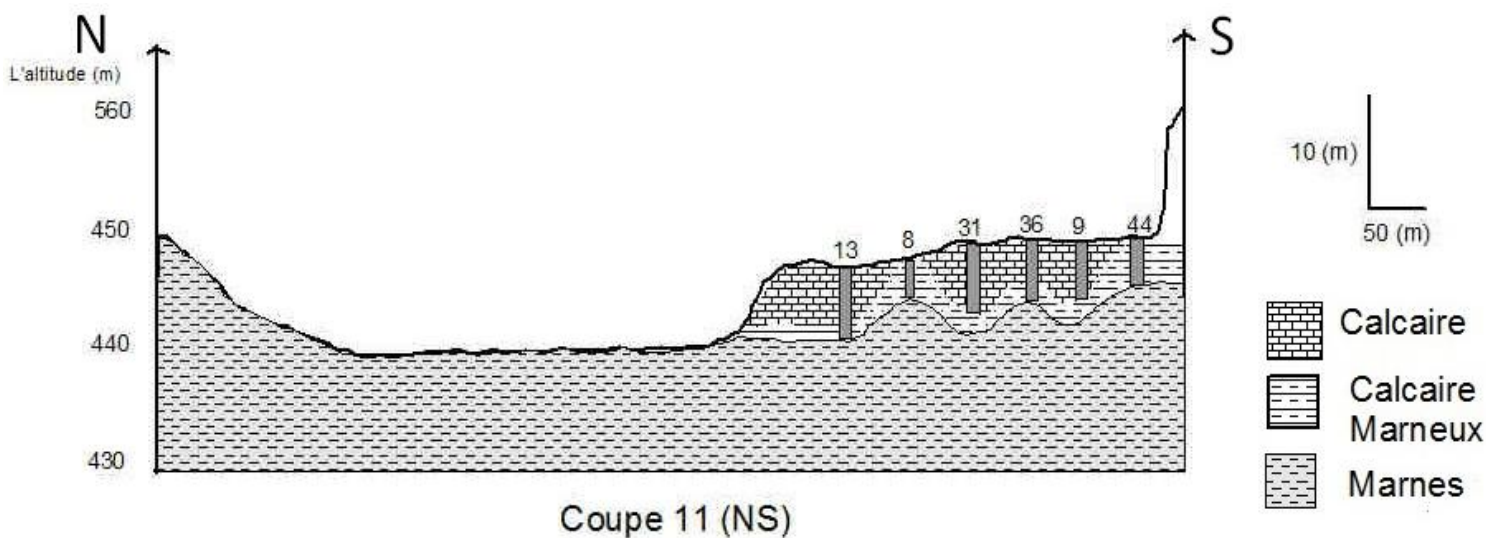


**Figure4 : Coupe 10 avec l'orientation (NS).**

**Tableau4 : Caractéristique de la Coupe 10 (NS)**

N° Sond	Puissance (M)	Teneur CaO %
6	5	48,49
12	4	49,44
5	5	51,66
30	2	45,76
	3	38,40
9	5	51,49
44	4	44,05

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **47,026 %**

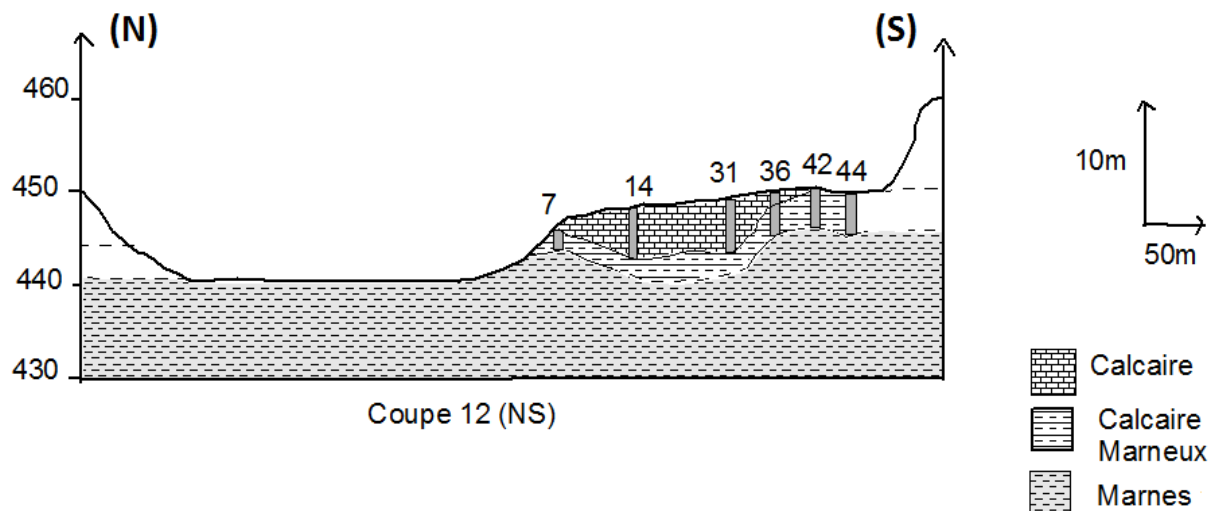


**Figure 5: Coupe 11 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 5 : Caractéristique de la Coupe 11 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
13	4	49,33
	1	38,32
8	3	28,16
31	5	45,11
36	4	47,18
	1	38,34
9	5	51,49
44	4	44,05

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42,77%**.

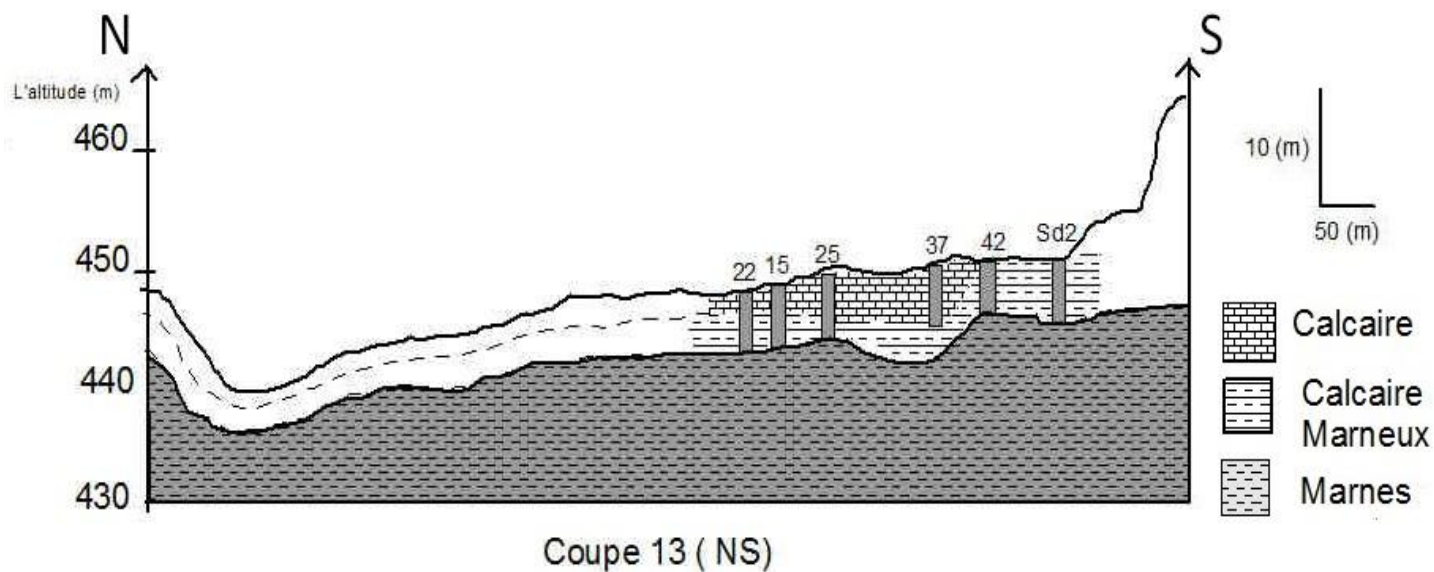


**Figure6 : Coupe 12 avec l'orientation (NS).**

**Tableau 6 : Caractéristique de la Coupe 12 (NS)**

N° Sond	Puissance (M)	Teneur CaO %
7	2	28,5
14	5	50,14
31	5	45,41
36	1	50,99
	3	37,72
42	4	35,57
44	4	44,05

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **41,46 %**



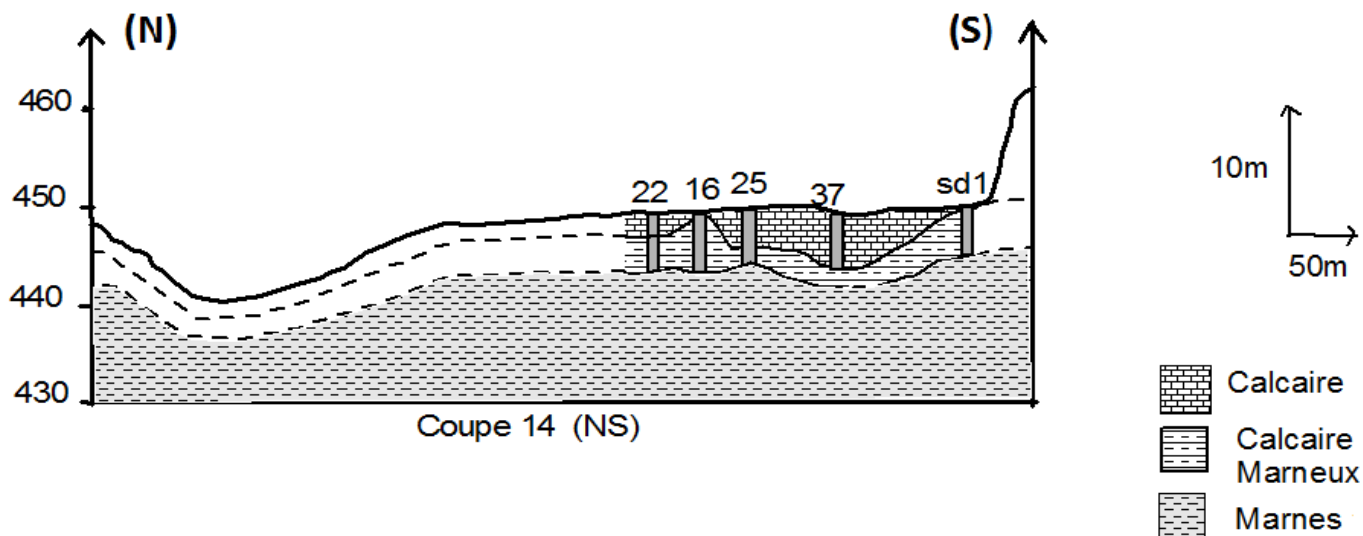
**Figure 7 : Coupe 13 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 7 : Caractéristique de la Coupe 13 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
15	2	46,11
	3	41,21
25	2	50,96
	3	43,38
37	4	50,68
	1	41,36
42	5	50,61
Sd2	4	35,57

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **44,46%**



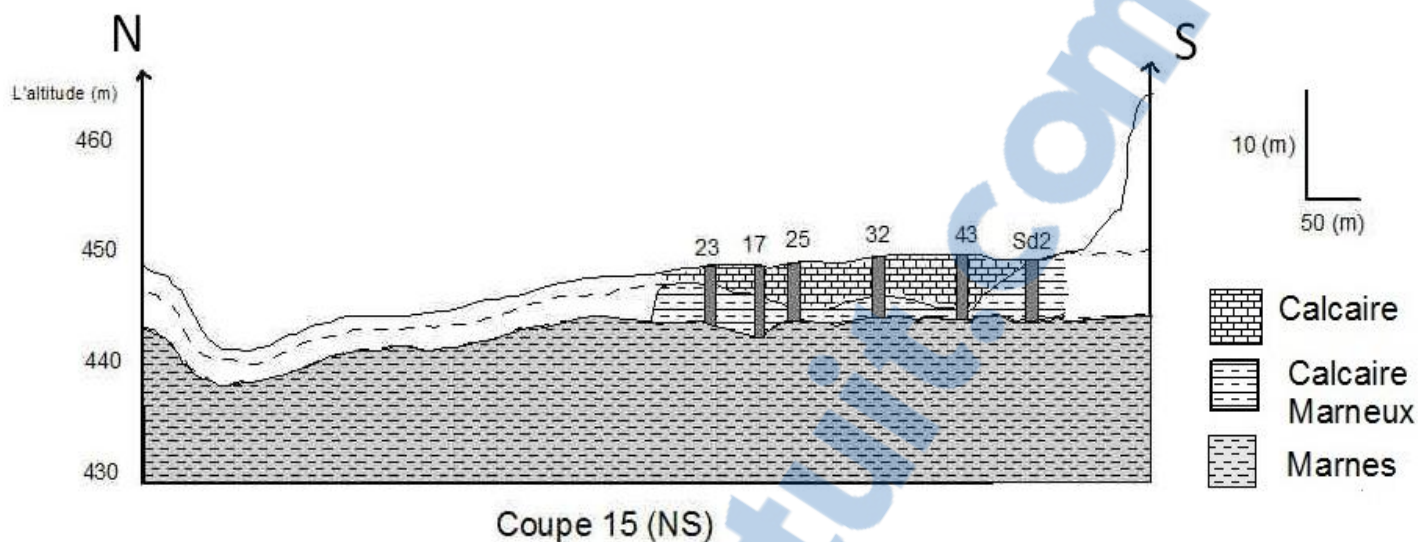


**Figure 8: Coupe 14 avec l'orientation (NS).**

**Tableau 8 : Caractéristique de la Coupe 14 (NS)**

N° Sond	Puissance (M)	Teneur CaO %
22	2	50,96
	3	43,46
16	5	44,52
25	4	50,68
	1	41,36
37	5	50,61
Sd1	5	40,31

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **45,98 %**

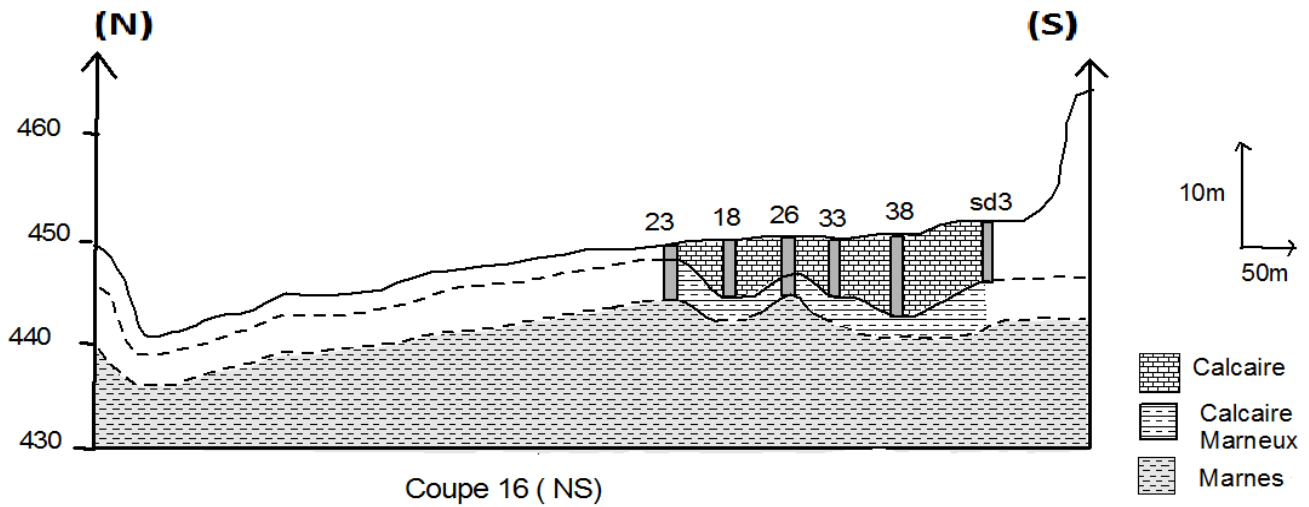


**Figure 9 : Coupe 15 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 9 : Caractéristique de la Coupe 15 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
23	1	45,20
	4	41,73
17	2	47,61
	3	38,96
25	4	50,68
	1	41,36
32	3	50,75
	2	41,3
43	4	50,92
	1	44,63
Sd2	5	37,02

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **44,56 %**

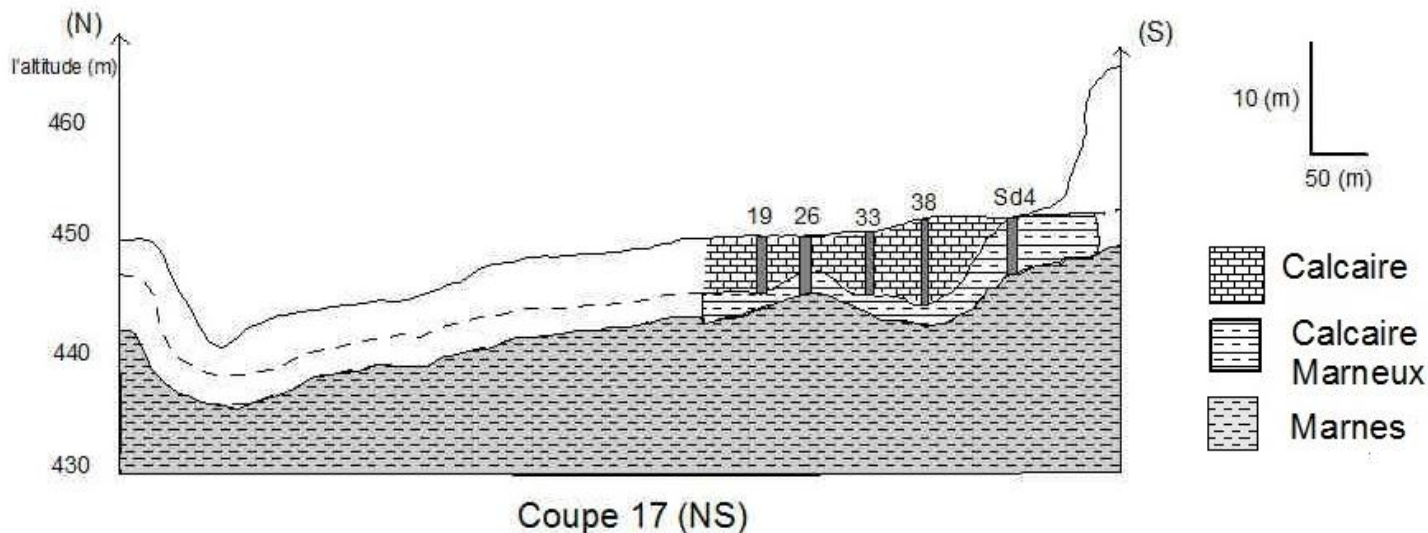


**Figure 10 : Coupe 16 avec l'orientation (NS).**

**Tableau 10 : Caractéristique de la Coupe 16 (NS)**

N° Sondage	Puissance (M)	Teneur CaO %
33	5	48,22
18	5	51,24
26	3	50,1
	2	38,08
23	1	45,20
	4	41,73
38	7	51,13
Sd3	5	48,66

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **46,79 %**

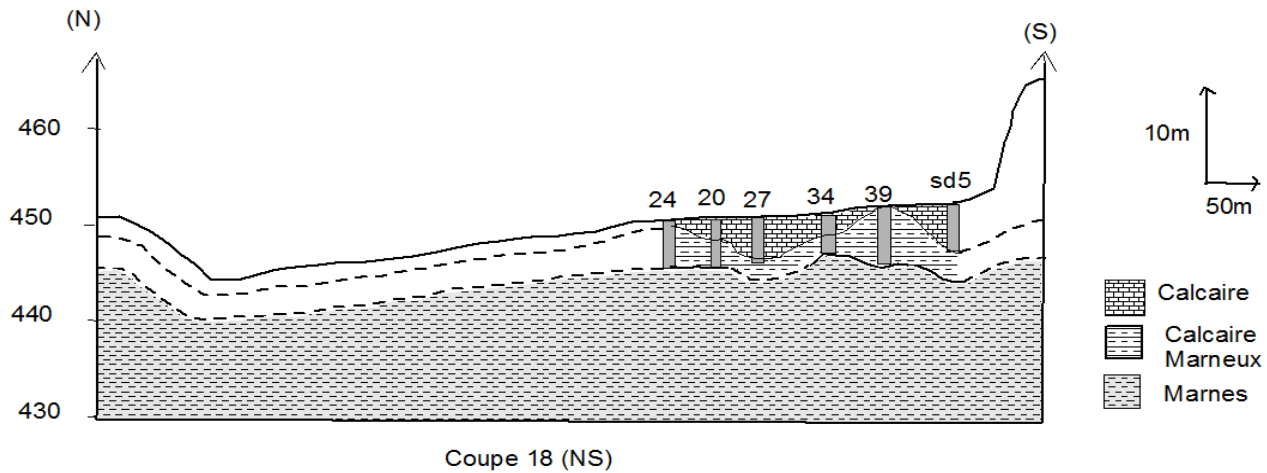


**Figure 11 : Coupe 17 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 11 : Caractéristique de la Coupe 17 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
19	5	35,42
26	3	50,10
	2	38,08
33	5	48,22
38	7	51,13
Sd4	5	31,53

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42,41 %**



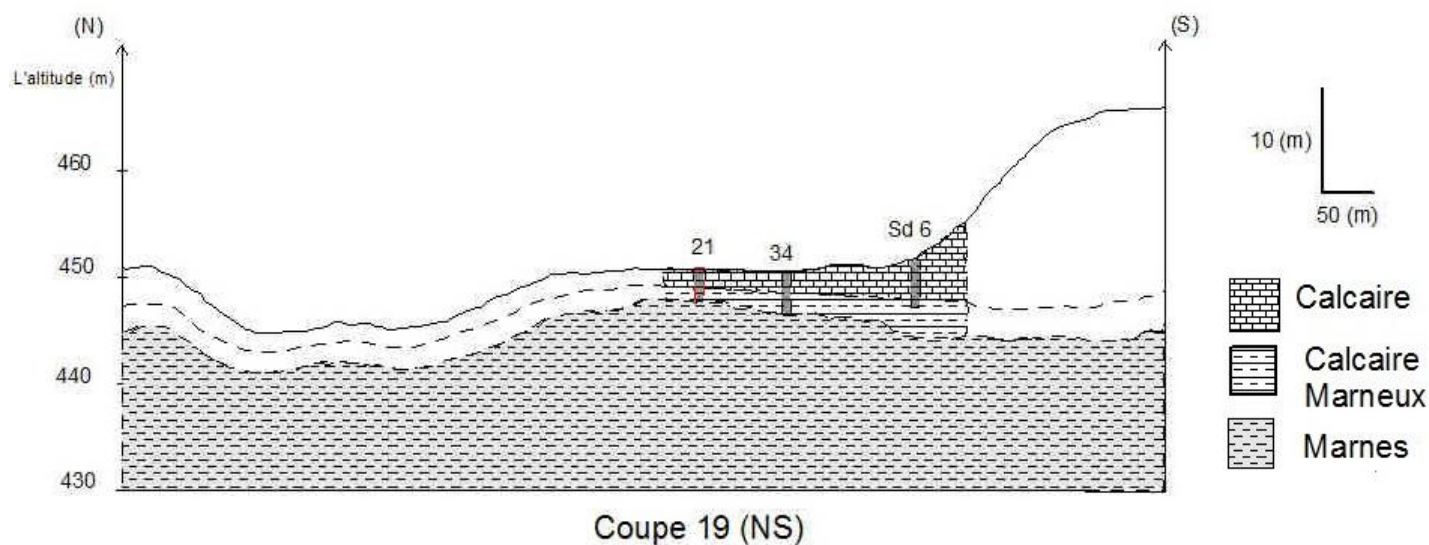
**Figure 12 : Coupe 18 avec l'orientation (NS).**

**Tableau 12 : Caractéristique de la Coupe 18 (NS)**

N° Sond	Puissance (M)	Teneur CaO %
24	1	47,23
	4	37,46
20	2	49,26
	3	37,88
27	5	45,61
34	2	46,76
	2	38,86
39	6	36,68
Sd5	5	51,66

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **43,48 %**





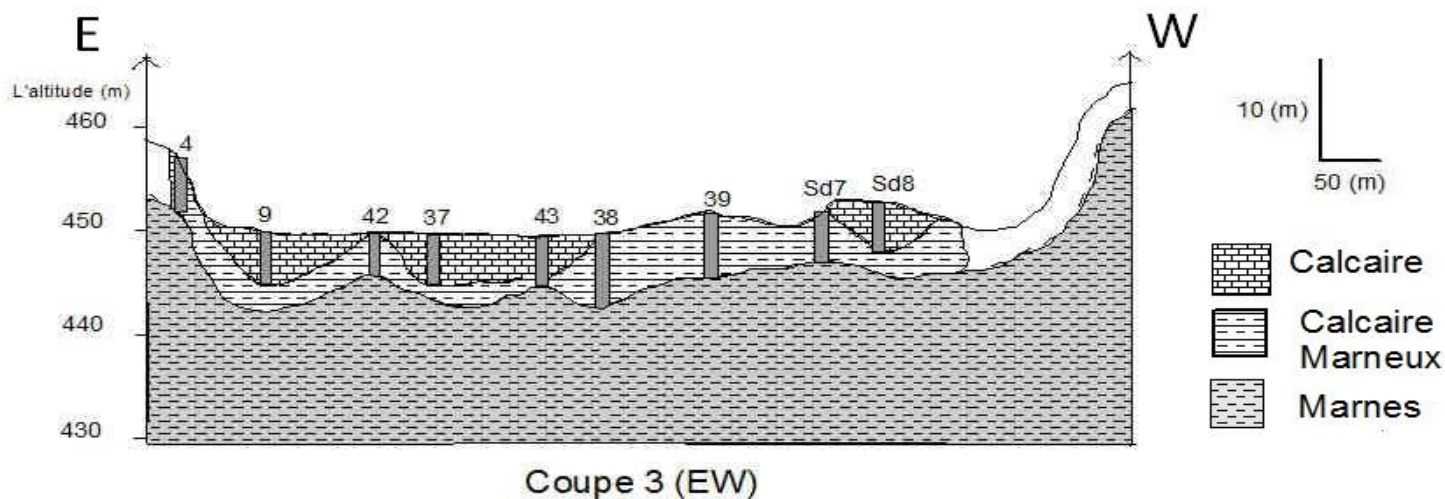
**Figure 13 : Coupe 19 avec l'orientation (NS)**

**Tableau 13 : Caractéristique de la Coupe 19 (NS)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
21	5	48,49
34	2	46,76
	2	38,86
Sd6	2	47,53
	1	35,59

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **43,44 %**

## Coupes (Est Ouest)

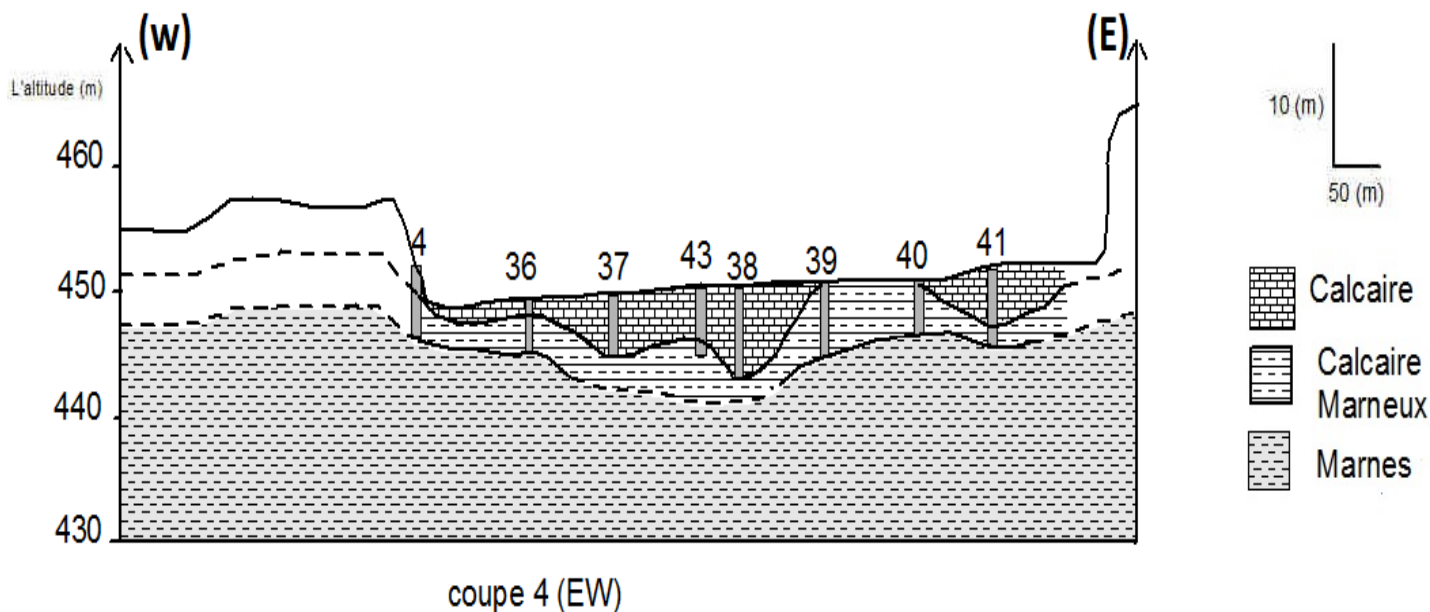


**Figure 14 : Coupe 3 avec l'orientation (EW)**

**Tableau 14 : Caractéristique de la Coupe 3 (EW)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
4	6	<b>36,76</b>
9	5	<b>51,49</b>
42	4	<b>35,57</b>
37	5	<b>50,61</b>
43	4	<b>50,92</b>
	1	<b>44,63</b>
38	7	<b>51,13</b>
39	6	<b>36,68</b>
Sd7	5	<b>26,94</b>
Sd8	5	<b>49,65</b>

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **43,43 %**

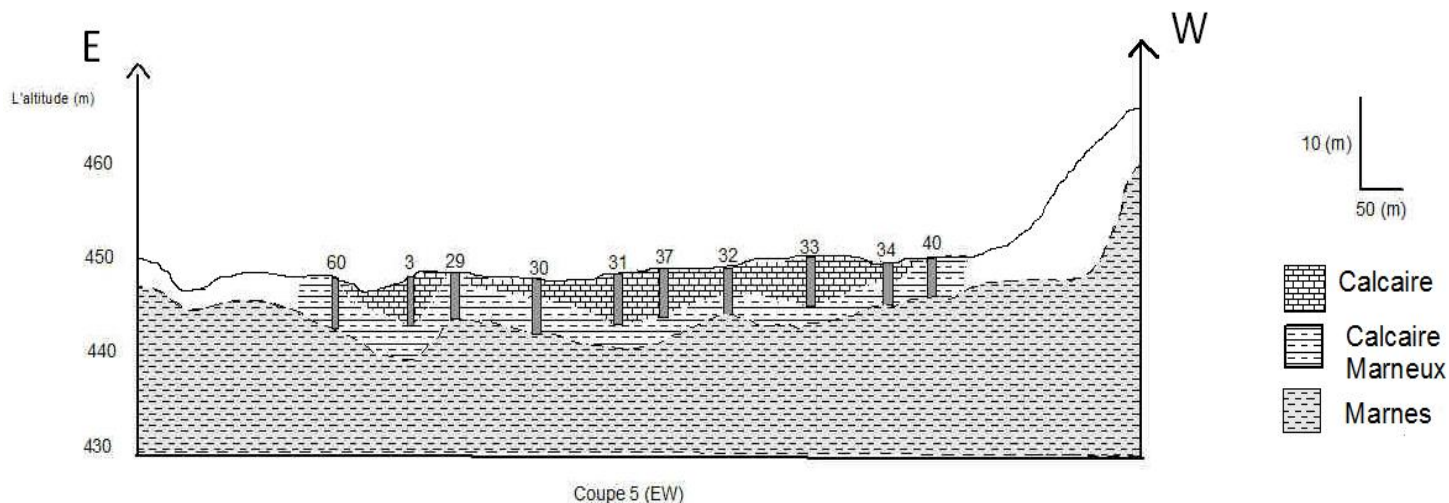


**Figure 15 : Coupe 4 avec l'orientation (EW)**

**Tableau 15: Caractéristique de la Coupe 4 (EW)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
4	6	36,76
36	1	50,99
	3	37,72
37	5	51,49
43	4	50,92
	1	44,63
38	7	51,13
39	6	36,68
40	4	24,92
41	4	50,24
	2	34,69

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42,74 %**

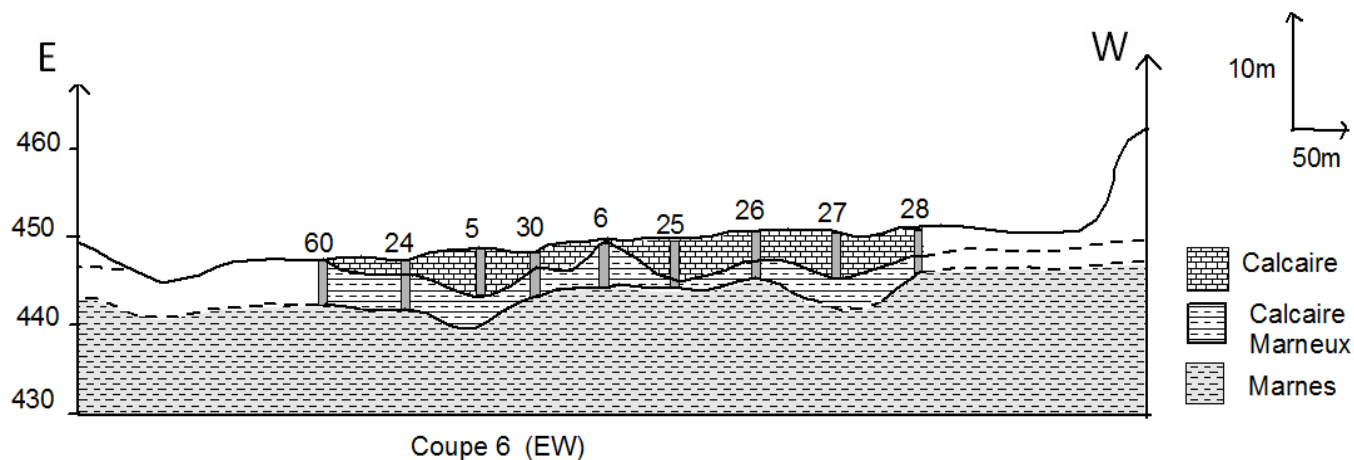


**Figure 16 : Coupe 5 avec l'orientation (EW)**

**Tableau 16 : Caractéristique de la Coupe 5 (EW)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
60	5	31,36
3	5	48,66
29	5	28,92
30	2	45,76
	3	38,40
31	5	45,41
37	5	51,49
32	3	50,75
	2	41,3
33	5	45,22
34	2	46,76
	2	38,91
40	4	24,92

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **41,55 %**



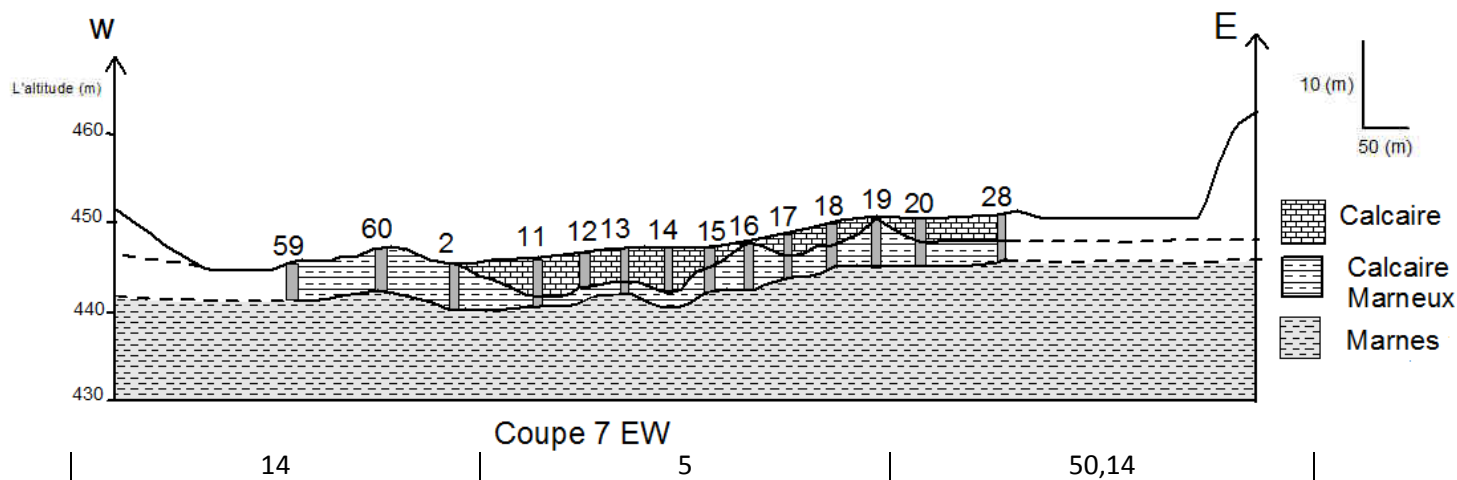
**Figure 17 : Coupe 6 avec l'orientation (EW)**

**Tableau 17 : Caractéristique de la Coupe 6 (EW)**

N° Sondage	Puissance (m)	Teneur en CaO (%)
60	5	31,36
24	1	47,23
	4	37,66
5	5	51,66
30	2	45,76
	3	38,40
6	5	26,70
25	4	50,68
	1	41,36
26	3	50,10
	2	38,06
27	5	45,61
28	3	52,70
	2	35,52



La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **30,82 %**

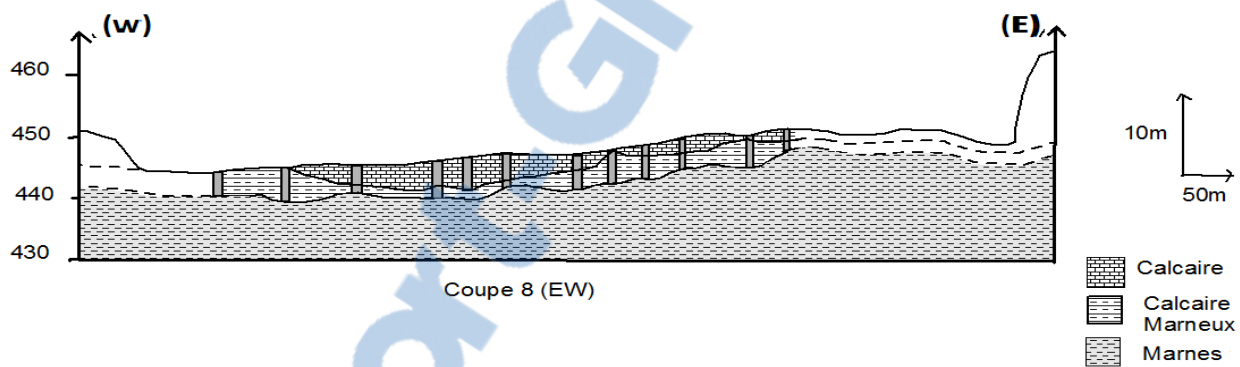


**Figure 18: Coupe 7 avec l'orientation (EW)**

**Tableau 18: Caractéristique de la Coupe 7 (EW)**

15	2	50,06
	3	43,66
16	5	44,52
17	2	47,61
	3	38,98
18	2	51,24
	3	37,24
19	5	35,42
20	2	49,26
	3	37,88
28	3	52,70
	2	35,52

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42.84%**



**Figure 19 : Coupe 8 avec l'orientation (EW)**

**Tableau19 : Caractéristique de la Coupe 8 (EW)**

N° Sond	Puissance (M)	Teneur CaO %
58	3	21,55
57	5	33,38
46	3	47,43
	1	44,02
	4	51,24



11		
	1	44,34
6	5	48,49
13	4	49,33
	1	38,32
22	2	46,25
	3	41,26
16	5	44,52
	1	45,20
23	4	41,26
	2	49,26
18	3	37,52
	1	47,23
24	4	37,46
	2	47,53
21	1	35,59

➤ La moyenne des teneurs de CaO (%) est : **42,84**



## Listes des Figure des annexes

### Nord Sud

Figure 1: Coupe 7 avec l'orientation (NS)

Figure 2: Coupe 8 avec l'orientation (NS)

Figure 3 : Coupe 9 avec l'orientation (NS)

Figure 4 : Coupe 10 avec l'orientation (NS)

Figure 5 : Coupe 11 avec l'orientation (NS)

Figure 6 : Coupe 12 avec l'orientation (NS)

Figure 7 : Coupe 13 avec l'orientation (NS)

Figure 8 : Coupe 14 avec l'orientation (NS)

Figure 9 : Coupe 15 avec l'orientation (NS)

Figure 10 : Coupe 16 avec l'orientation (NS)

Figure 11: Coupe 17 avec l'orientation (NS)

Figure 12 : Coupe 18 avec l'orientation (NS)

Figure 13 : Coupe 19 avec l'orientation (NS)

### Est Ouest

Figure : Coupe 3 avec l'orientation (EW)

Figure : Coupe 4 avec l'orientation (EW)

Figure : Coupe 5 avec l'orientation (EW)

Figure : Coupe 8 avec l'orientation (EW)





Figure : Coupe 7 avec l'orientation (EW)

Figure : Coupe 6 avec l'orientation (EW)

### Listes des tableaux

#### Coupes (NS)

Tableau 1 : Caractéristique de la Coupe 7 (NS)

Tableau 2 : Caractéristique de la Coupe 8 (NS)

Tableau 3 : Caractéristique de la Coupe 9 (NS)

Tableau 4 : Caractéristique de la Coupe 10 (NS)

Tableau 5 : Caractéristique de la Coupe 11 (NS)

Tableau 6 : Caractéristique de la Coupe 12 (NS)

Tableau 7 : Caractéristique de la Coupe 13 (NS)

Tableau 8 : Caractéristique de la Coupe 14 (NS)

Tableau 9 : Caractéristique de la Coupe 15 (NS)

Tableau 10 : Caractéristique de la Coupe 16 (NS)

Tableau 11 : Caractéristique de la Coupe 17 (NS)

Tableau 12 : Caractéristique de la Coupe 18 (NS)

Tableau 14 : Caractéristique de la Coupe 19 (NS)

#### Coupes (EW)

Tableau 15 : Caractéristique de la Coupe 3 (EW)

Tableau 16 : Caractéristique de la Coupe 4 (EW)





Tableau 17 : Caractéristique de la Coupe 5 (EW)

Tableau 18 : Caractéristique de la Coupe 6 (EW)

Tableau 19 : Caractéristique de la Coupe 7 (EW)

Tableau 20 : Caractéristique de la Coupe 8 (EW)



## Résumé

Généralement les matières premières qui entrent dans la fabrication du ciment sont extraites des roches calcaires, des schistes ou d'argiles.

Ces matières premières sont prélevées des carrières par extraction ou dynamitage.

Puis ces matières seront traitées afin d'en obtenir un ciment de différentes qualités.

Afin de trouver la zone la plus convenable à l'extraction, les coupes géologiques ont joué un grand rôle pour trouver la zone convenable, alors qu'on a même pu savoir les coordonnées de cette zone à travers l'intersection des deux coupes NS et EW qui représentaient une teneur très élevée en CaO et cela grâce aux études géochimique et au logiciel Didger qui nous a aidé à effectuer ce travail.