الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محند أولحاج
- البويرة -
معهد التكنولوجيا

Département de Technologie Chimie Industrielle

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

De Licence professionnalisant en :

Génie de la formulation

Thème :

Fabrication et contrôle de qualité de plâtre

Réalisé par :

Mr KOUASMIA slimane

Encadré par :

Mme HALEM Zohra — MCB / promotrice

Tuteur de l'entreprise :

Mr KASSOUSSI Moussa — Laboratoire de EPD

Soutenu devant le Jury :

Mr AOUDJIT Farid — MAA/ Examinateur

Mme IGGUI Kahina — MCB / Présidente

Année Universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail je tiens à remercier Dieu tout puissant qui m'a donné la force d'atteindre mes objectifs.

C'est avec joie que j'exprime ma profonde gratitude et mes profonds respects de leur précieuse collaboration, aux personnes qui ont contribués à la réalisation de mon stage.

Je remercie sincèrement ceux qui ont, de près ou de loin contribué à la réalisation de ce mémoire, fruit de mon premier pas dans l'univers de la recherche.

Ces remerciements vont tout particulièrement à :

Madame : HALLEM Zohra

Monsieur : KASSOUSSI Moussa

Le président et les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail.

À toute l'équipe du laboratoire d'analyse au niveau de l'entreprise de EPD.

Ma famille et mes frères

Je remercie également toute ma famille, tous mes collègues de l'université et toute ma promotion.

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire à mes parents spécialement

Et mes frères

Qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études, Sans eux je n'aurai certainement pas fait cela.

Ce mémoire représente donc l'aboutissement de soutien

Et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.

Qu'ils en soient remerciés par ce modeste travail.

A mes amis

Et aussi à MIMOUN REZIG Chaima

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I : **Synthèse bibliographique**

Introduction 2
I.1 Généralité sur l'entreprise 2
I.1.1 Situation géographique du l'entreprise 2
I.1.3 description de l'établissement 2
I.1.3 Activités principales 3
I.2 Historique et généralité sur le plâtre 3
I.2.1. Définition du plâtre 3
I.2.2 Les différents types de produits (plâtre). 3
I.3 Le gypse 4
I.3.1 Le gypse naturel 4
I.3.2 Gypse de synthèse 4
I.3.3 Caractérisation de gypse 6
I.4 Les anhydrites 8
I.4.1 Définition de semi-hydrates 9
I.5 Propriétés chimiques et physiques de plâtre semi hydrate 10
I.6 Principales propriétés du plâtre 12
Conclusion 13

Chapitre II : procédés de fabrication de plâtre

Introduction 14
II.1 Fabrication du plâtre 14
II.1.1 L'extraction 14
II.1.2 Concassage-calibrage 15
II.1.2.1 concasseurs à mâchoire 15
a) Concasseurs à cylindre dentes 15
II.1.3 La cuisson 16
b) La cuisson du plâtre beta 16

c) La cuisson du plâtre alpha 17
II.1.4 Le broyage 17
II.1.5 Conditionnements et la logistique 17
II.1.6 Le contrôle et la validation des produits 19
II.2 Contrôles de qualité 19
II.2.1 La pureté 19
II.2.2 la masse volumique 20
II.2.3 Granulométrie 21
II.2.4 Temps de prise 22
Conclusion 24

Chapitre III : résultats et discussion

Résultats et discussion 25
Contrôle physico-chimique 25
III.1. Contrôle de CW (eau de cristal) 25
III.2. La pureté 26
III.3. Granulomètre 27
III.4. Temps de prise 29
III.4.1. Débit de prise 29
III.4.2. Fin de prise 30
III.5. La masse volumique 31
Conclusion 32
Conclusion générale 33
Références bibliographiques 34

Liste des abréviations

EPD : entreprise plâtre dérivés

CNAT: Customer Needs Assessment Tool

ISO: International Organization for Standardization

MEB : Macro Editor bas

CW : eau de cristal

TFP : temps fin de prise

TDP : temps début de prise

E/P : eau / plâtre

Liste des figures

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Figure I.1: La géographie de l'usine 2
Figure I.2 : Les types de plâtre 3
Figure I.3: Différents systèmes de cristallisation de gypse 5
Figure I.4: Morphologie du cristal de gypse. 6
Figure I.5: structure cristalline du gypse 7
FigureI.6 : photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate β (5µm). 8
FigureI.7: photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate α (5µm). 9
FigureI.8: Schéma de la déshydratation 10

Chapitre II : procédés de fabrication de plâtre

FigureII.1: extraction du gypse à ciel ouvert. 14
FigureII.2: concassage du gypse 15
FigureII.3: four cuisson du gypse 16
FigureII.4: diagramme de fabrication du plâtre EPD. 18
FigureII.5: thermo balance 19
FigureII.6 : lserie des tamis 21
FigureII.7: processus de tamisage (l'essai) 22
FigureII.8 : déroulement d'essais du temps de prise 23
Figure II. 9: moule d'appareil d'uromètre 23
FigureII.10 : d'uromètre…..…….……...23

Chapitre III : Résultats et discussion

FigureIII.1 : pourcentage de CW dans le gypse 25
FigureIII.2 : pourcentage de CW dans déférents types de plâtre 26
FigureIII.3 : le pourcentage de la pureté de gypse 27
FigureIII.4 : pourcentage de refus chaque produit 28

FigureIII.5 : temps débit de prise de chaque produit..... 29
FigureIII.6: moyenne temps fin de prise de chaque produit..... 30
FigureIII.7 : moyenne de la masse volumique 32

Liste des tableaux

Tableau I.1: Caractéristiques des semi-hydrates α et β 11
Tableau III.1 : moyenne de la CW de gypse dans 10 jours..... 25
Tableau III.2 : moyenne de la CW de déférents types de plâtre gypse dans 10 jours..... 26
Tableau III.3 : moyenne la pureté de gypse 27
Tableau III.4 : moyenne de refus chaque type de produits 28
Tableau III.5 : moyenne temps débit de prise 29
Tableau III.6 : moyenne temps fin de prise..... 30
Tableau III.7 : moyenne de la masse volumique chaque produit..... 31

Résumé

L'objectif de notre travail a été suivre la procédé de fabrication de plâtre et contrôle de qualité avec l'étude analyse physicochimique de chaque types et les comparer aux normes mondiales, au niveau de notre lieu de stage EPD (Ouled-Djellal) –Biskra.

ملخص

كان هدف عملنا هو متابعة عملية تصنيع الجص ومراقبة الجودة من خلال دراسة التحليل الفيزيائي الكيميائي لكل نوع ومقارنتها بالمعايير العالمية ، على مستوى مكان التدريب لدينا EPD (اولاد جلال -بسكرة-).

summary

The objective of our work was to follow the plaster manufacturing process and quality control with the study physicochemical analysis of each type and compare them to the global standards, at the level of our training place EPD (Ouled-Djellal) -Biskra .

Introduction générale

Introduction générale

Depuis l'antiquité l'homme a toujours été préoccupé par l'amélioration de ses conditions de vie la recherche du confort .

De nombreux savants ont consacré beaucoup de leurs temps à la recherche Surtout dans construction l'industrie.

Les matériaux de construction ont, à cet égard, constitué un des thèmes les plus important.

Le sol et le sous-sol de notre pays regorgent de réserves significatives en minéraux qui sont insuffisamment ou pas du tout exploitées. Compte tenu des défis de l'Algérie dans le domaine de la construction, des études et des recherches sont engagées pour la réalisation de nouvelles unités de production (plâtrières, cimenteries, unités de production de chaux etc.).

Notre étude portera sur l'un de ces matériaux qui est le plâtre en l'occurrence. Il s'agit d'une poudre blanche produite par la calcination du Gypse.

La consommation de cette matière ne cesse d'augmenter de jour en jour. Face à cette demande, l'Algérie a construit plusieurs unités de production du plâtre dans différentes régions du pays (plâtrières de Tlemcen, Biskra, Bejaia, Ghardaïa, Ain-Temouchent, etc.).

L'unité de plâtre Oulad Djlal-BISKA(EDP) à titre d'exemple, est l'une des plus productives dans ce domaine. Elle a toujours encouragé les recherches de développement des propriétés du plâtre, de sa production et son utilisation. Ces recherches ont fait l'objet de nombreuses publications sur le traitement et la production du plâtre.

L'objectif de la réalisation de ce travail est de suivre la fabrication de plâtre, et de contrôler sa qualité tout en passant par les matières premières et le produit au cours de fabrication.

Ce travail est constitué de trois chapitres:

- Le premier est consacré à une étude bibliographique générale sur la production de plâtre dans l'industrie de la construction.
- Le second porte sur la description des différentes étapes de fabrication de plâtre et ces contrôles physico-chimiques.
- Et en enfin le troisième est réservé aux résultats obtenus, les discuter et les comparer aux normes.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Etude bibliographique

Introduction

Ce chapitre nous fait étude générale de l'entreprise et décrire toutes les propriétés du CaSO4-2H2O et les différentes phases du (plâtre α etβ).

I.1 Généralité sur l'entreprise EPD

I.1.1 Situation géographique du l'entreprise

L'entreprise se situe à **07 Km** au nord de la commune **d'Oulad Djellal**, à **Feidh Chih – Route de Biskra**, Sur la route nationale reliant la commune **d'Oulad Djellal et Doucen**.

FigureI.1: La géographie de l'usine

I.1.3 description de l'établissement

L'entreprise a été créé dans le cadre du plan du ministère des petites et moyennes Industries, La date de création de cette entreprise est le 08-05-1977 sur le nom d'Unité Communale de production de Plâtre et dérivés, et par décision ministériel n° 179/71 du 30-06-1971 et notamment par décision Communal n° 29/1979.

Le complexe de l'usine a été conçu par l'entreprise Allemande BABCKOK sur un Périmètre de 15963 m², dont une surface couverte de 1700 m².

Le premier essai de la production a débuté le 01Septembre 1983.

L'inauguration et le lancement réel de la production s'est effectué le 01/01/1984.

En raison de la demande croissante de l'importance du Gypse sur le marché industriel, des modifications ont été apportées pour accroître la productivité c'est pour cela une deuxième ligne de production a été créé capacité de 5 t / h

La valeur vénale de l'entreprise d'après le rapport de CNAT à fin 2005 est évaluée à 164 .176.000 ,00 DA

I.1.3 Activités principales

L'activité principale de l'entreprise est la production et la commercialisation du plâtre.

I.2 Historique et généralité sur le plâtre

I.2.1. Définition du plâtre

Les plâtres sont surtout connus comme matériaux de confection des modèles de travail. Le gypse constitue la matière première du plâtre. Ce di-hydrate de sulfate de calcium (déshydraté) par une cuisson au four, se transforme en plâtre ou hémi-hydrate de sulfate de calcium. La structure et les caractéristiques physiques de l'hémi-hydrate obtenu (α ou β) vont dépendre des conditions de cuisson : température, pression, environnement etc…. [1]

I.2.2 Les différents types de produits (plâtre).

On trouve trois sortes de plâtre qui sont **:**

a) Plâtre de Moulage
b) Plâtre de Construction
c) Plâtre Extra Fin.

Figure I.2 : Les types de plâtre

I.3 Le gypse

Le Gypse constitue la matière première du plâtre qu'on le nomme le : « di-hydrate de sulfate de calcium ». Déshydraté par une cuisson au four et se transforme en plâtre ou hémi-hydrate de sulfate de calcium.

Les caractéristiques physiques qui sont (la température, la pression et environnement etc…. [1] et la structure de l'hémi-hydrate obtenu en (α ou β) vont dépendre des conditions de cuisson.

Le Gypse est constitué essentiellement de Sulfate de Calcium à deux molécules d'eau de formules ($CaSO_4$, $2H_2O$) ce qui correspond à environ 79% de Sulfate de calcium associé à 20.93% d'eau. Le gypse commercial cependant, atteint rarement cette composition théorique car non seulement il contient fréquemment des impuretés de diverses sortes telles que (Calcaire, Argile, Sable, Silice, Magnésie, etc.), mais sa teneur en eau peut également varier.

Il existe deux grandes catégories de Gypses qui sont :

- Les Gypses naturels
- Les Gypses synthétiques

I.3.1 Le gypse naturel

Le gypse appartient à la famille des évaporites qui sont des roches sédimentaires les plus solubles dans l'eau. On considère généralement que le gypse résulte de l'évaporation de l'eau des lagunes marines sursaturées. Les gisements les plus importants datent de l'ère secondaire ou tertiaire. Le gypse est présenté en quantités relativement importantes dans la nature. Il existe de nombreuse gisement dans le monde : en France, au Mexique, en Espagne etc…

Le gypse se cristallise dans le système monoclinique. À l'échelle moléculaire, il présente une structure feuilletée dans laquelle alitement une couche d'eau et deux couches de sulfate de calcium. Les principales variétés que l'on rencontre dans la nature sont

A) **Sous forme macro cristallisée** : le Gypse lamellaire, le fer de lance et le gypse lenticulaire.
B) **Sous forme micro cristallisée** : l'albâtre, le gypse fibreux, le gypse saccharoïde et le gypse éolien.

Le Gypse exploité dans l'industrie plâtrer est une roche cristallisée à grains généralement fin (gypse saccharoïde). Il est rarement pur à cause des impuretés en nombre et proportion variables d'une carrière à l'autre qui sont argile, calcaire, silice, dolomite, anhydrite, etc...

I.3.2 Gypse de synthèse

Le Gypse de synthèse est le produit essentiel d'une réaction chimique industrielle. Sa production est limitée à cause des impuretés ainsi que pour des raisons techniques et économiques. En effet, pour l'élimination de ces derniers produits au cours de ce type nécessite des traitements chimiques

couteux.

Les principales sources de Gypse chimique sont :

1) **La fabrication de l'acide phosphorique (phosphogypse)** : par attaque du phosphate naturel.
   $Ca_5(PO_4)_3F + 5\ H_2SO_4 + 10\ H_2O \rightarrow 3\ H_3PO_4 + 5\ CaSO_4(H_2O)_2 + HF$
2) **La fabrication d'autres acides minéraux :** (acide borique, brogypse, acide fluorhydrique, fluor Gypse) ou organique, organo-Gypse (acide citrique, tartrique, etc…)
   $CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2\ HF + CaSO_4$
3) **La fabrication de l'oxyde de titane (TiO_2) :** conduit également à une production de Gypse appelé titan gypse.
4) **La désulfuration des gaz et fumées** : l'oxydation de l'anhydride sulfureux SO_2 (anhydride sulfurique) puis sa réaction avec de la chaux.

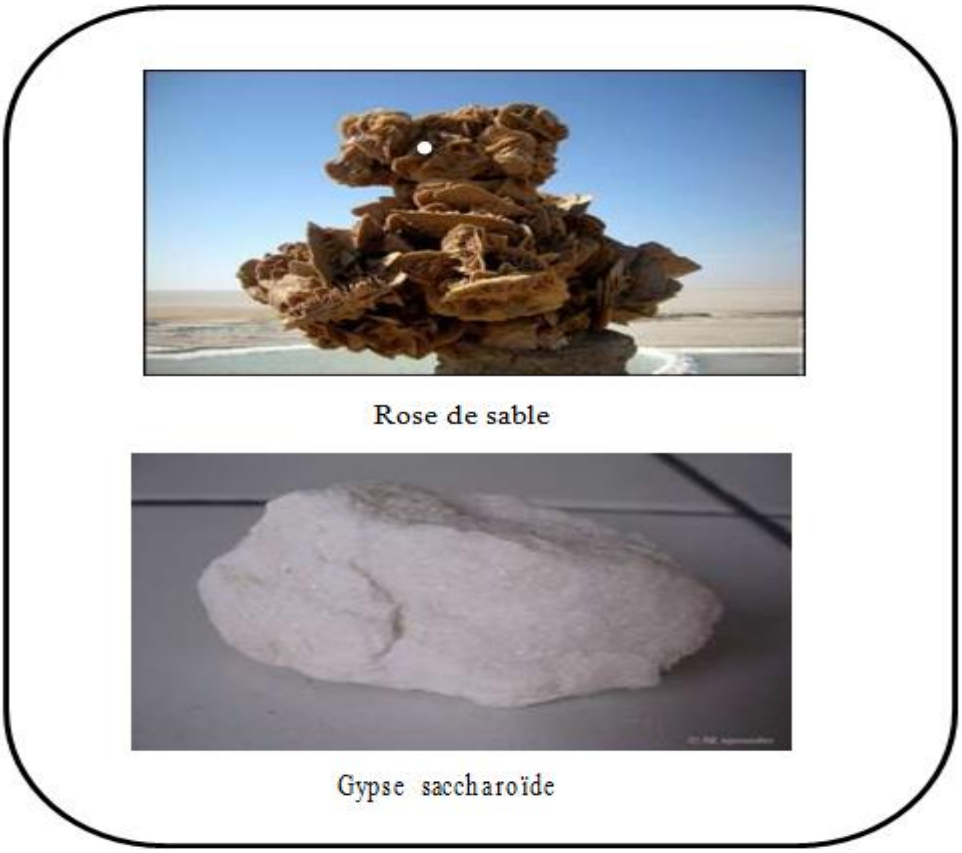


Figure I.3: Différents systèmes de cristallisation de gypse

I.3.3 Caractérisation de gypse

Le gypse est amorphe et sa densité varie de 2,31 à 2,33. [2] Il est sous forme cristalline dans les variétés granulaires (saccharoïdes) ou molles (albâtre), dans les grands cristaux prismatiques (pieds à baïonnette ou tique), en cristaux laminaires ou fibreux.

I.3.4 Structure cristalline de gypse naturel

Le gypse ou sulfate de calcium di-hydraté ($CaSO_4,2H_2O$) cristallise dans le système monoclinique [3]

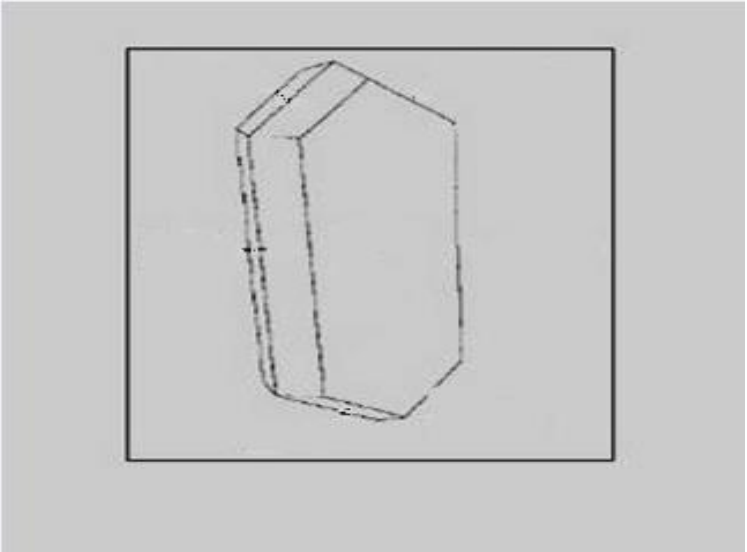


Figure I.4: Morphologie du cristal de gypse**.**

Les éléments constituant la structure du gypse sont les suivants : des ions SO_4 formant des tétraèdres dont l'atome central est le soufre et les sommets des atomes d'oxygène ; des atomes de calcium, chaque atome est relié à huit atomes d'oxygène dont deux appartiennent à des molécules d'eau, chacune étant liée à deux atomes d'oxygène de deux tétraèdres SO_4 différents et à un atome de calcium.

Le gypse présente une structure feuilletée en couches parallèles dans laquelle alternent une couche d'eau et deux couches de sulfate $CaSo_4$. Chaque couche de sulfate est constituée de chaines $Ca\text{-}SO_4\text{-}Ca\text{-}SO_4$. Chaque molécule d'eau présente deux types de liaisons avec les couches de sulfate

D'une part une liaison avec son propre feuillet, d'autre part une liaison faible avec le feuillet adjacent.

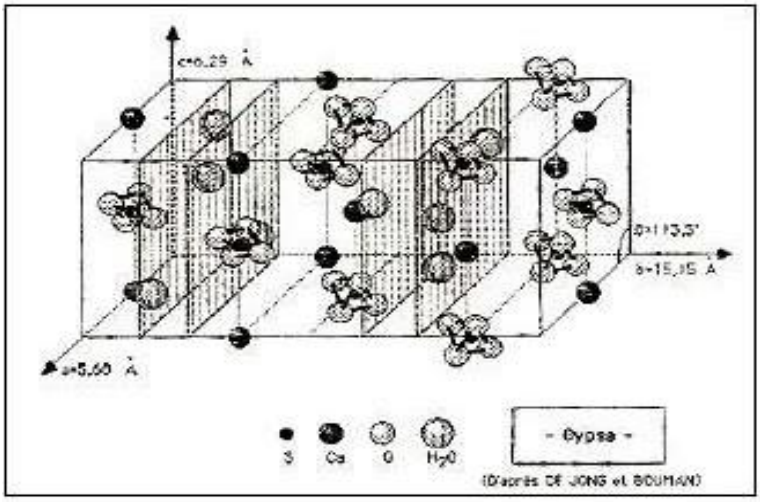


Figure I.5: Structure cristalline du gypse

En effet la structure de gypse présente au-dessus (FigureI.5) montre bien qu'elle avait des molécules d'eau dans sa structure, ce qui conduit par cuisson du gypse à des changements de structure par déshydratation avec l'apparition de plusieurs variétés structurelles et on obtient également le plâtre.

I.4 Les anhydrites

L'anhydrite naturelle de formule chimique $CaSO_4$ se rencontre dans les formations gypseuses et salifères, ou dans certains gites métallifères. On considère qu'elle s'est formée, comme le gypse, par évaporation de l'eau de mer, mais elle peut également résulter d'une déshydratation lente du gypse sous l'effet d'une pression importante lors de plissements géologiques [4].

L'anhydrite est aussi obtenue à des températures élevées lors de la cuisson du gypse selon la température de cuisson du gypse, on peut obtenir les anhydrites I, II ou III qui présentent des structures cristallographiques différentes.

L'anhydrite III est la première forme allotropique obtenue à 200 °C. Elle est soluble dans l'eau et se réhydrate très rapidement en semi hydrate au contact de l'eau en phase vapeur, au cours d'une réaction appelée réversion

$$CaSO_4, 1/2\ H_2O \longrightarrow CaSO_4\ III + ½\ H_2O$$

L'anhydrite III de structure hexagonale se transforme en anhydrite II de structure orthorhombique vers 220 °C pour le semi hydrate α et vers 350 °C pour le semi hydrate β

L'anhydrite il est une espèce stable thermodynamiquement qui se réhydrate lentement au contact de l'eau liquide. À 1230 °C, l'anhydrite il se transforme en anhydrite I de structure cubique qui ne se réhydrate que très difficilement. L'anhydrite I est instable à température ambiante et se décompose à 1250 °C.

La réaction d'hydratation du plâtre autrement dit la prise du plâtre 1a première étude de la

prise du plâtre est due à LAVOISIER en 1768. Dès cette époque, LAVOISIER parle d'un processus de cristallisation il explique que si après avoir enlevé au gypse son eau par le feu, on la lui rend, il la reprend avec avidité, il se fait une cristallisation subite et irrégulière, et les petits cristaux qui se forment se confondant les uns avec les autres, il en résulte une masse très dure. [5

$$Ca\ SO_4 \longrightarrow Cao + SO_2 + ½\ O_2$$

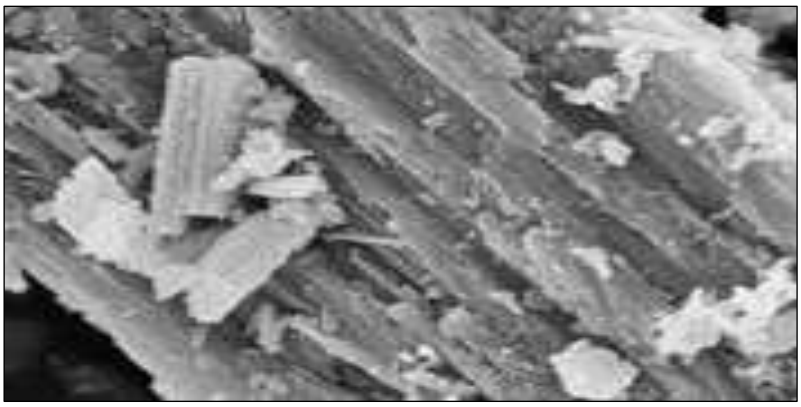


Figure I.6 : Photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate β (5µm).

I.4.1 Définition de semi-hydrates

Les semi-hydrates (ou les demi-hydrates) sont obtenus au début de l'opération de déshydratation du gypse. La teneur en eau variée de 0,15 à 0,66 %.

La température selon la réaction suivante varie entre 50 °C à 160 °C

$$CaSO_4\ 2H_2O \longrightarrow CaSO_4 1/2H_2O + 3/2\ H_2O$$

On trouve deux types des semi-hydrates α et β. [6]

I.4.1.1 Le semi-hydrate β

Les plâtres β sont obtenus dans des fours à pression atmosphérique et ils ressemblent à des plâtres de construction ou préfabrication.

Un bon four de cuisson de plâtre β nous permettra d'obtenir une grande régularité de cuisson du plâtre avec une composition aussi proche que possible qui est de 100 % de semi-hydrate afin d'un temps de prise long qui est de l'ordre de 15 à 17 mn (suivant la qualité de la pierre).

I.4.1.2 Le semi-hydrate α

Les plâtres α sont obtenus dans des autoclaves. La cuisson du gypse sous la pression qui est en générale aux alentour de 6 à 9 bars. On obtient alors des plâtres durs, très liquide est ça est due au gain de gypse cuit sous pression qui n'est pas explosé et sa surface de contact avec l'eau est faible).

Ces types de plâtres sont utilisés en tant que plâtre de modelage pour la décoration et la réalisation d'objets d'arts (statues…).

Les plâtres α ont des caractéristiques de résistance mécaniques élevées grâce à des taux de gâchage (Eau/plâtre) très faible de 0,25 à 0,5 d'eau pour 1 de plâtre.

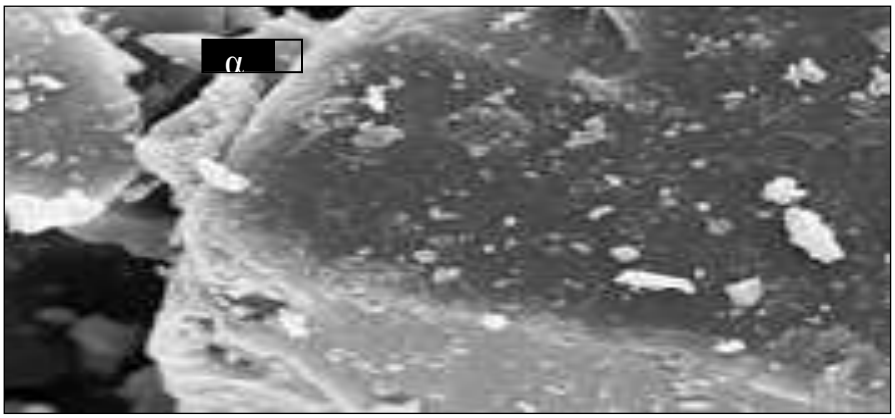


Figure I.7: photo prise au MEB de forme d'hémi hydrate β (5µm).

I.5 Propriétés chimiques et physiques de plâtre semi hydrate

I.5.1 Les semi-hydrates

Les semi- hydrates α sont compacts et ils ont une forme cristalline. Leurs solubilités dans l'eau est inférieure à celle du composé β.Leurs contacts avec l'eau donne un mélange fluide. C'est un constituant de très haute qualité, utilisé en particulier, comme plâtre dentaire.

Ils possèdent une grande résistance mécanique. Leurs temps de prise est inférieur à celle des semi hydrate β. [7]

I.5.2 Les semi-hydrates β

Ils sont floconneux et ils présentent des fissures écailleuses. Leurs solubilités dans l'eau est supérieur à celle des composés α.La combinaison avec de l'eau donne un mélange plus épais. Ils nécessitent une grande quantité d'eau pour le gâchage. Leurs temps de pris est plus long. Ils possèdent une faible résistance mécanique (10 fois moins que les semi hydrate α).Ils sont considérés comme des constituants essentiel de plâtre préfabriqué [8].

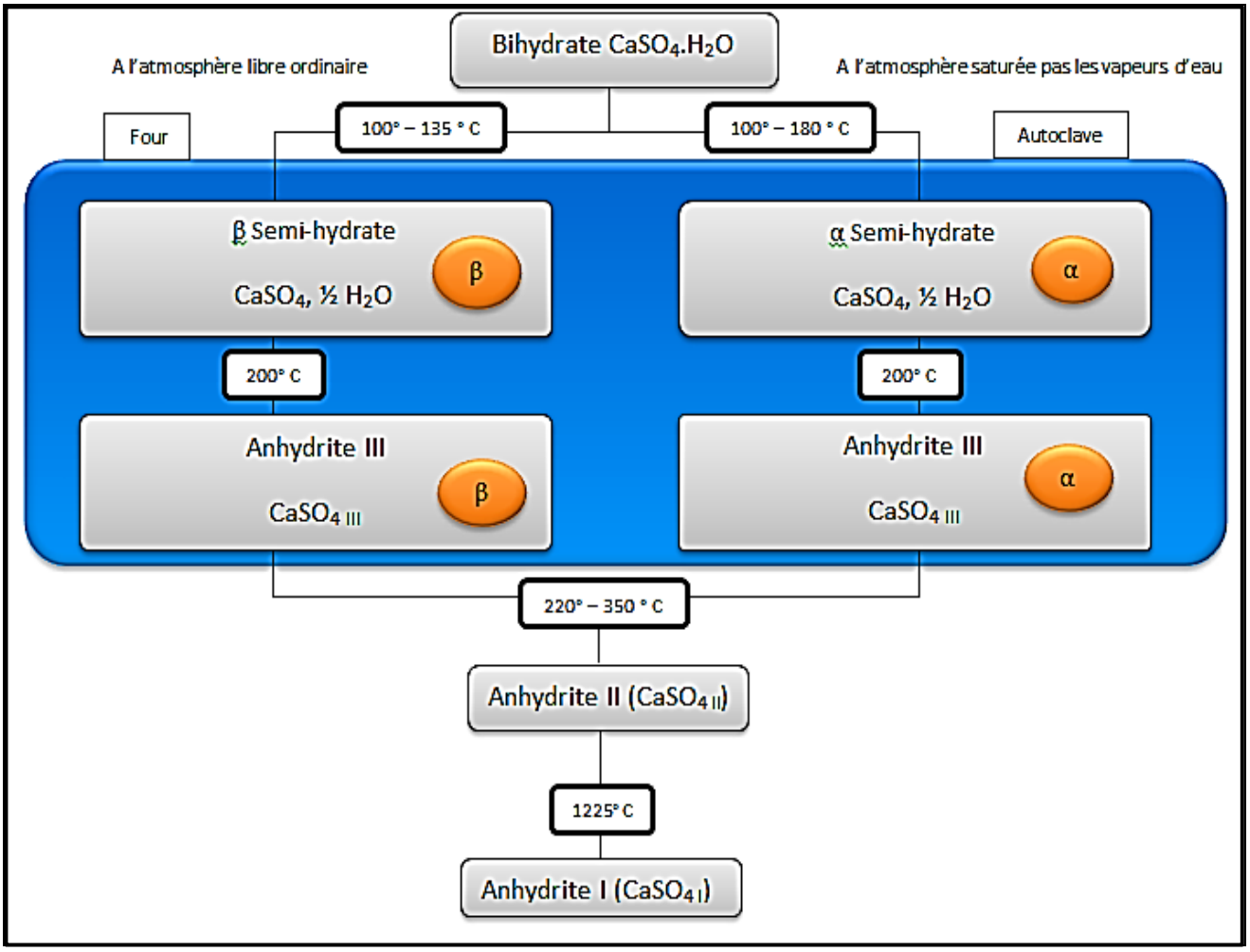


Figure I.8: schéma de la déshydratation

Tableau I.1: caractéristiques des semi-hydrates α et β

Les caractéristiques	Semi-hydrate α	Semi-hydrate β
Masse volumique Cm^3/ g	2.76	2.63
Teneur en eau (%)	6,2	6,2
Masse moléculaire (g)	145,15	145,15
Volume moléculaire (Cm^3)	52,4	55,2
Temps de prise (min)	15 à 20	25 à 35
Expansion mm/m	2,8	1,8
Résistance à la traction (sec) Mpa	6,5	1,3
Système cristallin	Rhomboédrique	Rhomboédrique
Solubilité dans l'eau à 20 °C(en g de Ca SO4 pour 100 CM)	0,36	0,74
Chaleur d'hydratation à 258 Cal/mol de gr	Vois humide 4100	Vois humide 4600
Solubilité dans l'eau à 3°C, 9/ 100 ml	0,825	1, 005
Cristallisation	Compacte	Spongieuse
Surface spécifique	Faible	Elevée
Gâchage saturation	Fort	Faible

I.6 Principales propriétés du plâtre

I.6.1 Isolation thermique et régulation de l'hygrométrie

Du fait de sa faible conductivité thermique, le plâtre peut être employé seul ou associé à d'autres matériaux pour améliorer l'isolation thermique des parois. Un enduit plâtre appliqué sur une paroi de béton ou de terre cuite forme un revêtement continu qui améliore l'isolation thermique. Les plâtres spécieux qui incorporent des charges d'agrégats légers qui ont des conductivités thermiques de l'ordre de 0,18 à 0,20 $W.m^{-1}.k^{-1}$

I.6.2 Humidité des locaux

Le plâtre est un matériau poreux bien qu'il soit rarement laissé nu et qu'il soit souvent recouvert de peinture, de papier ou de tissu, il doit très généralement être examiné comme tel du point de vue des échanges hygrométriques avec l'atmosphère ambiante, car mis à part les peintures laquées des salles d'eau ou certains revêtements plastifiés, les couches minces de peinture ou de papier, comme les tissus, sont perméables. Un certain nombre de données expérimentales et de mesures de laboratoire permettent de situer le rôle que le plâtre qui peut contribuer à amortir les dites variations au cours du temps. On sait par exemple qu'un ouvrage en plâtre exécuté avec un pourcentage d'eau de gâchage courant, abandonné à lui-même, perd progressivement son eau excédentaire, plus ou moins rapidement selon les conditions hygrothermiques de l'ambiance, pour parvenir à un état d'équilibre qui reste constantes. Par les parois est essentiellement régie par la loi de masse et la loi de fréquence. La transmission indirecte par les éléments adjacents est plus difficile encore à saisir et à évaluer et il n'en est pas tenu compte dans les mesures de laboratoire ; dans la pratique, on admet qu'elle et de fréquence, l'isolation d'une paroi est fonction de sa masse propre et de la fréquence des sons pour une fréquence donnée, l'indice d'affaiblissement acoustique croit proportionnellement au logarithme de masse par mètre carré de la paroi.

I.6.3 Isolement acoustique

Le plâtre grâce à son aptitude au moulage, à la préfabrication comme à la constitution d'éléments décoratifs à reliefs se prête à la réalisation de panneaux, de structures architecturales

Ou ornementales capables de supprimer ou d'atténuer les réverbérations gênantes des bruits ou des sons émis dans une pièce.

I.6.4 Résistance au feu

Sous l'action du feu le plâtre ne donne naissance à aucun gaz ou vapeur de caractère toxique, corrosif ou asphyxiant, aucune fumée, ni aucun produit de décomposition combustible ou susceptible d'activer la combustion.

Le plâtre est incombustible. Il est classé A, un sans essai par décision de la commission européenne du 4 octobre 1996 établissant la liste des produits appartenant aux classes à « aucune contribution à l'incendie ».

Conclusion

D'après ce chapitre on constate que le plâtre α et β sont deux phases différentes de système CaSO4-2H2O à l'échelle microscopique, ces deux phases vont subir plusieurs étapes pour leur fabrication

Chapitre II

Procédés de fabrication de plâtre

Chapitre II : procédés de fabrication de plâtre

Introduction

Dans ce chapitre nous allons procédés a une étape très essentielle dans notre travail qui est la fabrication de plâtre, pour cela on va présenter tous les étapes nécessaires en commençant par l'extraction de la matière première jusqu'à l'obtention de produits final, ainsi que tous les essais physiques mécaniques et chimique qu'on doit appliquer dans la partie expérimentale.

II.1 Fabrication du plâtre

II.1.1 L'extraction

Le plâtre provient du Gypse, qui est un minéral essentiel composé de sulfate de calcium hydraté. Il peut être extrait à ciel ouvert ou en carrière souterraine. L'usine de « entreprise plâtre dérivés » extrait à ciel ouvert, c'est la carrière de (DAYFAL) qui fournit le gypse très réputé pour sa pureté, sa blancheur, sa régularité de teneur en humidité et les qualités indispensables à la production des plâtres de spécialité…

Figure II.1: Extraction du gypse à ciel ouvert.

II.1.2 Concassage-calibrage

Le concassage a pour but de réduire le Gypse extrait de la carrière en produits plus fins. Généralement, après un concassage, il ne subsiste plus de blocs dont la dimension est supérieure à 100mm. Ce Gypse transporté dans des camions par exemple, et peut être envoyé en usine pour le traitement ultérieur.

FigureII.2: CONCASSAGE DU GYPSE

Il existe plusieurs types de concasseurs sur le marché et peuvent traiter jusqu'à (1 200 à 1 300 t/h).

Les différents types de concasseurs utilisés dans l'industrie dans le cadre de notre étude.

II.1.2.1 concasseurs à mâchoire

Les blocs sont écrasés entre 2 mâchoires cannelées, l'une fixe, l'autre animée d'un mouvement alternatif.

a) Concasseurs à cylindre dentes

Les deux cylindres tournent en sens inverses. Leur but est de calculer les rendements.

b) Concasseur a cylindre unique et mâchoire

Le Gypse est écrasé par un cylindre denté tournant devant une mâchoire fixe, bien adapté au traitement d'un matériau humide.

c) Concasseur à percussion (à marteaux)

Un cylindre à marteau fixe tourne à grande vitesse et projette ainsi les bocs contre les enclumes.

II.1.3 La cuisson

a) **Déshydratation du gypse**

Le Gypse en général contient 20 ,93% d'eau dont 5,20% sont fortement combinés et correspondent à ½ H_2O, tandis que 15,73% sont faiblement combinés et correspondent à 3/2 H_2O.

La déshydratation du Gypse est la base de la fabrication des plâtres. Il est connu que suivant les conditions dans lesquelles s'opèrent.

Les caractéristiques des plâtres obtenus seront différentes.

La déshydratation des Gypses est donc en fonction de la température, de la durée de cuisson, de la nature du Gypse et de la granulométrie mais également d'autres paramètres comme la pression de vapeur d'eau.

Figure II.3: Four cuisson du gypse

b) La cuisson du plâtre beta

Après un premier broyage, la poudre fine calibrée est cuite à raison de (5-15) t/ h, dans le four qui opère une cuisson indirecte du Gypse placé dans une virole en rotation au-dessus de bruleurs à fioul.

Chaque type de Gypse a sa propre cuisson à différentes températures et le facteur de prise

déterminant le temps dont les températures sont les suivantes :

Types de gypse	Température
Gypse de moulage	220°c
Gypse de construction	350-450° c
Gypse d'extra fin de prise	220-250°c

c) La cuisson du plâtre alpha

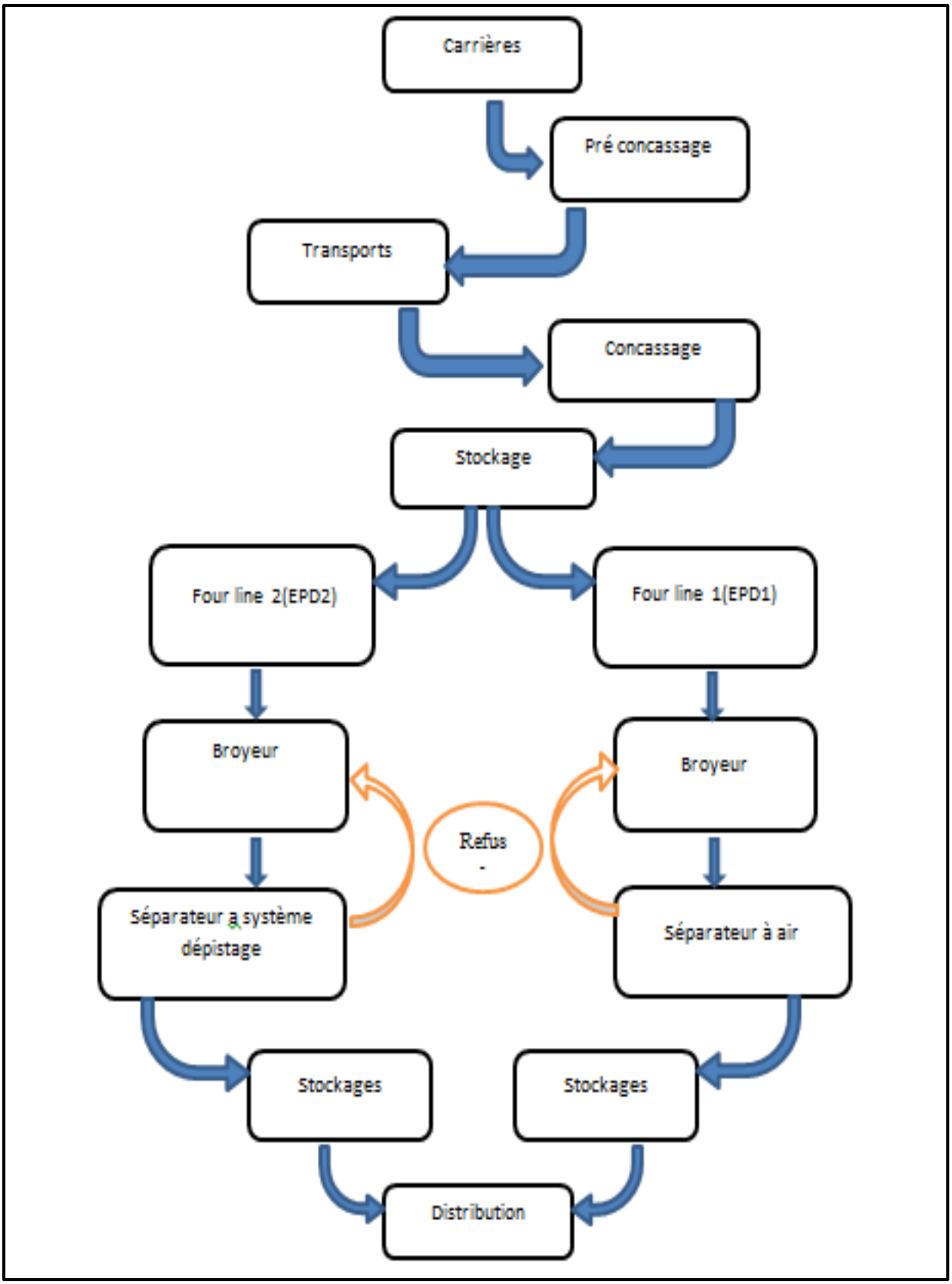
On dépose les pierres de Gypse précédemment triées, dans des paniers que l'on descend ensuite dans des autoclaves (sorte de "Cocotte-Minute"). La cuisson s'effectue à une pression pouvant aller jusqu'à 10 bars. Les caractéristiques du plâtre ainsi obtenu permettent un gâchage avec peu d'eau (5 à 6 fois moins qu'avec du plâtre Beta) pour un matériau offrant alors des résistances mécaniques beaucoup plus élevées.

II.1.4 Le broyage

Le plâtre est réduit en particules de 200 µm grâce à un système de marteaux en rotation à l'intérieur d'un tamis (garantie d'une granulométrie maximale).

II.1.5 Conditionnements et la logistique

L'usine dispose de plusieurs silos repartis sur différents postes de chargement en vrac qui permettent une logistique en flux tendu.



FigureII.4: Diagramme de fabrication du plâtre EPD.

II.1.6 Le contrôle et la validation des produits

En amont (à l'extraction) l'état et la pureté du Gypse font l'objet de contrôles périodiques des échantillons de Gypse comme un long processus et contrôlent la qualité du laboratoire par exemple il faut vérifier que la pureté, le temps de prise et la granulométrie de produits, ou encore qu'il soit facile à utiliser. Ces contrôles permettent la validation définitive des produits finis ainsi que le pilotage des paramètres de conduite de cuisson, de broyage et de mélange. Ils sont garants de la qualité plâtres mis en vente [9].

II.2 Contrôles de qualité

La qualité du produit est contrôlée périodiquement à toutes les étapes de la fabrication, des matières premières aux produits finis.

Ceci est fait à travers plusieurs tests comme suit :

II.2.1 La pureté

La pureté du Gypse est calculée à partir de CW (cristal and water). Il est calculé par une thermo balance, communément appelée déshydratée par les fabricants, est un appareil électronique utilisé pour mesurer la quantité d'eau de cristal.

Figure II.5: Thermo balance

Le rapport de CW dans le Gypse est calculé dans trois stations, les autres tests étant organisés comme suit :

- Gypse concasse (sorti concasseur)
- Gypse sorte four, plâtre d'ensachage (produit fini)

Pour calculer le rapport CW, il faut éliminer l'humidité externe (à l'état de pré cuisson « Gypse concasse ») pour éliminer l'eau superficielle.

a) Mode opératoire

Avant de commencer le test, il faut bien mélanger l'échantillon puis prendre une grande cuillère que nous écrasons bien à l'intérieur du mortier.

- On Utilise le thermo balance et le placer sur le statut A.
- Mode A pour le séchage l'eau superficielle (50°C).
- Ouvrir le couvercle nous retirons délicatement la poudre (à l'intérieur de la poche de la machine) et lisons le poids sur l'écran de sorte que le poids autorisé se situe entre 3,3 - 3,5 g.
- On ferme le couvercle de l'appareil et on commence à sécher le gypse avec le calcul de la teneur en humidité.
- Lorsqu'on termine, l'appareil émet un signal audio. Nous prenons la valeur affichée à l'écran qui est en pourcentage.
- Prenez le plâtre sec à l'intérieur d'un creuset
- Fermez le couvercle de l'humidimètre et posez-le sur le mode B (200°C)
- Nous recyclons le Gypse sec de l'appareil et fermons le couvercle pour calculer l'eau de cristal du Gypse. Le pourcentage de CW multiplié fois 4,77 comme la relation suivante :

$$\mathbf{P = CW \times K} \qquad \mathbf{(1)}$$

$$20.93 \text{ Eau} + 79.07 \text{ sulfates de calcium} \longrightarrow \text{gypse}$$

$$20.93 \longrightarrow 100\% \text{ eau}$$

$$79.07 \longrightarrow 100\% \text{ sulfate de calcium}$$

100 / 20.93 = 4.77

Avec K : constant qui est égale à 4,77

Nous utilisons le mode A pour tester les échantillons restants de la même manière.

II.2.2 la masse volumique

La masse volumique d'une substance, aussi appelée densité volumique de masse, est une grandeur physique qui caractérise la masse de cette substance par unité de volume.

Elle est généralement notée par les lettres grecques ρ (rhô) ou μ (mu). On utilise ces deux notations en fonction des habitudes du domaine de travail. Elle est déterminée par le rapport :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Avec :

ρ: La masse volumique

m : la masse mesurée

v : le volume

La masse apparente est calculée à toutes les étapes de la fabrication du minerai de Gypse du produit primaire fini et semi fini (sorti four). Lorsque les échantillons sont bien mélangés avant d'être calibrés, le produit est abaissé par gravité à l'aide d'un récipient en plastique de 128,5 cl et pesons sur une balance sensible.

II.2.3 Granulométrie

a) Définitions

On appelle granulat un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, de provenance naturelle ou artificielle

Figure II.6 : La série des tamis

b) Les méthodes de travail

- Matériel utilisé : (les tamis)
- Les dimensions de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et de la précision attendue.
- Série de tamis suivante en (>2 >1.25) mm (800 ; 400 ; 200 ; 100 ;<0.1) µm

- L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes Granulaires de tailles décroissantes.
- Les masses des différents refus et tamisassent rapportées à la masse initiale du matériau.
- Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

FigureII.7: Processus de tamisage (l'essai)

c) **Capture des résultats**

- Nous pesons le refus du tamis ayant la plus grande maille : soit la masse de ce refus.
- Continuer la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses des différents refus cumulés.
- Les masses des différents refus cumulés sont rapportées à la masse totale de l'échantillon qui est de « 100g ».
- Les pourcentages de refus cumulés ainsi obtenus, sont inscrits sur la feuille d'essai et le pourcentage des tamis cumulés sera déduit.

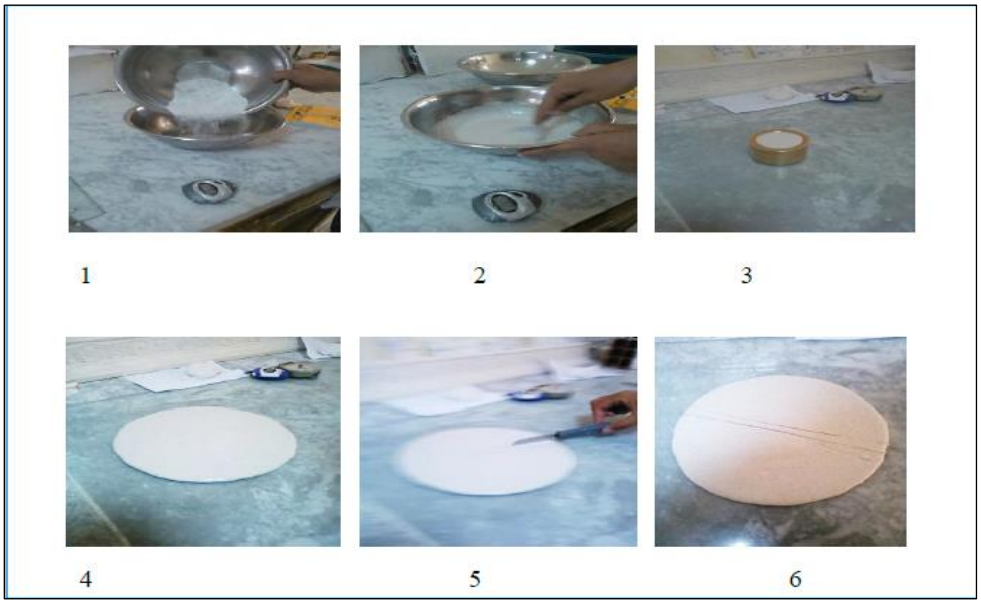
II.2.4 Temps de prise

a) Détermination du temps de prise

- Nous déterminons le temps de début de prise en découpant des fentes dans la galette.
- Ensuite on nettoie le couteau et le sécher après chaque découpe. Les fentes doivent être
- Pratiquées dans des intervalles de temps ne dépassant pas 1/20 du temps de prise.

- Utiliser deux galettes pour les découpes préalables, la troisième étant réservée à la découpe
- D'essai.

Le temps de début de prise est obtenu au moment où les bords d'une fente découpée au Temps t_1 cessent de se rapprocher.



FigureII.8 : Déroulement d'essais du temps de prise

Figure II.9 : D'uromètre

Figure II. 10: Moule d'appareil d'uromètre

Pour définir le TFP à l'aide nous utilisons d'uréomètre du dispositif de mesure de la dureté

en même temps on en déduit où sont les 40 Shore est un TFP.

Les d'uromètres sont des appareils de poche présentant un poinçon chargé par un ressort taré. La profondeur de pénétration du poinçon dans le matériau est affichée sur un cadran gradué de 0 à 100 points SHORE-A.

Conclusion

D'après ce chapitre, on conclut que les processus de la fabrication de plâtre sont très importants pour obtenir un plâtre de qualité et on n'est arrivé à déterminer tous les essais nécessaires applicable sur ce plâtre afin d'étudié ces propriétés.

Chapitre III

Résultats et discussions

Chapitre III : Résultats et discussion

Ce chapitre regroupe tous les résultats obtenus et leurs interprétations au cours de notre travail.

Contrôle physico-chimique

III.1. Contrôle de CW (eau de cristal)

L'eau (Crystal water) représente 20,93% du volume du Gypse pur, Il reflète la pureté du Gypse, on remarque que plus le pourcentage de CW dans le Gypse est faible, plus la pureté du Gypse est faible

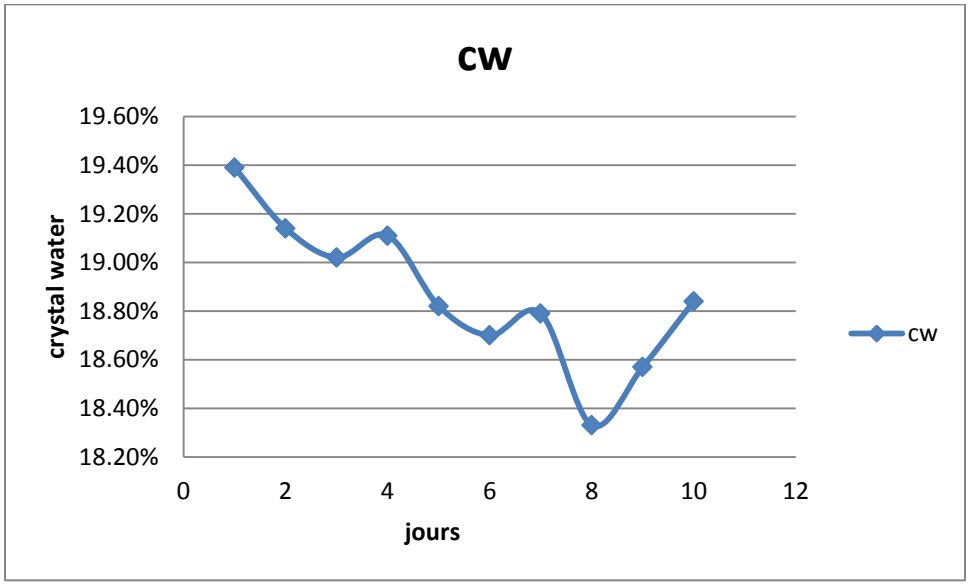


Figure III.1 : Pourcentage de cw dans le gypse

Dans ce tableau ci-dessous représente la moyenne de la CW de Gypse dans 10 jours

Tableau III.1: Moyenne de la cw de gypse dans 10 jours

EXP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CW	0.1939	0.1914	0.1902	0.1911	0.1882	0.187	0.1879	0.1833	0.1857	0.1884

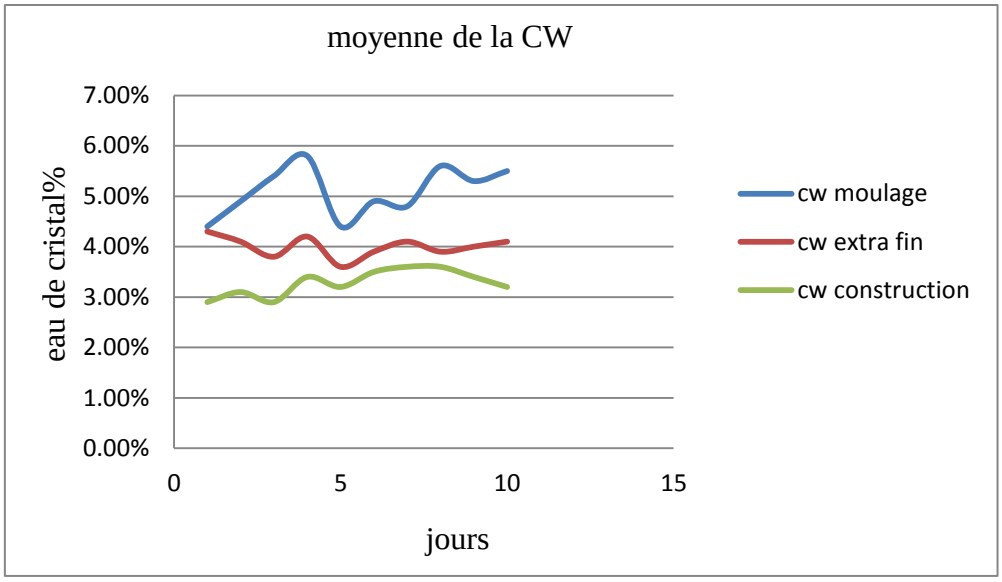


Figure III.2 : Pourcentage de cw dans deferents types de platre

TABLEAU III.2 : moyenne de la cw de deferents types de platre gypse dans 10 jours

EXP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CW moulage	0.044	0.049	0.054	0.058	0.044	0.049	0.048	0.056	0.053	0.055
CW extra fin	0.043	0.041	0.038	0.042	0.036	0.039	0.041	0.039	0.04	0.041
CW construction	0.029	0.031	0.029	0.034	0.032	0.035	0.036	0.036	0.034	0.032

Le pourcentage de l'eau de cristal varie d'un type à l'autre, chaque type possède une méthode de préparation spéciale, de sorte que chaque type a une température et une durée de cuisson différentes.

III.2. La pureté

La pureté du Gypse pour chaque test est calculée chaque deux heures.

D'après l'expérience, le graphe ci-dessous montre la pureté du pourcentage de Gypse au cours d'un mois.

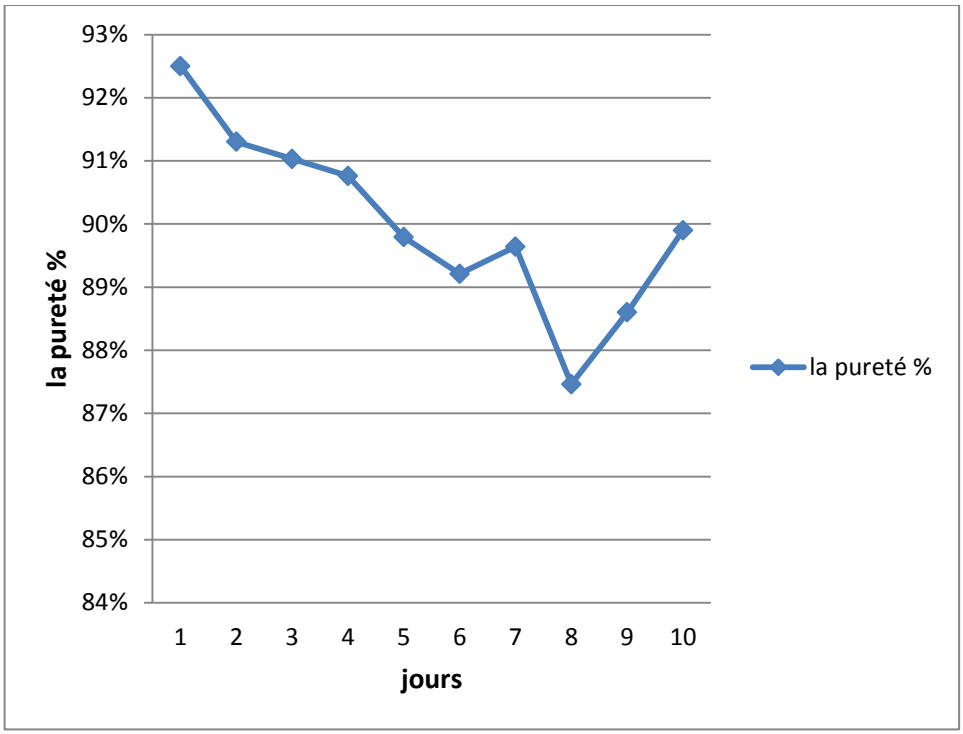


Figure III.3 : Le pourcentage de la pureté de gypse

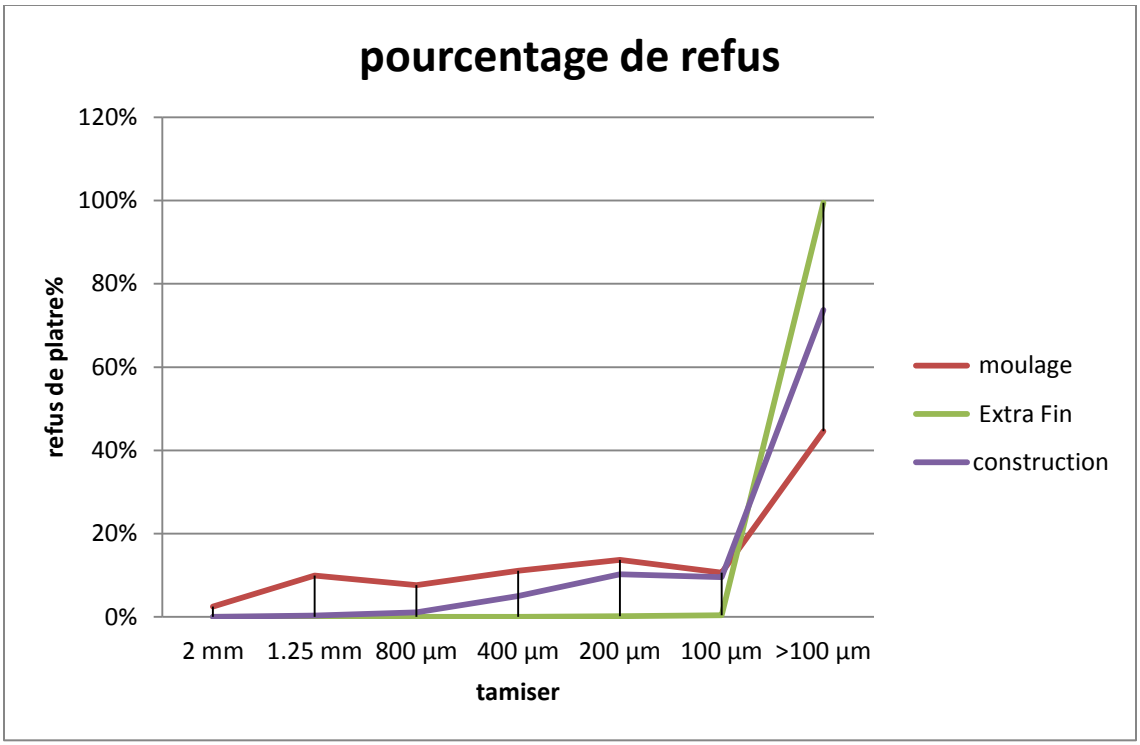
La pureté du Gypse est limitée entre (87-95) % Ceci est dû aux facteurs qui composent la nature de la région.

Tableau III.3 : Moyenne la purete de gypse

la pureté %	0.925	0.913	0.9103	0.9076	0.8979	0.8921	0.8964	0.8746	0.886	0.899
Jours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

III.3. Granulomètre

La différence des grains est importante pour déterminer le type de plâtre, chaque type étant caractérisé par des caractéristiques différentes qui facilitent la méthode de travail ou minimisent le temps.



FigureIII.4 : Pourcentage de refus chaque produit

TABLEAU III.4 : Moyenne de refus chaque type de produits

TAMIS	REFUS MOULAGE %	REFUS EXTRA FIN %	REFUS CONSTRUCTION %
2 mm	2.49	0	0
1.25 mm	9.95	0	0.36
800 µm	7.63	0	1.08
400 µm	11.08	0	5.04
200 µm	13.7	0.16	10.22
100 µm	10.65	0.42	9.56
>100 µm	44.6	99.42	73.74

Le tamis le plus confort et le plus important est le moins de 100 µm où l'intervalle autorisé est le suivant :

- Pour le plâtre de moulage 40-50 %
- Pour le plâtre de construction 70-80 %
- Pour le plâtre d'extra fin Plus gros 98.5 %

III.4. Temps de prise

Selon les normes de l'entreprise le temps de prise est

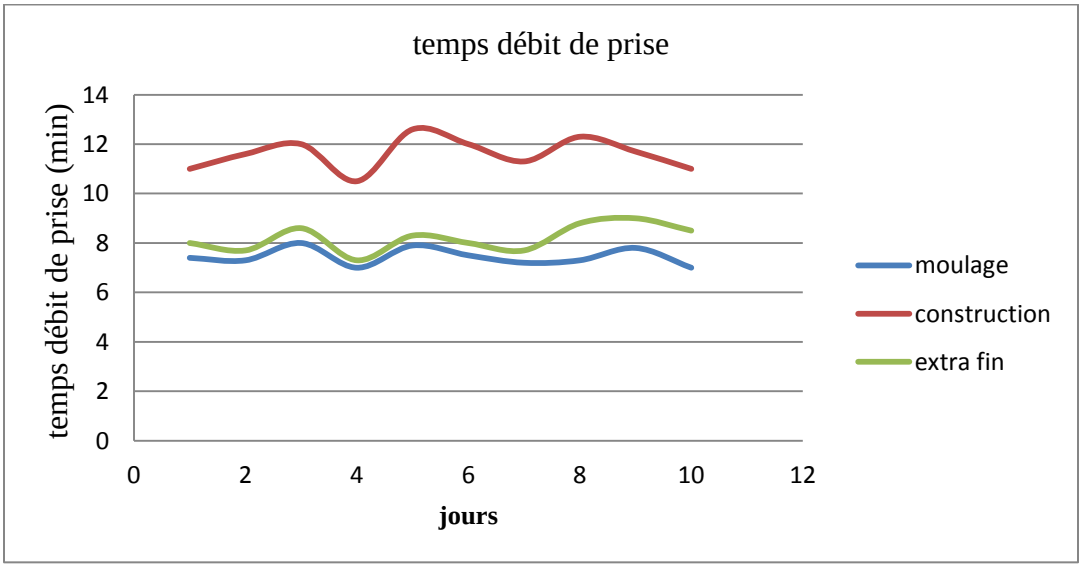
Débit de prise

- Plâtre moulage (7-8) min
- Plâtre construction (10-13) min
- Plâtre extra fin (7-9) min

Fin de prise

- Plâtre moulage (14-18) min
- Plâtre construction (25-35) min
- Plâtre extra fin (18-25) min

III.4.1. Débit de prise

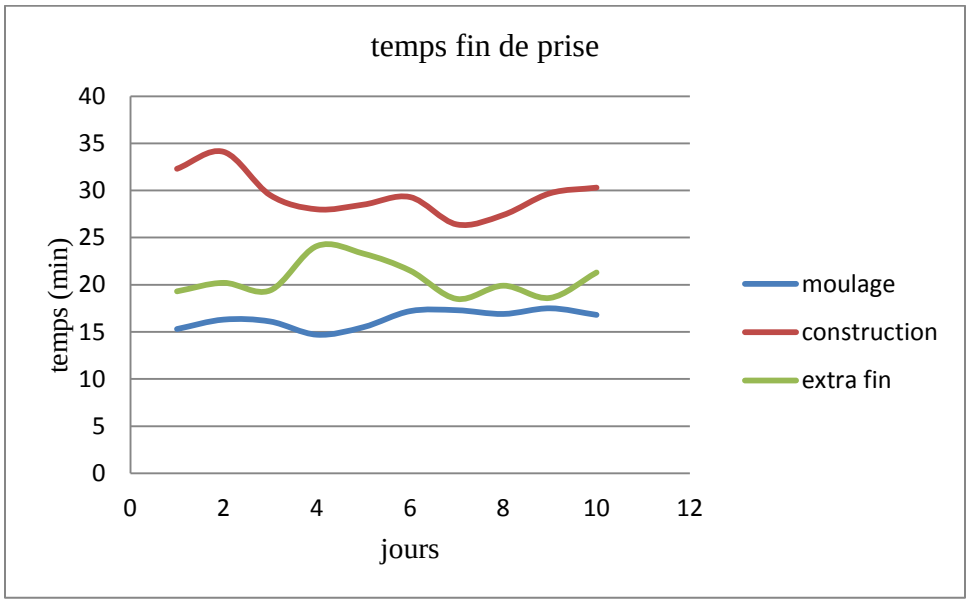


FigureIII.5 : Temps débit de prise de chaque produit

TABLEAU III.5: Moyenne temps débit de prise

EXPERIENCE	MOULAGE	CONSTRUCTION	EXTRA FIN
1	7.4	11	8
2	7.3	11.6	7.7
3	8	12	8.6
4	7	10.5	7.3
5	7.9	12.6	8.3
6	7.5	12	8
7	7.2	11.3	7.7
8	7.3	12.3	8.8
9	7.8	11.7	9
10	7	11	8.5

III.4.2. Fin de prise



FigureIII.6: Moyenne temps fin de prise de chaque produit

TABLEAU III.6: Moyenne temps fin de prise

EXP	Moulage	30	Extra fin
1	15.3	32.3	19.3
2	16.3	34.1	20.2
3	16.1	29.5	19.4
4	14.7	28	24.1
5	15.5	28.5	23.3
6	17.2	29.3	21.5
7	17.3	26.4	18.5
8	16.9	27.4	19.9
9	17.5	29.7	18.6
10	16.8	30.3	21.3

Les facteurs essentiels utilisés lors de la préparation sont la porosité pour chaque type et la quantité d'eau dans le plâtre, ainsi que les facteurs naturels de pression et de chaleur… etc.

III.5. La masse volumique

Elle est calculée dans toutes les étapes de fabrication pour confirmer et contrôler la qualité de produit

- Plâtre moulage 0.84 g/cm³
- Plâtre construction 0.70 g/cm³
- Plâtre extra fin 0.60 g/cm³

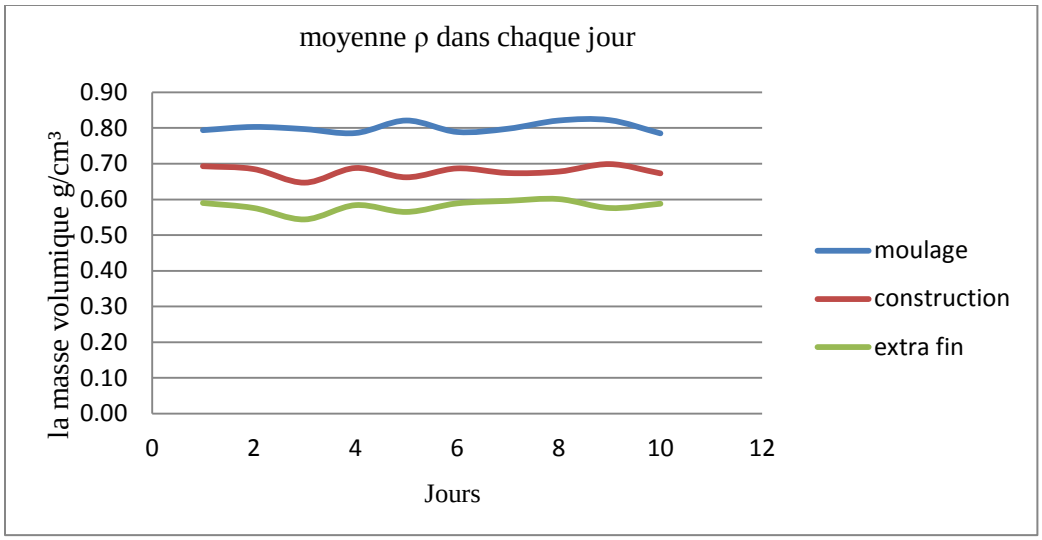


Figure III.7 : Moyenne de la masse volumique

TABLEAU III.7 : Moyenne de la masse volumique de chaque produit

EXPERIENCE	MOULAGE	CONSTRUCTION	EXTRA FIN
1	0.794	0.693	0.59
2	0.803	0.685	0.576
3	0.757	0.647	0.544
4	0.786	0.688	0.584
5	0.821	0.662	0.565
6	0.789	0.687	0.589
7	0.798	0.674	0.596
8	0.821	0.678	0.601
9	0.822	0.699	0.576
10	0.785	0.673	0.588

Conclusion

Les résultats obtenus dans cette section reflètent la qualité de la fabrication du plâtre. Nous pouvons donc en conclure que le procédé de fabrication est plus important que les additifs.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce rapport de stage a pour objectif de répondre à la question d'étude :
Comment fabriquer le plâtre et quel est le contrôle effectué pour l'assurance de sa qualité ?

Le suivi de la fabrication nous a permis de mettre le point sur toutes les étapes de fabrication de plâtre, d'acquérir des idées sur le contrôle de qualité et d'enrichir nos connaissances dans le domaine de l'industrie.

On a remarqué que l'ensemble des résultats du contrôle physico-chimique obtenu durant notre étude sont conformes aux normes globales du produit fabriqué ce qui explique la bonne qualité du produit.

Ce stage effectué au niveau de laboratoire de EPD m'a permis d'acquérir des connaissances dans le domaine des industrie en général, Il m'a permis également de comprendre l'importance des différents composants de la production de plâtre et Sans oublier que cela m'a opiné sur le monde de travail et la complicité des différents secteurs d'une entreprise et l'importance de chacun d'eux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] F Teaoka, J Takahashi: Dimensional changes and pressure of dental stones set in silicone rubber Impressions. Dent Mater 2000 ; 16 : drite145-149.

[2] P. Marteau « Memento roches et minéraux industriels –Gypse et anhydrite-» rapport BRGM R37772, Orléans cedex 2- France, 06/1993.

[3] l'école polytechnique, 08/12/2006. Hamouda Jaffel « Caractérisation multi-échelles de matériaux poreux en évolution : cas du plâtre » Thèse de doctorat.

[4] Frederic Charpentier, Michel Fontaine, Jean Fouin, VirgineStelmach « le plâtre matériau noble » Rapport de concours de la Diren –ile-de –France, 2000, N0 138.

[5] E. Karmazin, « Cinétique et mécanisme d'hydratation des sulfates de calcium semi hydratés – Etude par calorimétrie en régime isotherme », Thèse, INSA. Université de Lyon I, 1978.

[6] A. L. Lavoisier « Extrait de deux mémoires sur le gypse lus a l'académie royale des sciences » Mémoires de Lavoisier, http : //www.lavoisier.cnrs.fr/vol.3,1765, pah$ge.106-125.

[7] W. Michaelis, « the hardening process of hydraulic cements, cement & Engineering News, 1907.

[8] E. Karmazin, « Cinétique et mécanisme d'hydratation des sulfates de calcium semi hydratés – études par calorimétrie en régime isotherme ».

[9] Secret de fabrication du plâtre – le plâtre industriel – L'entrevues – numéro 23 – page 13.