

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

N° d'ordre :



**MEMOIRE**

Présenté

à



**L'UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID -TLEMCEN-  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA  
TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

Pour obtenir

**LE DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE**

Spécialité

**Géo-Ressources**

Par

Fatima Zohra BAHOUSSI & Mebarka BAHOUSSI

---

**CARACTERISTIQUES LITHOLOGIQUES ET GEOCHIMIQUES DE DEUX  
GISEMENTS DE LA CIMENTERIE D'EL HASSASNA –WILAYA DE SAIDA-**

---

Soutenu le Juin 2015 devant les membres du jury :

Abbas MAROK, professeur, Univ. Tlemcen	Président
Choukri SOULIMANE, Maitre Assistant classe (A), Univ. Tlemcen	Rapporteur
Mustapha BENADLA, Maitre Assistant classe (A), Univ. Tlemcen	Co-Rapporteur
Kamar Eddine BENSEFIA, Maitre Assistant classe (A), Univ. Tlemcen	Examineur

## DEDICACE

Je dédie ce modeste travail:

A **mon père** qui grâce à lui je suis arrivé à franchir toutes les étapes les plus importantes de ma vie.

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et de mon bonheur, à **ma mère** que

Dieu la protège.

A ma grande mère.

A mes sœurs **Hafida, Asmaa, Siham, Badra** que j'aime énormément.

A ma petite nièce **Serine &** mon neveu **Imed**.

A mon fidèle binôme **Mebarka**

A mes amis : **Sara, Afaf, Sara BECHLAGHEM, Khaled DEKHLI, Azziz, Khaled, Ilias, Ismail et à mon cher ami Abdelbasset** et à tous mes collègues d'étude.

A tous ceux que j'ai connu et j'ai oublié de mentionner

**Merci pour m'avoir fait ce que je suis aujourd'hui**

**Je vous aime tous**

*Fatima Zohra  
Bakoussi*

## **DEDICACE**

*Je dédie ce modeste travail à ma très chère **mère** et mon  
Très cher **père** qui m'ont soutenu durant toutes mes études et partagé mes moments difficiles  
Je souhaite que dieu les gardes et les protège.*

*A mes sœurs et mes frères*

***Laila, Aida, Rachida, Mohamed Said, Hanafi et Mustapha**  
pour leurs meilleurs sentiments et leur inconditionnel soutien.*

*A ma belle sœur **Nafissa***

*A mes petites nièces*

***Ahlem et Amel***

*A ma belle **Fatima Zohra***

*A ma grande famille*

*A mes amis: **Aziz, Khaled, Sara BECHLAGHEM, Khaled DAKHLI** et à mes très chères  
amis **Sara & Afaf** pour leur vifs et sincères encouragement*

*Sans oublier mes collègues d'étude*

*A toutes personnes qui me connaisse de loin ou de près*

*Je vous aime tous*

***Mebarka BAHOUSSI***

## TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS .....	1
LISTES DES ABREVIATIONS ET DES FIGURES .....	2
RESUME.....	3
ABSTRACT .....	4

### CHAPITRE I

### INTRODUCTION

I. OBJECTIF .....	5
II. METHODE DE TRAVAIL .....	5
A. Sur le terrain.....	5
B. Au laboratoire.....	5
1. Analyse chimique .....	5
a. Fusion alcaline.....	5
b. Attaque directe.....	7
c. Détermination du carbonate de calcium (% CaCO <sub>3</sub> ).....	7
d. Détermination de l'anhydride sulfurique (SO <sub>3</sub> ) .....	7
e. Détermination de la Perte Au Feu (PAF) .....	7
f. Humidité.....	7
g. Analyse par fluorescence X.....	8
2. L'Analyse physico-mécanique .....	8
III. CONTEXE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	
A. Contexte géographique .....	9
1. Situation générale des Monts de Saïda.....	9
2. Situation géographique de la région d'étude (El Hassasna et Ain El Hadjar).....	10
B. Contexte géologique .....	11
1. Les Monts de Saïda .....	11
1.1. Au plan structural .....	11
1.2. Au plan stratigraphique.....	11
2. Cadre géologique de la région d'étude .....	14

### CHAPITRE II

### ETUDE DES GISEMENTS

I. INTRODUCTION .....	16
II. ETUDE DE CARRIERE DU CALCAIRE BLANC D'EL HASSASNA .....	16
A. Situation géographique de carrière d'El Hassasna .....	16
B. La géologie du gisement de la carrière d'El Hassasna .....	18
C. La structure de gisement de la carrière d'El Hassasna .....	18
D. Etude pétrographique .....	18
1. Premier gradin (hauteur = 7,5 m) .....	18
2. Deuxième gradin (hauteur = 7,5 m) .....	19

## TABLE DES MATIERES

3. Troisième gradin (hauteur = 14 m).....	20
<b>E. Analyse chimique de Calcaire Blanc d’El Hassasna .....</b>	<b>21</b>
1. Analyse chimique ancienne (1974) .....	21
2. Analyse chimique récente.....	22
<b>III. ETUDE DE GISEMENT D’ARGILE DE KOUDIAT ETTINE.....</b>	<b>22</b>
<b>A. Situation géographique .....</b>	<b>22</b>
<b>B. Géologie de gisement .....</b>	<b>23</b>
<b>C. Analyse géochimique des argiles de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar) .....</b>	<b>24</b>
1. Diffractométrie d’argile de Koudiat Ettine.....	24
2. Analyse chimique d’argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar) .....	25
3. Essai physique d’argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).....	26

### *CHAPITRE III*

### ETUDE GEOCHIMIQUE DE CIMENT

<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>28</b>
<b>II. COMPOSITION MINERALOGIQUE DE CIMENT.....</b>	<b>28</b>
<b>III. PROCESSUS DE FABRICATION.....</b>	<b>28</b>
<b>A. Extraction des matières premières .....</b>	<b>29</b>
1. Carrière de calcaire.....	29
2. Carrière d’argile.....	29
<b>B. Préparation des matières premières et des adjuvants correcteurs .....</b>	<b>30</b>
1. Section calcaire.....	30
2. Section argile .....	30
3. Section ajout .....	30
<b>C. Concassage, séchage, broyage et préparation du cru .....</b>	<b>30</b>
<b>D. Préchauffage de la farine crue .....</b>	<b>31</b>
<b>E. Cuisson de la farine crue .....</b>	<b>31</b>
<b>F. Refroidissement du clinker .....</b>	<b>32</b>
<b>G. Broyage du clinker .....</b>	<b>32</b>
<b>Stockage et expédition du ciment.....</b>	<b>32</b>
<b>IV. ANALYSE PHYSICO-MECANIQUE DU CIMENT .....</b>	<b>33</b>
<b>V. CONCLUSION .....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>35</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>37</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>38</b>
<b>ANNEXE</b>	

## AVANT-PROPOS

Au terme de ce travail, il nous est très agréable de remercier :

Le bon Dieu, de nous avoir donné la force, le courage, la volonté, la patience et la foi en soi même.

Nous voudrions tout d'abord exprimer nos vifs remerciements à Monsieur **Abbas MAROK**, Professeur à l'Université de Tlemcen, qui a accepté de présider le jury et de nous donner le libre accès au laboratoire.

Nous adressons nos profondes gratitudee à Monsieur **Choukri SOULIMANE**, Maitre Assistant classe (A) qui a accepté de nous encadrer et de nous aider. Ces précieux conseils, sa compréhension et sa gentillesse ont été très bénéfiques pour nous.

Par ce petit mot à nos Co-encadreur, Monsieur **Mustapha BENADLA**, Maitre Assistant classe (A), nous souhaitons vous remercier très sincèrement du temps que vous nous avez accordé lors de la durée de préparation de nos mémoire. Votre disponibilité et votre écoute ont été une aide précieuse et nous nous attacherons à les honorer. Bien évidemment, nous ne manquerons pas de vous tenir informé de la suite de nos démarches. Nous ne pouvons que vous adresser, à nouveau, nos plus sincères remerciements.

Nos remerciements s'adressent aux examinateurs:

Monsieur **Kamar Eddine BENSEFIA**, Maitre Assistant classe (A), d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Un grand merci à tous les travailleurs de la cimenterie de Saida, pour toute l'aide et le soutien qu'ils nous ont apportés.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à nous faciliter la réalisation de ce travail, en particulier **Mme Fatiha HADJI**, Maitre Assistante classe (A), Monsieur **Abdelkader MOUSSAOUI**, Ingénieur de DIM, Monsieur **Abdelbasset SEDJAI** pour leur aide précieuse qu'ils nous ont offerte.

Monsieur **Mohamed AMRANE**, Ingénieur de SONATRACH pour son hospitalité.

Enfin, nos remerciements vont à tous les collègues de la promotion 2014-2015 (Master II, option : Géo-Ressources).

## LISTE DES ABREVIATIONS ET DES FIGURES

<b>P1</b>	Poids du creuset vide.
<b>P2</b>	Poids du creuset après calcination.
<b>PAN</b>	(Pyridyl-2-azo) naphthol 2
<b>EDTA</b>	Acide éthyldiaminet étraacétique sel disodique.
<b>V</b>	Volume.
<b>TEA</b>	Trietanolamine.
<b>PAF</b>	La Perte Au Feu.
<b>Facteur</b>	constant mesuré
<b>Sable CEN (SABBIA NORMALE STANDARD SAND)</b>	certifié CEN, EN 196-1 conforme ISO 679 :2009
<b>SSB</b>	Surface spécifique de Blaine.
<b>P.V.</b>	Poids volumique.
<b>Mpa</b>	Méga pascal
<b>Tabl.</b>	Tableau
<b>Ech.</b>	Echantillon.
<b>Pl.</b>	planche
<b>Fig.</b>	Figure.
<b>Moy.</b>	Moyenne.
<b>HM</b>	Humidité.
<b>SCIS</b>	Société des ciments de Saida.
<b>DIM</b>	Direction d'industrie et des mines.
<b>C.E.T.I.M.</b>	Centre d'études et de services technologiques de l'industrie des matériaux de construction.

### Litages :

	Marne		Grès
	Calcaire marneux		Argile plus au moins carbonaté
	Argile		Géode de calcite

### Fossiles :

✱	Oursins
⇐	Fragments de bivalves
△	Brachiopodes

### Figures sédimentaires :

≡	Laminites plaines
---	-------------------

## RESUME

Deux gisements de calcaire et d'argile ont fait l'objet de cette étude. Il s'agit de la carrière du Calcaire Blanc d'El Hassasna, située à 19 km au Sud-Est de la ville de Saida, et la carrière de Koudiat Ettine, située à environ 2,5 km à l'Est d'Ain El Hadjar qui se situe à 10 km au sud de la ville de Saida.

Les caractéristiques lithologiques et géochimiques montrent que le Calcaire Blanc de la carrière d'El Hassasna est formé par des calcaires marneux massifs en bancs décimétriques à métriques, de couleur blanchâtre localement rougeâtre, ainsi que le taux de chaux de calcaire est supérieur à 30 %. Par contre, l'argile de la carrière de Koudiat Ettine est composée par des argiles non altérée, de couleur grisâtre où sont intercalés des grès fins, autant que les teneurs des oxydes essentiels ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sont dans les standards admissibles.

Enfin, les paramètres géochimiques et physico-mécaniques de la cimenterie de Saida montrent que le ciment est de type CPJ II/A 42,5 (Ciment Portland composé avec ajout), ce qui confirme que le ciment est de bonne qualité, destiné à la construction.

**Mots-clés :** Carrière, Calcaire Blanc d'El Hassasna, argile de Koudiat Ettine, cimenterie de Saida, lithologie, géochimie, physico-mécaniques, ciment, CPJ II/A 42,5.

## ABSTRACT

Two limestone and clay deposits were the subject of this study. It is about the career of Limestone beds of El Hassasna located 19 km Southern-East of Saida, and Koudiat Ettine career, located approximately 2.5 km Eastern of Ain El Hadjar 10 km southern of Saida.

The lithological and geochemical characteristics shows that the limestone beds of El Hassasna career is formed by massive limestone marl with decimetrical at metrical , whitish color locally reddish with limestone lime over 30%. Opposite to the clay of Koudiat Ettine career is composed by unaltered clays, greyish colour where sandstone interposed, provided that the contents of essential oxides ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) are within the allowable standards.

Finally, geochemical and physico-mechanical properties of the Saida cement show that is II CPJ / A 42.5 type (Portland cement compound with addition), confirming that the cement is of good quality, wished-for the construction.

**Key-words:** Career, Limestone beds of El Hassasna, clay of Koudiat Ettine, Saida cement, lithology, geochemistry, physico-mechanical, CPJ II / A 42.5.

**I. OBJECTIF**

Les principaux objectifs de ce mémoire consistent à :

- Etudier les principales caractéristiques lithologiques de la carrière du Calcaire Blanc d'El Hassasna.
- Evaluer la qualité géochimique des deux gisements de la cimenterie de Saida (la Carrière du Calcaire Blanc d'El Hassasna et la carrière d'argile de Koudiat Ettine)
- Analyser des données géochimiques du produit final.
- Contribuer à l'étude des paramètres physico-mécaniques. Ces derniers nous renseignent sur la qualité de ciment.

**II. METHODE DE TRAVAIL**

Les résultats exposés dans ce mémoire découlent des observations et des analyses réalisées :

**A. Sur le terrain**

Le travail de terrain a été axé essentiellement sur des levées détaillées dans chaque gradin, surtout pour la première carrière (Carrière d'El Hassasna), en notant les particularités sédimentaires de chaque banc : la texture (fine, grossière) et la structure (bioturbée, laminée). Dans cette optique, l'échantillonnage a été systématique quand cela était nécessaire pour établir les variations verticales des faciès.

**B. Au laboratoire**

Les observations de terrain ont été complétées au laboratoire par les analyses et les techniques suivantes :

**1. Analyse chimique**

Dans le présent travail, nous nous sommes contentés uniquement sur des analyses fournis par les laboratoires spécialisés (**SCIS**), le prélèvement des échantillons analysés (les matières premières, minerai de fer, minerai de gypse, minerai de pouzzolane) est effectué au niveau de Hall de stockage à différentes périodes. Il s'agit dans un premier temps de déterminer le pourcentage des oxydes dans un échantillon; cela consiste en premier lieu à solubiliser la matière par fusion alcaline pour les matières crues et par attaque directe pour les matières cuites.

**a. Fusion alcaline**

Cette méthode est utilisé pour déterminer les différents éléments : Si, Al, Ca, Fe, Mg, S, K et Na exprimés sous formes d'oxydes:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{Na}_2\text{O}$  dans le cru.

➤ Détermination de la silice (SiO<sub>2</sub>)

Cette analyse consiste à mettre le filtre récupéré dans un creuset en platine bien propre calciné et taré P<sub>1</sub>, et le placé par la suite dans le four à 1000 C° pendant 30 min.

Après calcination, laisser le creuset se refroidir dans un dessiccateur puis peser P<sub>2</sub>. Une fois les deux pesées réalisées, on utilise la formule ci-dessous pour déterminer le pourcentage de SiO<sub>2</sub>.

$$\% \text{ SiO}_2 = (P_1 - P_2) \times 100$$

➤ Détermination d'oxyde d'aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Dans le cas d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, la détermination du pourcentage est réalisée sur un prélèvement de 100 ml du filtrat récupéré dans une fiole de 500 ml. Par la suite, on ajoute quelque goutte d'acétate d'ammonium jusqu'à coloration bleu vif. Une fois ces opérations achevées, on rajoute quelque gouttes d'acide acétique (5 ml), PAN, complexonate de cuivre chauffer jusqu'à ébullition et doser par l'EDTA (0,03 mol/l).

$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3 = V_{\text{EDTA}} \times \text{FACTEUR}_{\text{EDTA}} \times 0,7647$$

➤ Détermination d'oxyde de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Doser 100 ml de la solution avec quelque goutte de bleu de bromophénol et de NH<sub>4</sub>OH à 50 % jusqu'à obtention d'une couleur bleu vif. On ajoute 20 ml du HCl, 15 ml de la solution tampon à 1.5 et un indicateur de fer. Chauffer à 45 C° et doser par l'EDTA (0,03 mol/l).

$$\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = V_{\text{EDTA}} \times \text{FACTEUR}_{\text{EDTA}} \times 1,1977$$

➤ Détermination de la chaux (CaO)

Cette analyse nécessite 50 ml de la solution. On ajoute par la suite des gouttes d'hélianthine et NH<sub>4</sub>OH à 50 % jusqu'à coloration jaune. A la fin, on rajoute 15 ml TEA, 40 ml NaOH, indicateur de CaO puis doser par l'EDTA (0,03 mol/l) jusqu'à coloration au bleu clair. Pour cela on utilise la formule suivante :

$$\% \text{ CaO} = V_{\text{EDTA}} \times \text{FACTEUR}_{\text{EDTA}} \times 1,6824$$

➤ Détermination d'oxyde de magnésium (MgO)

On mélange 50 ml de solution avec quelque goutte d'hélianthine et de NH<sub>4</sub>OH à 50% jusqu'à coloration jaune. On rajoute 30 ml TEA, 10 ml NH<sub>4</sub>OH pur, quelques gouttes d'indicateur de MgO et doser a la fin par l'EDTA (0,03 mol/l) jusqu'au coloration au vert bouteille.

$$\% \text{ MgO} = V_{\text{EDTA}} \times \text{FACTEUR}_{\text{EDTA}} \times 1,2093$$

## b. Attaque directe

L'analyse du clinker se fait par attaque directe dont la détermination des différents oxydes se fait de la même manière que celle citée dans la fusion alcaline.

c. Détermination du carbonate de calcium (% CaCO<sub>3</sub>)

Il s'agit tout d'abord de construire la courbe d'étalonnage afin de pouvoir déterminer le % CaCO<sub>3</sub> des matières premières.

Dans un premier temps, on doit peser 0,5 g de matière, l'introduire dans un erlene, ajouter 20 ml d'HCl et porter à l'ébullition durant 03 min. On ajoute par la suite 02 à 03 gouttes de phénophtaléine, titrer avec la soude NaOH jusqu'à coloration rose. A la fin, le volume V est noté et on détermine avec la courbe d'étalonnage le pourcentage de CaCO<sub>3</sub>.

$$\% \text{ CaCO}_3 = (-2,5 \times V_{\text{NaOH}}) + 100,50$$

d. Détermination de l'anhydride sulfurique (SO<sub>3</sub>)

Cette analyse nécessite de mettre le filtre récupéré avec son résidu dans un creuset en platine préalablement lavé, séché et pesé (P<sub>1</sub>), calciner au four à moufle pendant 15 min puis refroidir au dessiccateur et peser par la suite (P<sub>2</sub>).

$$\% \text{ SO}_3 = [(P_2 - P_1) \times 0,343 \times 100] / 2$$

## e. Détermination de la Perte Au Feu (PAF)

Pour cela, on doit peser la matière (1g ± 0,05 g = P<sub>1</sub>) et mettre cette dernière dans le four pendant 10 min. Une fois cette étape achevée, on mesure le poids P<sub>2</sub>. La formule suivante nous permet de calculer la perte au feu :

$$\text{PAF} = (P_1 - P_2) \times 100$$

## f. Humidité

L'analyse nécessite de mettre 100 g (P<sub>1</sub>) de matière à l'étuve (annexe, 1A) à 100°C pendant 30 min. Après séchage total, la matière sèche est pesée (P<sub>2</sub>).

$$\% \text{ Humidité} = P_1 - P_2$$

## g. Analyse par fluorescence X

Parmi les progrès réalisés dans le domaine des matériaux de construction, l'application de la spectrométrie de fluorescence X est utilisée pour résoudre les problèmes analytiques.

Les éléments : Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, K et Na exprimés sous les formes oxydées :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  sont déterminés sur échantillon en solution Solide appelé également pastille (annexe, 1B). Leur confection se fait comme suit :

## ➤ Pour les crus et matières premières

Peser 12 g de matière à analyser avec précision de 0,0001 g. Broyer la matière pendant un temps précis (4min). En fin de l'opération du broyage, on récupère toute la matière qui sera introduite dans une pastilleuse pendant 30 secondes sous une force de 20 tonnes. Sécher par la suite la pastille obtenue dans une étuve pendant 15 min. Enfin, récupérer cette dernière pour l'analyser par l'appareil de fluorescence X (annexe, 1C).

## ➤ Pour le clinker

On suit pratiquement les mêmes démarches citées ci-dessus, mise à part, on doit peser 14 g de clinker broyer avec précision de 0,0001 g et mettre encore une fois dans un broyeur ce dernier pendant un temps précis (4 min). En fin de l'opération du broyage, on récupère toute la matière.

## ➤ Pour le ciment

L'analyse consiste à tamiser le ciment à travers un tamis de 50  $\mu\text{m}$ , peser 14 g de ciment avec précision de 0,0001g, broyer la matière pendant 4min. En fin de l'opération du broyage, récupérer toute la matière et introduire cette dernière dans une pastilleuse pendant 30 secondes sous une force de 20 tonnes. L'étape suivante est consacrée au séchage dans une étuve pendant 15 min de la pastille obtenue. Enfin, récupérer cette dernière afin de l'analyser par fluorescence X.

## 2. L'Analyse physico-mécanique

Pour déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du ciment, il existe des essais qui se font sur le ciment, sur pâte (ciment + eau) et sur mortier normalisé (ciment + sable CEN + eau) tels que : surface spécifique de Blaine (SSB), consistance normalisée, temps de prise, stabilité, refus 45  $\mu\text{m}$ , la densité, résistance mécanique à la compression.

Pour mieux comprendre ces essais, on a essayé d'apporter quelques détails pour ces derniers :

- La détermination du Blaine (SSB) se fait à l'aide d'un appareil dit le perméabilimètre de Blaine (annexe, 01D). Cet appareil permet de déterminer la finesse du ciment, par perméabilité à l'air, en mesurant le temps de passage d'une quantité d'air donnée au travers d'un lit de poudre.

- La consistance normale mesuré à l'aide d'un appareil Vicat (annexe, 01E), qui consiste en la détermination de la quantité d'eau qu'il faut ajouter à une quantité de ciment préalablement pesée pour obtenir une pâte ciment dite normale.
- Le temps de prise est déterminé par l'observation de la pénétration d'aiguille de l'appareil de Vicat (annexe, 01E) dans une pâte de ciment de consistance normalisée jusqu'au moment où elle atteint une valeur spécifiée.
- La stabilité est déterminée par l'observation de l'expansion volumique d'une pâte de ciment de consistance normalisée, révélée par un mouvement relatif de deux aiguilles (Appareil Le Chatelier, annexe, 01F).
- L'essai de refus 45 µm a pour but de déterminer le pourcentage des refus de ciment après broyage à l'aide d'un tamis 45 µm (annexe, 01G).
- La densité du ciment est mesurée à l'aide d'un entonnoir, pour déterminer le poids réel du ciment rempli dans les sacs.
- L'essai mécanique à compression a pour but de mesurer la résistance aux différentes contraintes au bout d'un certain temps, on la mesure sur 6 demi-éprouvettes prismatiques 4×4×16 cm<sup>3</sup> (annexe, 01H) cassées par compression.

### III. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

#### A. Contexte géographique

##### 1. Situation générale des Monts de Saïda

Situés au Sud des Monts de Beni Chougrane et au Nord des Hautes Plaines oranaises, les Monts de Saïda sont encadrés par les Monts de Daïa à l'Ouest et les Mont de Djebel Nador (Tiaret) à l'Est (Fig. 1).

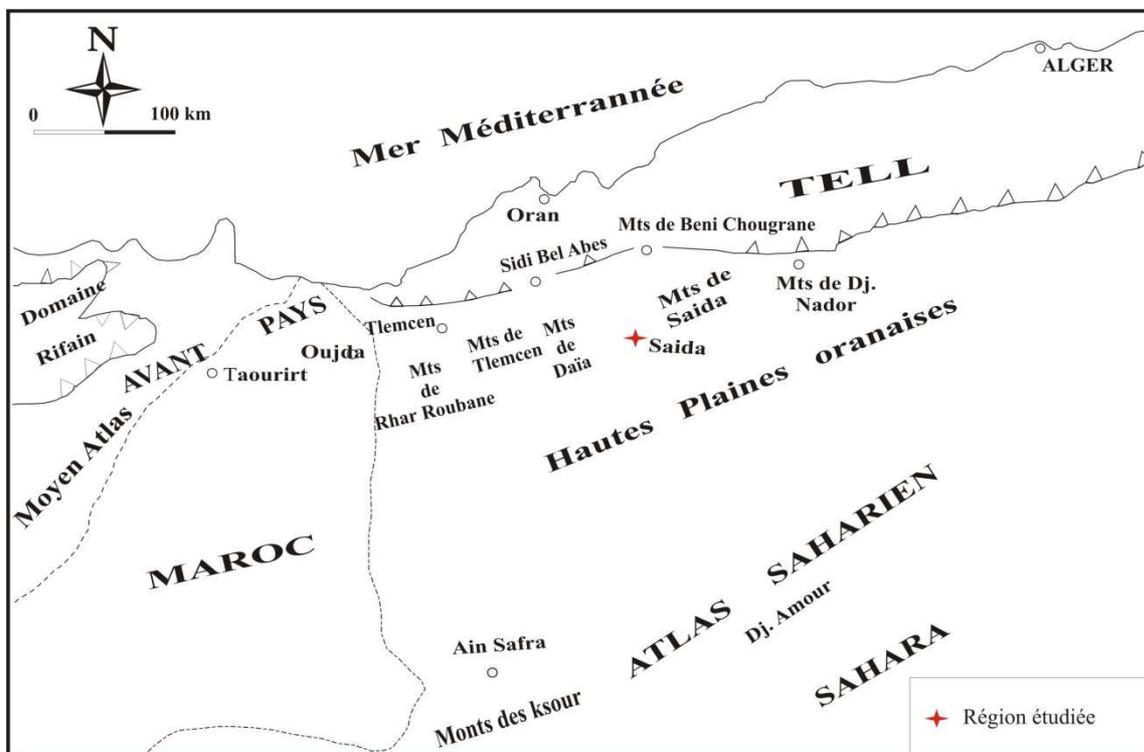


Fig.1- Situation géographique des Monts de Saïda (d'après BENEST et al. 1996, modifiée).

2. Situation géographique de la région d'étude (El Hassasna et Ain El Hadjar)

La région d'El Hassasna est située à 16 km à l'Est de la ville de Saida, elle est limitée au Nord respectivement, par Tircine, Ain Soltane et Ouled Khaled, au Sud-Ouest par Sidi Ahmed, à l'Ouest par la ville de Saida et Ain El Hadjer et enfin à l'Est et Sud-Est par Maamora (Fig. 2).

Par ailleurs, la région d'Ain El Hadjar est située à 10 km au sud de la ville de Saida, elle est limitée au Nord et Nord-Ouest respectivement, par la ville de Saida, Doui Thabet et Youb, au Sud par Moulay Arbi et Sidi Ahmed, au Sud-Ouest par la Wilaya de Sidi Bel Abbès et enfin à l'Est par El Hassasna (Fig.2).

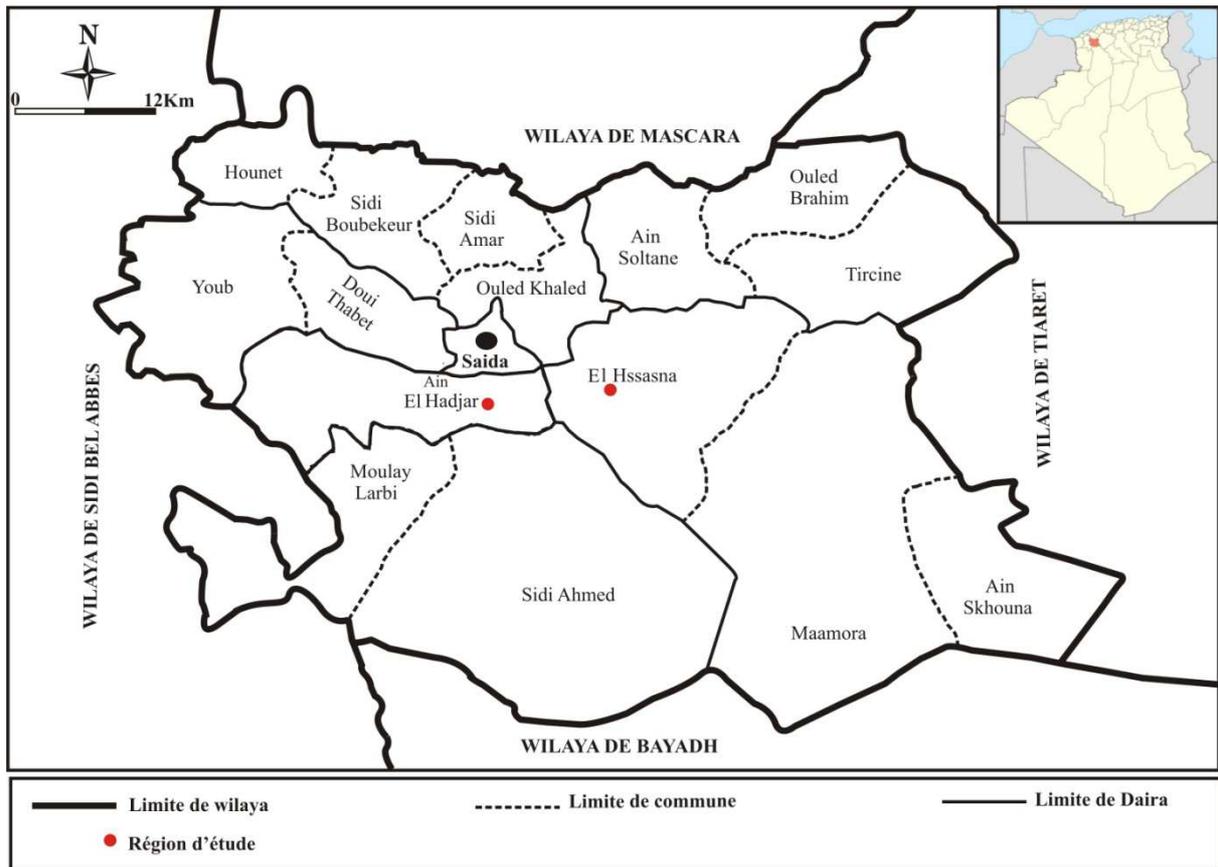


Fig. 2- Situation géographique de la région d'El Hassasna et Ain El Hadjar (modifié).

## B. Contexte géologique

### 1. Les Monts de Saida

#### 1.1. Au plan structural

D'après OUARDAS (1983), les Monts de Saida ont souvent été considérés comme présentant des couches tabulaires. En fait, ils sont fracturés, parfois plissés, pouvant même présenter des structures chevauchantes (AUCLAIR & BIEHLER, 1967; BENEST, 1971-1973) (Fig. 3). Par ailleurs, les structures les plus évidentes sont orientées N60, mais elles sont décalées ou déviées par des décrochements N10-N20 parallèles au «transversales» définies par GLANGEAUD (1951) et réétudié depuis par GUARDIA (1970 -1975) et ELMI (1970, 1973,1978).

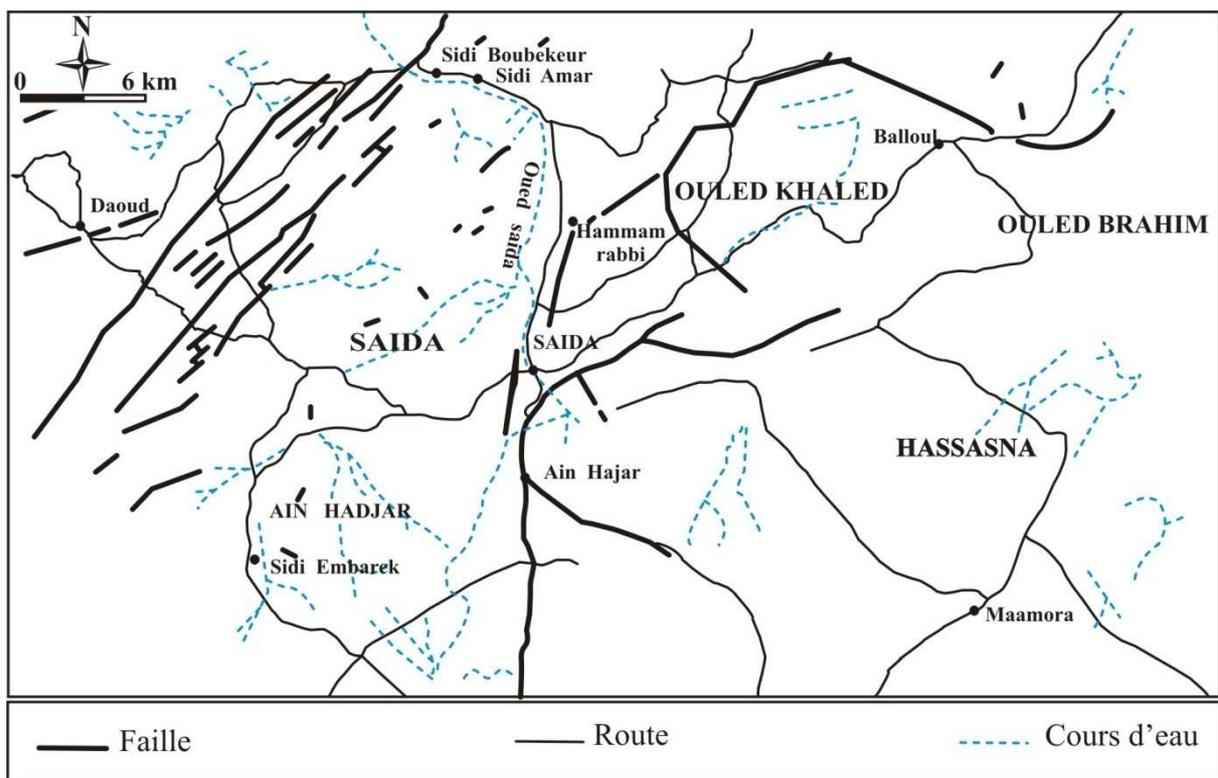


Fig.3- Schéma tectonique de la wilaya de Saida  
(in. OUARDAS, 1983, modifiée).

#### 1.2. Au plan stratigraphique

D'après les travaux géologiques antérieurs de OUARDAS (1983), la série sédimentaire naturelle des Monts de Saida présente dans un ordre descendant, la succession lithostratigraphique suivante :

-**Les dépôts du Trias** : ils sont représentés par des faciès laguno-continentaux, intermédiaires et marins, formés essentiellement par des conglomérats, des argiles, des pélites et des calcaires dolomitiques, accompagnés parfois de roches volcaniques.

-**La dolomie de Tiffrit** : est vraisemblablement d'âge Sinémurien-Caraxien (FLAMAND, 1911). Il s'agit de dolomie secondaire massives à silex, comporte quelque niveaux de calcaire à structure fenêtrées. Leur dépôt s'est donc effectué dans environnement carbonaté de plate-forme interne.

-**Les marno-calcaires du Djebel Keskes** : c'est une alternance de marne verdâtre et de calcaire à ammonites et de nombreux brachiopodes. Ces derniers sont datés du Domérien-Toarcién par FLAMAND (1911), puis par DUBAR (1932). A Saida, ce terme est réduit et dolomitique.

-**Les calcaires d'Aïn Balloul** : ce sont des calcaires massifs pélagiques, localement dolomitiques (Tiffrit, Saida), de texture pelmicritiques à filaments, spicules et parfois à radiolaires. Par endroits s'intercalent des niveaux à cancellophycus, ainsi que des silex. À Saida, ils prennent le faciès des dolomies de Saida ou la dolomitisation irrégulière est due à une diagenèse tardive en liaison avec la tectonique. Les dolomies de Saida ont été attribuées au Bathonien, sans preuve paléontologique directe (CLAIR et FLANDRIEN, 1949). A l'Aïn Balloul, FLAMAND avait déjà reconnu dans des calcaires marneux des faunes mal conservées du Bajocien moyen.

-**Les couches du Ben Kmer** : argiles carbonatées de couleur bleuâtre, auxquelles fait suite une alternance de bancs de calcaires argileux à débit en rognons et de marnes. Vers le sommet ces marnes sont datées au Bajocien supérieur (ELMI, 1972).

-**Les calcaires microgréseux** : très localement au-dessus de la formation précédente existent quelques bancs grésopélitiques de couleur ocre. Ils y représentent vraisemblablement l'équivalent réduit des calcaires micros gréseux du Bathonien des Monts de Tlemcen.

-**Les Brèches phosphatés et ferrugineuses à ammonites** : (LUCAS, 1952), d'âge Callovien inférieur, contiennent des structures stromatolithiques en ovoïdes de grandes dimensions.

-**Les argiles de Saida** : se présentent sous forme d'une alternance de bancs gréseux et d'assises marno-argileuses d'abord vertes puis versicolores. Cette formation est constituée comme Callovo-Oxfordienne depuis les travaux de POMEL (1899). La formation des argiles de Saida montre une large extension d'Ouest en Est dans les Hautes plaines oranaises ou domaine tlemcenien, depuis le plateau de Terni-Mazgout (Maroc oriental au Nord de Guercif), jusqu'à la région de Frenda.

-**Les grès de Sidi Amar** (ex. Franchetti) : cet ensemble est caractérisé par des bancs massifs de grès d'âge Lusitanien à structure entrecroisées (due au phénomène de chenalisations) intercalés d'argile versicolores de puissance très variable. Dans la partie sommitale, les grès de Sidi Amar contiennent des passées calcaires néritiques bien décrites par LUCAS (1942) dans les Monts de Ghar Roubane. Ces calcaires renferment des Polypiers, Lamellibranches, Brachiopodes et Echinides

-**Les dolomies de Tlemcen** : Il s'agit de dolomie massive, atteint 150 m dans la région de Saida. On peut parfois individualiser un ensemble basal ou calcaire de Zarifet (BENEST, 1972) ou calcaires bleus à géodes (DOUMERGUE, 1910) et une assise terminale ou calcaire

de Stah (BENEST, 1972). DOUMERGUE (1910) a daté ces dolomies au Kimméridgien inférieur.

**-Les marno-calcaire de Raourai :** Il, s’agit d’alternance de marne verdâtre et du calcaire marneux dur de couleur verdâtre à rosâtre. C’est une formation plutôt calcaire que marneuse avec une épaisseur de 5 à 80 m en moyenne. Cette formation est datée au Kimméridgien moyen par DOUMERGUE (1910).

**-Les Dolomies de Sidi Boubekeur :** (ex : CHARRIER) c’est un ensemble dolomitique, massif généralement calcaire à la base et puissant de 80 m environ dans la région de Saida. Ces dolomies sont attribuées au Kimméridgien supérieur par DOUMERGUE (1910).

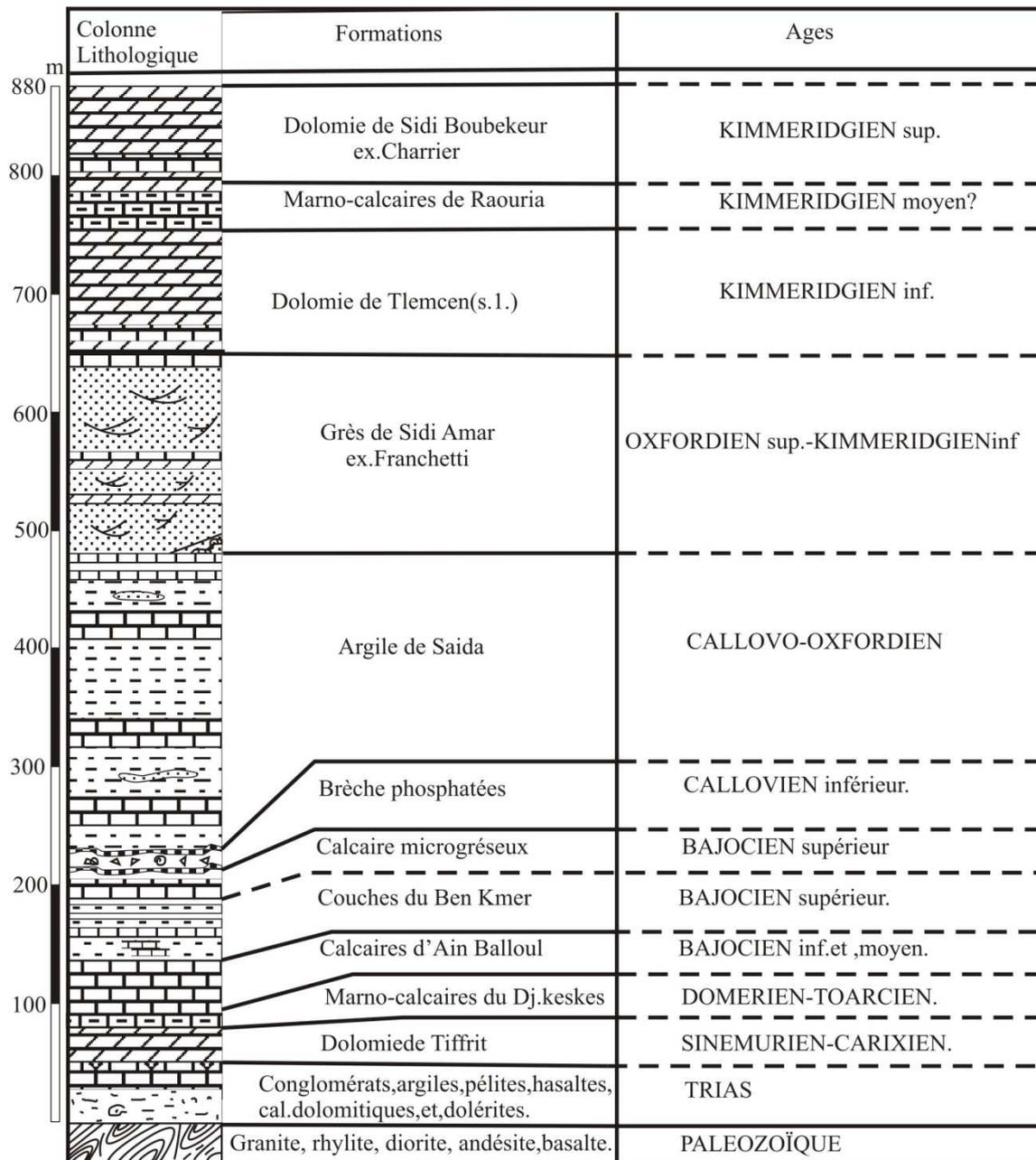


Fig. 4- Log lithostratigraphique type des Monts de Saida (d’après OUARDAS, 1983 Modifié).

2. Cadre géologique de la région d'étude

La région d'étude est constituée principalement par quatre formations, essentiellement carbonatées, on distingue de bas en haut (Fig. 5) :

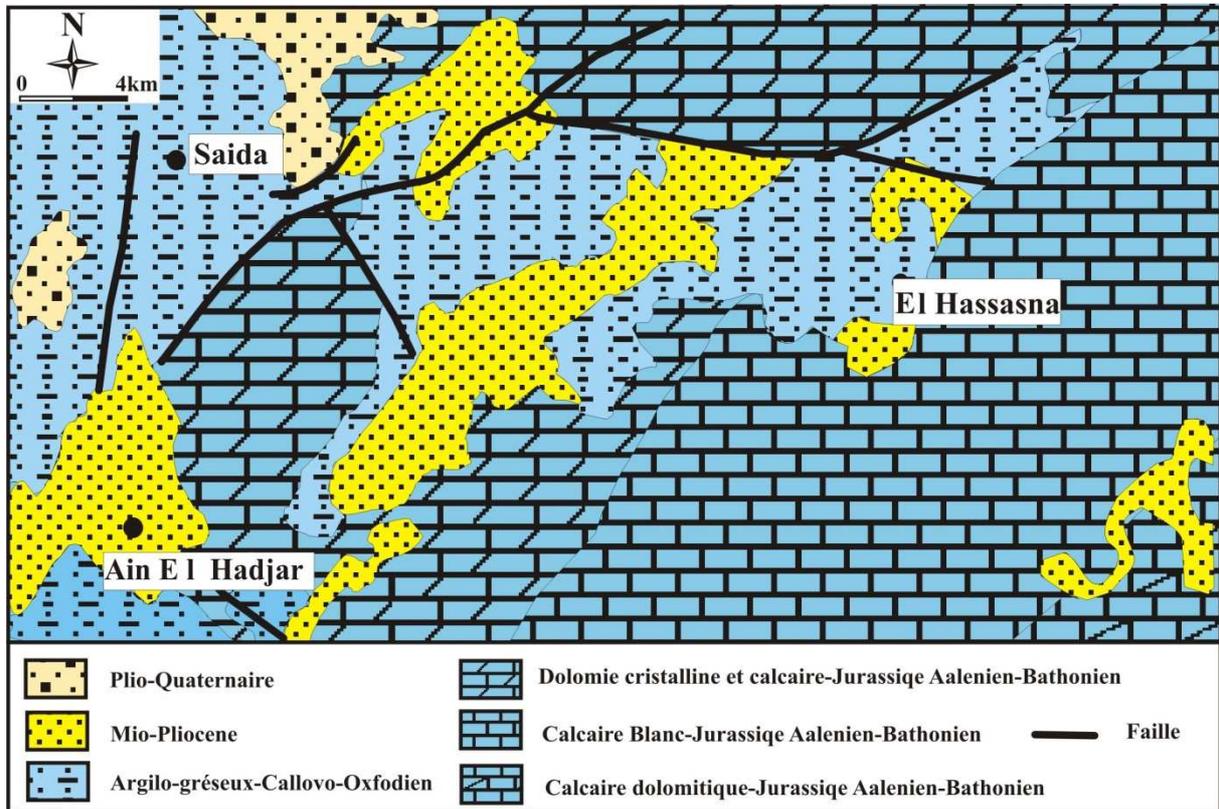


Fig. 5- Carte géologique de la région d'étude (El Hassasna Ain El Hadjar) (d'après DIM, modifié).

**-Calcaire Blanc Aalénien –Bathonien**

Ce sont des calcaires marneux massifs en bancs décimétriques à métriques, de couleur blanchâtre laiteux localement rosâtre.

**-Dolomie cristalline et calcaire Aalénien –Bathonien**

Les dolomies qui la compose cette formation, en grande partie, sont parfois grossièrement cristallines dans leurs parties supérieures en raison d'une dolomitisation tardive. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 150 m dans la région de Saida.

**-Argilo-gréseux Callovo-Oxfordien**

Il s'agit d'une épaisse série argileuse de couleur verdâtre intercalée par des bancs gréseux et admettant par endroit des passées carbonatées. Cette formation est largement représentée dans la région de Saida, avec une épaisseur atteint de 180m.

**-Mio-Pliocène**

Ce sont des marnes argileuses de couleur rouge brique claire, cailloutées, montrant à la base un niveau conglomératique important. Ce dernier constitué souvent par de gros éléments mal roulés provenant de l'altération du substratum, la partie supérieure est essentiellement marneuses, de teinte brique ou ocre. (CLAIR, 1952).

## I. INTRODUCTION

Afin d'évaluer la qualité de la matière première exploitée pour la cimenterie de Saida, une étude pétrographique et géochimique détaillée a été réalisée sur deux gisements. Il s'agit la Carrière du Calcaire blanc d'El Hassasna et la carrière d'Argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar). L'objectif principal de ce chapitre consiste à étudier les principales caractéristiques pétrographiques surtout pour la carrière du Calcaire Blanc (nature pétrographique, la couleur, structures sédimentaires, etc...) d'une part et à l'analyse des données géochimiques provenant des deux carrières d'autre part.

## II. ETUDE DE CARRIERE DU CALCAIRE BLANC D'EL HASSASNA



Fig. 6- Vue panoramique de la carrière du Calcaire Blanc d'El Hassasna.

### A. Situation géographique de carrière d'El Hassasna

La carrière du Calcaire Blanc d'El Hassasna est située à 1,5 km au Sud-Est de la cimenterie de Saida, plus exactement à 4,5 km au Sud de la localité d'El Hassasna et à 19 km au Sud-Est de la ville de Saida (fig. 7). Elle est limitée au Nord par Bled el Hadjar, au Sud par Djebel Boumia, à l'Ouest par Ghabet et Touis et enfin à l'Est par la route national N° 92 (fig. 8). Cette dernière s'étale sur une superficie de 166 ha, dont 40 % font l'objet de l'exploitation actuelle.

Par ailleurs, les réserves de calcaire sont estimées à 140 millions de tonnes (Rapport SCIS inédit ,2014).



Fig.7- Situation géographique de la carrière de Calcaire Blanc d’El Hassasna (Google Earth).

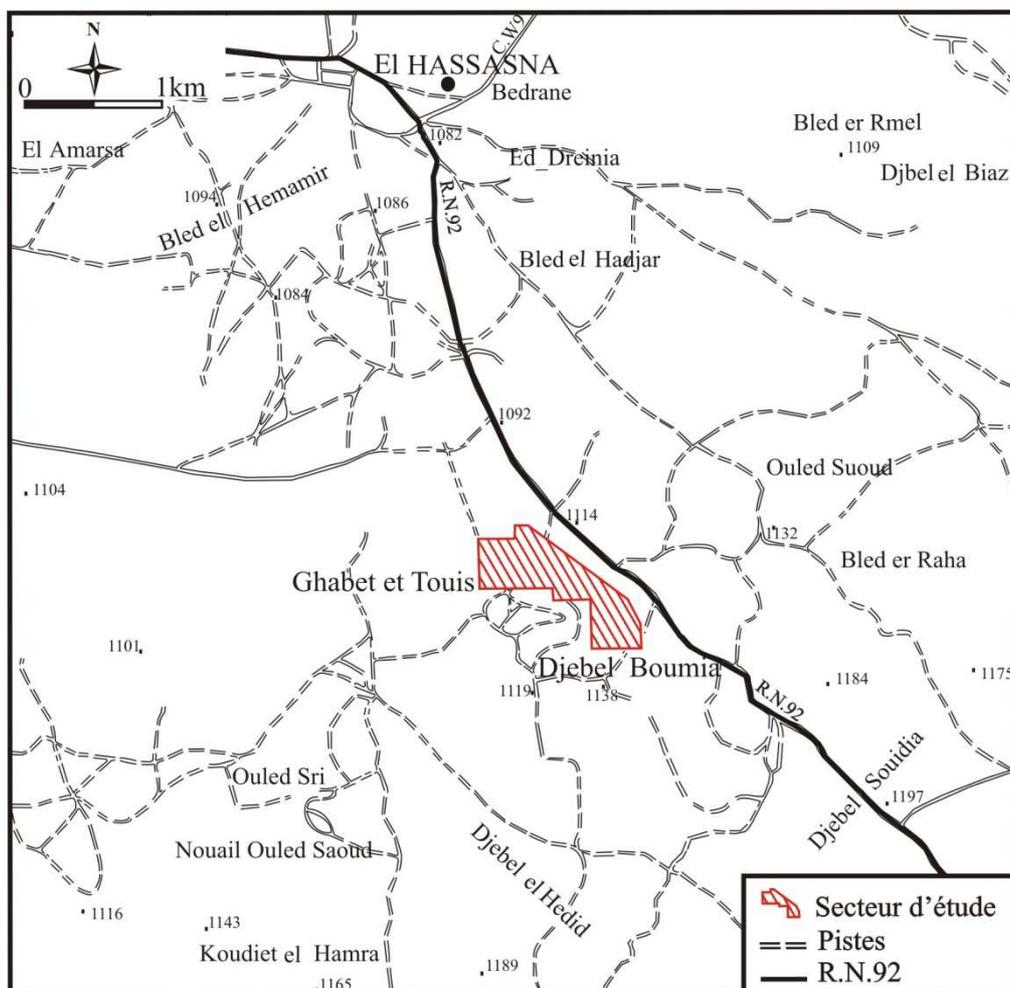


Fig. 8 - Situation géographique de la carrière du Calcaire Blanc d’El Hassasna (d’après Rapport C.E.T.I.M. inédit, 2014).

### B. La géologie du gisement de la carrière d'El Hassasna

La formation géologique qui constitue le gisement est représentée par des calcaires microcristallins durs de couleur blancs laiteux localement rosâtres, d'âge Jurassique moyen (Bathonien ?). C'est un calcaire fissuré en diaclases sous des effets tectonique (fig. 5). Ce gisement est constitué par des calcaires qui reposent sur des argiles plastiques et sur des dolomies. Par ailleurs, les couches de calcaires plongent vers le Nord avec un pendage de 5 à 12° (Rapport SCIS inédit, 2014).

### C. La structure de gisement de la carrière d'El Hassasna

Ce gisement de calcaire se caractérise par une structure tabulaire présentant un pendage doux de 2 à 3° avec un azimut de 60 à 70. Au niveau de cette carrière, nous avons pu distinguer une intense fracturation subverticale (annexe, 2A) affectant les bancs.

### D. Etude pétrographique

Les gradins étudiés sont situés dans la partie Sud de la carrière. Ils sont formés essentiellement par une succession des bancs de calcaires marneux, d'épaisseurs centimétriques à métrique, de couleur généralement blanc.

#### 1. Premier gradin (hauteur = 7,5 m)



Fig. 9- Vue panoramique de premier gradin.

Ce gradin est constitué de bas en haut par la succession suivante :

- une couche de marne de couleur rougeâtre à verdâtre, d'épaisseur de 0,5 m.
- une succession de sept bancs décimétriques (0,20 à 0,50 m) de calcaires marneux compacts (présence des stylolithes) essentiellement crayeux, à ciment micritique. Ces calcaires sont bioturbés et de couleur blanchâtre à rougeâtre à la patine et blanchâtre à rosâtre à la cassure, contiennent souvent de nombreux bioclastes (fragment de bivalves). Notons aussi que ces calcaires présentent des traces dendrites (annexe, 2B).
- Une couche de marne indurée de couleur verdâtre à taches rosâtres, d'épaisseur de 1,5 m.

-Trois bancs de calcaire marneux bioturbés, de couleur verdâtre à la cassure et à la patine, leurs épaisseur est de 1 m et renferme des bioclastes (fragments de bivalves). Suivi par des bancs décimétriques de calcaires bioclastiques (fragment de bivalves et oursins), de couleur verdâtre à la cassure et rougeâtre à verdâtre à la patine.

Age	Formation	Echelle	Colonne lithologique	Illustration photographique	Description
Jurassique moyen	Calcaire Blanc d'El Hassasna	7,5m			Un ensemble des bancs de calcaire marneux verdâtre à la cassure et rougeâtre à verdâtre à la patine.
		7			Banc de calcaire renfermant des traces dendrites.
		6			
		5			
		4			
3					
2					
1					
0					
					Calcaire marneux crayeux de couleur blanchâtre à rougeâtre à la patine et blanchâtre à rosâtre à la cassure.
					Marne rougeâtre à verdâtre, de 0,5m d'épaisseur.

Fig. 10- Représentation de la colonne lithologique de premier gradin.

2. Deuxième gradin (hauteur = 7,5 m)

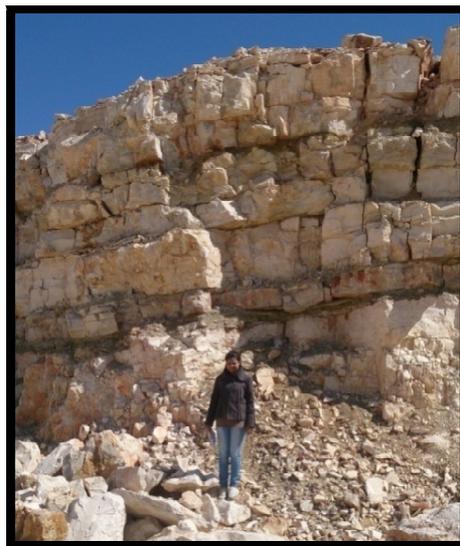


Fig. 11- Vue panoramique de deuxième gradin.

Ce gradin est représenté par des bancs décimétriques à métriques de calcaires marneux blanchâtre à la cassure et verdâtre à rougeâtre à la patine, bien stratifiés, affectés par des bioturbations et des stylolithes horizontaux (Annexe, 2C). Il s'agit essentiellement de calcaires bioclastiques à aspect crayeux, très riches en traces dendrites. Par endroits ces calcaires présentent des laminites planes (annexe, 2D).

Notons aussi que les bancs de calcaires sont séparés par des joints marneux, d'épaisseur centimétrique et de couleur verdâtre à jaunâtre et à taches rougeâtres.

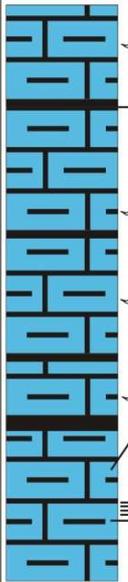
Age	Formation	Echelle	Colonne lithologique	Illustrations photographiques	Description
Jurassique moyen	Calcaire Blanc d'El Hassasna	7,5m 7 6 5 4 3 2 1 0		 	Joint de marne indurée de couleur verdâtre à jaunâtre à taches rougeâtres, d'épaisseur centimétrique.  Banc de calcaire stylolithisés.  Calcaire marneux crayeux de couleur blanchâtre à la cassure et verdâtre à rougeâtre à la patine présente des laminites.

Fig.12- Présentation de la colonne lithologique de deuxième gradin.

3. Troisième gradin (hauteur = 14 m)



Fig.13- Vue panoramique de troisième gradin.

Il correspond à un empilement de douze bancs décimétriques à métriques de calcaires marneux à la patine rougeâtre à verdâtre et verdâtre à la cassure, à aspect crayeux. Localement, les sédiments sont bioturbés et stylolithés. Parmi les organismes, on note la présence des débris de bivalves (annexe, 2E), par contre, les premiers bancs renferment des géodes de calcite et des traces dendrites. Ces bancs de calcaires sont séparés par des joints centimétriques remplie par des marnes.

Ce gradin est affecté par des fractures subverticales indiquant que cette région est soumise aux jeux des failles. Ces dernières sont bien représentées sur la Carte géologique de la région d'étude, (fig. 5).

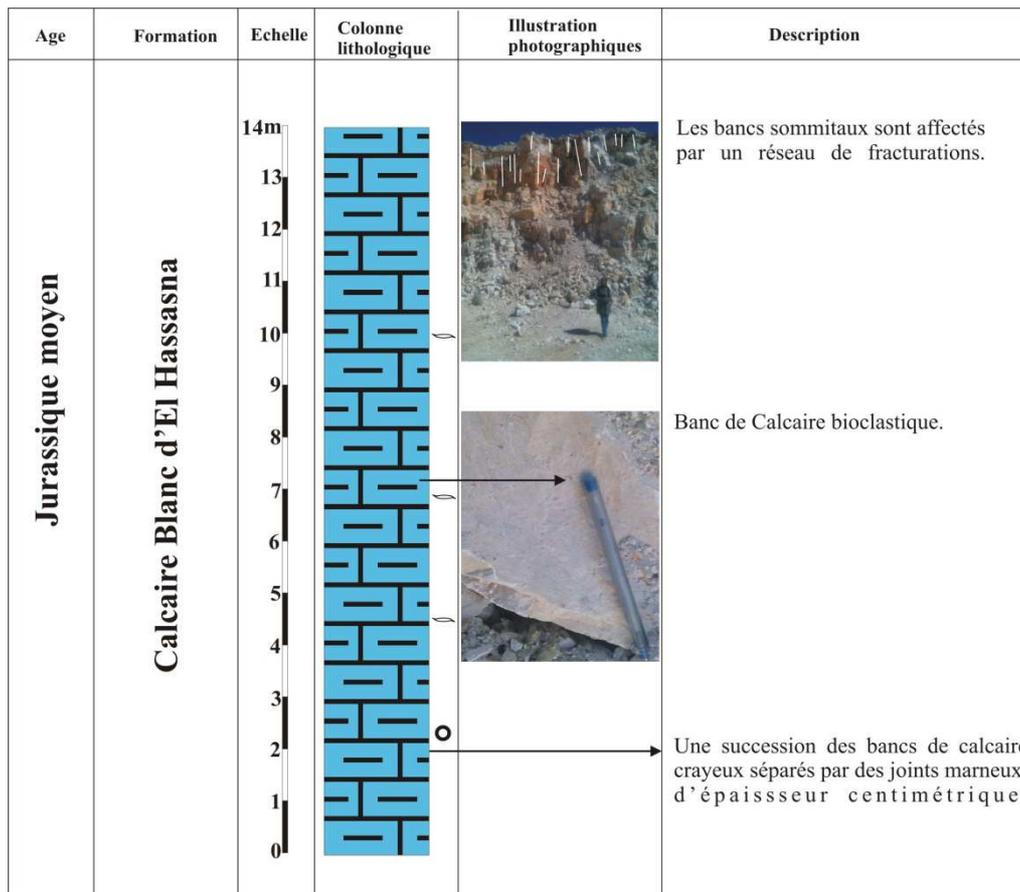


Fig.14- Présentation de la colonne lithologique de troisième gradin.

**E. Analyse chimique de Calcaire Blanc d'El Hassasna**

1. Analyse chimique ancienne (1974)

La composition chimique moyenne des calcaires est la suivante :

Eléments majeurs (%)					Eléments mineurs (%)				(%)
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	Total
3,300	0,800	0,500	52,200	0,600	0,270	0,220	0,250	0,016	58,156

Tabl.1- Analyse chimique de Calcaire Blanc du gisement d'El Hassasna. (Rapport SCIS inédit, 1974).

2. Analyse chimique récente

Nous avons choisi les résultats d'analyse chimique de trois échantillons qui ont été sélectionnés par (SCIS), les valeurs ainsi obtenues de CaCO<sub>3</sub> montrent un taux de carbonate nettement élevé (supérieur à 85%). La composition chimique de chaque échantillon est donnée dans le tableau ci-dessous.

N° d'éch.	Eléments majeurs (%)					Eléments mineurs (%)				Total (%)		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
1	0,900	0,500	0,300	53,690	0,330	0,023	0,116	0,210	0,000	43,500	99,570	0,300
2	3,700	1,500	0,520	50,600	0,300	0,080	0,051	0,060	0,000	42,900	99,711	1,100
3	4,850	1,570	0,730	47,040	0,320	0,269	0,048	1,180	0,000	41,100	97,107	3,500

Tabl. 2- Analyse chimique de Calcaire Blanc du gisement d'El Hassasna.

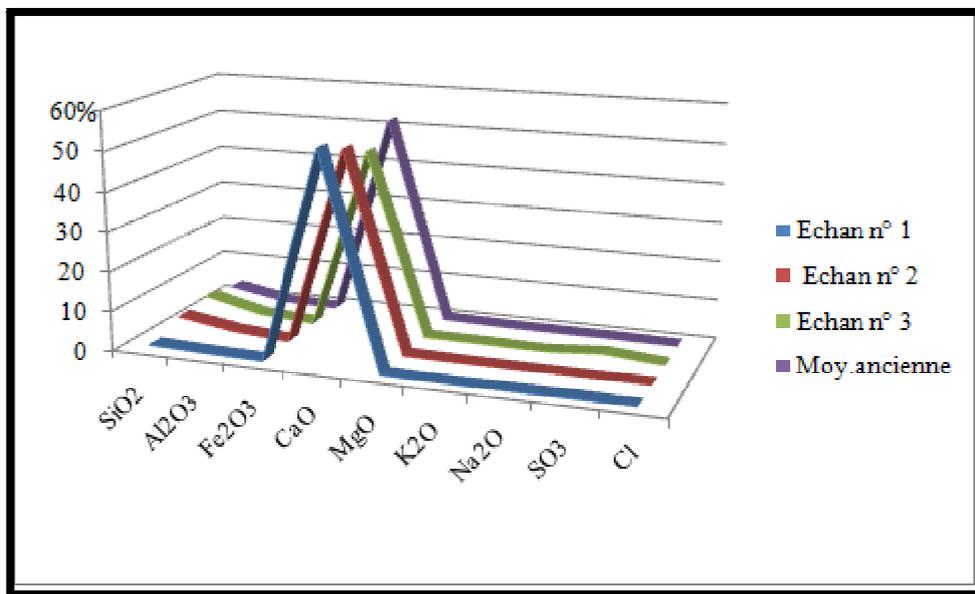


Fig.15- Courbes des analyses chimiques de Calcaire Blanc d'El Hassasna.

L'interprétation des analyses chimiques ancienne et récentes (fig. 15), nous a permis de remarquer que le pourcentage de CaO au niveau de la carrière de Calcaire Blanc d'El Hassasna est supérieur à 30 %, donc ce Calcaire Blanc répond à l'exigence de cimenterie pour utiliser comme matière première.

**III. ETUDE DE GISEMENT D'ARGILE DE KOUDIAT ETTINE (AIN EL HADJAR)**

**A. Situation géographique**

La carrière d'Argile est située à environ 2,5 km à l'Est d' Ain El Hadjar, au bord de la route Wilaya N° 81 et à 15 km au Sud-Ouest de la cimenterie de Saida, (fig. 16). Ses réserves sont estimées à 20 millions de tonnes.

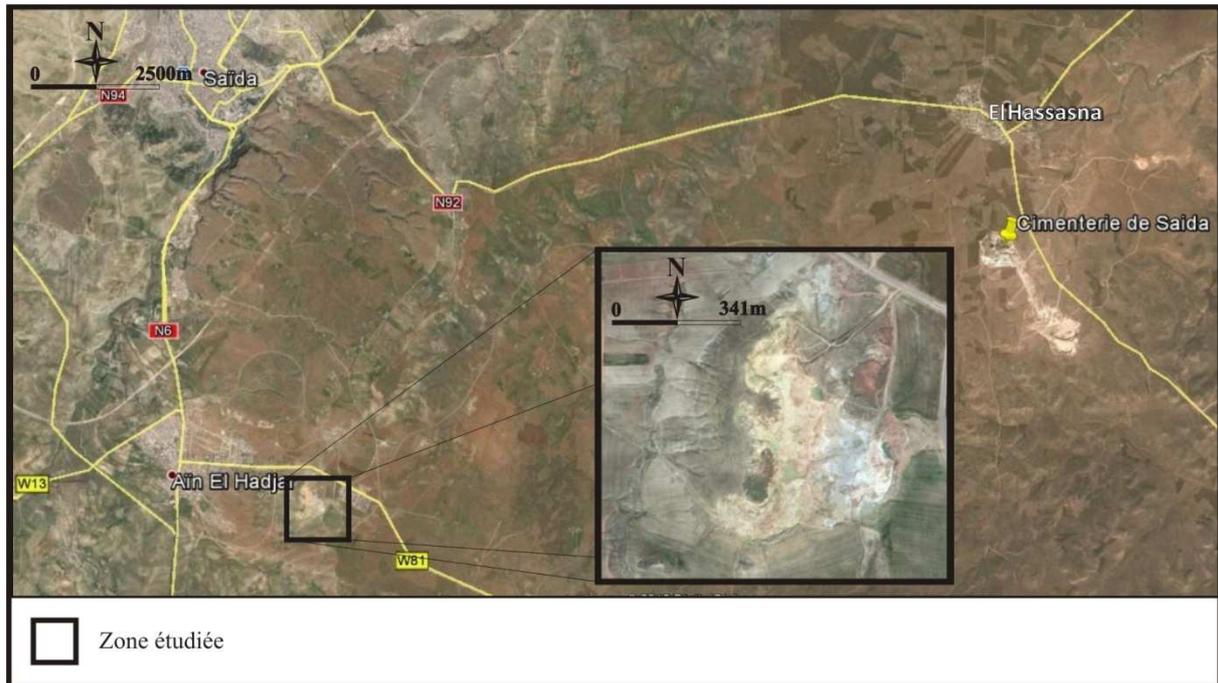


fig.16- Situation géographique de la carrière d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).

### B. Géologie de gisement

D'après le rapport de la SCIS (année 2011), la carrière de Koudiat Ettine est représentée par une combe argileuse où sont intercalés des grès fins d'épaisseur centimétrique à décimétrique de couleur généralement grisâtre. Notons ici l'absence de ces argiles dans toutes les cartes géologiques de Saïda.

La description lithologique du gisement se traduit de bas en haut comme suit :

- Une Puissante combe d'argile (50 m) non altérée, de couleur grisâtre où sont intercalés des grès fins. Ces grès renferment des brachiopodes.
- Une couche d'argile altérée plus au moins carbonatée, de couleur jaunâtre à brunâtre et son épaisseur varie de 5 à 10 m.
- Le sommet de cette carrière est clôturé par une barre gréseuse, d'épaisseur qui varie de 0,5 à 3 m.

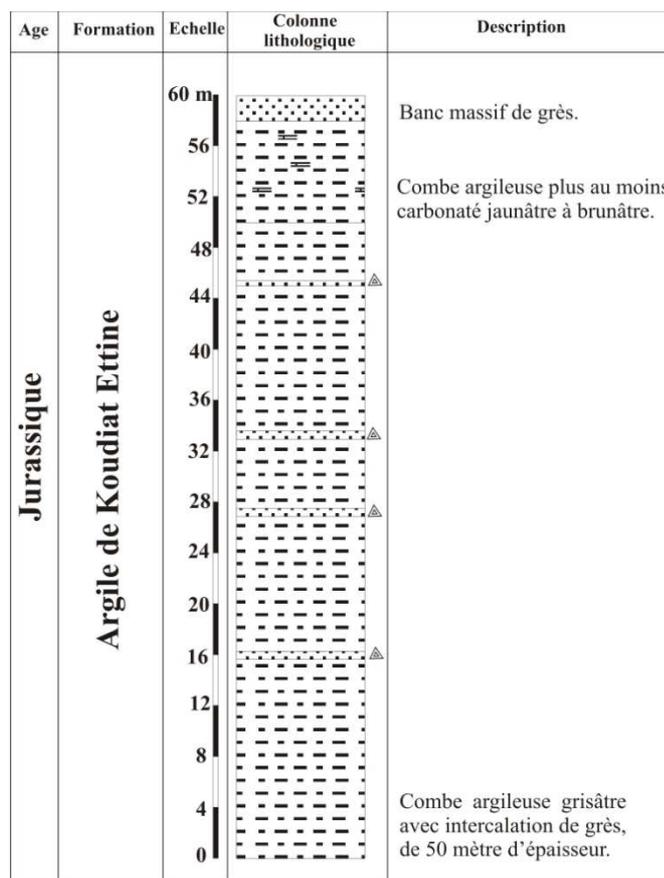


Fig. 17- Colonne lithologique de gisement d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).

**C. Analyse géochimique des argiles de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar)**

1. Diffraction de rayons X d'argile de Koudiat Ettine

Dix échantillons ont été sélectionnés pour analyse au RX au laboratoire de C.E.T.I.M. (2013), les résultats obtenus sont représentés sur le tableau suivant :

Minéraux	Composition minéralogique en % des échantillons									
	Ech.1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Ech.6	Ech.7	Ech.8	Ech.9	Ech.10
Quartz	23	14	20	20,5	15,5	13	24	06	15	20
Calcite	15	22	23	20	24	54.5	11	50	05	27
Dolomite	-	03	03	04	-	07	-	08	-	03
Feldspath k (orthoclase)	10	10	10	11	09	-	09	07	13	09
Illite	21	16	16	17	14	14	18,5	09	20	16
Kaolinite	12	15	14	14	13	08	14	16	17	11
Chlorite	11	-	07	07	-	-	-	-	-	7.5
Montmorillonite	-	14	-	-	15	-	18	-	19	-
Minéraux Ferrugineux (Hématite) +autres	08	06	07	06,5	09,5	03,5	05,5	04	10	06,5
Anatase	trace	trace	trace	trace	trace	-	trace	-	01	-

Tabl. 3- Analyse minéralogique au RX des Argiles de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).

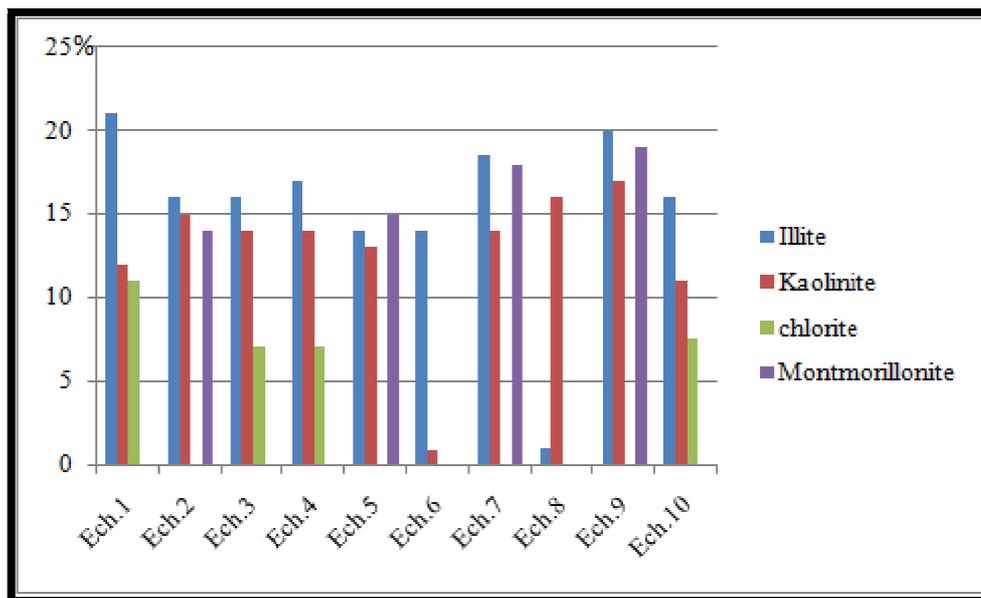


Fig. 18- Courbes des analyses des minéraux argileux des argiles de Kouidiat Ettine (Ain El Hadjar).

Les résultats des analyses minéralogiques (fig. 18) ont montré que les argiles constituant le gisement de Kouidiat Ettine sont de type 1/1 (kaolinite) et 2/1 (illite-chlorite-montmorillonite).

2. Analyse chimique d’argile de Kouidiat Ettine (Ain El Hadjar)

L’industrie cimentière ne fixe pas des exigences bien strictes envers les matières premières utilisées en tant que sous dosé pour la fabrication du ciment gris. Néanmoins tout aluminosilicates argileux ayant une composition chimique pouvant se combiner à celle d’un calcaire pour donner un clinker adéquat peut être utilisée pour la production du ciment gris dans toute sa gamme variée.

Ainsi, les teneurs généralement acceptées se situent au tour des standards qui sont figurés dans le tableau suivant :

Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl
Tolérance	>45%	11 à 20%	<15%	<3,5%	<3,5%	<2%	<0,015%

Tabl. 4- Les teneurs standards d’argile de SCIS.

➤ Analyse chimique ancienne (1974)

La composition chimique moyenne des argiles est la suivante :

Eléments majeurs (%)					Eléments mineurs (%)				(%)
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	Total
52,500	13,600	6,000	8,600	2,200	3,100	0,100	0,610	0,010	86,720

Tabl. 5- Analyse chimique d’argile de Kouidiat Ettine (Ain El Hadjar) (Rapport SCIS inédit, 1974).

➤ Analyse chimique récente

La composition chimique de trois échantillons d'argile est la suivante :

N° d'éch.	Eléments majeurs (%)					Eléments mineurs (%)				(%)		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
1	47,100	13,570	7,100	9,710	1,580	2,611	0,270	0,140	0,000	14,900	96,981	12,500
2	52,700	15,200	7,800	6,700	1,990	2,746	0,254	0,170	0,000	11,500	99,060	10,200
3	56,380	16,140	8,260	4,290	2,110	2,837	0,254	0,210	0,000	8,500	98,981	8,000

Tabl. 6- Analyse chimique d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).

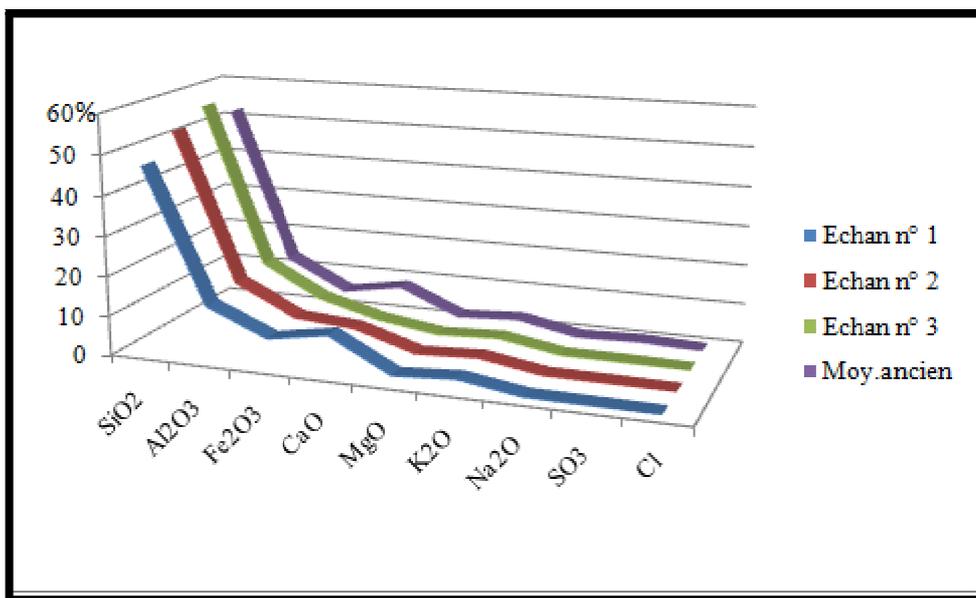


Fig. 19- Courbes des analyses chimiques d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).

D'après la comparaison entre les teneurs standards d'argile (tabl. 4) et les analyses ancienne et récente (fig. 19), la composition chimique pondérée du gisement, notamment les teneurs des oxydes essentiels telques le SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (fig. 19) sont dans les standards admissible, ces résultats montre que l'argile de Koudiat Ettine est apte à être utilisée comme sous dosé pour la production de ciment.

3. Essai physique d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar)

➤ Poids volumique

Le poids volumique a été déterminé à la base de dix échantillons analysés au laboratoire de C.E.T.I.M., caractérisant les différentes variétés de faciès, dont les résultats son indiqués dans le tableau suivant :

N° Ech.	P.V. (Kg /m <sup>3</sup> )
1	2055,8
2	1916,8
3	2308,1
4	2184,0
5	2044,3
6	2365,8
7	2179,9
8	2400,2
9	2106,1
10	2353,2
<b>P.V. moyen</b>	2,2 t/m <sup>3</sup>

Tabl. 7- Poids volumique d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).  
(Rapport de C.E.T.I.M. inédit, 2013).

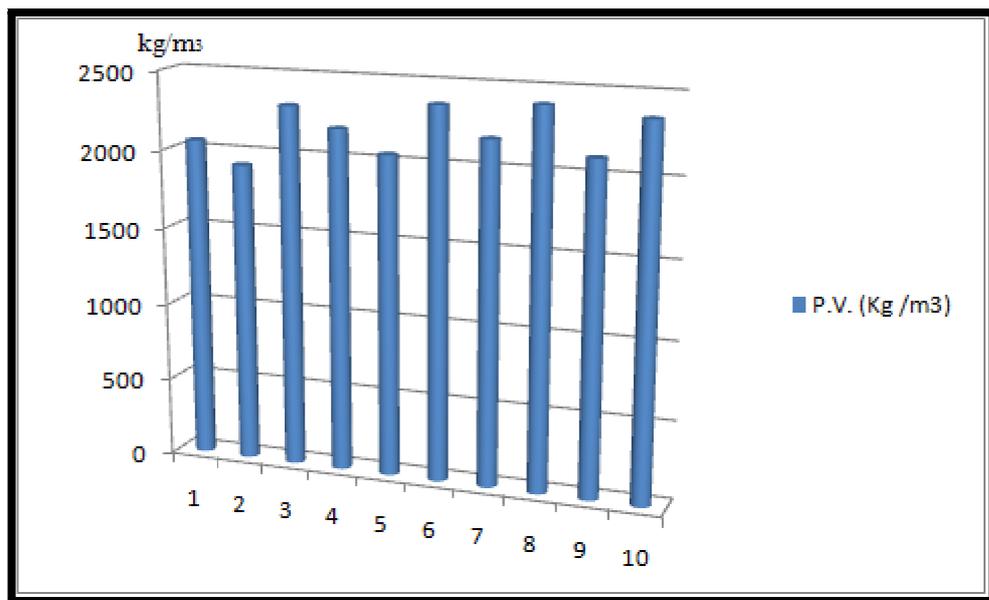


Fig. 20- poids volumique de dix échantillons d'argile de Koudiat Ettine  
(Ain EL Hadjar).

Les mesures de poids volumique enregistrées pour les échantillons des argiles saines (3, 4, 6, 7, 8, 10) sont plus élevées et varient entre 2179,9 à 2400,2 kg/m<sup>3</sup>. Tandis que, pour les échantillons d'argiles altérées (1, 2, 5, 9) nous avons enregistré des mesures comprises entre 1916,8 et 2179,9 kg/m<sup>3</sup> (fig. 20). Il est à noter que le poids volumique moyen est de 2,2 t/m<sup>3</sup> (Tabl. 7).

## I. INTRODUCTION

Le présent chapitre est consacré à l'analyse des données géochimique (données du produit final) provenant par le mélange de deux matières premières principales Calcaire Blanc d'El Hassasna et l'argile de Koudiat Ettine, qui permettent de constituer un cru binaire (78 à 79% de calcaire et 21 à 22% d'argile).

On désigne par le mot produit final ou encore par le terme «ciment» tout liant hydraulique, c'est-à-dire une matière inorganique finement moulue qui gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit.

La chimie du ciment se construit essentiellement à partir des 4 oxydes majeurs CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Ces derniers sont présentés dans les matières premières, et qui vont former par la suite les silicates et les aluminates de calcium du clinker.

## II. COMPOSITION MINERALOGIQUE DE CIMENT

Le composé principal du ciment est le clinker. Il confère au ciment ses propriétés mécaniques. L'interprétation des données minéralogiques du clinker, nous a permis d'identifier quatre (04) types de minéraux formant le clinker étudié. Ainsi, nous distinguons :

- Le silicate tricalcique (3CaO SiO<sub>2</sub>) ou appelée par les cimentiers Alite. Sa notation cimentière est (C<sub>3</sub>S) ;
- Le silicate bicalcique (2CaO SiO<sub>2</sub>), appelée par les cimentiers Bélite. Sa notation cimentière (C<sub>2</sub>S) ;
- L'aluminate tricalcique (3CaO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), appelée par les cimentiers Aluminate. Sa notation cimentière (C<sub>3</sub>A) ;
- L'alumino-ferrite tetracalcique (4CaO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) appelée par les cimentiers ferrite. Sa notation cimentière (C<sub>4</sub>AF).

## III. PROCESSUS DE FABRICATION

A chaque étape de processus de fabrication, des analyses chimiques ont été effectués par le laboratoire spécialisé de SCIS sur le cru (tabl. 8) pour vérifier si la composition est conforme au cahier des charges, sur le clinker (tabl. 9) pour vérifier sa composition et certains paramètres de cuisson, sur le ciment (tabl. 10) pour en accepter la commercialisation et vérifier leur conformité aux normes en vigueur et même sur les ajouts (minerai de fer, gypse, pouzzolane) (tabl. 11, 12, 13).

Analyse chimique de cru												
Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
Moy.24h(%)	14,34	3,63	2,30	43,01	0,49	0,69	-	0,00	0,00	35,35	99,81	2,12

Tabl. 8- Analyse chimique de cru de SCIS.

Analyse chimique de clinker												
Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
Moy.24h(%)	22,20	6,06	3,17	66,05	1,18	-	-	0,17	0,00	0,96	99,79	-

Tabl. 9- Analyse chimique de clinker de SCIS.

Analyse chimique de ciment												
Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
Moy.24h(%)	18,17	5,59	2,79	62,51	1,19	-	-	2,43	0,00	7,69	100,37	-

Tabl. 10- Analyse chimique de ciment de SCIS.

Analyse chimique de minerai de fer												
Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	total	HM
Ech. 1	16,810	2,830	43,870	14,810	0,400	0,446	0,001	0,310	0,000	17,900	97,067	2,900
Ech. 2	15,800	1,250	48,300	13,200	0,310	0,180	0,220	0,210	0,000	19,120	98,590	4,710
Ech. 3	18,600	1,400	46,200	14,500	0,250	0,190	0,210	0,180	0,000	17,400	98,930	6,800

Tabl. 11- Analyse chimique de minerai de fer de SCIS.

Analyse chimique de minerai de gypse												
Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
Ech. 1	5,220	1,150	0,490	30,620	0,100	0,306	0,490	38,480	0,000	21,920	98,776	2,900
Ech. 2	6,910	1,490	0,460	30,430	0,290	0,366	0,690	36,070	0,000	21,500	97,916	2,900
Ech. 3	3,430	0,710	0,070	30,070	0,000	0,184	0,679	40,340	0,000	22,100	97,583	2,400

Tabl. 12- Analyse chimique de minerai de gypse de SCIS.

Analyse chimique de minerai de pouzzolane												
Eléments	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Cl	PAF	Total	HM
Ech. 1	54,370	12,300	7,860	11,540	3,260	0,772	2,277	0,320	0,000	7,700	100,399	6,190
Ech. 2	53,410	14,270	7,810	11,990	3,160	0,759	2,327	0,330	0,000	7,350	101,406	6,700
Ech. 3	56,250	13,130	8,340	10,210	3,170	0,727	2,786	0,290	0,000	5,100	100,003	4,800

Tabl. 13- Analyse chimique de minerai de pouzzolane de SCIS.

Nous allons décrire dans le détail le procédé de fabrication de ciment par voie sèche de la cimenterie de Saida. Les différentes étapes de la fabrication sont les suivantes :

### A. Extraction des matières premières

La cimenterie de Saida dispose de deux carrières à ciel ouvert :

#### 1. Carrière de calcaire

Le matériau est extrait par abattage au moyen d'explosifs (annexe, 3A). Après le forage de trous par des sondeuses, ces matériaux obtenus sont sous forme de blocs de dimensions très variés.

Le chargement de roches abattues se fait par des pelles mécaniques (chargeuses), ensuite la pierre est chargée sur des camions qui la transportent à un concasseur primaire à mâchoires doté d'un marteau rotatif (annexe, 3B). Ce concasseur est relié à l'usine par une bande transporteuse.

#### 2. Carrière d'argile

Ces matières tendres sont extraites sans explosif. Cette matière première est exploitée par pelles mécaniques chargée sur des camions qui la transportent à l'usine, ensuite l'argile est reprise par un alimentateur à tabliers sous une trémie spéciale pour être concassée avec un concasseur à cylindre.

Après le concassage de ces deux constituants de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm.

## **B. Préparation des matières premières et des adjuvants correcteurs (préhomogénéisation)**

### 1. Section calcaire

Le calcaire concassé est transporté à hall de stockage (annexe, 3C). Il est ensuite extrait par un appareil de reprise pour être acheminé vers l'atelier de broyage par transporteur à courroie.

### 2. Section argile

L'argile concassée est ensuite transportée à hall de stockage. Elle est par la suite, reprise par un récupérateur à roupelles pour être amené à l'atelier de broyage.

### 3. Section ajout

La cimenterie de Saida est approvisionnée par le minerai de fer de Béni Saf de granulométrie 0-25 mm (annexe, 5A), Le gypse (annexe, 5B) utilisé comme régulateur de prise provient d'Oran (Arzew) et la Pouzzolane est ramenée de Béni Saf.

Le minerai de fer, le gypse et la Pouzzolane sont transportés par wagons ou par camions au site de l'usine pour être stockés à hall de stockage.

Le minerai de fer est transporté à la trémie d'alimentation du broyeur du cru, le dosage de minerai de fer est 1%.

Le gypse et la pouzzolane sont extraits par le même appareil et sont transportés aux trémies d'alimentation du broyeur du clinker.

## **C. Concassage, séchage, broyage et préparation du cru**

Le calcaire et l'argile repris sur hall de stockage sont acheminés à la trémie d'alimentation du broyeur.

Le mélange, ensuite est cheminé jusqu'au concassage sécheur par le transporteur à courroie. Dans le concassage-sécheur, les matières premières sont séchées au moyen des gaz chauds venant du four afin de diminuer la quantité d'eau qui s'y trouve. En même temps, le mélange est concassé pour obtenir "le mélange cru "d'une granulométrie 0-7mm.

Le mélange cru est broyé au moyen d'un broyeur (annexe, 3D) dont le but est de diminuer ses dimensions sous forme de «farine». A la sortie du broyeur, la farine crue (annexe, 5C) finement broyée est séparée dans un électrofiltre, dans lequel les gaz du four sont dépoussiérés en même temps.

Cet électrofiltre sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur.

La farine crue est transportée vers les silos d'homogénéisation et de stockage (annexe, 3E).

À ce niveau, la correction de la composition de la farine est possible.

### D. Préchauffage de la farine crue

La farine crue est préchauffée dans un préchauffeur à suspension. Ce préchauffage est une succession d'échangeurs à cyclones, qui chauffent progressivement la farine arrivant par le haut, de 50°C jusqu'à 850°C. Il permet la décarbonatation partielle de la farine crue.

### E. Cuisson de la farine crue

La farine crue est introduite dans un four rotatif (annexe, 4A).

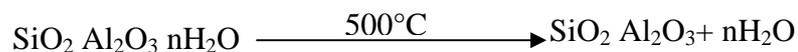
Le four est un tube légèrement incliné garni de réfractaires. La farine traverse le four dans le sens de la pente, tandis que la flamme se trouve dans la partie basse du four. Le four tourne et la matière chemine lentement vers la flamme.

- Processus de transformation du cru en clinker :

Lorsque la farine crue est introduite dans le préchauffeur, aux environs de 450 °C, il y a une dissociation du carbonate de magnésium.



A 500° C, l'eau de combinaison des argiles est dégagée.



A 850°C, la farine crue est introduite dans le four.

A 900°C, la dissociation du carbonate de calcium est complète.



A 1000°C, nous avons la formation complète de l'aluminate tricalcique notée C<sub>3</sub>A, la combinaison de la chaux CaO et de la silice SiO<sub>2</sub> pour former le silicate bicalcique (C<sub>2</sub>S) et aussi la chaux liée avec les oxydes d'argile forme l'alumino-ferrite tetracalcique (C<sub>4</sub>AF).

A 1300°C, C<sub>3</sub>A et C<sub>4</sub>AF fondent et forment une phase liquide dans laquelle se passe une réaction entre la chaux et C<sub>2</sub>S pour former le silicate tricalcique C<sub>3</sub>S, le composant principal du produit obtenu appelé clinker.

Entre 1350°C et 1450°C, la chaux libre devient négligeable, C<sub>2</sub>S diminue et le C<sub>3</sub>S augmente.

Constitutions de clinker		Alite	Belite	Aluminate	Ferrite	Chaux libre
		C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaO <sup>L</sup>
Teneur en %	Tolérance	50 -75	7-30	0-16	4-20	0,6-2,4
	Moyenne	49,56	26,28	10,70	9,64	1,20

Tabl. 14- Composition minéralogique de clinker de cimenterie de Saida.

D'après le tableau cité ci-dessus, on constate que le clinker de la cimenterie de Saida est de bon qualité, sa composition minéralogique est intimement liées aux conditions de fabrication telles que, l'homogénéité, la chimie du cru, la température dans le four et la vitesse de refroidissement.

Le minéral le plus abondant dans le clinker est l'alite, ce dernier est l'élément noble du ciment, qui lui donne ses fortes résistances.

La détermination de la chaux libre est particulièrement importante pour juger le degré de cuisson et la qualité du clinker.

#### **F. Refroidissement du clinker**

Le clinker sortant du four, subit un refroidissement brusque. Le clinker est refroidi à l'aide d'un courant d'air frais au moyen d'un refroidisseur à bain d'air (annexe, 4B).

Le clinker ainsi produit est envoyé aux silos de stockage du clinker (six silos de stockage, quatre silos de capacité 5000 tonnes et deux silos de capacité 4600 tonnes).

#### **G. Broyage du clinker**

A partir de cette opération, on passe du clinker au ciment.

Les granulés de clinker (annexe, 5D) passent dans un broyeur à boulets (annexe, 4C) identique au broyeur du cru, mais en deux fois plus long. A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur. C'est également lors du broyage que l'on ajoute au clinker (80%), le gypse (3 à 5%) indispensable à la régulation de prise du ciment et 6 à 20% de pouzzolane pour obtenir le ciment (annexe, 5E).

#### **H. Stockage et expédition du ciment** (annexe, 4D)

Le ciment ainsi obtenu est repris dans des silos à ciment. L'expédition en vrac se fait par deux têtes de chargement pour voies ferrées et trois têtes de chargement pour camions.

L'expédition en sac est réalisée par quatre ensacheuses, chacune possède huit becs pour le remplissage des sacs. Les sacs de 50 kg sont chargés sur des camions à bennes.

La cimenterie de Saida a destinée actuellement à la fabrication de ciment de type CPJ II/A 42,5 (Ciment portland composé avec ajout contenant 6 à 20% de pouzzolane qui caractérisé par une résistance égale à 42,5 Mpa).

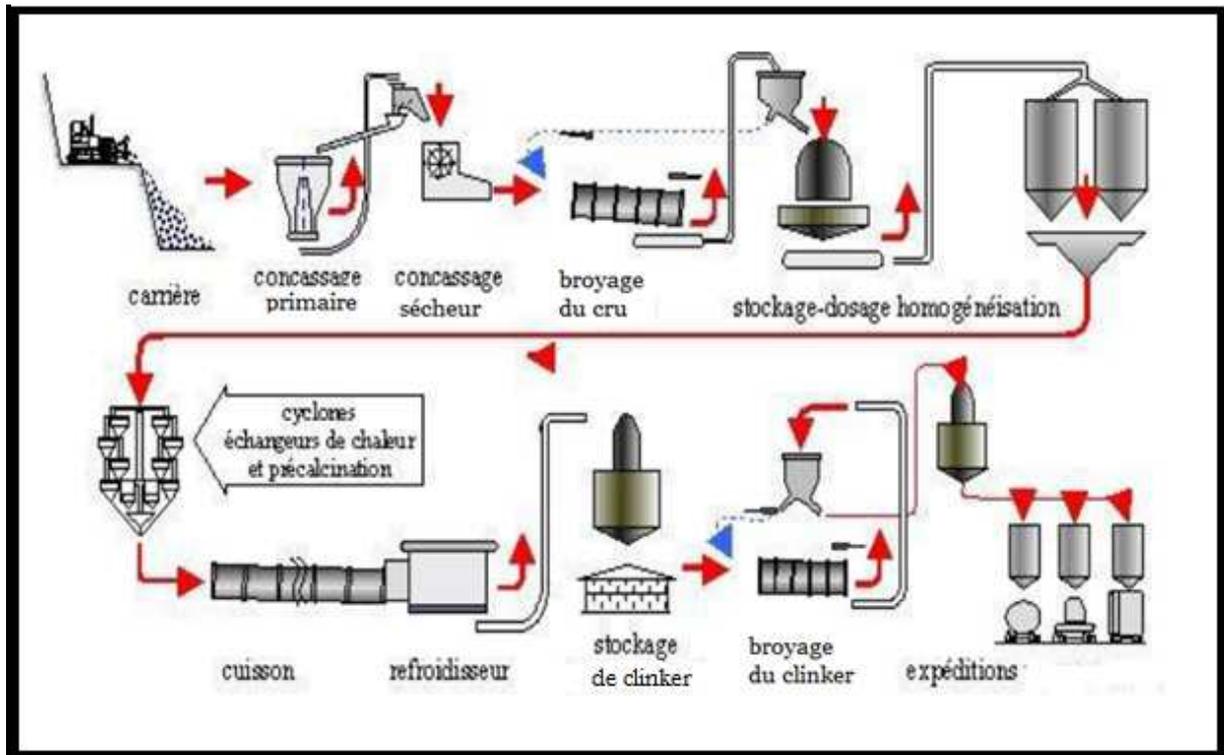


Fig.21- Schéma de processus de fabrication de ciment.

#### IV. ANALYSE PHYSICO-MECANIQUE DU CIMENT

Pour juger de la qualité du ciment, l'analyse chimique doit être accompagnée d'un contrôle physico-mécanique sur ciment au laboratoire. Le tableau 15 résume les résultats les plus importants que l'on peut obtenir à partir de ce contrôle.

Consistance Normalisé	Temps de début de prise	Temps de fin de prise	Stabilité	Densité	Résistance à la compression	Refus 45 µm	SSB
6 ± 1 mm	0 min	>60min	<10 mm	960-1050 g/l	42.5 Mpa	< 25 µm	3500-4000 Cm2/g

Tabl. 15- Caractéristiques physico-mécaniques du ciment CPJ II/A 42,5 de Saida.

#### V. CONCLUSION

On se basant sur les critères géochimiques du produit final qui est formé par un mélange de deux matières premières principales : calcaires blancs d'El Hassasna et l'argile de Koudiat Ettine avec les matériaux de correction (minerai de fer), nous avons pu identifier les minéraux qui forment le clinker (alite, bélite, aluminat et ferrite). Ensuite, ce produit semi-fini est additionné de gypse (retardateur de prise) et de la pouzzolane pour avoir un produit final.

Au terme de la qualité du ciment de la cimenterie de Saida, les paramètres géochimiques et physico-mécaniques montrent que le ciment est de type CPJ II/A 42,5 (Ciment Portland composé avec ajout) qui caractérisé par une résistance égale à 42,5 Mpa, ce qui confirme que le ciment est de bonne qualité, destiné à la construction.

## CONCLUSION GENERALE

La cimenterie de la Wilaya de Saida dispose de deux carrières qui ont fait l'objet d'une étude lithologique et géochimique. Il s'agit de la carrière de Calcaire Blanc d'El Hassasna et d'argile de Koudiat Ettine.

Grace à quelque coupe réalisée sur les gradins et des analyses qui ont été fournis par les laboratoires spécialisés (SCIS) ; nous avons acquis les résultats suivant :

Sur le plan lithologique, la carrière de Calcaire Blanc est constituée essentiellement par des calcaires marneux massifs en bancs décimétriques à métriques, de couleur blanchâtre localement rougeâtre, bien stratifiés, affectés par des bioturbations et des stylolithes horizontaux. Il s'agit essentiellement de calcaires bioclastiques à aspect crayeux, très riches en traces dendrites. Par endroits ces calcaires sont séparés par des joints marneux de couleur verdâtre et présentent des laminites plaines et des géodes de calcite. Tandis que la carrière d'argile est composée par des argiles non altérée, de couleur grisâtre où sont intercalés par des grès fins.

Sur le plan géochimique, les analyses fournis par les laboratoires spécialisés (SCIS) nous ont permis de constater que le taux de la chaux de calcaire au niveau de la carrière d'El Hassasna est supérieur à 30 %. Par ailleurs au niveau de la carrière d'argile de Koudiat Ettine, les teneurs des oxydes essentiels ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sont dans les standards admissibles, ce qui confirme que ces matières premières sont favorables à la production de ciment.

Enfin, les paramètres géochimiques et physico-mécaniques montrent que le ciment est de type CPJ II/A 42,5 (Ciment Portland composé avec ajout) qui est caractérisé par une résistance égale à 42,5 Mpa, ce qui confirme que le ciment est de bonne qualité, destiné à la construction.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUCLAIR D. & BIEHLER J.** (1967)- Études géologiques des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saida. *Publ. Serv. Geol. Algérie*, nouv. sér. n° 34, pp. 47-80, Alger.
- BENEST M.** (1972)- Les formations carbonatées et les grands rythmes du Jurassique supérieur des Monts de Tlemcen (Algérie). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 275, sér. D, pp. 1469-1471.
- BENEST M.** (1973)- Présence de faciès de haut-fond dans la plate-forme carbonatées du Jurassique supérieur de la région des Beni-Bahdel (Monts de Tlemcen, Algérie). *Compte-rendu des séances de l'Académie des sciences*.
- BOUCHIKHI H.** (2005)- Étude comparative de deux gisements d'agrégats : exemple de carrières de Sidi Abdelli et de Sidi Ali Ben Youb (Wilaya de Tlemcen et de Sidi Bel Abbes). *Mém. ing. Univ. Tlemcen*, 28 p., 16 fig., 6 tabl., 22 pl.
- C.E.T.I.M.** (2011)- Audit environnemental de la carrière d'Argile de Koudiat Ettine-Saida, 19 P. (Rapport inédit)
- C.E.T.I.M.** (2013)- Exploration géologique de gisement d'Argile Koudiat Ettine, *SCIS*. Saida, pp. 14-21. (Rapport inédit)
- C.E.T.I.M.** (2014)- Audit environnemental de la carrière de Calcaire d'Hassasna-Saida, 42 P. (Rapport inédit)
- CLAIR A.** (1952)- Étude hydrogéologique des Monts de Saida. *XIXe Congrès Géologique International*. (Alger 1952)
- DOUMERGUE F.** (1910)- Carte géologique détaillée-Algérie au 1/50 000, feuille Terni, n°300.
- DUBAR G.** (1932)- Le Lias et Jurassique de Haute-Moulouya et du Haut-Atlas. (Sud et Sud-Est de Midelt). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), n°2, pp.573-594, 3 fig.
- ELMI S.** (1972)- L'instabilité des Monts du Tlemcen et de Rhar Roubane (Ouest Algérien) pendant le Jurassique, interprétation paléogéographique. *C. R. Somm. Soc. Geol. Fr.*, t.XIV, pp. 220-222.
- FLAMAND G.B.M.** (1911)- Recherches géologiques et géographiques sur les Hautes Pays de l'Oranie et sur le Sahara. *Thèse, Lyon*, 1002 p., 157 fig., 3 cartes géol., 16 pl.
- GLANGEAUD L.** (1933)- Unités paléogéographiques et structurales de l'Atlas méditerranéen (Algérie, Maroc, Tunisie). *Actes Soc. Bordeaux*, t. 85, pl. 1- 48, 13 fig., 2 pl.
- GUARDIA P.** (1975)- Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude l'Oranie nord-occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre le Rif externe, le Telle et l'avant-pays atlasique. *Thèse. Doc. D'Etat ; Univ. Nice ; France*, n° AO 11417, 289 p., 141 fig., 5 pl., 1 carte.

- LUCAS G.** (1942)- Description géologique des Monts du Ghar Roubane et du Sidi El Abed (frontière Algéro-Marocaine). *Bull. Serv. Carte géol. Algérie, Série 2.*
- LUCAS G.** (1952)- Bordure nord des hautes plaines dans l'Algérie occidentale Primaire, Jurassique, Analyse structurale Monographie régionale, 1ère série: Algérie, n°21. XIX<sup>e</sup> *Congrès Géologique International.*
- OURDAS T.** (1983)- Sédimentologie des grès de Sidi Amar ou grès de Franchetti dans les Monts de Saida et les Monts de Daia (Algérie). *Thèse. Doc. Univ. Grenoble 1, 24 fig., 196 p., 13 pl.*
- POMEL A.** (1899)- Les Céphalopodes néocomiens de Lamoricière. *Mat. Carte Géol. de l'Algérie, sér.1, t.2, 96 p., I-XIII.*
- SCIS.** (1974)- Rapport de Cimenterie de Saida, pp. 8-9. (Rapport inédit).
- SCIS.** (2005)- Rapport des Analyses chimique de la Cimenterie de Saida, 15 p., (Rapport inédit).
- SCIS.** (2005)- Rapport des essais physico-mécaniques de Cimenterie de Saida, 12 p., (Rapport inédit).

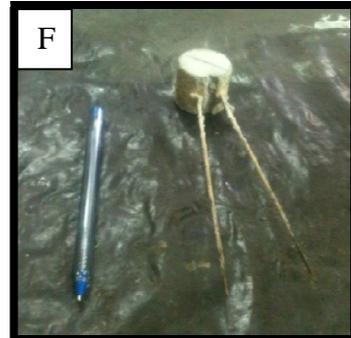
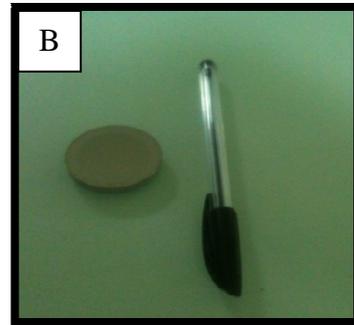
## LISTE DES FIGURES

		P.
Fig. 1	Situation géographique des Monts de Saida (d'après BENESEST et al. 1996, modifiée).	9
Fig. 2	Situation géographique de la région d'El Hassasna et Ain El Hadjar (Échelle 1/600 000, modifié)	10
Fig. 3	Schéma tectonique de la wilaya de Saida (in. OURDAS, 1983, modifiée).	11
Fig. 4	Log lithostratigraphique type des Monts de Saida (d'après OUARDAS, 1983 modifié).	13
Fig. 5	Carte géologique de la région d'étude (d'El Hassasna Ain El Hadjar) (d'après DMI, modifié).	14
Fig. 6	Vue panoramique de la carrière du Calcaire Blanc d'El Hssasna.	16
Fig. 7	Situation géographique de la carrière de Calcaire Blanc d'El Hassasna (Google Earth).	17
Fig. 8	Situation géographique de carrière du calcaire blanc d'El Hassasna (d'après Rapport C.E.T.I .M. inédit, 2014).	17
Fig. 9	Vue panoramique de Premier gradin.	18
Fig. 10	Présentation de la colonne lithologique de premier gradin.	19
Fig. 11	Vue panoramique de deuxième gradin.	19
Fig. 12	Présentation de la colonne lithologique de deuxième gradin.	20
Fig. 13	Vue panoramique de troisième gradin.	20
Fig. 14	Présentation de la colonne lithologie de troisième gradin.	21
Fig. 15	Courbes des analyses chimiques de Calcaire Blanc d'El Hassasna.	22
Fig. 16	Situation géographique de la carrière d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).	23
Fig. 17	Colonne lithologique de gisement d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).	24
Fig. 18	Courbes des analyses des minéraux argileux des argiles de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).	25
Fig. 19	Courbes des analyses chimiques d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).	26
Fig. 20	pois volumique de dix échantillons d'argile de Koudiat Ettine (Ain EL Hadjar).	27
Fig. 21	Schéma de processus de fabrication de ciment.	33

## LISTE DES TABLEAUX

	P.
Tabl. 1 Analyse chimique de Calcaire Blanc du gisement d'El Hassasna (Rapport SCIS inédit, 1974).	21
Tabl. 2 Analyse chimique de Calcaire Blanc du gisement d'El Hassasna.	22
Tabl. 3 Analyse minéralogique au RX des Argiles de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).	24
Tabl. 4 Les teneurs standards d'argile de SCIS	25
Tabl. 5 Analyse chimique d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar), (Rapport SCIS inédit, 1974).	25
Tabl. 6 Analyse chimique d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar).	26
Tabl. 7 Poids volumique d'argile de Koudiat Ettine (Ain El Hadjar), (Rapport de C.E.T.I.M inédit, 2013).	27
Tabl. 8 Analyse chimique de cru de SCIS.	28
Tabl. 9 Analyse chimique de clinker de SCIS.	28
Tabl. 10 Analyse chimique de ciment de SCIS.	29
Tabl. 11 Analyse chimique de minerai de fer de SCIS.	29
Tabl. 12 Analyse chimique de minerai de gypse de SCIS.	29
Tabl. 13 Analyse chimique de minerai de pouzzolane de SCIS.	29
Tabl. 14 Composition minéralogique de clinker de cimenterie de Saida.	32
Tabl. 15 Caractéristiques physico-mécaniques du ciment CPJ II/A 42,5 de Saida.	33

ANNEXE 01



## **ANNEXE 02**

### **Calcaire blanc de carrière d'El Hassasna**

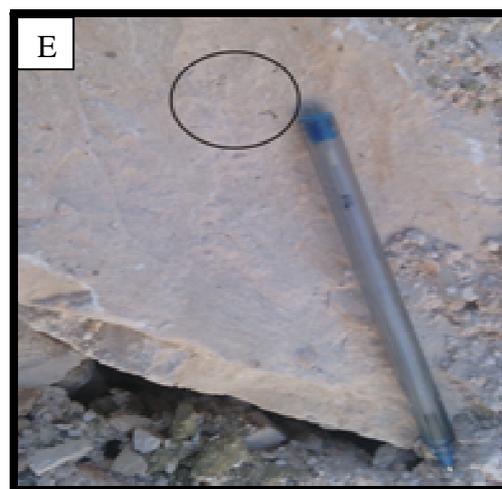
Fig. A- une intense fracturation subverticale affectant les bancs (flèche).

Fig. B- Calcaire à traces dendrites.

Fig. C- Calcaire à stylolithe horizontal.

Fig. D- Calcaire à laminites.

Fig. E- calcaire bioclastique renferme des débris des bivalves.



## **ANNEXE 03**

### **Equipement de carrière et d'usine**

Fig. A- Extraction de calcaire par abattage.

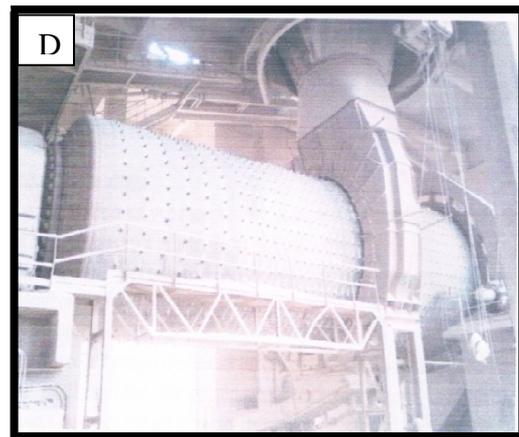
Fig. B- Concasseur primaire.

Fig. C- Hall de stockage.

Fig. D- Broyeur de cru.

Fig. E- silo d'homogénéisation.

ANNEXE 03



## **ANNEXE 04**

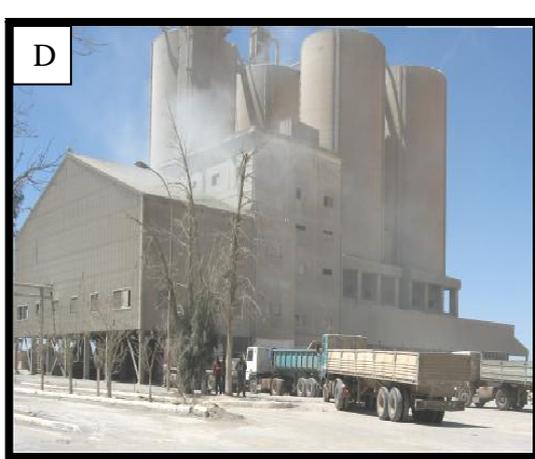
### **Equipement d'usine**

Fig. A- Four rotatif (flèche).

Fig. B- Refroidisseur.

Fig. C- Broyeur clinker.

Fig. D- Unité d'expédition.



## **ANNEXE 05**

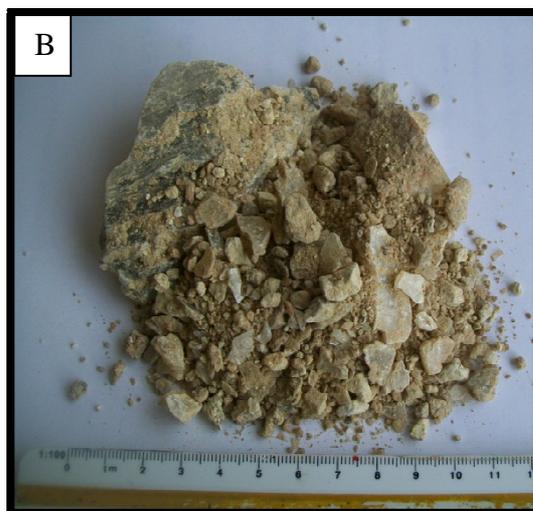
Fig. A- le minerai de fer de Béni Saf

Fig. B- le gypse d'Oran (Arzew)

Fig. C- la farine crue

Fig. D- les granulats de clinker

Fig. E- le ciment



## MEMOIRE DE MSTER

**Type de Master : Académique**

**Domine : Science de la Terre et de l'Univers**

**Filière : Sciences de la Terre**

**Spécialité : Géo-Ressources**

**Titre du mémoire : Caractéristiques lithologiques et géochimiques de deux gisements de la cimenterie d'El Hassasna-wilaya de Saida-**

**Auteurs : Fatima Zohra BAHOUSSI & Mebarka BAHOUSSI**

### Résumé

Deux gisements de calcaire et d'argile ont fait l'objet de cette étude. Il s'agit de la carrière du Calcaire Blanc d'El Hassasna, située à 19 km au Sud-Est de la ville de Saida, et la carrière de Koudiat Ettine, située à environ 2,5 km à l'Est d'Ain El Hadjar qui se situe à 10 km au sud de la ville de Saida.

Les caractéristiques lithologiques et géochimiques montrent que le Calcaire Blanc de la carrière d'El Hassasna est formé par des calcaires marneux massifs en bancs décimétriques à métriques, de couleur blanchâtre localement rougeâtre, ainsi que le taux de chaux de calcaire est

supérieur à 30 %. Par contre, l'argile de la carrière de Koudiat Ettine est composée par des argiles non altérée, de couleur grisâtre où sont intercalés des grès fins, autant que les teneurs des oxydes essentiels ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sont dans les standards admissibles.

Enfin, les paramètres géochimiques et physico-mécaniques de la cimenterie de Saida montrent que le ciment est de type CPJ II/A 42,5 (Ciment Portland composé avec ajout), ce qui confirme que le ciment est de bonne qualité, destiné à la construction.

**Mots-clés :** Carrière, Calcaire Blanc d'El Hassasna, argile de Koudiat Ettine, cimenterie de Saida, lithologie, géochimie, physico-mécaniques, ciment, CPJ II/A 42,5.

