



République Algérienne démocratique et populaire  
Ministère de L'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université de Constantine 3  
Faculté de génie des procédés pharmaceutiques  
Département de génie Chimique

Mémoire fin d'étude  
Présentée pour obtenir le grade de

**Master en génie chimique**

---

**Récupération d'énergie dans la ligne de  
cuisson de cimenterie Hamma-Bouziane**  
Djawad Taher

---

Présenté par :  
Kara Mokhtar  
Ghernoug seif eddine

Encadré par :  
M<sup>dm</sup> : K. DJERAFI

Année universitaire :2012-2013





## SOMMAIRE

---

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b><i>CHAPITRE 1 NOTIONS DE BASES</i></b>	
<b>1.1 Présentation générale de la cimenterie Hamma Bouziane .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Matières premières du ciment .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Mode de fabrication du ciment .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1 Dans la voie humide.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2 Dans la voie sèche.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Processus de fabrication.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4.1 La cuisson.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1.1 Le préchauffeur.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.1.2 Le four.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4.1.3 Le refroidissement.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4.2 Le stockage du clinker.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.3 Le broyage du ciment.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.4 Le hall des ajouts .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4.5 L'expédition .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 Chimie de ciment .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1 Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.2 Symboles.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.3 Transformations chimiques .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.3.1 Décarbonations .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.3.2 Clinkérisation .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Récupération possible de l'énergie .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.1 Récupération de l'air secondaire .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.2 Récupération de l'air tertiaire .....</b>	<b>12</b>

# SOMMAIRE

## **CHAPITRE 2 BILAN DE MATIER ET DE CHALEUR DANS LA LIGNE DE CUISSON**

### **PARTIE 1 : BILAN DE MATIERE ET DE CHALEUR SANS L'AIRE TERTIAIRE**

<b>2.1 Flux de matière de la ligne de cuisson .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1 Flux de matière à l'entrée .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 Flux de matière à la sortie .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Flux de chaleur de la ligne de cuisson.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1 Flux de chaleur à l'entrée .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1.1 Chaleur dégagée pendant la combustion du gaz naturel .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1.2 Chaleur physique de la farine crue .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1.3 Chaleur physique de combustible .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1.4 Chaleur sensible de l'air du refroidisseur .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1.5 Chaleur sensible de l'air faux .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1.5.1 Calcul du débit de gaz fumé dans le préchauffeur .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1.5.2 Quantité entrée d'air faux de chaque étage .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.1.6 Chaleur sensible de l'air primaire .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.1.7 Chaleur de l'air nos-ring .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2 Flux de chaleur à la sortie .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2.1 Chaleur de formation du clinker .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.2.2 Chaleur sensible pour évaporer l'humidité de crue .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2.3 Chaleur physique (interne) du clinker .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.2.4 Chaleur physique de poussière .....</b>	<b>32</b>

## SOMMAIRE

2.2.2.5 Chaleur physique d'air secondaire .....	34
2.2.2.6 Chaleur physique d'air exhaure de refroidisseur .....	34
2.2.2.7 Chaleur sensible des fumées .....	35
2.2.3 Pertes de chaleur dans la ligne de cuisson.....	39
2.2.3.1 Perte par parois du four .....	40
2.2.3.1.1 Pertes par convection .....	40
2.2.3.1.2 Pertes par radiation .....	41
2.2.3.2 Pertes par les parois du préchauffeur .....	41
2.2.3.2.1 Pertes Par convection .....	42
2.2.3.2.2 Par radiation .....	44
2.2.3.3 Pertes par parois du refroidisseur .....	46
2.2.3.3.1 Pertes Par convection .....	46
2.2.3.3.2 Pertes Par radiation .....	48
<b>PARTIE 2 : BILAN DE MATIERE ET DE CHALEUR AVEC L'AIRE TERTIAIRE</b>	
2.1 Flux de matière dans la ligne de cuisson avec l'air tertiaire .....	49
2.1.1 L'entrée .....	50
2.1.1.1 Débit du gaz naturel dans le four .....	50
2.1.1.2 Débit du gaz naturel dans le précalcinateur .....	50
2.1.1.3 Débit d'air tertiaire dans le précalcinateur .....	50
2.1.1.4 Le débit d'air primaire .....	50
2.1.1.5 Débit d'air de combustion .....	50
2.1.2 Les sorties.....	51
2.1.2.1 Débit volumique d'air secondaire .....	51
2.1.2.2 Débit d'air excédentaire .....	51

## SOMMAIRE

2 Flux de chaleur dans la ligne de cuisson avec l'air tertiaire .....	51
2.1 Chaleurs à l'entrée .....	51
2.2.1.1 Chaleur de combustion dans le four .....	51
2.2.1.2 Chaleur de combustion dans le précalcinateur.....	52
2.2.1.3 Chaleur physique d'air tertiaire .....	52
2.2.1.4 Chaleur physique d'air primaire .....	52
2.2.2 Chaleurs à la sortie.....	53
2.2.2.1 Chaleur physique de poussière .....	53
2.2.2.2 Chaleur physique d'air exhaure .....	55
2.2.2.3 Chaleur physique d'air secondaire .....	55

## ***CHAPITRE 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS***

3.1 Flux de chaleur avec l'air tertiaire.....	56
3.1.1 Chaleurs à l'entrée .....	57
3.1.2 Chaleurs à la sortie.....	58
3.1.3 Calcul des pertes de chaleur .....	58
3.1.3.1 Pertes par parois .....	59
3.1.3.2 Les pertes non détectés .....	59
3.2 Flux de chaleur avec l'air tertiaire.....	60
❖ Première solution: sans changement de la consommation en gaz naturel	
3.2.1 Chaleurs à l'entrée .....	60
3.2.2 Chaleurs à la sortie .....	61
3.3 Etude technico-économique.....	62
❖ Deuxième solution: avec changement de la consommation en gaz naturel	
3.4 Flux de matière à l'entrée.....	63
3.5 Flux de chaleur à l'entrée.....	64

# SOMMAIRE

3.6 Etude technico-économique de la deuxième solution.....	64
3.7 Aspect environnemental.....	65

**Conclusion**

**Bibliographie**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste Annexes**

**Nomenclature**