

**Département des Sciences de la Terre**

**Licence des Sciences et Techniques**

**Eau et Environnement**

**Projet de fin d'Etudes**

**Gestion de l'eau et Protection de  
l'environnement à CIMAR(Maroc)**

**Réalisé par : AKOUZ SIHAM et ES-SSKTANI HOURIA**

**Soutenu le : Jeudi 23 Juin 2022**

- Pr. DAOUDI Lahcen , Encadrant interne, FST Marrakech
- Mr. SALAMA Achraf, Encadrant externe, CIMAR-Marrakech
- Pr. SAIDI Mohamed El Mehdi, Examineur, FST Marrakech

**2021-2022**

## Résumé

L'objectif de ce rapport de stage de fin d'études, effectué au sein de la société CIMENT DU MAROC à Marrakech, est d'étudier la situation de l'eau dans l'usine et de caractériser les différents sites d'utilisation de l'eau d'une part, et d'analyser les émissions des gaz avant leur dégagements par les cheminées d' autre part.

Pour réaliser cette étude, nous sommes basées sur plusieurs visites de terrain ainsi que sur des documents internes de la société sur une période d'une année (01/03/2021 au 01/03/2022). Ces données nous ont permis d'interpréter le bilan des ressources en eau et leurs utilisations. Les résultats obtenus montrent que l'usine CIMAR a une bonne gestion des eaux pendant la période d'étude, avec le stockage d'une quantité d'eau d'environ 9378,2 m<sup>3</sup>

Notre deuxième objectif est orienté vers l'étude des quantités et des qualités des gaz émis dans l'atmosphère et les comparer avec l'arrêté de BO n° 6716 relatif aux émissions atmosphériques des cimenteries tel que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>), les résultats des analyses réalisées par le laboratoire public des études et des essais (LPEE) montrent que les émissions atmosphériques sont conformes aux normes précitées.

## Table des matières

Remerciement : .....	05
Liste des figures : .....	06
Liste des tableaux : .....	07
Introduction .....	08
Partie I : Généralités sur le site d'étude : .....	10
I. Situation géographique : .....	10
II. Contexte géologique: .....	10
III. Installations et étapes de production du ciment : .....	12
1. Extraction en carrière: .....	12
2. Concassage: .....	14
3. Pré homogénéisation: .....	15
4. Broyage cru: .....	15
5. Homogénéisation: .....	16
6. Cuisson: .....	17
7. Broyage cuit: .....	18
8. L'expédition: .....	18
Partie II : la consommation de l'eau au niveau de l'usine : .....	20
I. Pénurie d'eau et stress hydrique : .....	20
1. La gestion de l'eau au monde : .....	20
2. La gestion de l'eau au Maroc : .....	22
II. La gestion de l'eau au niveau de l'usine de M'zoudia : .....	23
1. Sources d'eaux au niveau de l'usine : .....	23
a) Lac de carrière : .....	23
b) Forages d'eau : .....	24
c) Bassins de stockage : .....	25
2. Utilisation d'eau: .....	26
a) Carrière : .....	27
b) Concassage : .....	27
c) Broyage RM1 et RM2 : .....	27
3. Bilan hydrique : .....	28

Rapport de stage:

a)	Débits de pompage Total :	28
c)	Interprétation des résultats :	30
4.	Conclusion :	31
Partie III : la gestion environnementale au niveau de l'usine :		32
I.	La gestion environnementale au monde :	32
II.	Gestion environnementale à l'échelle du Maroc :	33
1.	Le ciment et la durabilité :	33
2.	Gestion responsable des matière premières et combustibles non renouvelables :	33
3.	Emissions des gaz :	34
III.	La gestion environnementale à l'usine de Marrakech :	34
1.	Les hydrocarbures d'usine :	34
2.	Les gaz rejetés :	36
a)	Le refroidisseur et le broyeur :	37
b)	Le four :	38
b.1	: Cheminée 1 de four :	39
b.2	: Cheminée 2 de four :	42
Références bibliographiques :		46
Références webographies :		46
Liste des annexes :		48

## **Remerciements**

Au terme de ce travail, Nous tenons à remercier vivement Mr le directeur général de l'usine qui a accepté de nous accueillir en stage au sein de Ciment du Maroc -Marrakech

Nos remerciements s'adressent également au Mr. Zidani Mustapha responsable de la carrière de cimenterie Marrakech.

Aussi ; nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrant de stage Mr. Salama Achraf responsable de service qualité sécurité et environnement pour tout le temps qu'il nous a consacré, ses directives précieuses, et pour la qualité de son suivi durant toute la période de notre stage.

Notre profonde gratitude est adressée également à Mr. Daoudi Lahcen notre professeur dans la faculté de science et technique et aussi notre encadrant interne.

Nos remerciements s'adressent également à notre examinateur Mohamed El Mehdi Saidi qui a accepté d'évaluer ce travail.

Aussi, nous tenons à remercier tous les cadres et les employés (Mr Aziz responsable de la concasseur, Mr Abd Essamad responsable cuisson et Mr Brahim responsable broyage) pour leurs aide et patience tout au long de notre stage.

## Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de l'usine CIMENT DU MAROC à Marrakech (google earth.2022).

Figure 2 : Carte lithologique du gisement calcaire de M'zoudia (Tahiri 1983).

Figure 3 : Coupe géologique schématique de la carrière M'zoudia (Chakrad, Lasraa, 2021).

Figure 4 : Photo de la zone 1 de la carrière de M'zoudia

Figure 5 : Concasseur giratoire primaire.

Figure 6 : Hall de stockage de la matière concassée.

Figure 7 : Broyeur cru à boulet.

Figure 8 : Broyeur cru à galets.

Figure 9 : Silos d'homogénéisation et de stockage.

Figure 10 : Four rotationnel.

Figure 11 : Tour échangeur.

Figure 12 : Camion d'expédition en vrac.

Figure 13 : Camion d'expédition en sac.

Figure 14 : Types des eaux au monde (LAFARGE, 2012).

Figure 15 : Situation générale de l'eau au niveau mondial (LAFARGE, 2012).

Figure 16 : Ressources en eaux au niveau de la région M'zoudia (El yazid, 2022).

Figure 17 : Courbe des débits de pompage d'eaux du lac carrière de mars 2021 jusqu'au mars 2022 en m<sup>3</sup> (Salama, 2022).

Figure 18 : Débits totaux des sorties forage en m<sup>3</sup> (Salama, 2022).

Figure 19 : Niveau du grand bassin en ml du mois mars 2021 jusqu'au mois mars 2022(Salama, 2022).

Figure 20 : Niveau du moyen bassin du mois mars 2021 jusqu'au mois mars 2022(Salama, 2022).

Figure 21 : Niveau du petit bassin du mois mars 2021 jusqu'au mois mars 2022(Salama.A, 2022).

Figure 22 : Citerne de stockage d'eau pour concassage.

Figure 23 : Tour conditionnelle de l'usine M'zoudia.

Figure 24 : Courbe des débits totaux de pompages du 1 mars 2021 au 1 mars 2022 en m<sup>3</sup>(Salama,2022).

Figure 25 : Courbe de consommation d'eaux dans l'usine du mars 2021 au mars 2022 (en m<sup>3</sup>) (Salama, 2022).

Figure 26 : Différents types des hydrocarbures de l'usine de M'zoudia.

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Différents types de calcaire du carrière M'ZOULDIA (Shaimi.,2022)

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats des mesures des débits et des poussières (LPEE,2021),

Tableau 3 : Récapitulatif des résultats des mesures des débits et des poussières (LPEE,2021),

Tableau 4 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COVT (LPEE,2021),

Tableau 5 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux HF et HCl (LPEE,2021),

Tableau 6 : Récapitulatif des résultats des mesures des métaux lourds (LPEE,2021),

Tableau 7 : Récapitulatif des résultats des mesures des débits et des poussières (LPEE,2021),

Tableau 8 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COVT (LPEE,2021),

Tableau 9 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux HF et HCl (LPEE,2021),

Tableau 10 : Récapitulatif des résultats des mesures des métaux lourds (LPEE,2021),

## Introduction

Face à l'urbanisation croissante partout dans le monde et particulièrement au Maroc, le ciment devient une matière très importante et indispensable dans la construction. Toutefois, la fabrication du ciment est une industrie très exigeante en consommation d'eau et a également des effets dangereux sur l'environnement.

Tous d'abord, la fabrication industrielle de ciment fait appel à différentes matières premières, essentiellement du calcaire et de l'argile (cru cimentier). Cette matière première est finement broyée, homogénéisée et préchauffée à 800 °C par les gaz issus du four de cuisson. Elle arrive partiellement décarbonatée dans le four rotatif dans lequel elle est portée à haute température (1 450 °C). Le clinker ainsi obtenu est refroidi rapidement et se présente sous la forme de granulé. Le ciment résulte du broyage du clinker et de l'addition de gypse. L'ajout de divers constituants donnera naissance à différents ciments avec différentes qualités.

Il existe trois systèmes de cuisson pour la fabrication du clinker :

- **La voie humide** : elle consiste à additionner de l'eau lors du broyage du cru pour le rendre pâteux et facilement manipulable. Ce système est en voie de disparition. En effet, cette procédure est très énergivore.
- **La voie demi-sèche** : elle consiste à ajouter la quantité juste nécessaire d'eau (environ 15 %) pour fabriquer des granulés. Les granulés sont séchés et partiellement décarbonatés sur une grille avant l'introduction dans le four. Ce système consomme moins d'énergie que la voie humide.
- **La voie sèche** : le cru cimentier est finement broyé et séché dans un broyeur. La farine alors obtenue est introduite dans le four par un échangeur de chaleur cyclonique multiétages de manière à préchauffer la farine en retenant les poussières. La consommation énergétique de ce système est beaucoup plus faible. C'est le système qui est utilisé dans la cimenterie de la région de M'zoudia qui fait l'objet de notre étude.

Le stage que nous avons effectué au sein de la société Ciment du Maroc à Marrakech a un double objectif : 1) étudier l'état de consommation de l'eau au niveau de l'usine durant la



## Rapport de stage:

période comprise entre le premier mars 2021 et le premier mars 2022, 2) traiter l'état générale de l'air et les gaz émis dans l'atmosphère.

Notre travail s'est basé sur des visites de terrain et sur l'analyse et l'interprétation des documents interne de la société qui traite la situation de l'eau et l'environnement analytique. Nous avons étudié et suivi l'évolution des débits journaliers de sorties de forages et le lac carrière et aussi les débits de consommations pendant la période indiquée précédemment, puis nous avons analysé les rapports du laboratoire public des études et d'essais, dans lesquels nous avons relevé les valeurs d'émissions des gaz et les différents éléments chimiques dans les cheminées de l'usine et les comparer ainsi aux normes et standards.

Au début du stage, nous nous sommes familiarisées avec les principales étapes de fabrication et de production de ciment, de l'extraction de la matière première comme l'argile et le calcaire à la carrière jusqu'à l'expédition dans laquelle s'effectue l'emballage et la livraison du produit finale. Ceci nous a permis de mettre en évidence les principales étapes qui consomment l'eau et qui sont en relation avec la pollution de l'air.

Concernant l'organisation du rapport, la première partie est consacrée à une présentation générale du site d'études. La deuxième partie consiste à étudier l'état de l'eau à l'usine dans laquelle nous avons distingué les différentes sources d'eau (lac carrière et puits) avec leurs débits et fonctionnalités, le but est de déduire la quantité générale de l'eau consommable et interpréter l'évolution de cette consommation en fonction de temps. La troisième partie concerne la gestion environnementale globale de l'air dans l'usine, à ce propos, nous avons essayé d'analyser les résultats des essais qui ont été effectué par le laboratoire public des études et des essais (LPEE) à propos des émissions des différents gaz.

## Partie I : Généralités sur le site d'étude :

### I. Situation géographique :

Le gisement de M'zoudia ou gisement de Jbel Ardouz est situé à proximité de la partie ouest de l'usine, à 47 km de la ville de Marrakech (figure 1), sur la route principale reliant Marrakech et Essaouira. Ce Jbel fait partie de la zone sud-ouest de la chaîne des Jbilet et culmine à 455m, représentant un dénivelé de 75m au-dessus de la plaine du Haouz. Il s'agit d'un système dévonien, s'étendant sur environ 2 kilomètres le long de l'axe sud-ouest-nord-est, et les affleurements sont principalement composés de calcaire, de conglomérat et de quartzite. (Chakrad.K,Lasraa.H,2021)



**Figure 1 : Situation géographique de l'usine CIMENT DU MAROC à Marrakech (google earth.2022)**

### II. Contexte géologique:

Les affleurements de carrière de M'zoudia appartiennent au Dévonien du Jebel Ardouz, situé à l'ouest de Marrakech, et juste au nord de M'zoudia. La série est composée d'un empilement allochtone de roches clastiques et carbonatées qui ont été poussées les unes sur les autres depuis le nord-est sur environ 2km.

Le gisement de M'zoudia (figure 2) est un gisement riche en matériaux principalement sédimentaires telles que : les Calcaires, les Schistes, les Marnes et les Quartzites. Selon la classification économique établie par la société, on distingue deux types de matériaux :

- ✓ Les matériaux non utilisables : qui sont des stériles définitifs : quartzites, schistes quartzitiques (schistes supérieures), les calcaires d'encroutement (en contact avec les quartzites) et enfin les calcaires fortement magnésiens (calcaires dolomitiques).
- ✓ Les matériaux utilisables : ce sont les calcaires purs, les calcaires marneux, les calcaires magnésiens, les calcaires d'encroutement, les marnes et les schistes inférieurs (Chakrad et Lasraa ,2021).

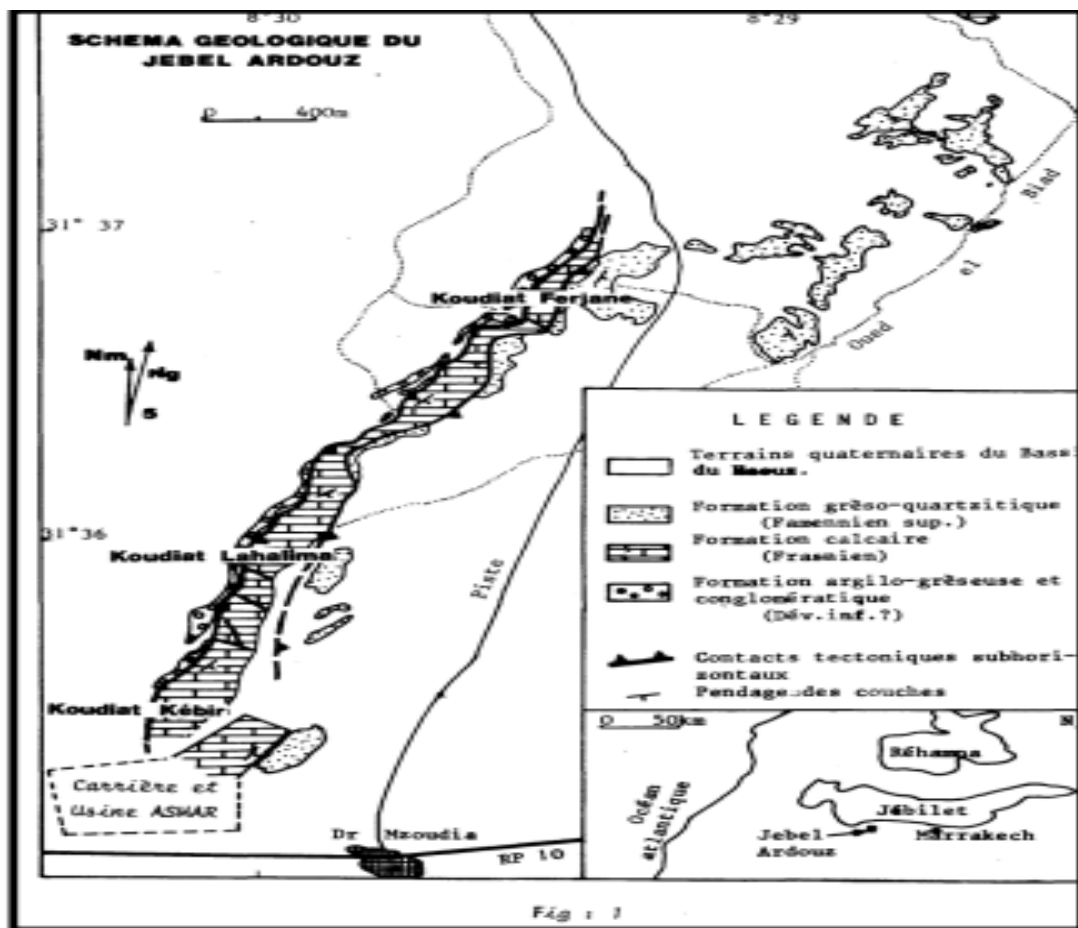


Figure 2 : Carte lithologique du gisement calcaire de M' Zoudia (Tahiri 1983)

### III. Installations et étapes de production du ciment :

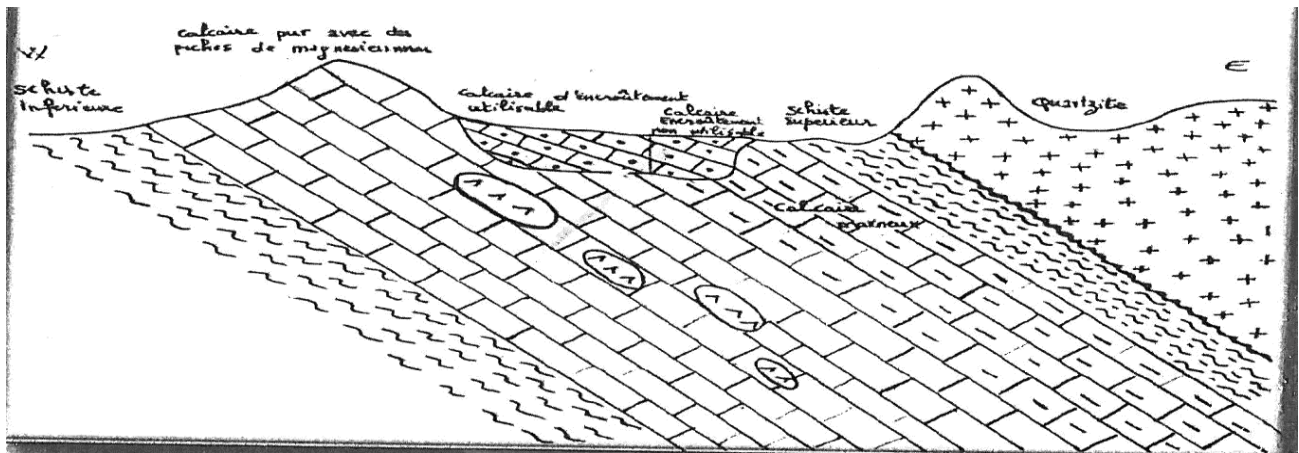
Le ciment est un liant hydraulique, utilisé dans la préparation du béton et aujourd'hui le plus souvent employé dans la confection des dallages, parpaings, des enduites et mortiers. Comme dans les cimenteries du Maroc, la production des ciments se fait en plusieurs étapes.

#### 1. Extraction en carrière:

La carrière de M'zoudia est un terrain à ciel ouvert pour l'extraction de la matière première par abattage à l'explosif. A l'aide d'une foreuse, des carottes sont extraites pour explorer des terrains a fort pourcentage de calcaire 80% et schistes 20% (figure 3). Ce sont en effet les principaux matériaux exploités pour la fabrication du ciment. La carrière est constituée de 9 zones et chaque zone se compose de plusieurs gradins équipés par des engins de transport de la matière. La carrière M'zoudia est caractérisée par 4 types de calcaire mais le meilleur est le calcaire pur. Les autres types de calcaires avec leur composition chimique sont représentés dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Différents types de calcaire du carrière M'ZOULDIA (Shaimi, 2022) :**

Type de calcaire	La chaux CaO	La silice SiO <sub>2</sub>	Le magnésium MgO
Calcaire pur	43-50%	1-8%	<4%
Calcaire magnésien	35-43%	8-22%	<4%
Calcaire marneux	40-46%	1-8%	>4%
Calcaire d'encroutement	30-35%	20-25%	>4%



**Figure 3 : Coupe géologique schématique de la carrière M'zoudia (Chakrad., Lasraa.,2021)**

La carrière de M'zoudia est composée de 9 zones :

- ✓ Zone 1 : elle renferme une quantité importante de calcaire pur et recouvert des calcaires dolomitiques (calcaires magnésiennes), les schistes et les quartzites. L'exploitation de cette zone a déjà eu lieu avec l'enlèvement de 5 gradins, mais l'exploitation est arrêtée à cause de l'apparition d'une nappe phréatique (figure 4).



**Figure 4 : Photo de la zone 1 de la carrière de M'zoudia**

- ✓ Zone 2: elle contient aussi une quantité très importante de calcaire pur et recouvert des schistes et des quartzites. L'exploitation a déjà été faite dans une

## Rapport de stage:

grande partie de cette zone ; mais elle a été suspendue au niveau du gradin 8 à cause d'une couche quartzitique difficile à éliminer (très dure), elle est située au-dessus d'une grande quantité de calcaire pur.

- ✓ Zones 3: Elle est aussi exploitable, elle contient 3 gradins sous l'extraction en cours.
- ✓ Zone 5 : Elle est actuellement exploitable, l'extraction se déroule encore au niveau du gradin 4, elle contient trois types de formations :
  - Schiste inférieur.
  - Calcaire généralement pur plus des poches dolomitiques.
  - Schiste supérieur et quartzites. Mais, ils ont trouvé un problème des grottes.
- ✓ Les zones 4, 6, 7 et 8 : elles ne sont pas économiquement exploitables ; elles contiennent essentiellement des formations quartzitiques très riches en silice avec des traces dolomitiques.

## 2. Concassage:

Environ 18000 tonnes par jour de matière prélevée de la carrière est transportée vers le concasseur giratoire primaire (figure 5) avec cône rotationnel et 2 parois, les blocs concassés ne doivent dépasser 1,20m de diamètre, les particules sont fragmentées pour atteindre un diamètre de 4cm. La matière concassée traverse ensuite un crible pour filtrer ce qui a dépassé ce diamètre (les grains de diamètre supérieur vont recycler dans les concasseurs secondaires et les grains inférieurs vont former le tas).



**Figure 5 : Concasseur giratoire primaire**

### 3. Pré homogénéisation:

La matière première provenant du concasseur est transportée par des bandes ( $T_1$  et  $T_2$ ) vers un hall divisé en deux arcs avec des bandes jeteurs (1et 2). Ce système fonctionne en alternance par des mouvement de rotation en demi-cercle  $180^\circ$  et translations décroissantes en formant une pyramide constituée de 18000 tonnes de calcaires et de schistes pour constituer le TAS (figure 6).

Un système mécanique SCRAPER intervient pour homogénéiser la matière.



**Figure 6 : Hall de stockage de la matière concassée**

### 4. Broyage cru:

La matière stockée dans le TAS est acheminée par la bande  $T_3$  vers les 2 types de broyeurs pour produire la farine :

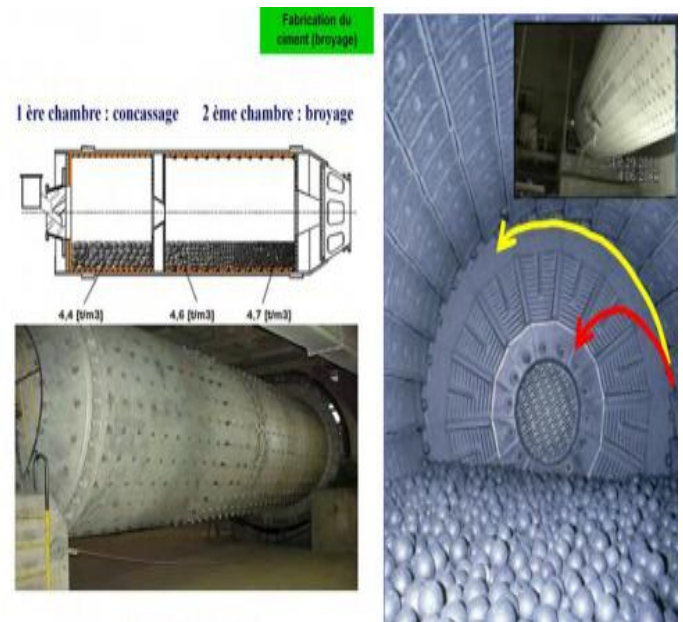
- 1) Le broyeur à boulet cru 1 :il est disposé de façon horizontale avec 3 chambres (figure 7) :
  - Chambre de broyage contient des boulets de diamètre 100-60 mm.

## Rapport de stage:

- Chambre de décharge pour filtrer et tamiser l'échantillon à l'aide d'un séparateur (les grains fins stockés dans les 3 silos de 5000 tonnes, 2500 et 2500 tonnes et pour les grains grossiers vers la chambre de finition).
  - Chambre de finition qui contient des boulets de diamètre 50-20 mm afin d'obtenir une farine.
- 2) Le broyeur à galets cru 2 (figure 8) : il est disposé de façon verticale avec 4 vérins deux fixes et deux mobiles fonctionnent sur une piste tournante pour écraser toute la matière selon une force centrifuge.



**Figure 8 : Broyeur cru à galets**



**Figure 7: Broyeur cru à boulet**

## 5. Homogénéisation:

Après le broyage, la matière est stockée dans trois silos de capacité de stockage respective 2500,2500 et 5000 tonnes (figure 9) destinés pour l'homogénéisation de la farine à l'aide de l'air sec.





**Figure 9 : Silos d'homogénéisation et de stockage**

## **6. Cuisson:**

La tour échangeur : constituée (figure 10) de huit étages avec deux colonnes. Chaque colonne est composée de 4 cyclons, Au niveau de cette étape, on a le préchauffage de la matière broyée par le coke à 850°C, dans laquelle on effectue la décarbonatation, c'est le passage entre les gaz chauds arrivant du four et la matière.  $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ .

Le four rotatif : son (figure 11) rôle est indispensable dans l'usine, il est de 64m de longueur, inclinée d'une pente de 30°, après le préchauffage de la farine dans la tour échangeur, il arrive au four pour la cuisson totale avec une température de 1450°.

Le refroidisseur : il assure la fonction du refroidissement du clinker arrivée du four à 100°, contient 5 chambres, l'air d'entrée froid souffle à l'aide de 8 ventilateurs et l'air chaud de sortie

Rapport de stage:

destiné vers la tour de préchauffage, le transport du clinker vers le hall pour le stockage s'effectue par des transporteurs métalliques.



**Figure 10 : La tour échangeur**



**Figure 11 : Four rotationnel**

### **7. Broyage cuit:**

Dès que le clinker est prêt, il arrive au broyeur cuit1 et 2 ; c'est le même principe que le broyeur cru, afin d'obtenir des grains micrométriques avec des ajouts composés de gypse, cendre volante et le fer (selon la qualité de ciment de 25,35,45 et 55). A ce stade se déroule la préparation du ciment qui est stocké dans des silos de stockage pour l'expédition.

### **8. L'expédition:**

C'est la dernière étape de fabrication de ciment ; c'est à ce stade que s'effectue le chargement de ciment par deux méthodes soit en sac de 50 Kg (figure 12) soit en vrac (figure 13), avec le transport par deux types de camions (camions-citerne et camions ouvert).



**Figure 12 : Camion d'expédition en sac**



**Figure 13 : Camion-citerne d'expédition en vrac**

## Partie II : la consommation de l'eau au niveau de l'usine :

### I. Pénurie d'eau et stress hydrique :

#### 1. La gestion de l'eau au monde :

Au niveau mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour de plus en plus préoccupante. En effet, 97 % de l'eau présente sur la planète n'est pas potable (eau salée). Sur les 3 % restant, seul 0,5 % est accessible (figure 14), le solde étant sous forme de glaciers. Cette eau potable représente 40 000 km<sup>3</sup>, soit environ 7 500 m<sup>3</sup> d'eau douce par an et par personne.

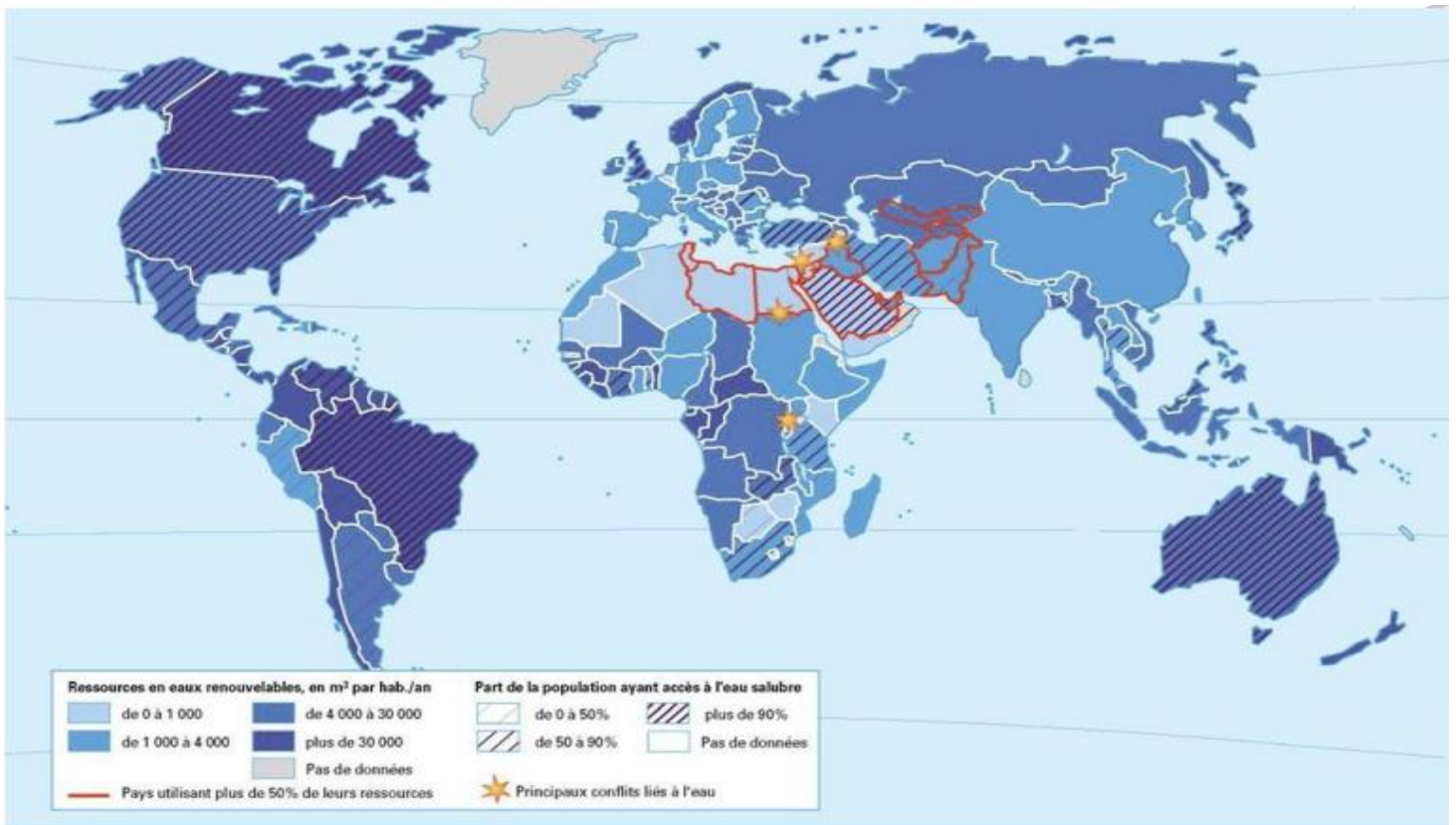


**Figure 14 : Types des eaux au monde (LAFARGE,2012)**

Ces réserves sont globalement suffisantes pour répondre à l'ensemble des besoins mais elles sont réparties de manière très inégale à travers le monde. 9 pays se partagent près de 60 % des réserves d'eau douce de la planète : Brésil, Russie, États-Unis, Canada, Chine, Indonésie, Inde, Colombie et Pérou.

Les hommes prélèvent chaque année environ 3 800 km<sup>3</sup> d'eau douce pour leurs activités domestiques, agricoles ou industrielles mais cette consommation n'est pas répartie de manière homogène sur la planète. Ainsi, un tiers de la population vit dans une situation de stress hydrique, c'est-à-dire avec moins de 1 700 m<sup>3</sup> d'eau douce disponible par an et par habitant.

La surexploitation, particulièrement développée dans les pays riches (un Australien consomme environ 1 000 litres d'eau potable par jour, un Européen de 100 à 200 litres alors qu'un Africain se contente de quelques litres), n'est pas le seul défi auquel est confronté l'or bleu. En effet, l'eau est également polluée et gaspillée ; seuls 55 % des prélèvements d'eau potable sont réellement consommés, le reste étant perdu en fuites et en évaporation (figure 15).



**Figure 15 : Situation générale de l'eau au niveau mondial. (LAFARGE,2012)**

En prenant la France comme un pays riche en eau avec 440 milliards de m<sup>3</sup> de précipitations par an. 61 % de celles-ci s'évaporent, tandis que 16 % alimentent les cours d'eau et 23 % s'infiltrent pour reconstituer les réserves. La France dispose donc de 191 milliards de m<sup>3</sup> d'eau douce en réserve qui couvrent largement les besoins nationaux qui s'élèvent à 32 milliards de m<sup>3</sup>, tous secteurs confondus (eau potable, agriculture, industrie et énergie).

Cependant, à l'image de la planète, la France connaît aussi des disparités liées au climat, à la géologie et à la concentration de population. Ainsi, dans le Sud-Ouest, l'augmentation des surfaces irrigables et le développement de la culture de maïs favorisent les sécheresses.

En France, Lafarge (est une cimenterie française) possède 267 centrales à bétons, 19 sites industriels ciment de production de ciment, 120 carrières et 50 ports et dépôts qui utilisent quotidiennement de l'eau dans leurs différentes applications industrielles. Cependant, les industries cimentières et bétonnières sont loin d'être les plus consommatrices d'eau : selon les

rapports de l'année 2012, la fabrication d'1 m<sup>3</sup> de béton nécessite moins de 300 litres d'eau et il ne faut que 340 litres pour produire une tonne de ciment. A titre de comparaison, 2 400 litres d'eau sont nécessaires pour un hamburger et 5 000 litres pour un seul kilo de fromage. Souvent située à proximité de cours d'eau ou de rivières, la majorité des sites Lafarge interagit avec l'élément aquatique. C'est pourquoi, le groupe s'est engagé depuis longtemps dans la voie de la gestion raisonnée de l'eau.

## **2. La gestion de l'eau au Maroc :**

Le World Resources Institute (WRI) indique que le Maroc atteindra un niveau de stress hydrique extrêmement élevé d'ici 2040. Le stress hydrique est l'état dans lequel se trouve une région lorsque sa demande en eau dépasse ses ressources disponibles. On estime qu'une région est en stress hydrique lorsqu'elle passe sous la barre symbolique des 1 000 mètres cubes d'eau douce par habitant sur une période d'un an. Selon l'ONU, le Maroc est déjà considéré en stress hydrique avec seulement 500 mètres cubes d'eau douce par habitant et par an, contre 2 500 mètres cubes en 1960.

Cette baisse s'explique par une saison des pluies 2015-2016 quasi inexistante et par l'aridité naturelle de certaines régions du Maroc. Si les grandes agglomérations telles que Casablanca ou Marrakech sont relativement épargnées, c'est le sud du pays qui subit les conséquences de la pénurie. La région du Drâa-Tafilalet, et plus particulièrement la ville de Zagora, souffre d'un problème de gestion des ressources et ses habitants mettent en cause l'indifférence des autorités.

En 2012, le Ministère de l'Environnement marocain expliquait déjà cette pénurie par les faibles précipitations. La raréfaction des pluies liée au réchauffement climatique et la surexploitation des nappes phréatiques sont effectivement des causes significatives de la pénurie d'eau douce dans la région du Drâa-Tafilalet, tout comme au Rif et à Rhamma.

Face à la mobilisation des habitants du "quartier assoiffé" de Zagora, le roi Mohammed VI a signifié son soutien aux populations en souffrance et a ordonné la tenue d'une commission exceptionnelle qui a pour objectif de mettre en place un plan d'eau national dans les mois à

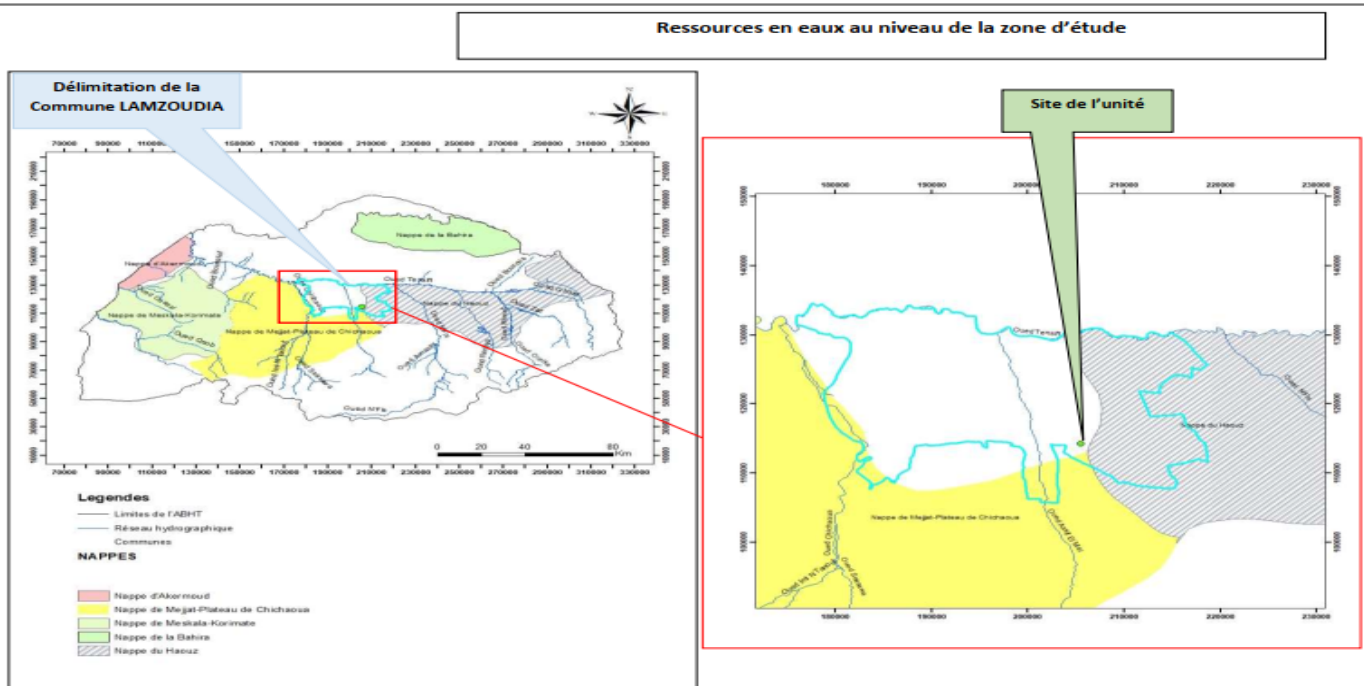
venir pour rééquilibrer la répartition des ressources et assurer l'accès à une eau consommable à tous ses citoyens (Heuzebroc.,2022)

## II. La gestion de l'eau au niveau de l'usine de M'zoudia :

### 1. Sources d'eaux au niveau de l'usine :

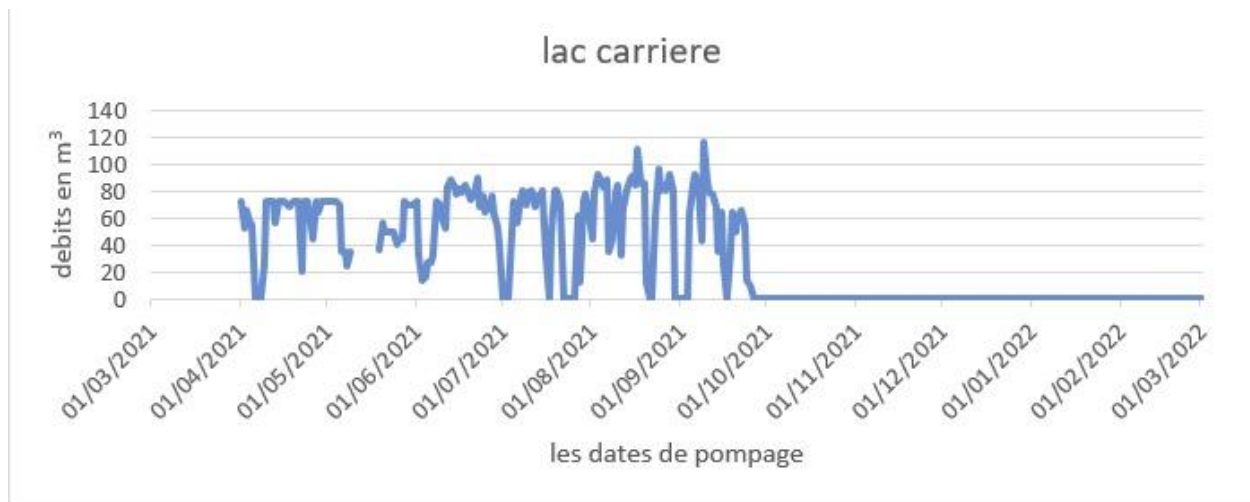
#### a) Lac de carrière :

Il se trouve dans la zone 1 là où il y a l'émergence des eaux de la nappe (figure 16), elle est équipée par 2 pompes, l'une est directe à l'usine et elle stocke dans les 3 bassin hydraulique (petit, moyen et le grand bassin), et l'autre pompe sous traitement, puis l'eau se transporte par des Camion-citerne deux ou trois fois par jour, ils sont d'une capacité de 20 à 23m<sup>3</sup> utilisés pour l'arrosage.



**Figure 16 : Ressources en eaux au niveau de la région M'zoudia (El yazidi, 2022)**

La variation des débits de sortie forage du lac carrière pour l'usine, de la période du 01/03/2021 au 01/03/2022, est représentée dans le diagramme de la figure 17 :



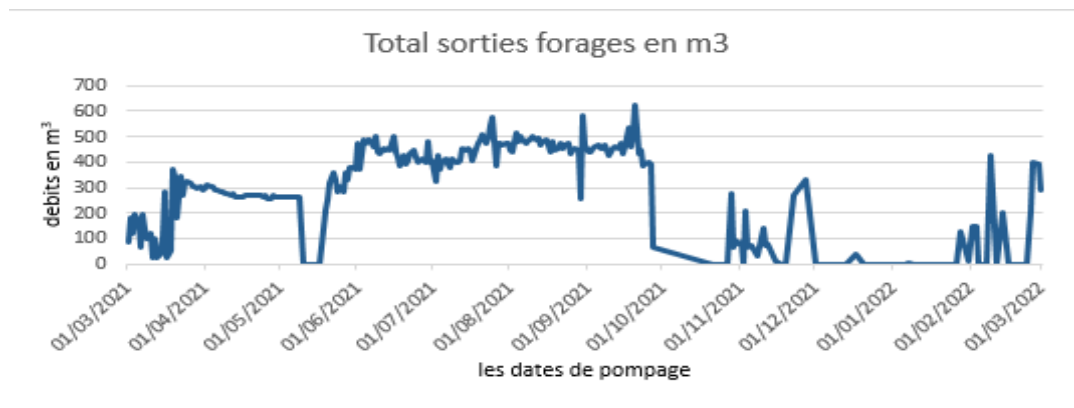
**Figure 17 : Courbe des débits de pompage d’eaux du lac carrière de mars 2021 jusqu’à mars 2022 en m<sup>3</sup> (Salama, 2022)**

Il a été observé que du 1 avril 2021 au 1 octobre 2022, les débits journaliers d'eau pompée du lac de carrière ont changé de manière quasi drastique, passant de 0 m<sup>3</sup> à 120 m<sup>3</sup> puis à zéro jusqu'à la fin de l'année. Car il n'y a pas de pompage durant cette période.

Les débits de pompage sont importants en été que l'hiver à cause d'un manque de précipitations au cours de ces dernières années est également en 2021.

**b) Forages d'eau :**

L'usine contient 5 puits d'alimentation de l'eau. Le diagramme de la figure 18 représente les variations totales des sorties des forages (puits) de l'usine :



**Figure 18 : Débits totaux des sorties forage en m<sup>3</sup> (Salama, 2022)**



On constate qu'il y'a une variation nette des débits des forages durant la période d'étude. La courbe est composée de deux périodes : une période de fort pompage du mois de mars au mois d'octobre 2021 avec des débits qui peuvent aller jusqu'à  $600\text{m}^3$ . Une période comprise entre octobre 2021 et mars 2022, de faible pompage (ne dépassant pas  $400\text{m}^3$ ). Ces changements de débit sont principalement dus à la nature climatique de la zone d'étude : en raison du manque de précipitations, les étés sont secs, contrairement aux hivers.

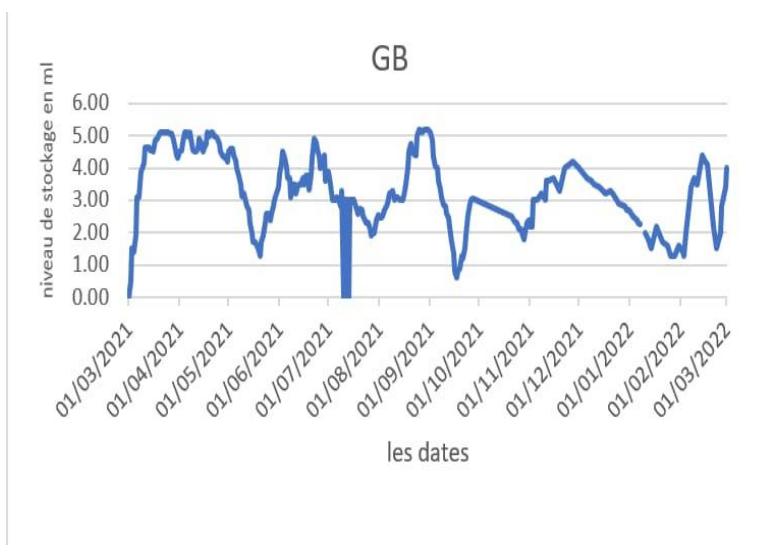
### c) Bassins de stockage :

L'usine CIMAR de Marrakech est constituée de 3 bassins de stockage d'eau provenant des forages d'eau et lac carrière.

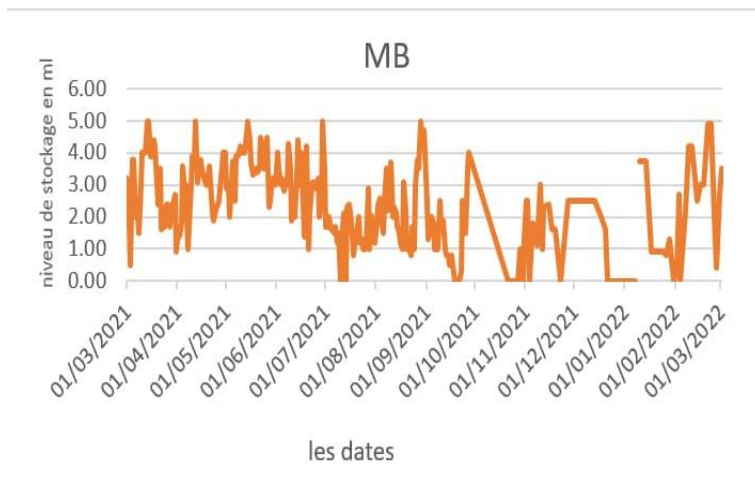
- Le Grand bassin : la capacité de stockage est  $1500\text{m}^3$ .
- Le Bassin moyen : la capacité de stockage est  $250\text{m}^3$ .
- Le Petit bassin : la capacité de stockage est de  $100\text{m}^3$

Le traitement de ces eaux s'effectue par le sable dans le passage du petit bassin au bassin moyen pour éliminer la matière en suspension, et par le sel du passage du bassin moyen au grand bassin pour détruire le calcaire.

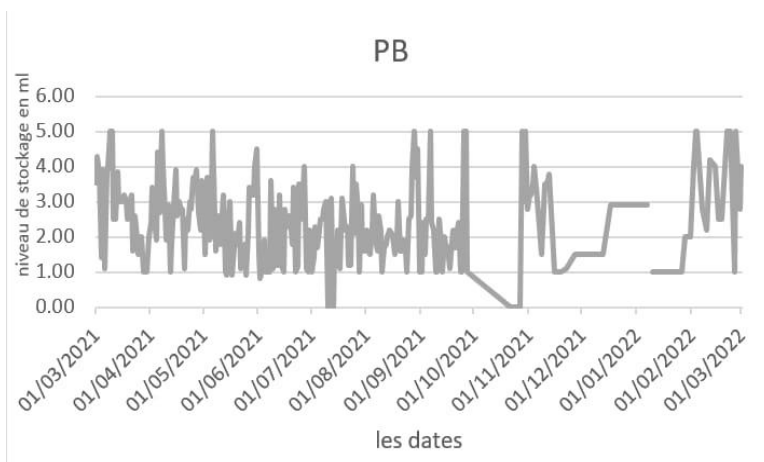
Les variations des niveaux de stockage d'eau pour la même période (du 01/03/2021 au 01/03/2022) sont représentées dans les figures 19,20 et 21 :



**Figure 19 : volume d'eau du grand bassin en ml du mois mars 2021 jusqu'au mois de mars 2022 (Salama, 2022)**



**Figure 20 : volume d'eau du bassin moyen du mois mars 2021 jusqu'au mois de mars 2022 (Salama, 2022)**



**Figure 21 : volume d'eau du petit bassin du mois mars 2021 jusqu'au mois mars 2022 (Salama, 2022)**

Les niveaux des bassins de stockage varient au cours de la période de mars 2021 jusqu'à mars 2022.

En hiver, le niveau d'eau dans le bassin monte en raison de l'importance des réserves stockées dans le bassin, tandis qu'en été il baisse en raison de la consommation d'eau pompée des forages ou des lacs de carrière. Cela est apparemment dû au manque de précipitations estivales, entraînant la sécheresse.

## **2. Utilisation d'eau:**

L'eau pompée à partir du lac carrière et des puits, est utilisé pour différentes stations de fabrication du ciment comme détaillé ci-dessus :

**a) Carrière :**

L'eau pompé à partir de lac carrière est transporté par des camions citernes et utilisé pour l'arrosage afin d'éliminer la poussière créée par les engins ou par les explosifs. La quantité d'eau consommée pour l'arrosage pendant la période d'étude (1 mars 2021 jusqu'à 1 mars 2022) est de  $1\,367\text{m}^3$  (Salama, 2022)

**b) Concassage :**

Dans cette étape l'eau est utilisée pour diminuer le taux de poussière au cours du concassage de la matière.



**Figure 22 : Citerne de stockage d'eau pour concassage**

**c) Broyage RM1 et RM2 :**

L'étape de broyage consomme environ  $11\,065\text{m}^3$ /année pour la tour de conditionnement du broyeur 1 (RM1) et  $21\,025\text{m}^3$ /année pour la tour conditionnelle du broyeur 2 (RM2).

On utilise également l'eau réfrigéré pour le refroidissement des huiles de broyeur, et aussi dans la tour conditionnelle pour refroidir les gaz chauds. La tour de conditionnement est un équipement essentiel du système de séchage, composé d'un cône d'entrée des gaz avec des sorties pour la distribution du gaz et d'une partie cylindrique où les gaz d'échappement sont

Rapport de stage:

refroidis à travers des injections et évaporation d'eau. Ainsi qu'une cuvette de collecte de poussière, où la poussière est séparée des gaz par l'eau d'environ  $240 \text{ m}^3/24\text{h}$  en cas de l'arrêt de broyeur.

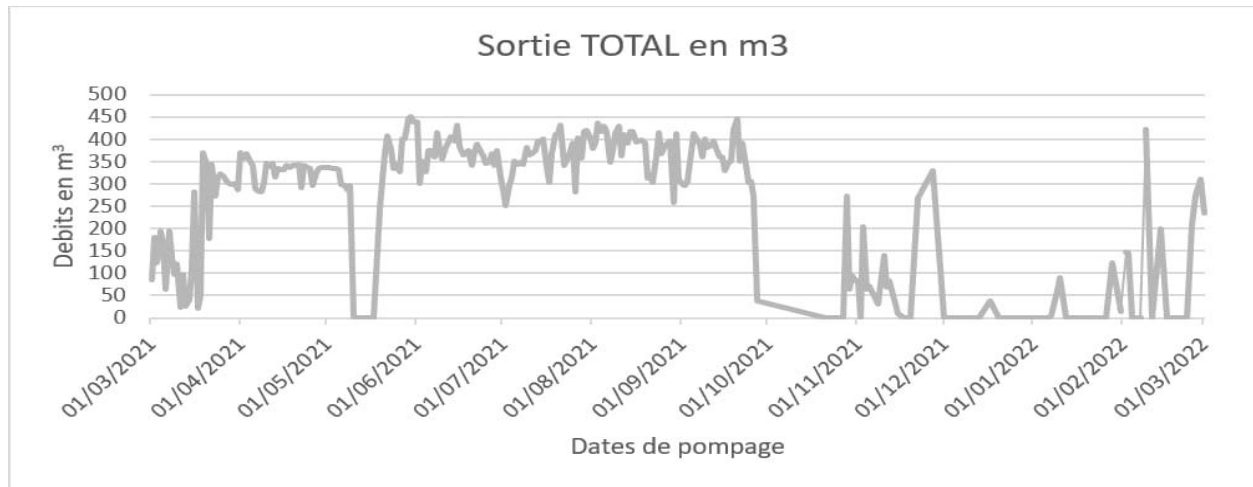


**Figure 23 : Tour conditionnelle de l'usine M'zoudia :**

### **3. Bilan hydrique :**

#### **a) Débits de pompage Total :**

Le diagramme de la figure 24 représente la variation des débits totaux de pompage de lac carrière et des cinq puits.



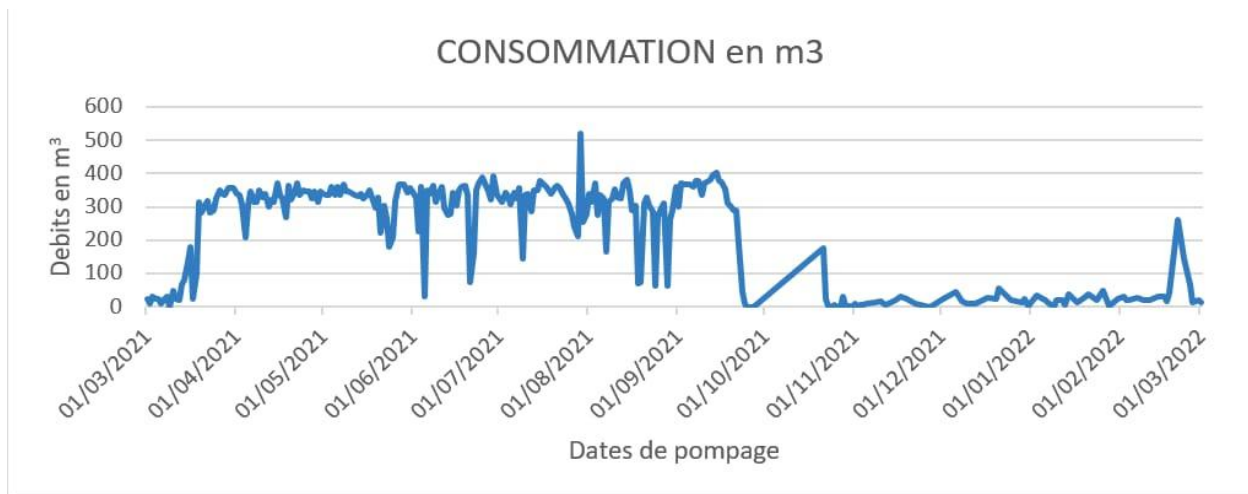
**Figure 24 : Courbe des débits totaux de pompage du 1 mars 2021 au 1 mars 2022 en m<sup>3</sup>**  
**(Salama, 2022)**

On remarque qu'on a deux variations majeures des débits totaux de pompage : une augmentation du mois de mars 2021 au mois d'octobre 2021 qui atteint 450 m<sup>3</sup> suivi d'une diminution jusqu'à mars 2022.

Ceci est principalement dû au besoin d'eau pendant l'été.

**b) Débits de consommation Total :**

Le diagramme de la figure 25 représente la consommation totale en eau de l'usine dans les différentes stations :



**Figure25 : Courbe de consommation d’eaux dans l’usine du mars 2021 au mars 2022 en m<sup>3</sup> (Salama, 2022)**

On constate généralement sur la courbe de la figure 25 une augmentation de volume d’eaux consommé en m<sup>3</sup> dans l’usine du 1 mars 2021 au 1 octobre 2021, puis une diminution jusqu’au mois février de 2022. A partir du mois de mars il y a encore une augmentation.

Ces variations sont dues au besoin d'eau pendant la sécheresse estivale, la période d’été il y a une grande consommation d’eau pour assurer l’arrosage et les autres fonctions dans l’usine.

**c) Interprétation des résultats :**

Depuis le 01/03/2021 jusqu’au 01/03/2022 et à partir des rapports internes de la société ciment du Maroc, nous avons déterminé :

Le débit total des sorties de forage : 71440 m<sup>3</sup>

Le débit total de consommation : 62061,8 m<sup>3</sup>

Alors le bilan hydrique général est de :

$$BH = 71440 - 62061.8 = 9378,2 \text{ m}^3$$

Donc durant la période d’étude, la société stocke environ 9378,2 m<sup>3</sup>. Cela permet de conclure que la société mène une bonne gestion des ressources d’eau et de consommation.

#### **4. Conclusion :**

Pendant la période d'été (du mois mars au mois octobre 2021) les débits de pompage et de consommation d'eaux de l'usine sont élevés, alors que dans l'hiver ces débits sont moins importants.

Les débits de pompage et de consommation sont plus importants en été qu'en hiver à cause d'un manque de précipitations au cours de ces dernières années. En effet, l'atmosphère sèche d'été favorise le dégagement des poussières, et surtout à la cimenterie de Marrakech qui utilise la voie sèche dans la production. Ainsi, le taux de poussières est très élevé ce qui entraîne une consommation importante d'eau pour l'arrosage.

A la lumière des interprétations précédentes, on remarque qu'il y a une consommation importante de l'eau dans les différentes étapes de fabrication du ciment, même s'il y a une bonne gestion des ressources en eaux.

Le refroidissement des gaz au niveau de la tour de conditionnement se fait par l'utilisation de l'eau ou par des ventilateurs d'air, donc on a une consommation d'énergie électrique. Dans ce cas, on a le choix d'utiliser la méthode la plus efficace, la moins couteuse, et la plus respectueuse de l'environnement et de la gestion des ressources en eaux.

Pour l'usine de ciment M'zoudia l'eau est la méthode la plus utilisé pour la fonction du refroidissement des gaz chauds avant leur échappements par les cheminées, ce qui entraîne un épuisement de l'eau.

Pour cela on propose d'ajouter un ventilateur avec une puissance de 2000 watts ou plus, afin d'assurer l'étape de refroidissement des gaz avec moins de consommation d'eau.

## **Partie III : la gestion environnementale au niveau de l'usine :**

La problématique qui nous occupe dans ce chapitre est de citer tous les types des gaz et leur quantité rejetés dans l'atmosphère. En effet généralement et à partir des hydrocarbures utilisés pour la cuisson et la matière de fabrication on a l'émission de quatre élément gazeux majeurs qui sont : le CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>.

### **I. La gestion environnementale au monde :**

HeidelbergCement à l'horizon 2030, réduit son empreinte carbone à hauteur de 30% comparé à 1990. Il produit 30% de sa consommation totale de chaleur à partir de combustibles alternatifs. De plus, il réduit ses émissions SO<sub>x</sub> et NO<sub>x</sub> liée sa la production de ciment à hauteur de 40% et de poussières à hauteur de 80% comparé à 2008. Enfin, il réduit en permanence toutes les autres émissions atmosphériques en décades moyens de l'industrie cimentière.

La stratégie de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de Heidelberg Cement repose sur des mesures concrètes au niveau des usines et des produits ; il s'agit notamment de l'amélioration de l'efficacité énergétique et de l'utilisation croissante de combustibles de substitution ainsi que de matière première de substitution (CIMAR, 2022).

Et par exemple en France : depuis de nombreuses années, Ciments Calcia (une cimenterie française) développe dans les territoires où elle est implantée, une politique d'économie circulaire de valorisation énergétique et matière. Elle investit chaque année sur ses sites dans les meilleures technologies disponibles pour améliorer son process et abaisser son empreinte environnementale.

Les certifications ISO 14001 et ISO 50001, son partenariat avec le Comité français de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) ainsi que son adhésion à la Stratégie nationale pour la biodiversité, son engagement Act4Nature, témoignent aussi de sa démarche de progrès.

Ainsi, Ciments Calcia a été le premier cimentier à être certifié ISO 14001, (système de management environnemental). L'entreprise rend compte, chaque année, auprès des parties prenantes de ses avancées dans ce domaine, au travers des Commissions de Concertation et de Suivi de l'Environnement qu'elle a mises en place depuis les années 90. Un programme



d'investissements des meilleures technologies disponibles de 400 M€ sur 5ans va accompagner sa transition écologique, conforter son ancrage et savoir-faire industriel et apporter sa contribution à l'objectif de neutralité carbone de la France à l'horizon 2050 (Ciments Calcia,2021).

## **II. Gestion environnementale à l'échelle du Maroc :**

### **1. Le ciment et la durabilité :**

Ciments du Maroc, filiale de HeidelbergCement, s'est engagée depuis longtemps dans un vaste chantier d'économie des ressources naturelles utilisées dans ses processus de production et de préservation de l'environnement. Ceci, en ayant recours aux technologies les plus innovantes et les moins polluantes et aux techniques qui permettent la plus grande économie possible d'eau et d'énergie. Plusieurs investissements dans les meilleures techniques disponibles sont entrepris notamment pour réduire l'empreinte carbone. Parmi ces investissements, on peut citer :

- Parc éolien dans le centre de broyage de Laayoune.
- Cogénération et certification ISO 50001 a l'usine Ait Baha.
- Le programme R&D de micro algues à l'usine de Safi (CIMAR,2022).

### **2. Gestion responsable des matière premières et combustibles non renouvelables :**

L'un des axes autour duquel ciment du Maroc développe son action pour le respect de l'environnement est celui des combustibles et matières de substitution. Ce système est basé sur un choix optimise des sources d'Energie pour maximiser la part des combustibles de substitution et sous-produits (valorisation énergétique et valorisation matière). La substitution aux combustibles traditionnels représente, outre une économie de prélèvement des ressources naturelles, un important effet de levier pour la diminution des émissionsCO<sub>2</sub>.

Dans cet axe, les principales actions 2016 portent sur (CIMAR,2022) :

- La poursuite de la valorisation écologique des pneus déchiquetés

- La prospection et la préparations sites (investissements, études,) a la valorisation d'autres combustibles locaux :SCR, bois, ....
- Valorisation des résidus industriels (cendres pyrrhotine, laitier, cendres volantes)

### **3. Emissions des gaz :**

Ciment du Maroc accorde à son activité industrielle de production de clinker et de ciment, beaucoup d'importances aux installations de filtration des rejets des cheminées qui peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air.

Les émissions au niveau des usines sont contrôlés minutieusement. Toutes les cheminées des fours sont équipés d'analyseurs permettant de mesurer en continue et en temps réel les émissions de gaz et de poussières issues de la cuisson. Les campagnes de mesure de la qualité de l'air ambiant sont également effectuées par un laboratoire national agréé. Les mesures des émissions de gaz et de poussières réalisées en 2016 montrent que Ciment de Maroc présente des niveaux conformes aux seuils règlementaires (CIMAR,2022).

### **III. La gestion environnementale à l'usine de Marrakech :**

L'année 2012 a connu la mise en service du système de dépoussiérage avec des filtres à manches à haute efficacité au lieu des électrofiltres, ce qui permet aujourd'hui à l'usine d'atteindre des niveaux d'émissions largement inférieures aux seuils fixés par les standards locaux et européens.

En 2014, l'usine s'est dotée d'une installation de valorisation de combustibles alternatifs, ainsi que d'un système de chargement automatique de sacs au niveau de l'ensacheuse.

Les gaz rejetés au niveau de l'usine proviennent principalement de deux sources :

- La matière première
- L'énergie thermique

#### **1. Les hydrocarbures d'usine :**

La cimenterie de Marrakech utilise trois hydrocarbures principaux qui sont :

- **Le fuel** : ou mazout est un combustible dérivé du pétrole, utilisé notamment dans les chaudières. Il est classé dans les ressources énergétiques fossiles. Il présente des rendements élevés mais compte tenu de sa très large utilisation pour la production d'énergie calorifique (pour le chauffage en chaudière) et mécanique (moteurs dits thermiques), il contribue à la pollution de l'air. et pour l'usine de M'zoudia on utilise 1000 à 2000 litres par seconde selon l'arrêt du four.
- **Le coke** : est un résidu de carbone quasi pur obtenu par chauffage du charbon par pyrolyse. Il se présente sous forme de pierres de taille variable à l'apparence granuleuse, poreuse et fissurée. Très résistant mécaniquement et perméable, le coke possède une masse volumique d'environ 650 kg/m<sup>3</sup>. Ce combustible à fort pouvoir calorifique (environ 8,8 kWh/kg) est principalement utilisé dans les hauts fourneaux où il permet d'atteindre des températures très élevées, on utilise 1 tonnes dans le four et la tour échangeable.
- **Les grignons d'olives** : c'est un sous-produit du processus d'extraction de l'huile d'olive composé des peaux, des résidus de la pulpe et des fragments des noyaux. Les grignons sont les résidus solides résultant de l'extraction d'huile, alors que les résidus liquides sont dénommés margines. Depuis les années 1990, où les exigences environnementales relatives aux rejets liquides à charge polluante non nulle ont pris de l'ampleur, les moulins à huile rejettent de moins en moins des margines, mais au contraire des grignons à teneur en eau plus élevée, appelés « grignons pâteux » ou « marginions ».

Le terme « grignons » est cependant le seul utilisé dans les textes réglementaires, la seule différence entre les grignons classiques et les grignons pâteux étant la teneur en eau (Wikipidia,2022).



**Figure 26 : Différents types d'hydrocarbures utilisés à l'usine de M'zoudia :**

## **2. Les gaz rejetés :**

Produire du ciment relève d'une industrie lourde et complexe, qui consiste à transformer le calcaire et l'argile dans des fours puissants. La chaleur qui en résulte dégage d'importantes quantités de dioxyde de carbone. Le transport et l'extraction de ces matières premières sont également sources de rejet de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère. Ce gaz est responsable à lui seul de 75 % de l'effet de serre qui participe au réchauffement climatique. Dans le monde, on estime à un milliard de tonnes le  $\text{CO}_2$  rejeté par l'industrie du ciment.

En l'absence d'oxygène, la fabrication de ciment produit également du monoxyde de carbone (CO) par combustion incomplète, au niveau des 2 brûleurs du four et de la tour échangeable, puis émet du gaz  $\text{NO}_x$ , qui résulte de l'énergie thermique au niveau du four (la température du four est élevée ce qui entraîne l'augmentation de  $\text{NO}_x$ ). Pour réduire la quantité de  $\text{NO}_x$ , on utilise l'ammoniac afin qu'il puisse se fixer sur le matériau. Par la suite, il existe les émissions de  $\text{SO}_2$  qui proviennent de la charge (la matière première) parfois riche en soufre et de l'énergie thermique issue de la combustion du coke.

## Rapport de stage:

Le laboratoire national des études et des essais LPEE et à la demande de la société *CIMENTS DU MAROC*, a procédé à la réalisation d'échantillonnage et mesures en vue de la caractérisation des émissions atmosphériques générées par le four, les broyeurs et le refroidisseur de la cimenterie de Marrakech en 2021(LPEE, 2021).

Le rapport de cette étude a pour objectif de présenter les résultats de mesures et les comparer aux valeurs limites fixées par l'arrêté de BO n° 6716 relatifs aux émissions atmosphériques des cimenteries. Les mesures sont portées sur 6 sources d'émissions atmosphériques.

- o Cheminée du refroidisseur (RC)
- o Cheminée du broyeur charbon (BC)
- o Cheminée du broyeur ciment 1 (BK1)
- o Cheminée du broyeur ciment 2 (BK2)
- o Cheminée 1 du four
- o Cheminée 2 du four

L'échantillonnage et les mesures in situ ont été réalisés à la cheminée, à l'aide d'un laboratoire mobile doté des équipements nécessaires pour la caractérisation de la pollution atmosphérique à l'émission (Tubes de Pitot, sondes d'échantillonnage, analyseurs automatiques des polluants gazeux, etc...).

### **a) Le refroidisseur et le broyeur :**

Les paramètres mesurés sont : température, pression, humidité relative, oxygène, monoxyde de Carbon (CO), Dioxyde de Carbon (CO<sub>2</sub>), vitesse.

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Récapitulatif des résultats des mesures des débits et des poussières (LPEE,2021)**

Source d'émissions	Débit gaz	Débit gaz sec	Taux d'humidité	Taux d'oxygène	Poussière		[MPS]/VI	Conformité
	réel				[MPS]	Valeur limite		
	m <sup>3</sup> /h	Nm <sup>3</sup> /h	%	%	mg /Nm <sup>3</sup>			
Cheminée du refroidisseur	265257	176601	1,2	20,9	21,9	100	0,21	Conforme
Cheminée du broyeur charbon BC	24045	16996	6,4	18,5	7,2	50	0,14	
Cheminée du broyeur ciment 1 BK1	40331	28440	2,1	20,9	27,3		0,55	
Cheminée du broyeur ciment 2 BK2	92230	65674	2,4	20,9	5,2		0,10	

La comparaison des résultats des mesures aux valeurs limites fixées par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018, révèle que toutes les concentrations des poussières au niveau du refroidisseur (RC), broyeur charbon (BC), broyeur ciment (BK1) et broyeur ciment (BK2) sont inférieures aux valeurs limites fixées par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018.

### **b) Le four :**

Les paramètres mesurés sont : température Tg, pression Pg, humidité relative Hu.g, oxygène O<sub>2</sub>, monoxyde de carbone CO, dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, vitesse Vg, débit Qg, poussière total en

suspension dans les gaz MPS, les métaux lourds : Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V, Zn.

### **b.1 : Cheminée 1 de four :**

Les principaux résultats des mesures des débits et des poussières sont présentés dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Récapitulatif des résultats des mesures des débits et des poussières (LPEE,2021)**

Source d'émission	Essai	Debit gaz reel	Débit gaz sec	Taux d'humidité	Taux d'oxygène	Poussière	
						MPS	Valeur limite
		M <sup>3</sup> /h	Nm <sup>3</sup> /h	%	%	Mg/Nm <sup>3</sup> (10% O <sub>2</sub> )	
Cheminée 1 de four	1	311155	165679	7,4	10,7	13,2	50
	2	276638	154010	6,3	10,8	15,4	
	Moyenne	293896	159845	6,8	10,7	14,3	

#### **Débit :**

Le débit réel moyen des émissions atmosphériques issues de la cheminée du four est de 293897 m<sup>3</sup>/h avec des taux moyens d'humidité et d'oxygène qui sont respectivement de 6,8% et 10,7%. Le débit moyen normalisé sec est de 159845 Nm<sup>3</sup>/h.

#### **Poussières :**

La concentration moyenne des MPS dans les émissions atmosphériques issues du four, corrigée à 10% d'oxygène, est égale à 14,3 mg/Nm<sup>3</sup>. Cette valeur est inférieure à la valeur limite fixée (50 mg/Nm<sup>3</sup> à 10% O<sub>2</sub>) par l'arrêté du bulletin officiel n°6716 de 2018.

Le tableau 4 représente les résultats des mesures des polluants gazeux de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'oxyde de l'azote et les Composés organiques volatils totaux (COVT).

**Tableau 4 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COVT(LPEE,2021)**

		FOUR
<b>SO<sub>2</sub></b> <b>mg/Nm<sup>3</sup> à 10%O<sub>2</sub></b>	Minimum	12
	Maximum	29
	Moyenne	19
	Valeur limite	<b>100</b>
<b>NO<sub>x</sub></b> <b>(mg/Nm<sub>3</sub> à 10% O<sub>2</sub>)</b>	Minimum	447
	Maximum	900
	Moyenne	678
	Valeur limite	<b>1000</b> (Pour un TS* >25 %)
<b>COVT</b> <b>(mg/Nm<sub>3</sub> à 10% O<sub>2</sub>)</b>	Minimum	2
	Maximum	78
	Moyenne	14
	Valeur limite	<b>50</b>

TS : Taux de substitution du combustible en déchets pendant les mesures.

#### **Polluant gazeux (SO<sub>2</sub>) :**

La concentration du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) mesurée, corrigée à 10% O<sub>2</sub>, varie entre 12 et 29 mg/Nm<sup>3</sup> avec une concentration moyenne de 19 mg/Nm<sup>3</sup>. Cette valeur est inférieure à la valeur limite (100 mg/Nm<sup>3</sup>).



### Polluant gazeux (NOx) :

La concentration des oxydes d'azote (NOx) mesurée, corrigée à 10% O<sub>2</sub>, varie entre 447 et 900 mg/Nm<sup>3</sup> avec une concentration moyenne de 678 mg/Nm<sup>3</sup>. Cette valeur est inférieure à la valeur limite fixé (1000 mg/Nm<sup>3</sup>).

### Composés organiques volatils totaux (COVT) :

La concentration des COVT mesurée, corrigée à 10% d'oxygène, varie entre 2 et 78 mg C/Nm<sup>3</sup> avec une concentration moyenne de 14 mg/Nm<sup>3</sup> inférieure à la valeur limite fixée à 50 mg C/Nm<sup>3</sup> par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018.

Le tableau 5 représente les résultats des mesures des polluants gazeux tels que le chlorure d'hydrogène (HCl) et Fluorure d'hydrogène (HF).

**Tableau 5 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux HF et HCl(LPEE,2021)**

	Essai n°	[HF] moy	[HCl] moy
		mg/Nm <sup>3</sup> (10%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup> (10%O <sub>2</sub> )
Four	1	< 0,01	< 0,01
	2	< 0,01	< 0,01
	Moyenne	< 0,01	< 0,01
Valeur limite		1	10

### Polluants gazeux (HF, HCl) :

Les concentrations du HF mesurées sont inférieures à la limite de quantification de la méthode utilisée. Par conséquent, leur moyenne est inférieure à la valeur limite fixée par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018 (1 mg/Nm<sup>3</sup>).

Les concentrations du HCl mesurées sont inférieures à la limite de quantification de la méthode utilisée. Par conséquent, leur moyenne est inférieure à la valeur limite fixée par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018 (10mg/Nm<sup>3</sup>).

Le tableau 6 illustre les résultats des mesures des métaux lourds.

**Tableau 6 : Récapitulatif des résultats des mesures des métaux lourds(LPEE,2021)**

Essai numéro	1	2	Moyenne	Valeur limite
Date de l'essai	30/08/2021	30/08/2021	Mg/Nm <sup>3</sup>	Mg/Nm <sup>3</sup>
Hg	0,0037	0,0085	0,0317	0,05
Cd+Tl	0,0010	0,0010	0,0015	0,05
Sb+As+Pb+Cu+Cr+Co+Mn+Ni+V+Sn+ Se+Te	0,2608	0,2066	0,1943	0,5
Sb+As+Pb+Cu+Cr+Co+Mn+Ni+V+Sn+ Se+Te+Zn	0,3239	0,2352	0,2560	5

### **Métaux lourds :**

En ce qui concerne les métaux, le tableau n°6 montres qu'au niveau de la cheminée 2 du four, les concentrations mesurées sont inférieures aux valeurs limites fixées par l'arrêté du bulletin officiel n°6716 de 2018.

### ***b.2 : Cheminée 2 de four :***

Les principaux résultats des mesures des débits et des poussières sont présentés dans le tableau 7.

**Tableau 7 : Récapitulatif des résultats des mesures des débits et des poussières (LPEE,2021)**

Source d'émissions	Essai	Debit gaz reel	Debit gaz sec	Taux d'humidité	Taux d'oxygène	Poussières	
						[MPS]	Valeur limite
		m3/h	Nm3/h	%	%	mg/Nm3 (10% O2)	
Cheminée 2 de four	1	220019	131044	10,0	13,3	34,0	50
	2	273814	161668	8,9	13,3	45,8	
	<i>Moyenne</i>	246916	146356	9,5	13,3	39,9	

**Débit :**

Le débit réel moyen des émissions atmosphériques issues de la cheminée du four est de 246917 m3/h avec des taux moyens d'humidité et d'oxygène qui sont respectivement de 9,5% et

13,3%. Le débit moyen normalisé sec est de 146356 Nm3/h.

**Poussières :**

La concentration moyenne des MPS dans les émissions atmosphériques issues du four, corrigée à 10% d'oxygène, est égale à 39,9 mg/Nm3. Cette valeur est inférieure à la valeur limite fixée (50 mg/Nm3 à 10%O2) par l'arrêté du bulletin officiel n°6716 de 2018.

Le tableau 8 représente les résultats des mesures des polluant gazeux de dioxyde de soufre (SO2), l'oxyde de l'azote et le Composés organiques volatils totaux (COVT).

**Tableau 8 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COVT(LPEE,2021)**

		FOUR
<b>SO<sub>2</sub></b> <b>mg/Nm<sup>3</sup> à 10%O<sub>2</sub></b>	Minimum	10
	Maximum	150
	Moyenne	19
	Valeur limite	<b>100</b>
<b>NO<sub>x</sub></b> <b>(mg/Nm<sub>3</sub> à 10% O<sub>2</sub>)</b>	Minimum	680
	Maximum	1196
	Moyenne	889
	Valeur limite	<b>1000</b> (Pour un TS* >25 %)
<b>COVT</b> <b>(mg/Nm<sub>3</sub> à 10% O<sub>2</sub>)</b>	Minimum	<0,3
	Maximum	8
	Moyenne	3
	Valeur limite	<b>50</b>

TS : Taux de substitution du combustible en déchets pendant les mesures.

**Polluant gazeux (SO<sub>2</sub>) :**

La concentration du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) mesurée, corrigée à 10% O<sub>2</sub>, varie entre 10 et 150 mg/Nm<sup>3</sup> avec une concentration moyenne de 19 mg/Nm<sup>3</sup>. Cette valeur est inférieure à la valeur limite (100 mg/Nm<sup>3</sup>).

**Polluant gazeux (NO<sub>x</sub>) :**

La concentration des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) mesurée, corrigée à 10% O<sub>2</sub>, varie entre 680 et 1196 mg/Nm<sup>3</sup> avec une concentration moyenne de 889 mg/Nm<sup>3</sup>. Cette valeur est inférieure à la valeur limite fixé (1000 mg/Nm<sup>3</sup>).

### Composés organiques volatils totaux (COVT) :

La concentration des COVT mesurée, corrigée à 10% d'oxygène, varie entre des valeurs inférieures à la limite de quantification (< 0,3 mg/Nm<sup>3</sup>) et une valeur maximale de 8 mgC/Nm<sup>3</sup> avec une concentration moyenne de 3 mg C/Nm<sup>3</sup> inférieure à la valeur limite fixée à 50 mg C/Nm<sup>3</sup> par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018.

Le tableau 9 représente les résultats des mesures des polluants gazeux tel que le chlorure d'hydrogène (HCl) et Fluorure d'hydrogène (HF).

**Tableau 9 : Récapitulatif des résultats des mesures des polluants gazeux HF et HCl (LPEE,2021)**

	Essai n°	[HF] moy	[HCl] moy
		mg/Nm <sup>3</sup> (10%O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup> (10%O <sub>2</sub> )
Four	1	< 0,01	< 0,01
	2	< 0,01	< 0,01
	Moyenne	< 0,01	< 0,01
Valeur limite		1	10

### Polluants gazeux (HF, HCl) :

Les concentrations du HF mesurées sont inférieures à la limite de quantification de la méthode utilisée. Par conséquent, leur moyenne est inférieure à la valeur limite fixée par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018 (1 mg/Nm<sup>3</sup>). Les concentrations du HCl mesurées sont inférieures à la limite de quantification de la méthode utilisée. Par conséquent, leur moyenne est inférieure à la valeur limite fixée par l'arrêté de BO n° 6716 de 2018 (10 mg/Nm<sup>3</sup>).

Le tableau 10 illustre les résultats des mesures des métaux lourds.

**Tableau 10 : Récapitulatif des résultats des mesures des métaux lourds (LPEE,2021)**

Essai numéro	1	2	Moyenne	Valeur limite
Date de l'essai	24/08/2021	25/08/2021	Mg/Nm <sup>3</sup>	Mg/Nm <sup>3</sup>
Hg	0,0022	0,0035	0,0029	0,05
Cd+Tl	0,0067	0,0032	0,0049	0,05
Sb+As+Pb+Cu+Cr+Co+Mn+Ni+V+Sn+ Se+Te	0,2321	0,2571	0,2446	0,5
Sb+As+Pb+Cu+Cr+Co+Mn+Ni+V+Sn+ Se+Te+Zn	0,2556	0,2867	0,2712	5

**Métaux lourds :**

En ce qui concerne les métaux, le tableau n°13 montre qu'au niveau de la cheminée 2 du four, les concentrations mesurées sont inférieures aux valeurs limites fixées par l'arrêté du bulletin officiel n°6716 de 2018.

## **Conclusion générale**

Notre projet de fin d'étude qui s'est déroulé au niveau de la société ciment du Maroc Marrakech nous a permis d'une part l'acquisition de nouvelles connaissances pratiques ainsi que théoriques sur la gestion de l'eau et la protection de l'environnement au niveau de l'industrie cimentière.

Ce stage nous a permis de voir le fonctionnement d'une organisation avec toutes ses composantes à la fois matérielles, techniques mais surtout humaines, et d'observer de près la manière dont sont organisés les différents services qui en font partie.

Notre travail est dans le cadre d'étudier la situation de consommation de l'eau et l'environnement analytique par l'analyse des documents internes de la société qui contient des informations sur les ressources en eau : débits de sorties de forages, lac carrière et leurs fonctionnalités avec ses débits, et d'identifier la capacité de réserve dans les bassins de stockage pendant la période 1 mars 2021 au 1 mars 2022.

Après ces analyses, en comparant les débits de sorties de forages avec les débits de consommation, on constate que l'usine a une bonne gestion dans ces domaines.

En outre la partie environnementale de notre travail est concentré sur l'émission des gaz tels que CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, et SO<sub>2</sub>, en indiquant leurs sources, ses quantités, à l'aide des rapports du laboratoire public des études et des essais. En comparant les résultats d'analyses pendant la période 2 août 2021 jusqu'à 1 septembre 2021 aux normes marocaines, nous avons conclu que ces résultats sont conformes.

## **Références bibliographiques**

- ② Chakrad.K, et Lasraa.H, Caractéristiques et Etude géologique et pétrographique de la zone 9, carrière M'zoudia, Cimenterie de Marrakech, Maroc, Rapport de PFE 2021,67p
- ② Shaimi.T, document de laboratoire de CIMAR, 2022
- ② TAHIRI. A, EL Hassani ; 1983 : Lithostratigraphie, et structure du jebel ARDOUZMaroc Hercynien, Bull
- ② El yazidi.A, Ressources en eaux ciments du Maroc, Rapport 2022,2p
- ② Salama.A, Tableau situation eau usine, Excel, 2022.
- ② LPEE, Caractérisation des émissions atmosphériques générées par le four de la cimenterie de ciments du Maroc Marrakech, Rapport N° : 2021-180-06028-2021-0334/01  
Date : 16/11/2021,24p
- ② LPEE, Caractérisation des émissions atmosphériques générées par le refroidisseur et broyeurs de la cimenterie de ciments du Maroc Marrakech, Rapport N° : 2021-180-06028-2021-0334/02, Date : 16/11/2021,12p
- ② LAFARGE, L'engagement de Lafarge au service de l'eau, Mars 2012,14p
- ② Ciment du Maroc, L'environnement au quotidien, 28/04/2022, 3p
- ② CIMAR, Le ciment et la durabilité ,28/04/2022,3p
- ② Ciments Calcia, Le CIMENT un matériau D'AVENIR Mars 2021,6p
- ② Heuzebroc.J, Pénurie d'eau : le Maroc tire le signal d'alarme, 2022

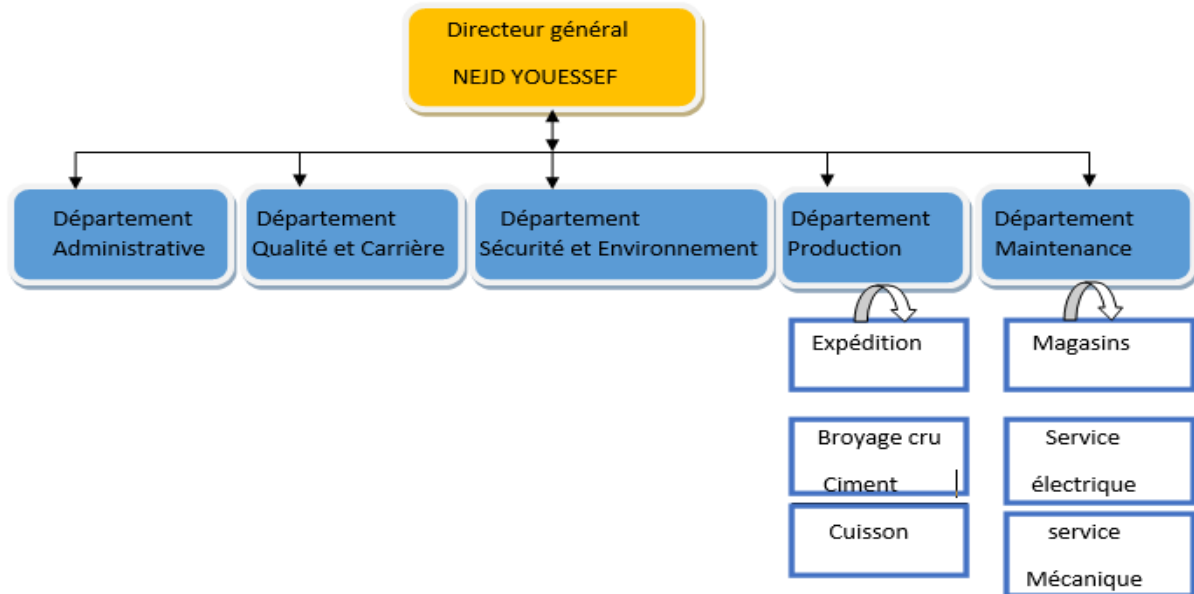


## **Références webographies**

- ② <https://earth.google.com/web/search/m%27zoudia/@31.58814778,-8.49749961,384.86636159a,2826.95213931d,35y,-37.9744857h,44.95506721t,-Or/data=CigiJgokCamPPrvzrT9AEWCJXRpKli9AGSDxtQhsiR AIWYHpftJOSDA>
- ② <https://revues.imist.ma/index.php/fsejournal/article/view/27122>
- ② <https://fr.wikipedia.org/wiki/HeidelbergCement>
- ② <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fioul>
- ② <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/matiere-coke-19151/>
- ② [https://fr.wikipedia.org/wiki/Grignon\\_d%27olive](https://fr.wikipedia.org/wiki/Grignon_d%27olive)
- ② <https://apc.ma/responsabilite-sociale/environnement-energie/>
- ② <https://www.suez.com/fr/notre-offre/collectivites-locales/quel-est-votre-besoin/gestion-de-l-eau/preserver-la-ressource-eau>
- ② <http://www.cement-machine.fr/conditioning-tower.html>

## LISTE DES ANNEXES

### Annexe 1 : Organigramme de la Société :



**Figure : Organigramme du ciment du Maroc**

### Annexe 2 : Valeur limites fixées par la réglementation Marocaine

Le tableau ci-dessous donne un résumé de la réglementation marocaine en vigueur, spécifique au secteur

cimentier : il s'agit de l'arrêté du bulletin officielle n° 6716 de 2018.

Poussières	
Installation concernée	Valeur limite *(mg/Nm <sup>3</sup> )
Broyeurs	50
Refroidisseurs	100

**Tableau des Valeurs limites spécifiques à la réglementation marocaine spécifique au secteur cimentier**

\* Moyenne des concentrations mesurées

### Annexe 3 : valeur limites fixées par la réglementation marocaine

Tableau des Valeurs limites spécifiques à la réglementation marocaine spécifique au secteur cimentier

Paramètre	Valeur limite* mg/Nm3 à 10 % O2
Poussières totales	50
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10
Fluorure d'hydrogène (HF)	1
Substances organiques à l'état de gaz et vapeur (en « C »)	50
Dioxyde de soufre (SO2)	100
Oxydes d'azote (NOx)	<b>1000</b>

Métaux	Valeur limite * mg/Nm3 à 10 % O2
Cadmium et composés (Cd) + Thallium et composés (Tl)	0,05
Mercure et composés (Hg)	0,05
Total pour les autres métaux (Sb+As+Pb+Cu+Cr+Co+ Mn+Ni+V+Sn+Se+Te)	0,5
Total des autres métaux +le zinc (Zn)	5

Paramètre	Valeur limite * pg/Nm3 à 10 % O2
Dioxines et Furannes	<b>100</b>

\* Moyenne des concentrations mesurées.