

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Génie de l'Environnement.

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLÔME DE MASTER

FILIÈRE : Génie des Procédés

Spécialité : Gestion des Changements Environnementaux en Méditerranée

Par

➤ **Mebarka MERABET**

➤ **Raouia ZAOUI**

Intitulé

Processus de fabrication de brique cuit et ses analyses

Soutenu le : 24/06/2024

Devant le Jury composé de :

| <i>Nom & Prénom</i> | <i>Grade</i> | <i>Qualité</i> | <i>Établissement</i> |
|--|--------------|------------------|----------------------|
| <i>M^{me}. Meriem Banou</i> | <i>MAB</i> | <i>Président</i> | <i>Univ-BBA</i> |
| <i>M^{me}. Moufida Merzougui</i> | <i>MCB</i> | <i>Encadrant</i> | <i>Univ-BBA</i> |
| <i>M^{me}. Lilia Tabti</i> | <i>MAB</i> | <i>Examineur</i> | <i>Univ-BBA</i> |

Année Universitaire 2023/2024

Table des matières

| | |
|--|----------|
| Remerciements | I |
| Dédicace | II |
| Liste des figures | IV |
| Liste des tableaux | VI |
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I. Approche bibliographique | 3 |
| I.1.Introduction | 3 |
| I.2.Historique et situation géographique de l'entreprise | 3 |
| I.2.1.Historique | 3 |
| I.2.2.Situation géographique | 3 |
| I.3. Risques et impacts potentiels pouvant survenir..... | 4 |
| I.4. Sections et équipements de la briqueterie..... | 5 |
| I.5. Définition de brique..... | 5 |
| I.6. Procédés de fabrication..... | 6 |
| I.6.1. Extraction..... | 6 |
| I.6.2. Préparation de la matière première | 7 |
| I.6.2.1. Doseur linéaire..... | 7 |
| I.6.2.2. Brise mottes | 7 |
| I.6.2.3. Broyeur dégrossisseur..... | 8 |
| I.6.2.4. Laminoir | 8 |
| I.6.2.5. Pré laminoir | 9 |
| I.6.2.6. Stockage..... | 9 |
| I.6.2.7. Finisseur..... | 10 |
| I.6.3. Fabrication de briques | 10 |
| I.6.3.1. Malaxeur..... | 11 |

| | |
|---|-----------|
| I.6.3.2. Façonnages | 11 |
| I.6.3.3. Empilage | 12 |
| I.6.3.4. Séchage | 13 |
| a) Séchoir à chambres | 13 |
| b) Séchoir tunnel | 13 |
| I.6.3.5. Cuisson | 14 |
| I.6.3.6. Dépilage | 15 |
| I.7. Conclusion | 15 |
| Chapitre II. Produits, Matériels et méthodes d'analyses | 16 |
| II.1. Introduction | 16 |
| II.2. Produits..... | 16 |
| II.2.1. Matière première | 17 |
| II.2.2. Caractéristiques physico-chimiques des argiles de chaque gisement | 18 |
| II.2.3. Quantification de la matière première | 18 |
| II.3. Méthodes et matériels..... | 19 |
| II.3.1. Granulométrie..... | 19 |
| II.3.1.1. Granulométrie sèche..... | 19 |
| a) Description de la technique..... | 19 |
| b) Mode opératoire..... | 19 |
| II.3.1.2. Granulométrie humide..... | 20 |
| II.3.2. Malaxage | 21 |
| II.3.2.1. Description de la technique | 21 |
| II.3.2.2. Mode opératoire | 22 |
| II.3.3. Mesure de l'humidité | 24 |
| II.3.4. Retrait | 24 |
| II.3.5. Calcimétrie | 25 |

| | |
|--|-----------|
| II.3.5.1. Description de la technique | 25 |
| II.3.5.2. Mode opératoire | 25 |
| II.3.6. Indice de plasticité..... | 27 |
| II.3.6.1. Description de la technique | 27 |
| II.3.6.2. Mode opératoire | 28 |
| II.4. Conclusion..... | 28 |
| Chapitre III. Résultats et discussions..... | 29 |
| III.1.Introduction..... | 29 |
| III.2. Granulométrie | 29 |
| III.3.Retrait..... | 32 |
| III.4.Mesure de l'humidité | 33 |
| III.5.Indice de plasticité | 34 |
| III.6. Calcimétrie | 34 |
| III.7. Courbe séchage | 35 |
| III.8.Courbe de cuisson | 37 |
| III.9.Conclusion | 38 |
| Conclusion générale..... | 39 |
| Résumé | |

Remerciements

Il nous a été très difficile d'écrire cette page par souci d'oublier les nombreuses personnes qu'il faut citer pour leur aide, leur accueil et leur soutien... ! Qu'elles soient toutes assurées de notre plus profonde reconnaissance même si leur nom n'y figure pas !

Tout d'abord, nous remercions *DIEU* de nous avoir donné la force, la volonté et le courage pour terminer notre travail de fin d'études. Nous remercions également *Mr Yacine Mecheri*, Gérant de la briqueterie SARL GIPAR, et son équipe spécialement *M^{mes} Khouloud Madoui et Samira Oulmi*, pour leur confiance, leur disponibilité et le grand intérêt qu'ils m'ont toujours manifesté durant notre stage.

Nous tenons à remercier profondément notre encadrante, *M^{me}. Merzougui Moufida*. Elle nous a montré le bon chemin et surtout sa patience et ses conseils.

Nos vifs remerciements s'adressent à *M^{me} Meriem Banou*, Assistante au Département de Génie de l'Environnement, de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury. Que *M^{me} Lilia Tabti*, Assistante au Département de Génie de l'Environnement, accepte notre profonde reconnaissance d'avoir examiné ce travail.

La Famille, aucun mot ne pourra exprimer notre reconnaissance pour votre affection et votre soutien dans la douleur qui est la nôtre. Nous vous remercions pour votre présence à nos côtés, vos témoignages de sympathie et vos paroles chaleureuses aux moments douloureux.

Liste des figures

| Figure | Titre | Page |
|---------------|--|-------------|
| I.1. | Localisation - Briqueterie GIPAR, SARL | 4 |
| I.2. | Modèle de brique | 6 |
| I.3. | Carrière d'argile | 6 |
| I.4. | Chargement de l'argile | 7 |
| I.5. | Doseurs linéaires | 7 |
| I.6. | Brise mottes | 7 |
| I.7. | Broyeur dégrossisseur | 8 |
| I.8. | Laminoir | 8 |
| I.9. | Pré laminoir | 9 |
| I.10. | Boxe de stockage | 10 |
| I.11. | Finisseur | 11 |
| I.12. | Malaxeur | 11 |
| I.13. | Mouleuse | 12 |
| I.14. | Pré-coupeur | 12 |
| I.15. | Multi-coupeur | 13 |
| I.16. | Empilage | 13 |
| I.17. | Wagon | 13 |
| I.18. | Séchoir à chambres | 14 |
| I.19. | Entré et sortie de four | 15 |
| I.20. | Dépilage | 15 |
| II.1. | Balance précise de 100 grammes | 20 |
| II.2. | Tamissage à vibration | 21 |
| II.3. | Malaxeur Eirich | 22 |
| II.4. | Mouleuse et forme de brique obtenue. | 22 |
| II.5. | Retrait de brique | 23 |
| II.6. | Étuve de laboratoire | 23 |
| II.7. | Produit fini | 23 |
| II.8. | Appareil de mesure de l'humidité | 24 |

| | | |
|--------|--|----|
| II.9. | Retrait de brique avant séchage | 25 |
| II.10. | Montage de calcimétrie | 25 |
| II.11. | Préparation de la mesure | 26 |
| II.12. | Collecte de CO ₂ pour déterminer la teneur de CaCO ₃ | 26 |
| III.1. | Dimensions des différents types de briques | 33 |
| III.2. | Courbe de séchage d'une brique | 36 |
| III.3. | Courbes de cuisson des échantillons de briques | 37 |

Liste des tableaux

| Tableau | Titre | Page |
|----------------|--|-------------|
| I.1. | Risques et impacts | 4 |
| II.1. | Caractéristiques physico-chimiques des différents gisements | 18 |
| II.2. | Quantification de la matière première | 18 |
| III.1. | Résultats d'analyse granulométriques | 29 |
| III.2. | Dimensions d'un échantillon de brique creuse de type 12 trous | 32 |
| III.3. | Mesures de l'humidité des échantillons dans différentes chaînes de préparation et de fabrication | 34 |
| III.4. | Indice de plasticité d'un nouveau type d'argile | 34 |
| III.5. | Résultats de l'analyse calcimétrie des différents échantillons | 35 |

Dédicace

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, Leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille pour le soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour Moi

Raouia ZAOU

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, Leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille pour le soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour Moi

Raouia ZAOU

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

La fabrication de briques cuites est un processus industriel traditionnel qui remonte à plusieurs millénaires, jouant un rôle crucial dans le développement de la construction et de l'urbanisme. Ce procédé consiste à transformer l'argile, une matière première abondante et économique, en un matériau de construction durable et résistant grâce à une série d'étapes précises allant de l'extraction à la cuisson. L'étude de ce processus, ainsi que les analyses associées, revêt une importance particulière pour améliorer l'efficacité de la production, optimiser les propriétés des briques et minimiser l'impact environnemental.

La première étape de ce processus complexe est l'extraction et la préparation de l'argile. Une fois extraite, l'argile est soumise à divers traitements pour éliminer les impuretés et obtenir une consistance homogène, essentielle pour la qualité des briques finales. Vient ensuite le moulage, où l'argile est formée en briques à l'aide de moules ou de machines spécifiques. Ces briques moulées sont ensuite séchées pour réduire leur teneur en eau avant la cuisson.

La cuisson constitue l'étape cruciale du processus, où les briques sont chauffées à des températures élevées dans des fours industriels, provoquant des transformations chimiques et physiques qui confèrent aux briques leur solidité et leur durabilité. Après la cuisson, un refroidissement contrôlé est nécessaire pour éviter les fissurations dues aux chocs thermiques.

L'analyse de chaque étape de ce processus est essentielle pour garantir la qualité des produits finis. L'analyse des matières premières permet de s'assurer de la qualité et de la pureté de l'argile utilisée. L'analyse des conditions de séchage et de cuisson aide à optimiser les paramètres de production, réduisant ainsi les défauts et les déchets. Enfin, l'évaluation des briques produites permet de vérifier leur conformité aux normes de construction en termes de résistance mécanique, de durabilité et d'isolation thermique.

Le travail présenté dans ce mémoire est réalisé au niveau de l'entreprise « La **SARL GIPAR** » spécialisée dans la fabrication de différents types de briques et de hourdis de haute qualité et de différentes dimensions, cette entreprise est localisé dans la commune de Sidi Embarek, wilaya de Bordj Bou Arreridj.

L'objectif principal de ce mémoire est d'explorer en détail le processus de fabrication des briques cuites, en mettant l'accent sur les différentes analyses qui permettent d'optimiser chaque étape de production.

Le mémoire est divisé en trois chapitres dont le *premier chapitre* est une approche théorique détaille les différentes étapes impliquées, depuis l'extraction de l'argile jusqu'à sa cuisson et son refroidissement contrôlé, garantissant la solidité et la durabilité des briques produites.

Le *deuxième chapitre* se concentre sur les produits utilisés, les équipements nécessaires et les méthodes analytiques mises en œuvre pour chaque étape du processus de fabrication. L'accent est mis sur l'importance de la qualité des matières premières, les techniques de préparation et les méthodes de contrôle qualité pour assurer des briques conformes aux normes de construction.

Les résultats obtenus des différentes analyses sont présentés et discutés dans le *troisième chapitre*. Il évalue l'efficacité des méthodes employées, la qualité des briques produites et propose des améliorations potentielles pour optimiser le processus de fabrication. Les discussions incluent également une réflexion sur les impacts économiques et environnementaux des techniques utilisées, ainsi que des recommandations pour des pratiques de production plus durables.

CHAPITRE I. APPROCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Approche bibliographique

I.1.Introduction

Les briques, depuis longtemps, sont considérées parmi les éléments les plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des briques est passée par plusieurs étapes de développement dont la première est la brique crue, puis la brique cuite, enfin la brique stabilisée. La technologie actuelle permet de réaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ... etc.). Dans le présent chapitre, nous allons exposer les étapes de progression de la technologie de confectionnés briques. [1]

I.2.Historique et situation géographique de l'entreprise

I.2.1.Historique

Le Groupe **MECHERI** est une entreprise familiale présente dans le milieu industriel depuis le début des années **80** et occupe actuellement une place essentielle dans les secteurs de la fabrication des matériaux de construction, de la réalisation et des activités connexes. Fort de sa longue expérience dans ces domaines, le Groupe **MECHERI** connaît une nette expansion et contribue de manière très significative au développement des secteurs de la construction et des travaux publics en particulier, ainsi que des autres domaines en général.

La **SARL GIPAR**, spécialisée dans la fabrication de briques pleines, de briques creuses, de briques porteuses et de hourdis de haute qualité, de différentes dimensions, est dotée de trois lignes automatisées de technologie allemande.[2]

I.2.2.Situation géographique

L'extension de la briqueterie et tuilerie **GIPAR** sera implanté dans le même site de l'entreprise, sur le côté sud et l'Ouest de la briqueterie **GIPAR** existante et localisé dans la commune de Sidi Embarek, wilaya de Bordj Bou Arreridj. Elle est limitée :

- Au Nord par la briqueterie existante ;
- Au par un talus en rocher ;
- A l'Est par la route national **N05**
- A l'Ouest par un talweg. [3]



Figure 1.1 Localisation - Briqueterie GIPAR, SARL. [4]

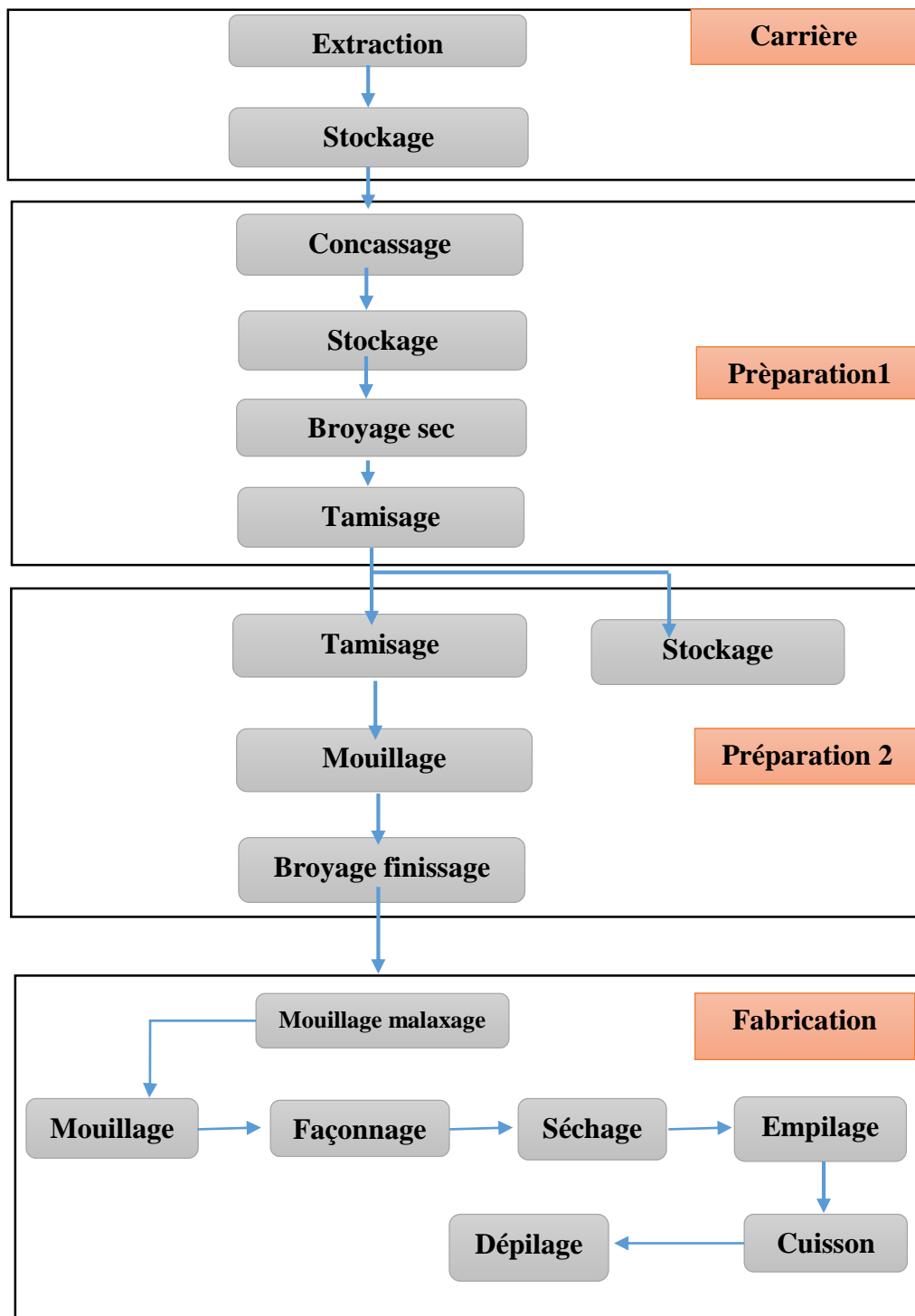
I.3. Risques et impacts potentiels pouvant survenir [5]

Les différents risques et leurs impacts sont regroupés dans le **tableau I.1** suivant :

Tableau I.1. Risques et impact

| Type de risque | Type d'impact |
|---|---|
| <i>Risque liés au réseau de gaz naturel</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pollution atmosphérique, par émanation de gaz toxique lors d'incendie : CO_2, SO_2 ▪ Asphyxie et toxicité chez les travailleurs, ainsi que la population environnante. |
| <i>Risque de déversement accidentel de gasoil</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contamination des sols, ▪ Contamination de la nappe phréatique. |
| <i>Risque d'incendies et/ ou d'explosion</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pollution atmosphérique, par émanation de gaz toxiques lors d'incendie : CO_2, SO_2, ▪ Dégâts matériels et humains. |
| <i>Risque liés à la chaudière</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flux thermique et surpression ▪ Explosion suivie d'incendie ▪ Brulures et asphyxie des travailleurs |
| <i>Risques liés au transformateur électrique</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'arrêt partiel ou total des installations et ce genre d'incidents est généralement sans grandes incidences ▪ Incendies |

I.4. Sections et équipements de la briqueterie [6]



I.5. Définition de brique

Les briques sont des matériaux de construction à base d'argile largement utilisés dans le domaine du bâtiment. Les briques sont employées pour la réalisation de murs en raison de leur résistance mécanique et de leur porosité favorisant les échanges. [7]



Figure I.2 : Modèle de brique

I.6. Procédés de fabrication

Le procédé de fabrication de brique dans **GIPAR** installée se compose d'une série d'étapes fondamentales pour l'obtention d'un produit de qualité qui satisfait aussi bien les propres attentes que celles des clients, en assurant la qualité. L'argile est la matière première de base pour la fabrication de briques. Cette argile ne doit être ni trop maigre ni trop grasse. Elle doit sécher facilement avec un retrait limité et doit aboutir à une cuisson sans problèmes. Le processus de production de la terre cuite se compose de différentes étapes :

I.6.1. Extraction

L'extraction d'argile se fait à partir de trois gisements d'argiles en exploitation

- Oued chier (Cme de Sidi Embarek,), situé à **5 km** à l'Est du site de la briqueterie **GIPAR**
- Bir Lahmar (Cme de Médjana), situé à **33 km** Nord-Ouest du site de la briqueterie **GIPAR**
- Ragouba (Cme de Médjana), situé à **35 Km** Nord-Ouest de la briqueterie **GIPAR** [8]



Figure I.3 : Carrière d'argile [9]

L'extraction se fait en gradin par un bulldozer, puis une pelle chargeuse mécanique qui assure le transport vers les camions.



Figure I.4 : Chargement de l'argile [10]

I.6.2. Préparation de la matière première

Cet atelier est constitué de :

I.6.2.1. Doseur linéaire

Il sert à alimenter la ligne en argile avec un régulier et réglable.

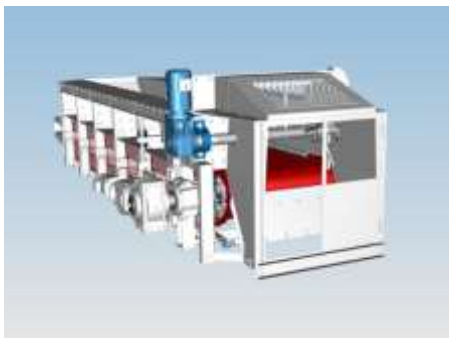


Figure I.5 : Doseurs linéaires [11]

I.6.2.2. Brise mottes

Réduit la taille des morceaux d'argiles.



Figure I.6 : Brise mottes [12]

1.6.2.3. Broyeur dégrossisseur

Réduit la taille des morceaux d'argile jusqu'à **4 mm**



Figure I.7 : Broyeur dégrossisseur [13]

1.6.2.4. Laminoir

Un laminoir industriel pour briques joue un rôle crucial dans l'industrie de la construction en transformant des matériaux tels que l'argile ou le béton en briques de forme uniforme et de dimensions précises. Ces machines, souvent utilisées dans la production en masse, garantissent la constance et la qualité des produits finis, essentiels pour la construction de bâtiments, de murs ou même la fabrication de pavés pour les routes. Grâce à leur fonctionnement automatique ou semi-automatique, ces laminoirs optimisent la productivité tout en assurant une haute qualité de production. Ils sont conçus pour abaisser la taille des particules d'argile jusqu'à 1 mm, et leur petit doseur intégré garantit une alimentation régulière des cylindres sur toute leur largeur, évitant ainsi une usure prématurée au centre. Cette technologie de pointe assure une efficacité maximale et une durabilité accrue des équipements, répondant ainsi aux exigences rigoureuses de l'industrie de la construction.



Figure I.8 : Laminoir [14]

1.6.2.5. Pré laminoir

Le pré-laminoir est généralement utilisé pour réduire la taille des particules d'argile et homogénéiser sa texture, facilitant ainsi le processus de formage ultérieur. En abaissant la taille des particules, le pré-laminoir permet d'obtenir une argile plus malléable et facile à manipuler lorsqu'elle est introduite dans le moule à briques.

De plus, le pré-laminoir peut être équipé de dispositifs spéciaux pour ajouter des additifs ou des agents de liaison à l'argile, ce qui peut améliorer les propriétés finales des briques, comme leur résistance ou leur durabilité.

En résumé, dans la fabrication de briques, un pré-laminoir est un équipement essentiel qui prépare l'argile en la rendant plus malléable et homogène avant le processus de formage, contribuant ainsi à la qualité et à la cohérence des briques produites.



Figure I.9 : Pré laminoir

1.6.2.6. Stockage

▪ Le processus de stockage de l'argile peut en effet avoir lieu dans des boîtes spécialisées. Chaque boîte est désignée pour un type spécifique d'argile utilisé dans la production de briques. Voici comment ce processus pourrait fonctionner :

▪ **Sélection des boîtes** : Les boîtes de stockage sont sélectionnées en fonction des propriétés spécifiques de l'argile qu'elles contiennent, telles que sa couleur, sa texture, sa plasticité et d'autres caractéristiques pertinentes pour la fabrication de briques de qualité.

▪ **Remplissage des boîtes** : L'argile est transportée depuis les zones d'extraction ou de traitement vers les boîtes de stockage spécialisées. Chaque boîte est remplie d'argile de type similaire, garantissant ainsi une homogénéité dans la composition des matériaux.

- **Étiquetage et organisation** : Chaque boîte est étiquetée avec des informations pertinentes telles que le type d'argile, sa provenance, sa date de réception, etc. Les boîtes sont organisées de manière à faciliter l'accès et l'identification rapide de l'argile nécessaire pour la production.

- **Surveillance et gestion** : Les boîtes de stockage sont régulièrement surveillées pour garantir que l'argile reste propre, sèche et en bon état. Des mesures correctives peuvent être prises si nécessaire, telles que le réapprovisionnement en argile ou le nettoyage des boîtes.

- **Distribution vers les zones de production** : Lorsque l'argile est prête à être utilisée dans le processus de fabrication, elle est prélevée des boîtes de stockage spécialisées et transportée vers les zones de production, où elle sera traitée et formée en briques.

En résumé, le stockage de l'argile dans des boîtes spécialisées permet d'organiser efficacement les différents types d'argile utilisés dans la fabrication de briques, assurant ainsi une production cohérente et de haute qualité. Ce processus contribue également à réduire les risques de contamination croisée et à faciliter la gestion des matériaux dans l'installation.



Figure I.10 : Boîte de stockage [15]

1.6.2.7. Finisseur

Un finisseur est effectivement un équipement essentiel dans l'industrie de la brique. En utilisant des tampons adaptés à chaque type de brique, il permet d'appliquer des finitions et des traitements de surface pour obtenir des produits finis lisses, uniformes et esthétiques. Cette machine joue donc un rôle crucial dans la production de briques de haute qualité, répondant ainsi aux exigences esthétiques et fonctionnelles des clients.



Figure I.11 : Finisseur [16]

I.6.3. Fabrication de briques

La fabrication se fera comme suit

I.6.3.1. Malaxeur

Son rôle est le malaxage des argiles en présence de l'eau (**10%**) ce qui donne une pâte argileuse atteint le taux d'humidité optimale pour son filage. Après cette opération la pâte argileuse est transportée vers le laminoir finisseur grâce à un transporteur à bande. [17]



Figure I.12 : Malaxeur [18]

I.6.3.2. Façonnages

Dans le malaxeur la pâte subira une humidification et un mélange supplémentaire et sera acheminée vers l'avant pour tomber dans la chambre à vide dont son rôle est très important, qui va créer dernière passera à travers des grilles, finalement la pâte passera dans la mouilleuse vers la filière pour que la pâte prend la forme définitive du produit (tuiles, briques), l'argile est façonnée à une grande pression d'étirage qui est de **18 à 22 bars** et subit une désaération de l'ordre **95 à 98%** cependant elle arrive parfois à **88 à 90%**.

En effet, le processus de découpage occupe une place cruciale dans la fabrication des briquettes. Le pré-coupeur et le multi-coupeur, qui utilisent tous deux un filtre, entrent dans cette phase dans un pilote.



Figure I.13 : mouleuse

Tout d'abord, le pré-coupeur coupe le boudin à une longueur standard de **150 cm** au fil d'acier aide. Ce coupé permet dans un premier temps de préparer le matériau pour le découpage de différentes sections.



Figure I.14 : Pré-coupeur [19]

Ensuite, le boudin étiré passe sous le multi-coupeur, qui détermine les pièces dans la dimension finale, encore une fois à l'aide d'un fil d'acier. Le multi-coupeur assure que chaque section s'ajuste aux dimensions exactes, est conforme aux spécifications requises pour les briques fines.



Figure I.15 : Multi-coupeur [20]

1.6.3.3. Empilage

Cette opération consiste au chargement du produit sec du séchoir sur les wagons avant de pénétrer dans le four.



Figure I.16 : Empilage [21]



Figure I.17 : Wagon

1.6.3.4. Séchage

Il y a deux manières de séchage :

a) Séchoir à chambres

Le séchage des produits s'effectue dans un séchoir à chambre qui composé d'un registre d'admission d'air chaud et deux registre : l'un pour l'extraction de l'air humide et l'autre pour le recyclage d'air chaud à la chambre.

Le séchoir est composée d'un générateur (bruleur) de l'air chaud, relié une gaine calorifuge qui se trouve sur le long de séchoir, sert à conduire l'air chaud de générateur vers les chambres, et un autre système de gaines ou tuyères d'extraction pour évacuer et recycler l'air chaud qui sort des chambres. La mise en marche du séchoir est alimentée en gaz automatiquement par une armoire qui assure tous les fonctions automatiques. La durée de séchage pour les briques et les tuiles est **30** heures. [22]



Figure I.18 : Séchoir à chambres

b) Séchoir tunnel

Un séchoir tunnel est un équipement utilisé dans l'industrie de la brique pour le séchage des briques fraîchement formées avant leur cuisson. Ce type de séchoir est généralement constitué d'un tunnel allongé à travers lequel les briques sont transportées sur des chariots ou des convoyeurs. À l'intérieur du tunnel, des ventilateurs soufflent de l'air chaud à travers les briques, accélérant ainsi le processus de séchage.

Le séchoir tunnel permet de réduire l'humidité des briques à un niveau optimal pour la cuisson, ce qui contribue à prévenir les fissures et les déformations lors du processus de cuisson ultérieur. En outre, il permet d'optimiser l'efficacité du processus de production en réduisant les temps d'attente entre le formage des briques et leur cuisson. Les séchoirs tunnel sont souvent conçus pour être économes en énergie et offrir un contrôle précis de la température et de l'humidité, ce qui garantit des conditions de séchage optimales pour différents types de briques. Ils constituent donc un maillon essentiel dans la chaîne de production de briques de haute qualité.

1.6.3.5. Cuisson

La cuisson s'effectue dans un four tunnel qui est reparti en trois zones : préchauffage, cuisson et refroidissement.

▪ Zone de préchauffage

Dans la zone de préchauffage les gaz brûlés pénètrent à haute température, ces gaz cèdent progressivement leur calories au produits qui s'échauffent, et qui sous l'effet de la température dégagent leur vapeur d'eau résiduelle et les produits de décomposition. Les gaz refroidis de la zone de préchauffage et ceux chargés des éléments de combustion sont évacués par les ventilateurs de tirage qui assurent en permanence la circulation des gaz dans le four.

- **Zone de cuisson**

Il existe des rampes de brûleurs, elles servent à introduire le gaz mélangé avec l'air et aussi à maintenir une température de cuisson maximale de **1100C°**. Les brûleurs débitent une énergie calorifique qui se répartit dans toute la section de galerie et réchauffe l'air qui assure & refroidir le produit et qui arrive en totalité de la zone de refroidissement. Chaque rampe est équipée d'un injecteur d'air et d'une électrovanne de gaz, le réglage de la flamme et du débit d'un brûleur s'effectue grâce à des vannes de gaz et situés sur le brûleur.

- **Zone de refroidissement**

Refroidissement rapide : Le ventilateur de refroidissement rapide possède comme rôle d'aspirer l'air ambiant et de l'introduire dans le four à travers des lances latérales, l'air s'échauffe et est envoyé dans la zone de cuisson à haute température. Refroidissement sous wagon : Il doit fonctionner lorsque la cadence est très réduite. A la sortie du four, les briques et tuiles sont prêtes à la vente. [23]



Figure I.19 : Entrée et sortie de four

I.6.3.6. Dépilage

Les briques sont prêtes à être défilées et livrées. Le défilage est effectué pour les organiser sous forme facile pour le cerclage.



Figure I.20: Dépilage [24]

I.7. Conclusion

En conclusion, la maîtrise des étapes de fabrication des briques cuites est essentielle pour garantir des produits de haute qualité. Elle permet également d'optimiser les ressources, d'améliorer l'efficacité énergétique et de minimiser l'impact environnemental de la production. Cette maîtrise technique et analytique est la clé du développement de matériaux de construction robustes et durables, capables de répondre aux défis actuels de l'urbanisation et de la durabilité.

**CHAPITRE II. PRODUITS, MATERIELS
ET METHODES D'ANALYSES**

Chapitre II. Produits, Matériels et méthodes d'analyses

II.1. Introduction

Dans un environnement concurrentiel, les entreprises doivent assurer une amélioration de leurs produits et leurs processus de production pour garder leur pérennité. Pour cela, les techniciens et les ingénieurs doivent suivre une stratégie qui assure la réalisation des objectifs fixés en exploitant leurs connaissances sur le produit ou le processus et définissent les paramètres de réglage des équipements de production pour atteindre cet objectif. Ces paramètres sont des résultats d'une analyse des observations expérimentales, donc l'expérimentation est un des excellents moyens pour obtenir ou améliorer les connaissances.

Les essais doivent comprendre des paramètres de système avec leur valeur modifiée chaque fois qui donne un grand nombre d'essais parfois difficile à exploiter et l'absence d'une stratégie dans les tests peut mener à effectuer des tests informels et non performants donc cette opération doit être optimisée tout en s'assurant d'obtenir des informations plus fiables en un minimum d'essais.[1]

II.2. Produits

Les produits utilisées dans la fabrication des produits rouges est un mélange de deux argiles (argiles jaune grise **30%** dégraissant et argiles rouge **70%**), déterrer à partir de trois gisements d'argiles en exploitation localisés à :

- ❑ Oued cheir (Cme de Sidi Embarek,), situé à **5 km** à l'Est du site de la briqueterie **GIPAR**.
- ❑ Bir Lahmar (Cme de Médjana), situé à **33 km** Nord-Ouest du site de la briqueterie **GIPAR**.
- ❑ Ragouba (Cme de Médjana), situé à **35 km** Nord-Ouest du site de la briqueterie **GIPAR**.

Pour optimiser la fabrication des produits rouges, il est important de réformer et développer le processus de sélection, d'extraction et de traitement des argiles provenant des gisements mentionnés. Voici quelques suggestions pour cela :

▪ Analyse approfondie des argiles

Effectuer une analyse approfondie des propriétés physiques et chimiques des argiles provenant de chaque gisement pour comprendre leurs caractéristiques spécifiques. Identifier les

variations saisonnières ou géographiques dans la qualité des argiles pour ajuster les processus en conséquence.

▪ Optimisation du mélange

Développer des formules de mélange précises en tenant compte des pourcentages d'argiles jaune grise et rouge mentionnés. Utiliser des techniques de mélange efficaces pour garantir une homogénéité maximale dans le produit final.

▪ Contrôle de la qualité

Mettre en place des normes de contrôle de qualité strictes à chaque étape du processus de fabrication, depuis l'extraction jusqu'à la production finale. Utiliser des équipements de contrôle de qualité avancés pour surveiller les propriétés des argiles et des produits finis.

▪ Recherche et développement

Investir dans la recherche et le développement pour découvrir de nouvelles techniques d'extraction et de traitement des argiles qui pourraient améliorer l'efficacité et la qualité des produits. Explorer des méthodes innovantes pour réduire les coûts de production tout en maintenant ou en améliorant la qualité des produits.

▪ Durabilité environnementale

Adopter des pratiques d'extraction durables pour minimiser l'impact environnemental des activités minières. Explorer des méthodes de reboisement ou de réhabilitation des sites miniers pour restaurer les écosystèmes locaux affectés.

▪ Gestion logistique efficace

Optimiser la logistique d'approvisionnement en argile en établissant des partenariats solides avec les fournisseurs locaux. Mettre en place un système de gestion des stocks efficace pour éviter les interruptions de production dues à des pénuries d'argile. En mettant en œuvre ces initiatives, vous pourrez améliorer la qualité, l'efficacité et la durabilité de la fabrication des produits rouges tout en optimisant les opérations à chaque étape du processus. [2]

II.2.1. Matière première

La matière première est une substance d'origine naturelle qui nécessite une transformation avant d'être utilisée dans la fabrication d'un objet technique. Elle provient toujours, à l'origine, d'une substance trouvée dans la nature, laquelle doit subir des processus de

transformation avant de pouvoir être incorporée dans la composition d'un objet. Les matières premières peuvent provenir de sources végétales, animales, minérales ou ligneuses. Ce processus de transformation et de développement est essentiel pour répondre aux besoins de fabrication et garantir la qualité des produits finis

II.2.2. Caractéristiques physico-chimiques des argiles de chaque gisement

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des argiles est essentielle pour comprendre la composition et la qualité de ces matériaux, ainsi que leur potentiel d'utilisation dans différents domaines industriels. Cette recherche permettra d'analyser en détail les propriétés des argiles provenant de chaque gisement, en mettant en évidence les différences et similitudes entre eux, ce qui apportera des informations précieuses pour l'exploitation et la valorisation de ces ressources naturelles. [3]

Les caractéristiques physico-chimiques des argiles de trois gisements utilisés de cette étude sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau II.1. Caractéristiques physico-chimiques des différents gisements

| Argile | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | P.F. | Cl |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------|------------------|-------------------|-------|-------|
| Oued Cheir | 54,07 | 16,06 | 6,12 | 4,51 | 2,55 | 1,37 | 1,16 | 0,37 | 12,26 | 0,008 |
| Bir Lahmar | 54,22 | 20,22 | 9,02 | 1,39 | 2,68 | 0,04 | 3,14 | 0,58 | 7,11 | 0,001 |
| Ragouba | 55,60 | 18,27 | 7,14 | 3,24 | 2,49 | 0,07 | 3,04 | 0,50 | 8,73 | 0,005 |

II.2.3. Quantification de la matière première

La précision de la quantification a un impact significatif sur la qualité du produit final, les coûts de production et l'impact environnemental. Par conséquent, il est essentiel de comprendre la nature de la matière première et les méthodes de quantification pour améliorer les processus de fabrication. Le tableau II.2 suivant regroupe les détails des quantités utilisées dans cette industrie. [4]

Tableau II.2. Quantification de la matière première

| Matière première | Quantité en Tonne / an | Zone de stockage |
|-------------------------|------------------------|------------------|
| Mélange d'argile | 300000 Tonne/an | Air libre |

| | | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| Sable dégraissant | 30000 Tonne/an | / |
| Eau | 30000 m ³ /an | / |

II.3. Méthodes et matériels

Cette section décrit en détail les matériels et les méthodes utilisés pour mener à bien cette recherche. Elle permet de comprendre les techniques et les outils employés, garantissant la reproductibilité et la validité des résultats obtenus.

II.3.1. Granulométrie

Les méthodes granulométriques sont cruciales pour analyser la distribution des tailles de particules dans un matériau. Elles peuvent être classées en deux catégories principales : les méthodes *sèches* et les méthodes *humides*.

II.3.1.1. Granulométrie sèche

a) Description de la technique

L'analyse granulométrique est une méthode utilisée pour déterminer la distribution des tailles de particules dans un échantillon de granulats sans utiliser de liquide. Cette méthode implique *le tamisage*, qui consiste à passer l'échantillon à travers une série de tamis de mailles de tailles différentes. Les particules de granulats sont ainsi séparées et classées en fonction de leur diamètre.

Le processus de tamisage commence généralement avec un tamis de maille plus large en haut et se poursuit avec des tamis de mailles de plus en plus fines vers le bas. Les particules plus grosses restent sur les tamis supérieurs, tandis que les particules plus fines passent à travers les mailles et sont recueillies dans des récipients placés sous les tamis.

b) Mode opératoire

Tout d'abord, pour préparer l'échantillon, une balance précise de **100** grammes est utilisée pour mesurer la quantité exacte de matière à étudier.



Figure II.1 : Balance précise de 100 grammes

Ensuite, une bouteille d'eau est ajoutée à l'échantillon ou laissée en contact avec celui-ci jusqu'à ce qu'elle se décompose naturellement. Une fois la décomposition achevée, le contenu est vidé dans des tamis progressivement de taille décroissante. De l'eau est versée sur le mélange pour filtrer le sable et d'autres particules grossières. Ce processus de filtration est répété jusqu'à ce que l'eau devienne limpide, indiquant la séparation complète des particules indésirables.

Après cette étape, le reste du mélange est transféré dans une tasse et recouvert d'eau. Après un temps d'attente de deux minutes, l'eau est vidée et le mélange est placé dans un four préchauffé à **100 °C**. Cette étape vise probablement à évaporer l'eau restante et à sécher complètement le contenu de l'échantillon.

Une fois retiré du four, le contenu est à nouveau pesé pour évaluer tout changement de masse résultant du processus de séchage. Le mélange est ensuite versé à travers plusieurs tamis de différentes mailles pour séparer les particules de différentes tailles. Chaque tamis retient des particules de taille spécifique, ce qui permet une analyse plus détaillée de la composition granulométrique de l'échantillon.

II.3.1.2. Granulométrie humide

La granulométrie humide consiste à mesurer la taille des particules dans un matériau en utilisant des techniques spécifiques telles que le tamisage humide, la sédimentation et la microscopie. Ses principaux objectifs sont de déterminer la distribution des tailles de particules, d'identifier la taille moyenne des particules, et d'évaluer la nature et la forme des particules.

La **tamiseuse à vibration** représente l'outil ultime pour une analyse quantitative précise de la taille des particules selon la méthode bien établie de tamisage. Elle permet de mesurer la distribution des tailles des particules dans les solides et les suspensions, que ce soit par tamisage

à sec ou humide. Dotée d'un contrôle automatique d'amplitude, cette tamiseuse offre un tamisage précis et efficace. Son système de vibration haute performance, combiné à un entraînement électromagnétique, garantit des oscillations verticales régulières de la colonne de tamisage.



Figure II.2 : Tamisage à vibration [5]

II.3.2. Malaxage

II.3.2.1. Description de la technique

Les mélangeurs et malaxeurs *Eirich*, utilisés pour la transformation et la préparation des matériaux techniques, reposent sur une technologie exclusive de mélange vertical avec une cuve tournante, il pèse environ 7kg et des outils excentrés. Cette méthode est particulièrement adaptée aux processus intensifs et permet d'obtenir des mélanges homogènes avec un niveau de qualité élevé. Machine fixe servant à fabriquer du béton. Elle comporte une cuve équipée de palettes tournant sur un axe généralement vertical. *Figure II.3*, Le malaxeur permet une meilleure homogénéité du mélange qu'une bétonnière.



Figure II.3. Malaxeur Eirich [6]

II.3.2.2. Mode opératoire

Dans la première étape, on commence par mélanger l'argile jaune, agit comme dégraissant, et l'argile rouge dans un réservoir d'appareil, dont le poids total ne dépasse pas 7 kg. Ensuite, une certaine quantité d'eau sera ajoutée au mélange jusqu'à l'obtention d'une pâte de consistance maniable. Cette pâte est ensuite placée dans une machine de moulage sous pression afin de compacter la pièce et d'obtenir une brique de petite taille, *Figure II.4*.



Figure II.4 : Mouleuse et forme de brique obtenue.

Par la suite, la brique est soumise à un test de retrait, *Figure II.5*, pour mesurer la variation de dimensions qui se produisent pendant la cuisson.

Figure II.5 : Retrait de brique



L'étape suivante consiste à la cuisson par chauffer les briques en les plaçant dans un four à une température de **80 °C** pendant **24 heures**, *Figure II.6*.



Figure II.6 : Étuve de laboratoire [7]

Après cette première étape de cuisson, la brique est soumise à une cuisson finale en la placée dans un four à haute température, à **950 °C**, pendant **24 heures** supplémentaires.

Figure II.7 : Produit fini [8]



Ce processus semble être celui de fabrication de briques à petite échelle. Les étapes de mélange, de moulage, de cuisson et de test de retrait sont toutes essentielles pour garantir la qualité et la durabilité des briques produites.

II.3.3. Mesure de l'humidité

Le terme humidité, dans le langage de la construction, correspond à une présence anormale d'eau dans un bâtiment, sous forme liquide par infiltration ou remontée capillaire, ou de vapeur d'eau, dans les espaces intérieurs. La mesure de l'humidité des briques est essentielle pour garantir leur qualité et durabilité, notamment dans les travaux de construction et de rénovation. Pour mesurer l'humidité, un échantillon est placé dans un appareil de mesure qui détermine son taux d'humidité. [9]



Figure II.8: Appareil de mesure de l'humidité

II.3.4. Retrait

Le retrait est une caractéristique importante à mesurer dans les matériaux de construction comme la brique, car il peut affecter la qualité et la durabilité du produit final. Ce processus implique le prélèvement d'une partie de la brique à l'état humide, puis de marquer cette partie avec un outil en fer sur la face inférieure et la face supérieure. Ensuite, la brique est cuite et les mesures de la quantité manquante sont prises sur les marques initiales pour déterminer le retrait. Le retrait de la brique après cuisson peut être dû à plusieurs facteurs, tels que la perte d'humidité, la contraction des matériaux, ou d'autres changements physiques ou chimiques qui se produisent pendant le processus de cuisson. Ce processus de mesure du retrait est important pour les fabricants de briques afin de garantir la qualité et la cohérence de leurs produits. En comprenant le degré de retrait, ils peuvent ajuster leurs processus de fabrication pour obtenir les résultats souhaités.



Figure II.9 : Retrait de brique avant et après séchage

II.3.5. Calcimétrie

II.3.5.1. Description de la technique

Un calcimètre est un instrument utilisé pour mesurer la quantité de dioxyde de carbone CO_2 libérée lors de la réaction entre l'acide chlorhydrique HCl et le carbonate de calcium CaCO_3 présent dans un échantillon de sol ou de roche. Cette réaction chimique produit du chlorure de calcium CaCl_2 , de l'eau H_2O et du dioxyde de carbone CO_2 :



En mesurant le volume de CO_2 libéré, on peut déduire la quantité de carbonate de calcium présente dans l'échantillon. Cette méthode est couramment utilisée en géologie et en pédologie pour déterminer la teneur en carbonate de calcium dans les sols ou les roches.



Figure II.10 : Montage de calcimétrie

II.3.5.2. Mode opératoire

En première étape, on prépare l'échantillon de mesure, pour cela on doit de peser une quantité précise de l'échantillon de sol ou de **roche (0.15 g)** à l'aide de la balance analytique.



Figure II.11 : Préparation de la mesure

Par la suite, on place l'échantillon dans le réacteur de l'appareil de calcimétrie en ajoutant un excès d'acide chlorhydrique **HCl** de concentration connue pour assurer la réaction complète du carbonate de calcium. Le **CO₂** libéré par la réaction est recueilli dans un ballon jaugé ou un dispositif de mesure de volume de gaz.



Figure II.12 : Collecte de CO₂ pour déterminer la teneur de CaCO₃.

La dernière étape consiste à calculer la teneur en carbonate de calcium, en utilisant le volume de **CO₂** mesuré. Nous rappelons dans ce stade la réaction entre le carbonate de calcium et l'acide chlorhydrique :



Masse de l'échantillon = 0,15 g

Niveau initial = 0 ml

Niveau final = 12,5 ml

Nous prélevons un échantillon d'environ 0,30 de calcaire pur et y ajoutons environ 5 ml d'acide chlorhydrique dilué. Ensuite, nous faisons le test. Nous constatons que l'eau distillée a diminué à 80 ml, nous prenons donc la valeur obtenue et la faisons comme une référence

On a :

100% → 80ml

X → 12,5ml

$$X = (12,5 \times 100) / 80$$

$$X = 15,625 \%$$

Donc :

Cet échantillon contient 15% de calcaire

Le calcaire, lorsqu'incorporé dans le mélange d'argile jaune et d'argile rouge, a présenté un pourcentage de calcaire mesuré à **12,5** sur l'échelle du calcimètre. Cette valeur indique une concentration significative de calcaire dans le mélange. L'inclusion de calcaire peut influencer diverses propriétés du matériau céramique résultant, telles que sa plasticité, sa résistance, et sa couleur. De plus, la présence de calcaire peut également affecter le comportement de cuisson et la texture finale du produit céramique. Ainsi, il est essentiel de prendre en compte cette composante dans la formulation et la préparation du mélange afin d'atteindre les propriétés souhaitées pour le produit final. [10]

II.3.6. Indice de plasticité

II.3.6.1. Description de la technique

L'indice de plasticité d'une argile se détermine à partir du degré de compression d'une éprouvette cylindrique de dimensions données et différents teneurs en eau, sous l'effet de l'impact exercé par la chute unique d'un poinçon, le poids et la course de chute dudit poinçon étant définis.

L'indice de plasticité d'une argile est une mesure de sa capacité à se déformer sans se rompre. Il est déterminé par la différence entre la limite de liquidité (LL) et la limite de plasticité (LP). Pour mesurer cet indice, on utilise généralement un appareil appelé le *limiteur de liquide de Casa grande*. Le test implique la formation d'un cône d'argile sur une plaque en la faisant

passer par une fente. Ensuite, on utilise un poinçon pour laisser tomber des impacts sur l'échantillon d'argile. La teneur en eau de l'échantillon est ajustée jusqu'à ce que le cône d'argile commence à s'effondrer sous les impacts du poinçon. La distance que le poinçon parcourt entre chaque impact est mesurée. Plus l'argile est plastique, plus elle s'étalera et plus la distance parcourue par le poinçon sera grande.

II.3.6.2. Mode opératoire

Pour reformuler et développer cette procédure, nous pourrions détailler les étapes comme Suit :

- **Préparation de l'échantillon** : L'argile est prélevée et préparée dans des conditions standardisées pour assurer la reproductibilité des résultats.
- **Formation du cône** : L'échantillon est formé en un cône standardisé sur la plaque en la faisant passer par la fente de l'appareil.
- **Réglage de l'humidité** : Différentes teneurs en eau sont testées en ajoutant de petites quantités d'eau à l'échantillon jusqu'à ce qu'il atteigne la limite de liquidité.
- **Chute du poinçon** : Un poinçon standardisé est laissé tomber à une hauteur et avec un poids spécifiques pour produire des impacts contrôlés sur l'échantillon.
- **Mesure de la distance de chute** : La distance parcourue par le poinçon entre chaque impact est mesurée avec précision.
- **Calcul de l'indice de plasticité** : L'indice de plasticité est calculé comme la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité, qui est déterminée par les mesures de distance de chute.

II.4. Conclusion

Le processus de fabrication des briques comprend plusieurs étapes essentielles, et le laboratoire joue un rôle crucial en veillant au bon déroulement de chacune d'elles grâce aux divers tests effectués pour assurer la qualité du produit final. Ces étapes incluent l'extraction et la préparation de l'argile, le moulage, le séchage, la cuisson, et enfin le contrôle de la qualité. Le laboratoire intervient à chaque phase en analysant les matières premières et en vérifiant la granulométrie, le malaxage, la mesure de l'humidité, l'indice de plasticité, la calcimétrie et le retrait pour s'assurer qu'ils sont conformes aux normes de qualité requises, le chapitre suivant fournira les résultats obtenus pour les différentes analyses effectuées au niveau du laboratoire ainsi leurs discussion.

Chapitre III. Résultats et discussions

III.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons une approche multidisciplinaire pour l'analyse des briques cuites, combinant des techniques de laboratoire traditionnelles d'observation et de description macroscopique, telles que : la granulométrie, le retrait, l'humidité, la Calcimètre et le séchage. Cette démarche intégrée vise à fournir une compréhension globale des briques cuites, allant de la caractérisation des matières premières à l'évaluation des procédés de fabrication et des conditions de cuisson.

III.2. Granulométrie

La fraction granulaire désigne la répartition des tailles de particules dans un matériau donné, tel que l'argile utilisée pour fabriquer des briques cuites. Cette fraction permet de classer les particules en groupes selon leur taille. Les fractions granulaires peuvent être divisées en catégories telles que les particules fines, moyennes et grossières, chacune ayant un impact spécifique sur les propriétés finales des briques cuites. Les différents échantillons des chaînes de préparation **1, 2 et 3** et de chaînes de fabrication respectives sont passés à travers une série de tamis de mailles décroissantes avec des ouvertures de mailles de **63, 100, 200, 500 et 1000 μm** .

Les résultats des analyses granulométriques que nous avons effectués pour différents échantillons de **100 g** sont représentés dans le tableau **III.1** suivant :

Tableau III.1. Résultats d'analyse granulométriques

| | A la norme | | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Préparation 01 | Préparation 02 | Préparation 03 | Fabrication 01 | Fabrication 02 | Fabrication 03 |
| 1000 μ | 10,47 | 9,08 | 12,83 | 9,54 | 10,12 | 8,49 |
| 500 μ | 6,12 | 6,91 | 7,35 | 7,33 | 6,08 | 7,83 |
| 200 μ | 4,95 | 6,14 | 5,76 | 5,07 | 4,57 | 5,80 |
| 100 μ | 1,75 | 2,28 | 1,97 | 2,25 | 2,14 | 2,61 |
| 63 μ | 0,52 | 0,61 | 0,54 | 0,72 | 0,72 | 0,71 |
| Total | 23,81 | 25,09 | 28,70 | 24,91 | 23,70 | 25,54 |

Supérieur à la norme

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1000 μ | 13,43 | 18,87 | 12,27 | 10,22 | 9,0 | 14,38 |
| 500 μ | 9,15 | 7,80 | 8,82 | 8,17 | 6,34 | 6,78 |
| 200 μ | 6,29 | 7,27 | 9,18 | 6,54 | 5,05 | 6,18 |
| 100 μ | 4,60 | 2,62 | 3,43 | 3,63 | 2,62 | 3,52 |
| 63 μ | 2,68 | 0,68 | 1,90 | 0,70 | 6,62 | 0,87 |
| Total | 36,15 | 37,24 | 35,6 | 29,25 | 29,63 | 31,69 |

Les analyses granulométriques (à la norme) représentés dans le tableau précédent montre la fraction granulaire et taille des particules des différents échantillons analysés. Les résultats sont conformes à la norme reformée, comme il se doit.

A la base des résultats que nous avons obtenus (supérieurs à la norme), nous constatons que cela dépasse les normes requises selon la préparation d'une part et la fabrication d'autre part parce qu'il est à noter que les normes de mesure de calcaire ne dépasse pas 26 dans la fabrication et 34 dans la préparation. Il semble que nous devons apporter quelques modifications aux paramètres de réparation du pavage pour répondre aux normes requises, C'est souvent nécessaire lorsque les résultats obtenus ne respectent pas les spécifications ou les standards établis. Ces ajustements visent généralement à optimiser les processus de préparation et de fabrication afin de garantir la conformité aux normes de mesure du calcaire spécifiées.

Les fractions granulaires peuvent être divisées en catégories telles que les particules fines, slits sable fin et sable grossier, chacune ayant un impact spécifique sur les propriétés finales des briques.

- Concernant **L'Argile Fine (63-100 μ)**, elle présente une teneur adéquate qui permet une meilleure façonnabilité des briques elle est essentielle pour la plasticité de l'argile et affecter la cohésion et la résistance de l'échantillon.
- **Les Silts (100-200 μ)**, contribuent à la plasticité et à la cohésion, mais en excès, peut causer des fissures durant le séchage et la cuisson.
- **Le Sable Fin (200-500 μ)**, était en proportion modérée est idéale. Il permet d'améliorer la résistance à la compression et de réduire le retrait au séchage.
- **Sable Grossier (500-1000 μ)**, contribue à la stabilité dimensionnelle et à la résistance mécanique des briques.

Influence sur les propriétés des briques

- **Plasticité et Travail de la Pâte** : Une bonne proportion de fines (argile et silt) est essentielle pour une bonne mouillabilité.
- **Séchage et Cuisson** : La présence équilibrée de différentes tailles de particules permet un séchage homogène et évite les fissures et les déformations.
- **Résistance Mécanique** : Une granulométrie bien contrôlée assure une bonne densité et, par conséquent, une résistance mécanique élevée.
- **Porosité et Absorption d'Eau** : Une granulométrie optimisée réduit la porosité et l'absorption d'eau, améliorant la durabilité des briques.

Lorsque les résultats de l'analyse granulométrique montrent des valeurs *supérieures aux normes* établies pour la fabrication de briques, cela peut avoir plusieurs implications sur la qualité et les propriétés des briques.

Les fractions granulaires peuvent être divisées en mêmes catégories précédentes (particules fines, Slits sable fin et sable grossier) chacune ayant un impact spécifique sur les propriétés finales des briques si ça teneur est supérieure à la norme.

- **Argile Fine (63-100 μ)** : Une quantité excessive d'argile fine peut entraîner une trop grande plasticité, rendant la pâte difficile à travailler et plus susceptible de se déformer ou de se fissurer lors du séchage et de la cuisson.

- **Silt (100-200 μ)** : Une proportion trop élevée de silt peut également causer des problèmes de retrait excessif et de fissuration pendant le séchage et la cuisson. Cela peut aussi réduire la résistance mécanique des briques.

- **Sable fin (200- 500 μ)** : Bien qu'une certaine quantité de sable fin soit bénéfique pour améliorer la résistance à la compression, un excès peut diminuer la cohésion de la pâte, rendant les briques plus friables et moins résistantes à l'usure.

- **Sable grossier (500-1000 μ)** : Une quantité excessive de sable grossier peut réduire la cohésion de la pâte, augmentant la porosité et diminuant la résistance mécanique des briques. cela peut aussi entraîner une hétérogénéité de la texture des briques.

Ainsi, des teneurs supérieures aux normes présentent des conséquences sur les propriétés des briques telles que :

- **Plasticité Excessive** : Une teneur trop élevée en argile fine augmente la plasticité, rendant le façonnage difficile et entraînant une déformation durant le séchage et la cuisson.
- **Retrait et Fissuration** : Une quantité excessive de fines (argile et silt) peut causer un retrait excessif lors du séchage, augmentant le risque de fissuration.

- **Cohésion et Homogénéité** : Une teneur trop élevée en particules grossières réduit la cohésion et l'homogénéité de la pâte, ce qui peut entraîner des briques friables et moins durables.
- **Porosité et Absorption d'Eau** : Un excès de sable grossier augmente la porosité des briques, ce qui peut accroître l'absorption d'eau, réduisant ainsi leur durabilité et leur résistance aux intempéries

III.3.Retrait

Le test de retrait est une procédure essentielle pour s'assurer que les briques sont conformes aux normes. Les techniciens de laboratoire effectuent ce test quotidiennement en prélevant des échantillons de chaque lot de briques cuites. L'utilisation d'un pied à coulisse précis permet de mesurer avec précision les dimensions des briques et de détecter tout écart par rapport aux spécifications requises. Cela garantit la qualité et la cohérence des briques produites, assurant ainsi la sécurité et la durabilité des structures construites avec ces matériaux. Les normes de retrait des briques sont entre **3,5%** et **5,5%**

En général, les dimensions des briques varient selon le type de brique, selon la technologie de fabrication des briques, il est difficile d'obtenir des briques ayant des dimensions exactement précises, à cause du retrait à l'air et retrait de séchage et cuisson. Les mesures suivantes :

Prenons l'exemple d'une brique creuse de type "12 trous reformer", elle est généralement utilisée dans la construction pour réduire le poids de la structure tout en conservant sa solidité. Le terme "12 trous " pourrait faire référence à un modèle spécifique de brique creuse avec une configuration particulière de trous. Les dimensions de la brique varient légèrement avec l'état de la brique comme il est figuré dans le tableau III.2 suivant :

Tableau III.2 : Dimensions d'un échantillon de brique creuse de type 12 trous.

| Etat de brique | X | Y | Z |
|-----------------------|----------|----------|----------|
| Humide | 318 | 214 | 159 |
| Sec | 304 | 204 | 154 |
| Cuit | 300 | 200 | 150 |

La **Figure III.1** représente les différentes dimensions des différents types de briques.



Brique Creuse 4 trous
300mmx200mmx50mm



Brique Creuse 12 trous
300mmx200mmx150mm



Brique Porteuses
300mmx200mmx300mm



Brique Pleine 5cm
50mmx110mmx221mm

Figure III.1. Dimensions des différents types de briques

III.4. Mesure de l'humidité

Pour mesurer l'humidité, les échantillons des différentes chaînes de préparation et de fabrication sont placés dans un appareil de mesure qui détermine son taux d'humidité. Les résultats obtenus sont regroupés dans le **tableau III.2**. Pour chaque mélange d'argile, il y a un débit spécifique d'eau à ne pas dépasser, dans chaque Station de préparation d'argile et de fabrication. Tout cela grâce aux techniciens de laboratoire qui effectuent ce test quotidiennement en prélevant des échantillons de chaque préparation et fabrication pour garder la mesure de l'humidité, la stabiliser, Il est à noter que les normes de mesure de l'humidité sont comprises entre **13 %** et **14 %** dans La chaine préparation et entre **14 %** et **16 %** dans la chaine de fabrication.

Tableau III.2. Mesures de l'humidité des échantillons dans différentes chaînes de préparation et de fabrication

| Préparation01 | Préparation02 | Préparation03 | Fabrication 01 | Fabrication 02 | Fabrication 03 |
|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 13,14% | 13,60% | 13,52% | 14,72% | 14 ,44% | 14,90% |
| 13,53% | 13,76% | 13,82% | 15,52% | 15 ,71% | 15,22% |
| 13,01% | / | 13,92% | 15,45% | 15 ,60% | 15,86% |

On remarque que tous les résultats sont conformes aux normes indiquées.

III.5. Indice de plasticité

L'indice de plasticité est un paramètre clé dans la fabrication de briques, car il caractérise les propriétés de déformation et de consistance des matières premières utilisées, généralement des argiles. Cet indice est défini comme la différence entre la limite de liquidité (**LL**) et la limite de plasticité (**LP**) d'un matériau.

La mesure de cet indice est effectuée à l'aide de l'appareil : *limiteur de liquide de Casa grande*. Plus l'argile est plastique, plus elle s'étalera et plus la distance parcourue par le poinçon sera grande. Pour tous les échantillons analysés, l'indice de plasticité est compris entre **2,9** et **3,4**.

Une mesure de l'indice de plasticité d'un nouveau type d'argile afin de voir dans quelle mesure elle peut résister à une force de compression et si elle est conforme à la norme. Les résultats sont représentés dans le tableau **III.3**.

Tableau III.3. Indice de plasticité d'un nouveau type d'argile.

| Préparation 01 | Préparation 02 | Préparation 03 |
|----------------|----------------|----------------|
| 2,5 % | 3,1 % | 3,22 % |

Nous avons constaté que les résultats obtenus sont tels qu'ils devraient l'être et conformes à la norme.

III.6. Calcimètre

La Calcimètre est utilisée pour évaluer la qualité des matières premières, telles que l'argile ou les mélanges d'argile, en mesurant leur teneur en carbonate de calcium. La mesure

du taux de calcaire dans les échantillons des différentes chaînes de fabrication et de préparations sont mentionnés dans le tableau **III.4** ci-après :

Tableau III.4. Résultats de l'analyse calcimétrie des différents échantillons.

| Préparation 01 | Préparation 02 | Préparation 03 | Fabrication 01 | Fabrication 02 | Fabrication 03 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 12,5% | / | 8,75% | 11,87% | 11,25% | 12,5% |
| 12,5% | 12,5% | 16,87% | 12,5% | 11,87% | 15,62% |
| 16,25% | 15% | 18,75% | 17,5% | 17,5% | 18,75% |

Il semble que les résultats présentés dans le tableau **III.4** montrent des valeurs qui sont supérieures aux normes requises ou recommandées. Cela pourrait indiquer qu'il y a un dépassement des seuils ou des critères établis pour ces valeurs spécifiques. En raison de cette augmentation des résultats, nous remarquons la formation de taches blanches dans les briques, ce qui conduit avec le temps à la fragilité des briques.

La teneur en calcaire est un facteur critique dans la fabrication des briques. Le calcaire est souvent utilisé comme matière première dans la production de briques car il agit comme un liant naturel, aidant à solidifier les autres matériaux lors de la cuisson. Cependant, une quantité excessive de calcaire peut compromettre la qualité des briques. Lorsque la teneur en calcaire est trop élevée, cela peut entraîner plusieurs problèmes. Tout d'abord, cela peut rendre les briques plus susceptibles de se désagréger ou de se fissurer au fil du temps, car une forte proportion de calcaire peut rendre la brique moins résistante aux chocs et aux contraintes. De plus, un excès de calcaire peut également affecter la texture et l'apparence des briques, les rendant moins esthétiques.

Pour garantir la qualité des briques, il est donc essentiel de contrôler attentivement la teneur en calcaire dans les matériaux utilisés dans leur fabrication. Cela peut être réalisé en sélectionnant soigneusement les matières premières et en effectuant des tests réguliers pour surveiller la composition des mélanges utilisés dans le processus de fabrication. Il est à noter que les normes de mesure de calcaire sont inférieures à **10**.

III.7. Courbe séchage

La courbe de séchage des briques décrit la perte d'humidité au fil du temps lorsque les briques sont soumises à un processus de séchage. Cette courbe typique se décompose généralement en trois phases principales :

- **Phase de Réchauffement Initial** : La température de la brique augmente progressivement.

- **Phase de Séchage à Taux Constant** : La teneur en eau diminue à un taux constant, visible par une pente linéaire sur la courbe de séchage.
- **Phase de Séchage à Taux Décroissant** : La courbe montre une diminution progressive du taux de séchage.



Figure III.2. Courbe de séchage d'une brique.

En observant la courbe de séchage présentée ci-dessus, on constate une relation inverse entre la température et l'humidité. À mesure que l'humidité augmente, la température diminue, comme illustré par la courbe, jusqu'à ce qu'un point d'inflexion soit atteint.

La courbe de séchage des briques est influencée par divers facteurs, qui peuvent être regroupés en trois catégories principales : Température, humidité relative et durée de séchage.

La température doit augmenter de manière graduelle et contrôlée dans les séchoirs industriels. Une température plus élevée accélère l'évaporation de l'eau à la surface des briques, réduisant ainsi le temps de séchage. Cependant, une température excessive peut provoquer des fissures ou une déformation des briques. L'humidité relative de l'environnement doit être stable, car une faible humidité relative de l'air augmente la capacité de l'air à absorber de l'eau, accélérant le processus de séchage. Une humidité relative élevée ralentit le séchage. Le facteur du temps total de séchage varie en fonction des conditions et du type de brique. Une durée de séchage trop courte peut laisser des briques insuffisamment sèches, tandis qu'une durée trop longue peut être inefficace et coûteuse.

III.8. Courbe de cuisson

La courbe de cuisson des briques dans un four tunnel comporte trois phases principales : préchauffage, cuisson et refroidissement. Cette courbe illustre comment la température évolue au cours du temps et comment elle affecte les propriétés des briques.

➤ **Période de préchauffage** : Température : de **20°C** à **600°C**, Durée : 6 heures. Cette période permet l'élimination de l'humidité libre et des matières volatiles.

➤ **Période de cuisson** : Température : de **600°C** à **1100°C**, Durée : **8** heures, Vitriification et augmentation de la résistance mécanique.

➤ **Période de refroidissement** : Température : de **1100°C** à **20°C**, Durée : **10** heures Stabilisation thermique et prévention des chocs thermiques.

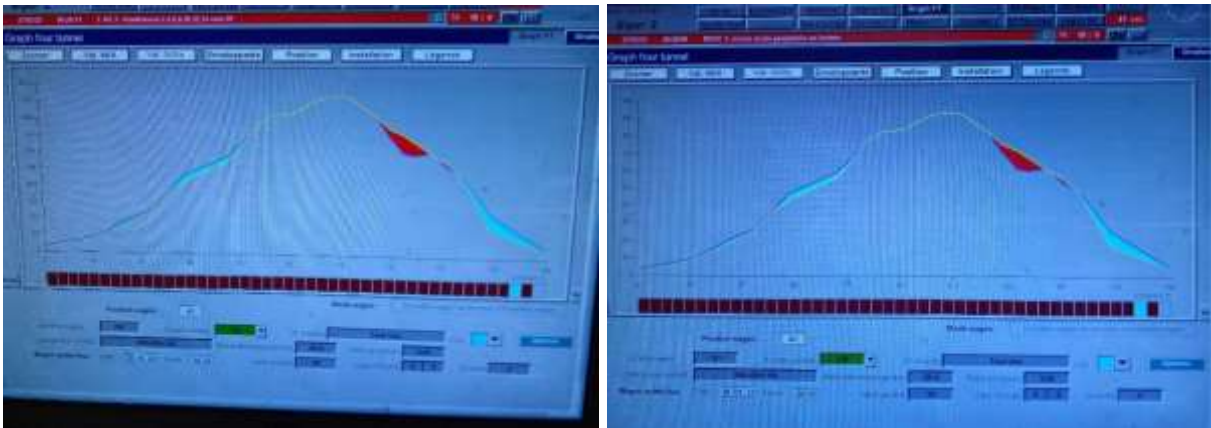


Figure III.3. Coubes de cuisson des échantillons de briques.

Pendant la phase de chauffage, l'humidité résiduelle s'évapore d'abord, puis la température commence à augmenter. Il est crucial que les particules de quartz ne causent pas de vibrations excessives afin d'éviter la formation de fissures dans les briques. Une fois que la température atteint **925 °C** au point culminant, ce seuil est maintenu pendant cinq cycles avant que la température commence à diminuer progressivement. Cette baisse progressive évite la réactivation du quartz, ce qui pourrait entraîner la formation de fissures verticales et horizontales dans les briques, les rendant ainsi inutilisables.

L'interprétation de la courbe de cuisson dans la fabrication des briques permet de comprendre comment chaque phase de température influence les propriétés finales des briques.

➤ **Période de préchauffage** : Une montée progressive en température de 200 à 600°C élimine l'humidité libre et prépare les briques pour une cuisson intensive sans fissures ni déformations.

➤ **Période de Cuisson** : La montée en température jusqu'à 1100°C provoque la vitrification de l'argile, améliorant la résistance mécanique et la densité des briques. Cette phase est cruciale pour la qualité finale des briques.

➤ **Période de Refroidissement** : Une descente progressive en température permet de stabiliser les structures internes des briques, assurant leur durabilité et leur stabilité dimensionnelle.

III.9. Conclusion

En conclusion, l'analyse approfondie des résultats dans le processus de fabrication des briques permet d'identifier des opportunités d'amélioration continue, d'assurer la conformité aux normes de qualité et de renforcer la durabilité environnementale de l'entreprise. En intégrant ces analyses dans la gestion quotidienne de la production, les fabricants de briques peuvent optimiser leurs opérations et maintenir leur compétitivité sur le marché.

**CHAPITRE III. RESULTATS ET
DISCUSSIONS**

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire est réalisé au niveau de l'entreprise Groupe Mecheri GIPAR. Ce travail est porté sur le processus de fabrication des briques et leurs analyses.

Les briques, éléments fondamentaux de la construction, résultent d'un processus complexe exigeant une analyse minutieuse à chaque étape. Leur qualité et durabilité dépendent de cette rigueur. Au cours de cette étude, nous avons exploré en détail les différentes étapes du processus de fabrication des briques, de l'extraction des matières premières à la cuisson finale, en passant par le façonnage et le séchage. Chaque étape a été analysée sous l'angle de l'optimisation des ressources, de l'efficacité énergétique et de l'impact environnemental. Les analyses effectuées dans notre travail fournissent des données cruciales sur la conformité aux normes, la durabilité et la qualité des briques, permettant d'identifier les points forts et les axes d'amélioration dans la fabrication.

En exploitant ces informations, il devient possible d'optimiser la production de briques hautement performantes. Les résultats de ces analyses jouent un rôle essentiel dans l'amélioration continue de la qualité et de la performance des produits fabriqués. L'intégration de pratiques de fabrication efficaces et d'une analyse méticuleuse est donc indispensable pour garantir la conformité aux normes et la performance attendue des briques.

Ainsi, en suivant un processus de fabrication rigoureux et en tirant parti des analyses détaillées, il est envisageable de produire des briques de haute qualité répondant aux exigences les plus élevées de l'industrie

Références bibliographiques

[1] S.CHAHMA, Etude Des Propriétés Thermo-Mecanique Des Briques En Terre Gypse Traditionnel (Temchemt) Stabilisée Par Le Ciment Ou Par La Chaux (Cas De La Ville D'ouargla) mémoire de Master, UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA, 2018.

[2] Site officiel du groupe Mecheri, <https://dz.linkedin.com/company/gipar-groupe-mecheri>

[3] Site internet de l'entreprise, <https://dz.kompass.com/c/briqueterie-gipar-sarl/dz218744/>

[4] <https://docs.google.com/document/d/1yW9to-3znzO0pNX8lqHUCft2u8mAFW-TxDdsZ2I6664/edit>

[5] <https://www.groupesouyeh.dz/processus-de-production/>

[6] https://www.manageo.fr/secteurs/minerais-mineraux-siderurgie-fam25/exploitant-de-gravieres-sablieres-extraction-d-argiles-de-kaolin-_met1176.html

[7] http://smpctn.com/Fr/nos-carrieres_11_49t

[8] <https://www.rietermorando.com/product/9?loc=fr>

[9] <https://www.rietermorando.com/product/9?loc=fr>

[10] <https://www.groupesouyeh.dz/processus-de-production/>

[11] https://fr.made-in-china.com/co_cyunmachinery/product_Cy2-25-Semi-Automatic-Hydraulic-Earth-Brick-Making-Machine-Paver-Machine-with-Diesel-Engine_egoeehhgy.html

[12] <https://bessmachinesblocbeton.com/malaxeur-machine-de-parpaing-mixer-du-mortier-m%C3%A9langeur-du-b%C3%A9ton.html>

[13] <https://docs.google.com/document/d/11FjmJZK46hgffoZnQD67mheU8FG4Aj2TGTdhYv6PRMQ/edit>

[14] <https://docs.google.com/document/d/11FjmJZK46hgffoZnQD67mheU8FG4Aj2TGTdhYv6PRMQ/edit>

[15] <https://docs.google.com/document/d/11FjmJZK46hgffoZnQD67mheU8FG4Aj2TGTdhYv6PRMQ/edit>

[16] Mise en œuvre d'un outil de la qualité pour l'amélioration des performances d'une briqueterie, Matallah Issam, Benhammou Sidi Mohammed, Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid De Tlemcen, 2017.

[17] <https://fr.kindle-tech.com/products/wet-three-dimensional-vibrating-sieve>

[18] <https://www.eirich-france.com/fr/process/technique-de-melange/melangeurs-de-laboratoire/type-el10-profi-plus>

[19] <https://www.binder-world.com/fr-fr/produits/croissance/etuves-bacteriologiques-standard/produit/asset/925264>

[20] <https://www.monarchitecte.ma/la-brique-de-terre-cuiteesthetique-et-resistante-au-feu-117.html>

[21] <https://www.google.com/search?client=firefox-b&q=Le+terme+humidit%C3%A9+2C+dans+le+langage+de+la+construction%2C+correspond+%C3%A0+une+pr%C3%A9sence>

[22] <https://svt.ac-versailles.fr/IMG/archives/docpeda/banques/Limay/docs/calci.htm>

Résumé

Les processus de fabrication des briques cuites comportent plusieurs étapes clés, chacune importante pour garantir la qualité et la durabilité des produits finis, notamment la préparation de l'argile, le moulage, le séchage et la cuisson. Après la cuisson, les briques sont refroidies avant d'être soumises à des contrôles de qualité rigoureux. Il s'agit généralement de réaliser des tests pour vérifier la résistance à la compression, les dimensions, la porosité et d'autres paramètres spécifiés conformément aux normes locales ou internationales. Concernant les analyses associées aux briques cuites, elles peuvent inclure la mesure du calcium, l'indice de plasticité, la mesure de l'humidité, la granulométrie et le retrait, entre autres. Ces analyses garantissent que la brique répond aux normes requises pour l'usage auquel elle est destinée, que ce soit en construction résidentielle, commerciale ou industrielle.

Abstract

The processes of manufacturing fired bricks involve several key steps, each important to ensure the quality and durability of the finished products, including clay preparation, molding, drying, and firing. After firing, the bricks are cooled before undergoing rigorous quality control tests. These tests typically verify the compressive strength, dimensions, porosity, and other specified parameters according to local or international standards. Regarding the analyses associated with fired bricks, they can include the measurement of calcium, plasticity index, moisture content, particle size distribution, and shrinkage, among other things. These analyses ensure that the bricks meet the required standards for their intended use, whether in residential, commercial, or industrial construction.

ملخص

تتضمن عمليات تصنيع الطوب المحروق عدة مراحل رئيسية، كل منها مهم لضمان جودة وديمومة المنتجات النهائية، بما في ذلك تحضير الطين، التشكيل، التجفيف والاحتراق. بعد الاحتراق، يتم تبريد الطوب قبل إخضاعه لعمليات فحص صارمة للجودة. عادة ما يتم إجراء اختبارات للتحقق من مقاومة الضغط، الأبعاد، المسامية والمعايير الأخرى المحددة وفقاً للمعايير المحلية أو الدولية. فيما يتعلق بالتحليلات المرتبطة بالطوب المحروق، يمكن أن تشمل قياس الكالسيوم، مؤشر اللدونة، قياس الرطوبة، التحليل الحجمي للجزئيات والانكماش، من بين أمور أخرى. تضمن هذه التحليلات أن الطوب يلبي المعايير المطلوبة للاستخدام المقصود، سواء في البناء السكني، التجاري أو الصناعي.