

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département Génie Mécanique

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences Techniques

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Génie énergétique

Présenté par : Mr BELFAR Maamar

Thème

Etude des opérations de séchage et cuisson des briques d'argile
sous conditions de traitement industriel

Soutenu le 08/06/2015

Devant le jury composé de :

Dr	Kabdi Zakaria	MC (B)	Président
Mr	Belahia Hocine	MA (A)	Examineur
Mr	D. HALASSA	Doctorant	Co-encadreur
Pr	A. BOUBEKRI	Professeur	Encadreur

Année Universitaire 2014/2015

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'étude des opérations de séchage et cuisson des briques d'argiles sous conditions de traitement industriel. Des essais de séchage et une estimation de consommation énergétique ont été menés sur site de production dans un objectif d'amélioration des conditions de traitements thermiques tenant compte de la consommation rationnelle de l'énergie. Les échantillons utilisés dans les expériences ont été soumis au processus de séchage dans différents endroits à l'intérieur de la chambre. Les cinétiques de séchage des briques unitaires et des blocs de briques voisines ont été obtenues et discutées. L'état mécanique des briques après traitement a été examiné par des tests de compression. L'ensemble des résultats obtenus montre l'avantage des températures modérées en traitement sur la qualité finale du produit ce qui permet de penser à plus d'économie d'énergie dans le process industriel.

:

الصناعية.	الطيني	التجفيف والطهي	يتعلق	هذه	
الحرارية	بهدف تحسين		التجفيف وتقدير استهلاك	أجريت	
	لعملية التجفيف		العينات	الاستهلاك الرشيد	بعين
ومناقشتها.			على منحنيات حركية تجفيف		
الشاملة الأثر الإيجابي للإستفادة	أظهرت .		طريق	الميكانيكية	
يسمح بالتفكير بأكثر توفير	النهائي		المعالجة الحرارية		

العمليات الصناعية.

Abstract

The present work in this memory relates to the study of the drying operations and cooking of clay bricks under industrial treatment conditions. Drying experiments and an estimate of power consumption were carried out on the site of production in an objective of improvement of heat treatments conditions taking in account the rational consumption of energy. The samples used in the experiments were subjected a drying process in various places inside the room. The drying kinetics of unit bricks and blocks of close bricks were obtained and discussed. The mechanical state of bricks after treatment was examined by compression tests. The whole of the obtained results shows the advantage of moderated temperatures in treatment on the final quality of the product what makes it possible to think of more energy saving in the industrial process.

Table des matières

Table des matières

I.	Etude théorique de la chaîne de production	2
I.1	Introduction.....	2
I.2	Qu'est-ce qu'une brique ?[4]	2
I.3	compositions de l'argile	2
I.4	Fabrication de brique	3
I.5	Processus de production.....	3
I.6	Cuisson.....	8
I.7	Phénomènes physico-chimiques qui peuvent se produire lors de la cuisson.....	9
I.8	Chargement et déchargement.....	10
II.	Chaîne de fabrication des briques : Etude descriptive.....	12
II.1	Moyens d'extraction	12
II.2	Préparation de la matière première	12
II.3	Fabrication	16
II.4	Emballage - Empaquetage	18
III.	Suivi des opérations de cuisson et estimation de la consommation énergétique.....	20
III.1	Introduction	20
III.2	Description des machines utilisées.....	20
III.3	Méthodologie de travail	23
III.4	Séchage.....	23
III.5	Séchoir tunnel dans l'usine	23
III.6	La Cuisson.....	24
III.7	Le four tunnel de l'usine	25

III.8	Les étapes de la cuisson	25
III.9	Estimation de la consommation énergétique de l'unité	28
III.10	Consommation totale de l'unité :	31
III.11	Commentaire sur des résultats de la consommation d'énergie	31
IV.	Etude expérimentale du séchage de la brique dans usine	32
IV.1	Introduction:	32
IV.2	Matériel et appareillage	32
IV.3	Support de brique	34
IV.4	Séchoir.....	34
IV.5	Protocole expérimental.....	34
IV.6	Mesures :	34
IV.7	La méthodologie de travail.....	35
IV.8	RESULTATS ET DISCUSSIONS :	36
IV.9	Comparaisons entre les résultats de séchage et cuisson.....	61
IV.9.1	Essai de compression.....	61
IV.10	Conclusion générale	63

Liste des figures

Chapitre I + Chapitre II

Chapitre III + Chapitre IV

Figure I.1	Extraction de l'argile.	3
Figure I.2	Broyage et malaxage de l'argile	4
Figure I.3	Schéma de fonction de séchoir tunnel	6
Figure I.4	Schéma de fonction de séchoir a chambre	6
Figure I.5	Schéma de fonction de séchoir semi-rapide	7
Figure I.6	Four tunnel	8
Figure I.7	les étapes de fabrication du brique	11
Figure II.1	Photos représentant la vue générale de la matière première ([A] argile et[B]sable).....	12
Figure II.2	Photos représentant la vue générale de la doseur d'agile et sable.....	13
Figure II.3	Photos représentant la vue générale du Brise motte	13
Figure II.4	Photos représentant la vue générale de la séparateur de pierre	14
Figure II.5	Photos représentant la vue générale de la Broyeur dégrossisseur	14
Figure II.6	Photos représentant la vue générale de la mélangeur	15
Figure II.7	Photos représentant la vue générale de la silo de stockage.....	15
Figure II.8	Photos représentant la vue générale de la doseur	16
Figure II.9	Photos représentant la vue générale du Préfinisse (broyeur)(A)et broyeur finisseur(B).....	16
Figure II.10	Photos représentant la vue générale de la Mouleuse	
Figure II.11	Photos représentant les appareilles utilisées après le mouleuse([A]: sectionneur, [B]: les chariots).....	16 17
Figure II.12	Photos représentant les compositions du four à tunnel	18
Figure II.13	Photos représentant la vie générale du emballage - emballage.....	19
Figure III.1	schéma de fonctionnement de séchoir tunnel contre courant	19
Figure III.2	Photos représentant la zone de fumé	24
Figure III.3	Photos représentant la zone de recyclage	26
Figure III.4	Photos représentant la zone de brûleurs latéraux	26
Figure III.5	Photos représentant la zone[A] feu 1 et la zone [B] la feu 2.....	27

Figure III.6	Photos représentant de la zone de refroidissements rapide	27
Figure III.7	Photos représentant de la zone de récupération	28
Figure III.8	Photos représentant de la zone de la contre pressions.....	28
Figure IV.1	Photos représentant de sonde de température et humidité.....	36
Figure IV.2	Photos représentant de la balance électronique.....	36
Figure IV.3	photos représentant la machine de compression.....	37
Figure IV.4	Photos représentant de les supports de briques.....	37
Figure IV.5	Photos représentant de schéma de support des briques	38
Figure IV.6	Courbe représentant les variations de lamasse en fonction du temps.....	39
Figure IV.7	Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction de temps.....	40
Figure IV.8	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps	40
Figure IV.9	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau	41
Figure IV.10	Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.....	41
Figure IV.11	Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.....	39
Figure IV.12	Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.....	40
Figure IV.13	Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.....	41
Figure IV.14	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.....	41
Figure IV.15	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau	42
Figure IV.16	Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.....	42
Figure IV.17	Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.....	43
Figure IV.18	Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.....	44
Figure IV.19	Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.....	45
Figure IV.20	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.....	45
Figure IV.21	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau	46
Figure IV.22	Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.....	46
Figure IV.23	Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.....	47
Figure IV.24	Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.....	48
Figure IV.25	Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.....	49
Figure IV.26	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.....	49
Figure IV.27	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau	50
Figure IV.28	Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.....	50
Figure IV.29	Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.....	51
Figure IV.30	Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.....	52
Figure IV.31	Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.....	53
Figure IV.32	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.....	53

Figure IV.33	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau	54
Figure IV.34	Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.....	54
Figure IV.35	Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps	55
Figure IV.36	Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.....	56
Figure IV.37	Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.....	57
Figure IV.38	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.....	57
Figure IV.39	Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau	58
Figure IV.40	Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.....	58
Figure IV.41	Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.....	59
Figure IV.42	Courbe représentant les variations de la température en fonction du de temps	60
Figure IV.43	Courbe représentant les variations de la t l'humidité en fonction du de temps.....	61

Liste de tableaux

Tableau I.1: Les compositions de l'argile.....	2
Tableaux IV.1: Spécification de la sonde de température et humidité.....	35
Tableau IV.2 : représente les variations de la résistance à la compression.....	65

Nomenclature

Symbole	Unité	Désignation
M_s	[kg]	Masse sèche .
HR	[%]	Humidité relative .
m	[kg]	Masse du produit sec .
X		Teneur en eau du produit .
t	[heur]	Le temps .
T	[°C]	La température .
X_{in}	[kg eau/kg ms]	Teneur en eau initiale du produit .
$-(dX/dt)_t$	[kg eau/kg ms min]	Vitesse de séchage .

introduction générale

Introduction générale

La terre est la matière première naturelle, l'homme l'a utilisée dans la construction depuis des milliers d'années. La terre non brûlée, comme la pierre ou le bois, a été un des premiers matériaux utilisés par l'homme pour construire, puisque facilement disponible, la terre a été mise en œuvre suivant différentes techniques, selon les régions et en fonction de ses caractéristiques, pour améliorer celles-ci, la terre a parfois été additionnée de matériaux d'origine minérale ou végétale ou même animale.[1]

Dans les villes Sahariennes l'homme utilise beaucoup des matériaux de construction, parmi les matériaux intégrés à haut pourcentage dans la construction on trouve l'argile comme matière première plein disponible dans le gisement terrestre. Les argiles sont utilisées pour la fabrication des briques qui subissent les effets destructeurs et les changements brusques des conditions climatiques.[2]

Afin d'obtenir une bonne qualité des briques d'argile on doit suivre les étapes de production de manière soignée. Dans ce travail, nous avons abordé les processus les plus importants dans la production, le séchage et la cuisson, parce que la plupart des problèmes de fabrication se limitent à ces phases. A cet effet notre contribution par ce mémoire est orientée vers l'étude du comportement physique des briques d'argile en vue d'examiner les possibilités d'amélioration des conditions opératoires des étapes de séchage et de cuisson. Nous nous intéresserons aussi à une mise au point sur l'état de consommation énergétique notamment dans la phase de cuisson.

Notre travail est alors rédigé dans une introduction générale, quatre chapitres et une conclusion.

Dans le premier chapitre nous avons présenté une étude théorique et descriptive de la chaîne de production .

Dans le deuxième chapitre nous avons fait une étude sur la chaîne de fabrication des briques d'argile dans usine.

Dans le troisième chapitre nous avons réalisé un suivi des opérations de cuisson et estimation de la consommation énergétique

Dans le quatrième chapitre nous avons réalisé une étude expérimentale du séchage de la brique en usine. Le travail est enfin terminé par une conclusion générale .

Chapitre I

*Etude théorique de la chaîne de
production*

I. Etude théorique de la chaîne de production

I.1 Introduction

Avec quoi construit-on une habitation ? Avec des briques, naturellement !

Tout le monde connaît ce magnifique produit. Si dans le passé, la couleur rouge était la plus répandue, on dispose aujourd’hui d’innombrables couleurs.

On l’observe par tout autour de nous. Aujourd’hui, les produits se sont diversifiés blocs pour murs intérieurs ,briques de parement, briques de pavage, ... -mais restent tous des produits en terre cuite. Savez- vous comment on fait naître ces excellents produits de la matière première ?. [4]

I.2 Qu’est-ce qu’une brique ?[4]

La brique est un matériau de construction qui est fabriqué en portant une petite quantité d’argile, préalablement mise en forme, à une température appropriée - la température de frittage.

Les particules d’argile commencent alors à fondre et s’agglomèrent pour former une masse à caractère pierreux. Après la cuisson, la brique conserve une certaine porosité, qui lui confère d’ailleurs des propriétés spécifiques et la distingue des autres matériaux de construction.

I.3 compositions de l’argile

L’argile est une matière première naturelle existe dans le gisement terrestre, il est composé par les éléments chimiques suivants :

Tableau I.1: Les compositions de l'argile [3]

composants		Ailice	Alumne	Sesquioxyde de fer	Chaux	Magnésie	Oxides alcalins		anhydride sulfurique
		SiO ₂	AL ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	NaO	SO ₃
Percentages (%)	in	46.2	7.4	4.5	5.52	0.46	0.66	0.35	
	oy	50.34	13.92	5.74	10.52	1.86	1.55	0.76	0.41
	ax	58.60	17.88	7.79	14.91	3.14	2.35	1.77	1.47

I.4 Fabrication de brique

La procédé de fabrication de brique dans l'usine installée se compose d'une série d'étapes fondamentales pour l'obtention d'un produit de qualité que satisfont aussi bien les propres expectatives, comme celles des clients, en assurant la qualité. Ces étapes sont:

I.5 Processus de production

Le processus de production de la terre cuite se compose de différentes étapes

- L'extraction des matières premières (argiles et limons)
- La préparation de l'argile
- Le façonnage
- Le séchage
- La cuisson

I.5.1 Extraction de l'argile

La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. Il faut entendre 'argile' au sens large et considérer également les terres limoneuses et schisteuses, matières premières de même composition minéralogique que l'argile.

L'argile est extraite dans des argilières situées en zone d'extraction. L'argile est omniprésente dans le sous-sol et ses propriétés diffèrent en fonction de l'origine géologique.[4]



Fig. I.1 : Extraction de l'argile[9]

I.5.2 La préparation

La préparation comprend deux opérations principales : le broyage et le malaxage d'une part, le dosage et le mélange des matières premières d'autre part. Le but est d'obtenir une masse argileuse bien homogène et plastique qui sera facilement transformée en produit fini.[4]

I.5.3 Broyage et malaxage

Ces opérations ont pour but de rendre la masse d'argile homogène et de lui conférer la plasticité nécessaire au moulage des briques. Cette opération a également pour but de réduire les inclusions solides éventuellement présentes dans l'argile (ex : nodules de pyrite et inclusions de chaux) pouvant influencer négativement la structure du produit en terre cuite. Cette étape très importante s'effectue.

Dans des broyeurs mécaniques à meules verticales ou à cylindres horizontaux. par étapes successives en une fine poudre qui sera gâchée à l'eau pour obtenir une pâte (argileuse) présentant la plasticité souhaitée. Enfin, l'argile contient également des débris organiques

nuisibles à la qualité du produit fini, et qui ne peuvent être éliminés que par l'action bactériologique. A cette fin, l'argile est stockée quelque temps dans un lieu humide et sombre propice au développement de ces bactéries.[4]



Fig. I.2 : Broyage et malaxage de l'argile [4]

I.5.3.1 Stockage de matière première [1]

L'argile vient des carrières, une fois traitée dans un broyeur, elle est stockée dans le parc des matières premières ou pourrissoir, où se réalise une première homogénéisation et mélange des argiles, en fonction du type de produit à fabriquer.

I.5.3.2 Silo de stockage

Après l'étape de broyeur on laisse le mélange d'argile à fermenter dans le stockage pour obtenir une bonne homogénéisation.

I.5.4 Moulage

A cette étape, l'argile est extrudée et moulée de façon concrète. Pendant cette étape, durant le gâchage, il se complète l'ajout d'eau et de vapeur d'eau pour obtenir le degré de plasticité nécessaire.

I.5.5 Séchage

C'est une étape des plus fondamentales du procédé, qui consiste à éliminer l'eau présente dans la pièce de brique moulée.

I.5.5.1 Types du séchoir

Il existe trois types du séchoir:

- Séchoir continu, ou semi-continu;
- Séchoir statique, ou à chambres;
- Séchoir rapide.

I.5.5.1.1 Le séchoir continu:

Il est essentiellement composé d'une structure de maçonnerie à tunnel (galerie), qui contient une ou plusieurs lignes de chariots de briques vertes (à sécher), le principe se base sur l'introduction d'un chariot de produit d'une extrémité (entrée) de la galerie et la sortie d'un autre chariot du côté opposé (sortie).

En cas de séchoir continu, l'introduction du matériau est constante, 24h sur 24h, tandis que dans le séchoir semi-continu l'introduction de ce dernier est limitée aux équipes de travail.

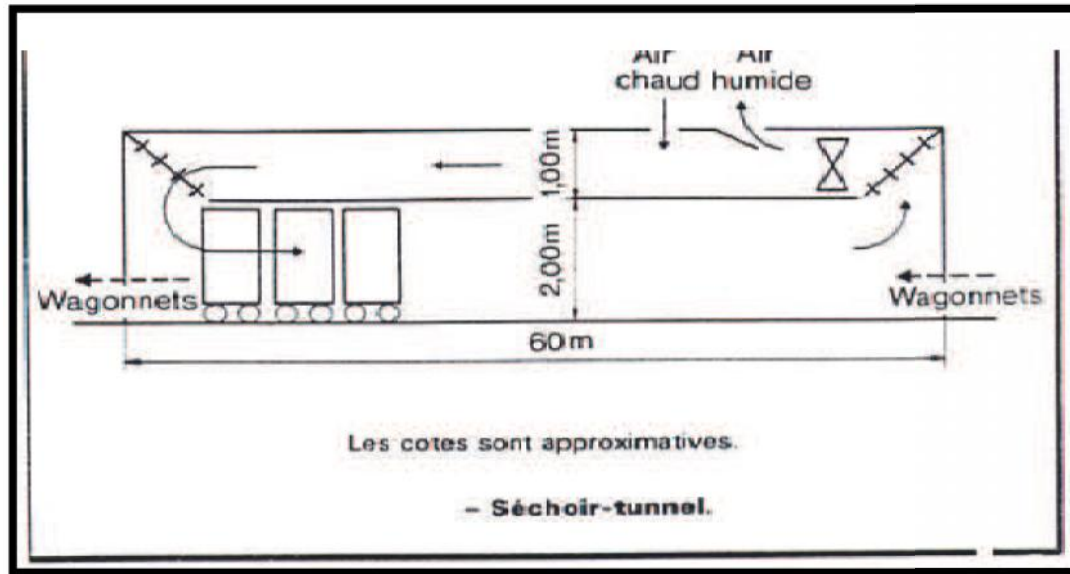


Fig. I.3 : Schéma de fonction de séchoir tunnel [2]

I.5.5.1.2 B-Séchoir statique (à chambres)

Le séchoir statique et le séchoir à chambres sont composés d'une ou plusieurs chambres où l'on introduit les briques à sécher, déposées sur des supports pourvus de roues ou sur des étagères. Une fois remplie de briques, la chambre ou la cellule est fermée et le processus de séchage peut commencer. Dans le séchoir statique, le produit reste immobile et ce sont les conditions thermo-hygrométriques internes qui subissent des variations. Selon les caractéristiques physiques et chimiques de la brique, le processus de séchage subira une variation des temps du cycle.

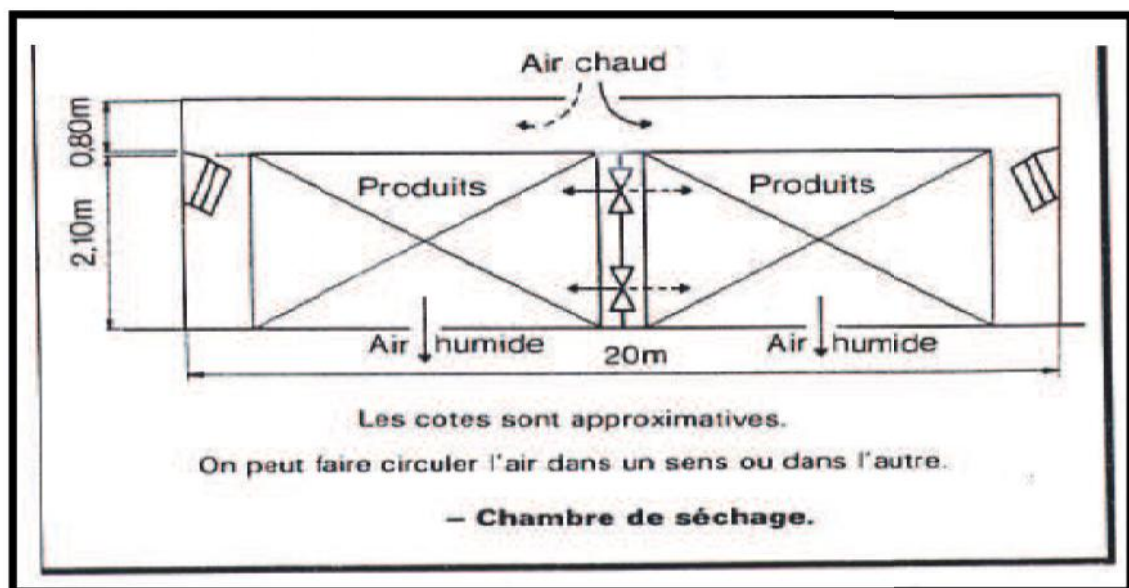


Fig. I.4 : Schéma de fonction de séchoir à chambre [2]

I.5.5.1.3 Séchoir rapide (à balancelles):

Ce type de séchoir est composé d'une ou plusieurs galeries superposées, dont les briques sur les balancelles (plans métalliques) à plusieurs étages, suspendues à une caténaire, avancent traînées par un couple de chaînes glissant à l'intérieur de la galerie.

Ce type de séchoir requiert une alimentation constante, parce que, pour la rapidité du cycle, d'éventuels arrêts pourraient endommager le produit en provoquant un écart dû à des ruptures ou à la déformation du produit.

Les outils de génération de la chaleur et les dispositifs de contrôle sont les mêmes que ceux utilisés dans les autres types de séchoirs.[1]

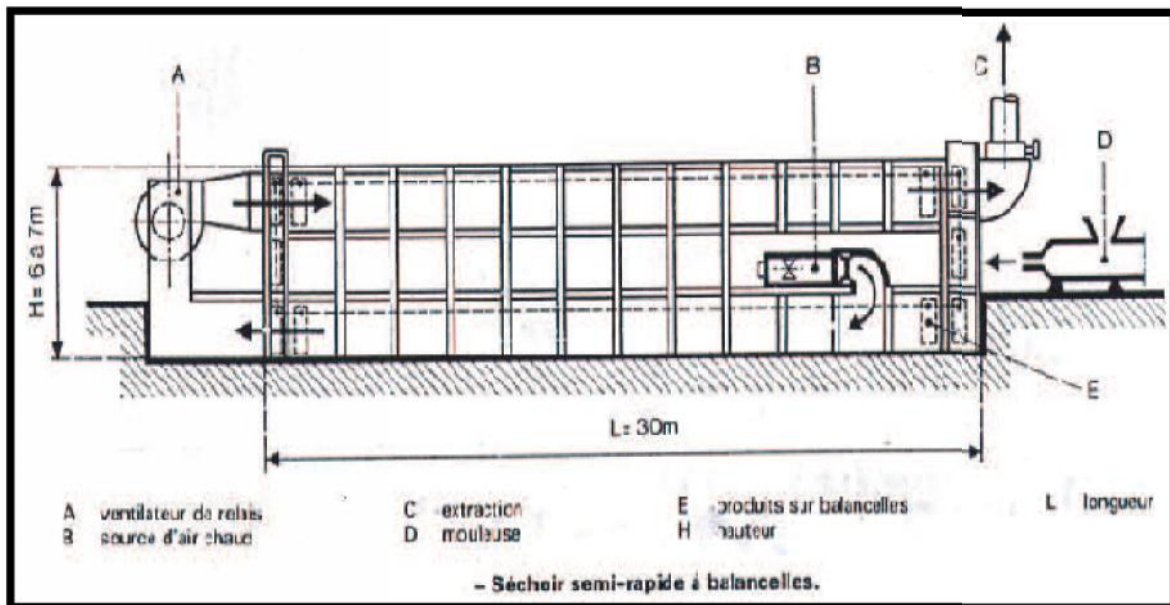


Fig. I.5 : Schéma de fonction de séchoir semi-rapide [2]

I.5.6 Phénomène physique de séchage de brique

Le séchage des briques humides de couleur verte est un processus dans lequel l'eau requise est éliminée du produit d'argile, qui se rétrécit dans le processus. Les pores et les capillaires des briques vertes sont remplis avec de l'eau pendant le moulage des particules pleines d'argile sont enduites des films de l'eau, absorbés dans la surface des particules. Le corps d'argile se rétrécit aux degrés variables par la diminution de l'eau pendant le processus de séchage. Les efforts s'accumulent dans le produit vert, est influencé par les propriétés de l'argile, son degré de plasticité et de texture sont provoquées à l'aide d'une mouleuse. Selon le type d'argile et la méthode

choisie pour mouler la quantité de l'eau à éliminé est de l'ordre de 40%. cependant, Une certaine partie d'humidité, demeurera toujours dans le produit.[1]

I.6 Cuisson

C'est l'étape la plus importante et la plus délicate du procédé, où l'on donne à la pièce céramique les propriétés souhaitées.

I.6.1 Type des fours

Les fours se divisent en trois catégories de principe :

- Four à tunnel.
- Four à chambre – four intermittent.
- Four Hoffmann.

I.6.1.1 Four tunnel:

Présente la même structure d'une galerie pourvue de voies sur le plancher et de portes sur les têtes. Le four à tunnel se distingue des autres systèmes de cuisson car il ne requiert pas de performances manuelles à l'intérieur du tunnel même. Le feu se trouve dans la zone centrale de la galerie et les briques sont placées sur des chariots qui la parcourt, se réchauffent, cuisent et se refroidissent.



Fig I.6 : Four tunnel [1]

I.6.1.2 Four Hoffmann:

Se base sur un principe moins moderne par rapport au four à tunnel.

La structure est composée de deux galeries parallèles, de maçonnerie robuste, qui communique entre elles sur les têtes en formant une sorte de circuit fermé.

Le long des galeries, il y a des petites portes latérales d'accès aux galeries ainsi que des portes donnant sur les têtes.

La maçonnerie prévoit des voûtes et des conduites d'aspiration et de récupération des fumées et du tirage.

Les portes sur les têtes permettent l'introduction du matériel à cuire, emballé en paquets et transporté par des chariots élévateurs, ainsi que le prélèvement du matériel cuit. Sur toute la surface de la voûte, il y a des embouts d'alimentation du combustible qui, sur la base de la zone, font tourner la zone feu dans la galerie en créant un circuit.

Le matériel brut est introduit dans la galerie à travers la porte, opposée à la zone feu, en prêtant attention à extraire tout d'abord le matériel cuit.

I.6.1.3 Four intermittent (à chambre):

Le four intermittent est composé d'une structure préfabriquée ou de maçonnerie à l'assemblage simple et aux dimensions réduites.

La chambre de cuisson est réalisée, à son intérieur, en matériaux réfractaires de façon à pouvoir tolérer les écarts thermiques dus à l'allumage et au refroidissement caractéristiques du four intermittent.

La chambre de cuisson est facilement accessible au chargement et au déchargement de la porte de tête et parfois de la porte de queue. Dans la chambre peuvent être introduits des chariots sur lesquels sont chargées les briques à cuire. Le chariot est simple à extraire en raison du possible glissement sur les roues..

La courbe de cuisson réglée au moyen du système gestionnaire peut être adaptée aux différentes typologies de briques à cuire, au type de combustible, aux caractéristiques chimiques et physiques du produit à réaliser.[1]

I.7 Phénomènes physico-chimiques qui peuvent se produire lors de la cuisson

Plusieurs phénomènes physiques et chimiques peuvent se produire lors de la cuisson, ce qui provoque des modifications de porosité, de dimensions et de propriétés mécaniques du produit final. Jusqu'à 450 °C, il se produit un dégagement de l'eau résiduelle de séchage et de l'eau d'hydratation. La matière organique est détruite suite à l'oxydation par l'air circulant dans les pores. Si le milieu n'est pas oxydant, des résidus carbonés se décomposent et du carbone persiste à l'intérieur de la céramique. De 400 à 680 °C, des minéraux argileux sont détruits (kaolinite à 550 °C) avec le départ d'eau de structure (de hydroxylation). Des composés très fins et désordonnés se forment. Un début de retrait de cuisson est observé à ce stade. À 573 °C le quartz

change de forme cristallographique. De 750 à 850 °C, le carbonate CaCO_3 se décompose en chaux vive (CaO) avec dégagement de CO_2 . Au-delà de 850 °C, deux phénomènes sont observés selon la minéralogie des argiles. Les argiles non-calcaires développent un frittage liquide donnant aux produits finaux une structure liée par une phase vitreuse. En revanche, les argiles calcaires ne développent pratiquement pas de phase vitreuse et la cristallisation des produits céramique s'effectue en phase solide. Le CaO disparaît et de nouvelles phases commencent à se former comme les silicates de calcium et les aluminosilicates de calcium (anorthite : $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$; gehlenite: $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$).[5]

I.8 Chargement et déchargement

Le chargement et le déchargement du séchoir et du four sont effectués au moyen de machines empileuses et dés empileuses.

Ces équipements sont installés nécessairement dans les installations de grande production et de niveau technologique avancé.

Dans les installations de production modeste et de niveau technologique moins avancée, lesdites opérations (chargement et déchargement du séchoir du four) sont encore effectuées manuellement, avec le support de moyens de manutention sur caoutchouc (chariots élévateurs).[1]

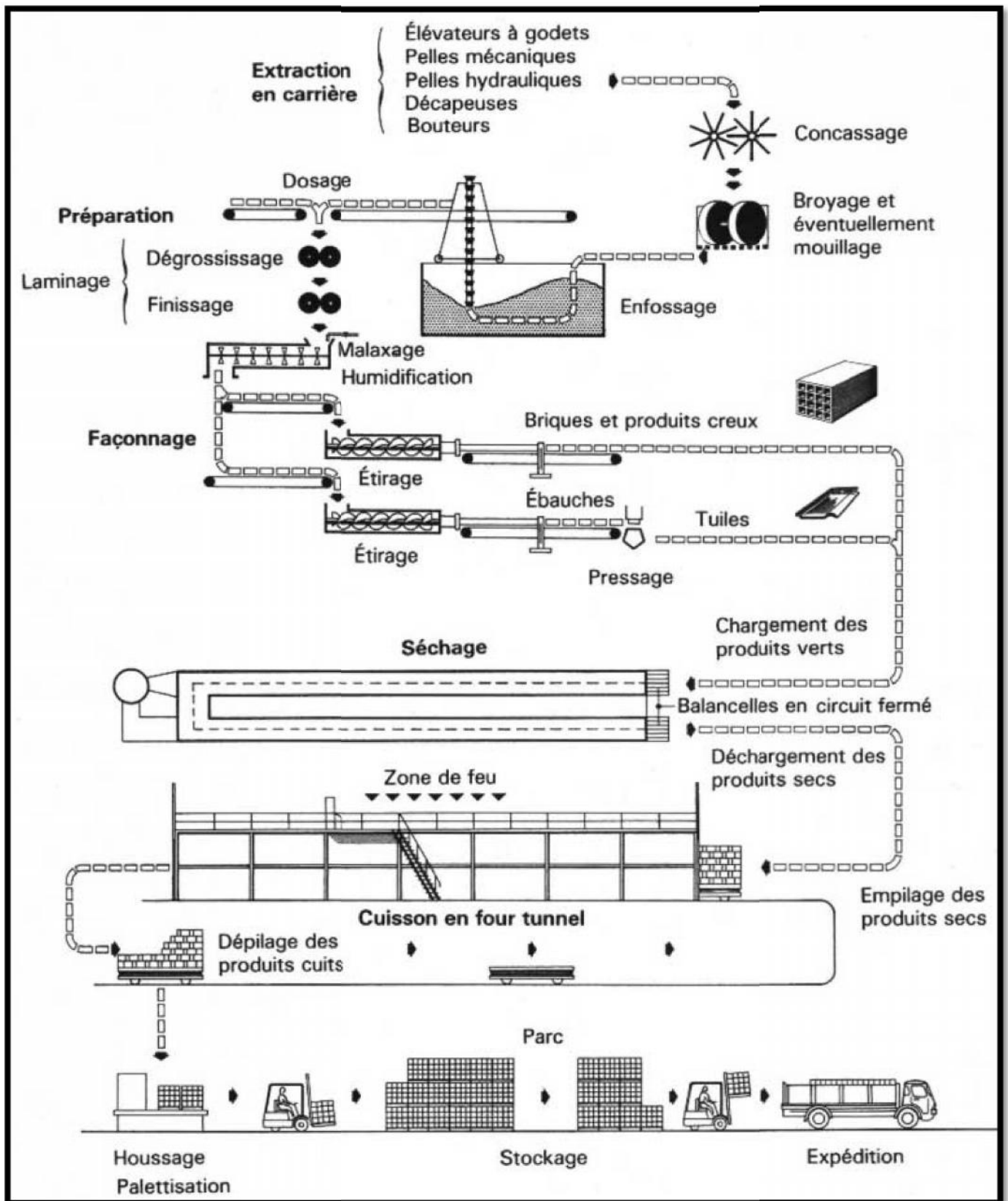


Fig. I.7: Etapes de fabrication des briques[11]

Chapitre II

Chaine de fabrication des briques :

Etude descriptive

II. Chaîne de fabrication des briques : Etude descriptive

II.1 Moyens d'extraction

L' extraction de la matière première (argile ,sable), se fait aux à les excavateurs mécaniques et à des engins traditionnels de terrassement (camion de carrière).

La matière première est extraite d'une ou plusieurs carrières et accumulée à proximité de l'usine au moyen de camions et scrapeurs. En général, l'accumulation de matière première a une dimension telle à garantir la quantité nécessaire pour la production d'un an.

Le prélèvement de l'accumulation est fait à l'aide d'un chariot pelleteur qui alimente directement la première machine du cycle. [1]

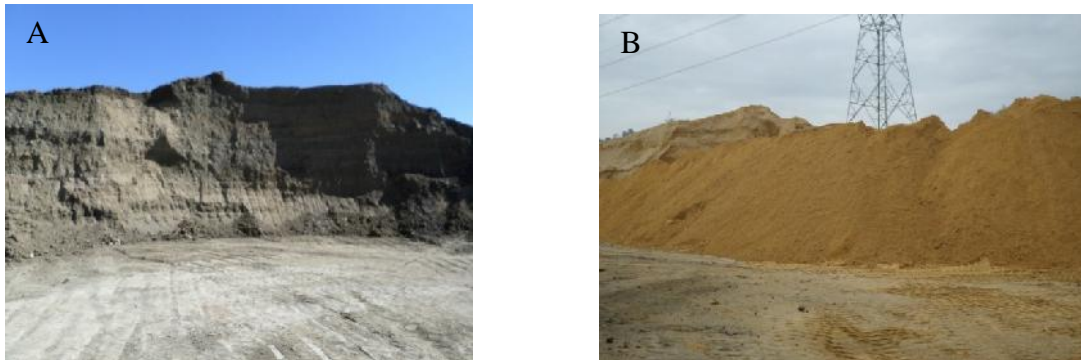


Fig. II.1: Photos représentant la vue générale de la matière première ([A] argile et[B]sable)[1]

II.2 Préparation de la matière première

La matière première provenant de la carrière est souvent un produit naturel inégal et peu homogène. Cette matière brute doit être transformée en un mélange uniforme qui garantit, avec un travail économique, un matériau fini à haute valeur technique.

Les différentes phases de l'usinage, à savoir alimentation, mélange, broyage, raffinage, mouillage et homogénéisation n'ont pas de séquence fonctionnelle ou chronologique : leur séquence peut être modifiée selon les exigences. [1]

II.2.1 Doseur d'argile et sable

C'est une machine détermine la quantité de l'argile et du sable, dont le pourcentage de l'argile 80% et sable 20%,où la quantité de l'argile quatre fois de la quantité de la sable.



Fig. II.2: Photos représentant la vue générale de la doseur d'agile et sable[1]

II.2.2 Brise motte (Broyeur)

Une machine où les mottes acquièrent une dimension inférieure.

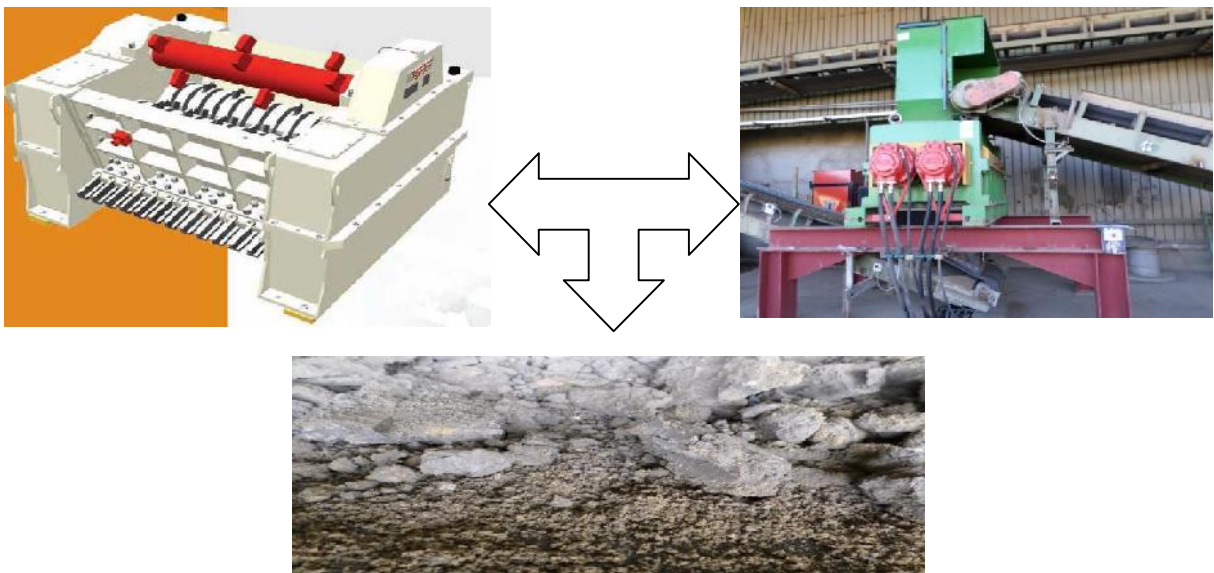


Fig. II.3: Photos représentant la vue générale du Brise motte[1]

II.2.3 Séparateur de pierre

C' est une machine composée de deux cylindres, leur rôle séparation les gosses pierres.

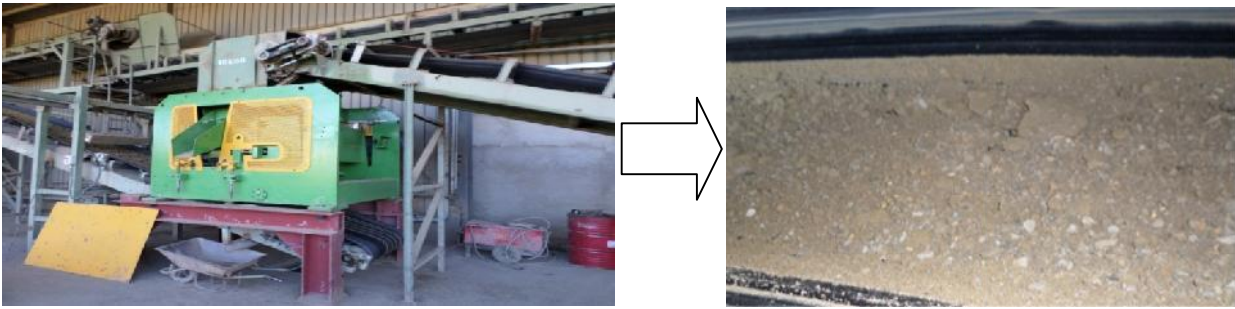


Fig. II.4: Photos représentant la vue générale de la séparateur de pierre[1]

II.2.4 Broyeur dégrossisseur

Composé de deux cylindres lisses contrarotatifs se trouvant l'un face à l'autre à une distance de peu de millimètres, où l'argile est ultérieurement réduite en couches minces



Fig. II.5: Photos représentant la vue générale de la Broyeur dégrossisseur[1]

II.2.5 Mélangeur

En mélangeant l'argile avec le sable, on augmente la perméabilité à cause d'une taille plus grande de grain, ce qui facilite la migration de l'eau, où l'on rajoute un pourcentage d'eau. Le dosage de la quantité d'eau se fait de forme automatique avec une sonde d'humidité.



Fig. II.6: Photos représentant la vue générale de la mélangeur[1]

II.2.6 silo de stockage

Après la sortir le produit (argile ,sable) de mélangeur. Le produit se stocke un temps donné (36-72 h) pour son vieillissement et maturation, en profitant de l'action physique et mécanique des conditions ambiantes (pluie, gel, soleil, vent...) qui produisent un effritement de la matière première, ainsi comme une fermentation par l'action de micro-organisme (bactérie) dont les sécrétions modifient certaines propriétés physico-chimiques du mélange (argile ,sable).



Fig. II.7: Photos représentant la vue générale de la silo de stockage[1]

II.3 Fabrication

Après stockage et fermentation , nous avons commencés les étapes suivantes Doseur de reprise pré finisseur (broyeur),broyeur finisseur jusqu'il prend leur forme définitive dans mouleuse.

II.3.1 Doseur de reprise

Elle existe cette machine plus souvent a cote de produit stocke , son rôle est de déterminer la quantité de produit .



Fig. II.8: Photos représentant la vue générale de la doseur[1]

II.3.2 Préfinisse (broyeur) et broyeur finisseur

Ce sont des machines, chacune elle constitue deux cylindres plus proches, leurs rôle est sorti le produit a des couches minces.



Fig. II.9: Photos représentant la vue générale du Préfinisse (broyeur)(A)et broyeur finisseur(B)[1]

II.3.3 Mouleuse

Dans cette machine le brique prend leur forme finale. Elle constitue un mélangeur et pompe à vide dont, le produit est mélangée, grâce à un mélangeur, avec de l'eau et de la vapeur d'eau de façon à lui faire acquérir les caractéristiques de plasticité nécessaires pour terminer le cycle d'usinage.



Fig. II.10: Photos représentant la vue générale de la Mouleuse

Après la phase de la Mouleuse où le brique prend leur forme, Ce bloque passe par le sectionneur de longueur et par le sectionneur multi-fil, où seront établie les dimensions finales du produit fabriqué en ce moment. Les pièces sont chargées sur des étagères (chariots), qui s'introduisent dans le séchoir.



Fig. II.11: Photos représentant les appareilles utilisées après le mouleuse([A]: sectionneur, [B]: les chariots)

II.3.4 Séchage

Le séchage vise à faire évaporer l'humidité présente dans le mélange duquel la brique est formée, stabiliser définitivement. cette opération se fait dans une séchoir.[3]

II.3.4.1 Séchoir tunnel

Le rôle de chambre tunnel est de sécher les briques dont leur dimension presque 20m x 80m ,elle constitue plusieurs ranges . avant l'entrée de brique dans le séchoir l'humidité initial des briques est de 20% et après séchage l'humidité devient presque 6%. la durée de séchage varie selon le travail de l'usine (30 h jusque 72h). [4] Après l'achèvement du processus de séchage est transféré directement au four tunnel.

II.3.5 Cuisson

La transformation de la pièce "verte" en brique stable, appelé terre cuite, se réalise à travers de différentes modifications physiques et chimiques subites par les composants minéraux sous l'effet de la température de l'ordre de 920° (la température est variable selon le type de matière première). Cette étape a lieu dans le four tunnel.

Le feu se trouve dans la zone centrale de la galerie et les briques sont placées sur des wagons qui la parcourt, se réchauffent, cuisent et se refroidissent.

Les briques donc transitent à l'intérieur de la galerie/tunnel et, le long du parcours, subissent des variations de température réglées par une courbe de cuisson idéale, apte à la typologie chimique et physique du produit, jusqu'à l'achèvement du cycle.

Les matériaux de construction du four ont des propriétés de résistance et d'isolation thermique optimales pour tolérer des températures élevées et limiter les consommations énergétiques, la capacité du four est 50 wagons.



Fig. II.12: Photos représentant les compositions du four à tunnel

II.4 Emballage - Empaquetage

Pendant cette phase, les briques sont ficelées en paquets au moyen d'un feuilard (métallique ou en plastique), tendu par équipements particuliers, ou enveloppées avec des feuilles de polyéthylène thermo rétractable.

Les paquets emballés sont donc envoyés à la place de dépôt ou chargés directement sur les moyens de transport pour la livraison.[1]

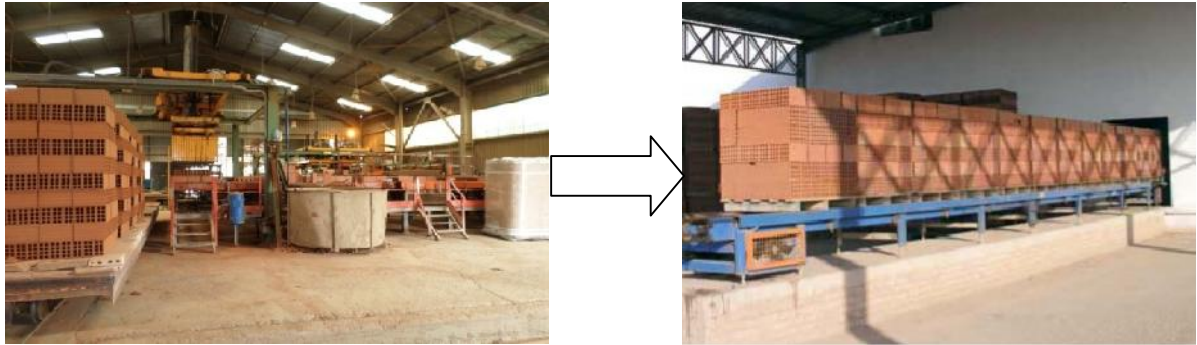


Fig. II.13: Photos représentant la vie générale du emballage – empaquetage[1]

Chapitre III

*Suivi des opérations de cuisson et
estimation de la consommation
énergétique*

III. Suivi des opérations de cuisson et estimation de la consommation énergétique

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter une description des machines et des méthodes utilisées dans la fabrication de brique d'argile et ce sur la base des constatations recueillies lors du stage pratique effectué sur le site de la briqueterie de Bouira. Afin de respecter le cadre de notre étude nous mettrons le point sur les deux phases les plus importantes, à savoir le séchage et la cuisson, en plus d'une étude générale d'estimation de la consommation d'énergie au sein de l'usine.

III.2 Description des machines utilisées

III.2.1 Matériel de préparation[6]

III.2.1.1 Les doseurs distributeurs :

III.2.1.1.1 Distributeur linéaire à tapis métallique :

Cet appareil est composé d'une trémie dont la longueur varie de 3.5 à 10.5 mètres. La hauteur de 0.6 à 0.8 mètres et la largeur de 1.0 à 1.4 mètres. Avec rehausse la capacité peut atteindre 120 m³. Le tablier, qui assure le déplacement de l'argile et constitué par des lames rigides et étanches aux extrémités desquelles sont fixés des maillons formant une chaîne d'entraînement et des galets qui circulent sur un chemin de râlement.

III.2.1.1.2 Distributeur linéaire à tapis caoutchouc

Même principe que l'appareil précédent mais le tab métallique est remplacé par une bande sans fin en caoutchouc

Cet appareil convient pour le dosage d'ajouts ou le dosage de terres déjà préparées.

III.2.1.1.3 Distributeur circulaire

Cet appareil est composé d'une cuve cylindrique et d'un plateau collecteur tournant. La capacité peut aller de 5 à 50 tonnes. Le débit sortie est réglable et peut être à une deux et même quatre sorties. La matière doit être fine. Elle est malaxée par des bras munis de racleurs. Cet s'utilise généralement juste avant les groupes de fabrication ou sert à doser des ajouts.

III.2.1.4 Distributeurs divers d'ajouts

Pour de faibles débits et pour une matière fine et sèche on peut utiliser des distributeurs à vis d'Archimède ou des distributeurs à vibrations électriques.

Dans dernier cas les réglages de débit sont obtenus en agissant sur l'entrefer de l'électro-aimant et sur la fréquence des impulsions. Pour assurer une bonne régularité ,surtout dans les faibles débits, il faut utiliser un régulateur de tension.

III.2.2 Le brise-mottes

Cet appareil sert à concasser et à déchiqueter les mottes d'argile dure qui viennent de la carrière, mélangées souvent d'impuretés (pierres). A la sortie l'argile est réduite à une granulométrie de 25 mm.

Le brise-mottes est constitué par un bâti formant trémie au fond de laquelle tournent deux cylindres à entre 'axe fixe portant des disques porte-couteaux en sens inverse et souvent à vitesse différente.

III.2.3 Le broyeur désagrégation

Il est formé d'un bâti en acier dans lequel tournent deux cylindres de diamètre et de vitesse différents. Le petit cylindre est muni de barrettes en acier spécial.

III.2.4 Epierreur conique

L'appareil est constitué de deux cônes lisses inclinés de façon à ce que les génératrices supérieures soient horizontales. Le génératrice de contact est légèrement inclinée vers le grand coté. L'argile passe entre les deux cylindres tandis que les pierres glissent vers le grand coté, entraînées par la vitesse des cylindres jusqu'à une boîte qui les reçoit.

III.2.5 Epierreur laminoir cylindrique

L'appareil est composé de deux cylindres, dont un avec une frette filetée.

Des racloirs réglables maintiennent les cylindres en de propreté.

Les épierreurs sont généralement utilisés là ou il faut séparer des pierres 20/150 à 30/250 mm d'une argile en petits morceaux, pas trop grasse car les mottes sèches ou gelées seraient évacuées avec les pierres.

Diamètre de cylindre	400 à 600 mm
Longueur	900 à 1200
Vitesse	750 à 980 t/m
Puissance	15 à 35 cv

Rendement 15 à 40 m³/h

III.2.6 Broyeur (mélangeur –humidificateur) à meules :

L'appareil se compose d'une cuve fixe au fond de laquelle se trouve la piste de broyage. L'extérieur de la piste n'est pas perforé tandis que l'intérieur est constitué de segments perforés ou non. La dimension des fentes est généralement de 12x40 ,10x40,8x40 ou 8x30 mm. L'épaisseur de 20à 30mm.

Deux meules lourdes, en acier fretté ont le même diamètre. Elles sont décalées par rapport au centre .

III.2.7 Broyeurs à cylindre :

Cet appareil est composé de deux cylindres lisses dont l'écartement est variable .Si le broyeur est utilisé en dégrossisseur l' écartement peut être de 3 à 5 mm, si le broyeur est utilisé en finisseur le réglage peut descendre à 0,5 mm.

Les impuretés nuisibles (grains de chaux , pyrites ,petit pierres) sont broyées tandis que la terre est laminée .

Les cylindre peuvent tourner à même vitesse mais sont généralement à vitesse différentielle (160/200 t/m). Ils sont munis de frettes. Des diamètres varient de 600 à 1000 mm et la longueur de 500 à 800. Pour un serrage de 1 mm le débit peut varier de 8 à 30 m³/h suivant les modèles.

III.2.8 Broyeur concasseur :

Cet appareil comporte des piocheurs- concasseurs disposés en hélice, qui réduisent les blocs d'argile en les projetant contre des couteaux fixes.

La cuve de broyage est tapissée de plaques d'usure interchangeable. A la sortie du broyeur un tamis cylindrique résistant lequel tourne une hélice calibre l'argile.

Cet appareil remplace plusieurs machines puisqu'il peut recevoir des mottes de 400 mm en les réduisant à 3 ou 4 mm. Il intéresse surtout les terre sèches.

III.2.9 Mouilleur-malaxeur :

L'appareil est composé d'une cuve longue munie d'une rampe d'arrosage et de deux arbres à hélices. L'argile est donc mouillée et pétrie. Les hélices sont à couronnes interchangeables. Les arbres tournent en sens inverse.

III.2.10 Mouilleur –malaxeur filtre :

Même principe que l'appareil précédent mais à sa sortie l'argile passe à travers une grille mobile qui retient les racines et met l'argile en légère compression. L'argile sort sous forme de boudins.

III.2.11 Malaxeur-rapeur à tôle perforée :

L'appareil est constitué par une cuve cylindrique dans laquelle tournent des bras mélangeurs équipés de couteaux qui pressent l'argile contre les parois. La partie inférieure de ces parois est perforée de trous, ainsi que la couronne de la sole.

III.3 Méthodologie de travail

Le but de notre travail est d'essayer de tirer des conclusions sur le séchage de briques et de la consommation d'énergie dans les conditions de production réelles. On se propose les étapes suivantes:

- Problèmes technique en relation avec les opération de séchage et cuisson (recensement et description).
- Etude du séchage des briques (conditions opératoires usine, séchage d'un brique individuelle, séchage de briques voisines, séchage d'une brique à différents endroits de la chambre).
- Essais mécaniques: Compression et éventuellement état de surface, après séchage et cuisson.

III.4 Séchage

Une fois la pièce conformé, elle est introduite dans le séchoir, où l'on recherche à réduire a 5% son contenu d'humidité. Le séchage constitue l'une des étapes les plus importantes de procédé céramique. En séchant une argile plastique des contractions de matériel peuvent apparaitre, et de plus si le séchage est très rapide et/ou inégal, la contraction peut provoquer l'apparition de fentes ou de fissures dans le produit. [1]

Dans notre étude au niveau de l'usine le séchage de briques assure dans un tunnel de séchage. Ce processus se poursuivra dans l'état normal pour 24 heures jusqu'à 72 heures ou plus dans le cas de la disponibilité du produit.

III.5 Séchoir tunnel dans l'usine

La chambre tunnel de séchage est situé à l'usine sur 1600 m², de largeur de 20m et 80 m de longueur, pour un objectif de séchage de brique d'argile avant la

processus de cuisson. L'humidité relative à l'entrée de la chambre est (95, 96 %) par contre à la sortie est entre (10, 15%). L'opération de séchage dans cette chambre à l'état normale se prend 24 à 72 heures.

III.5.1 Spécification du séchoir de l'usine

- Portes entrées et sorties chariots
- grands ventilateurs à l'entrée
- passages de fer portant des chariots, avec des ventilateurs entre les passages
- Chaque chariot contient 13 étages, chaque étage porte 80 briques
- La source de la chaleur provient principalement à partir des fours et brûleurs selon le besoin
- A l'intérieur du séchoir il existe une chambre isolée à une température entre 60 et 80 °C

III.5.2 Principe de fonctionnement

En pratique il existe plusieurs types de séchoirs, mais dans notre étude le séchoir utilisé est de type tunnel, le plus courant dans l'industrie des briques d'argile. L'air chaud de séchage s'écoule contre le sens de passage des chariot (contre courant) à une température de 80 à 90 °C pour évaporer de l'eau contenue dans le produit.

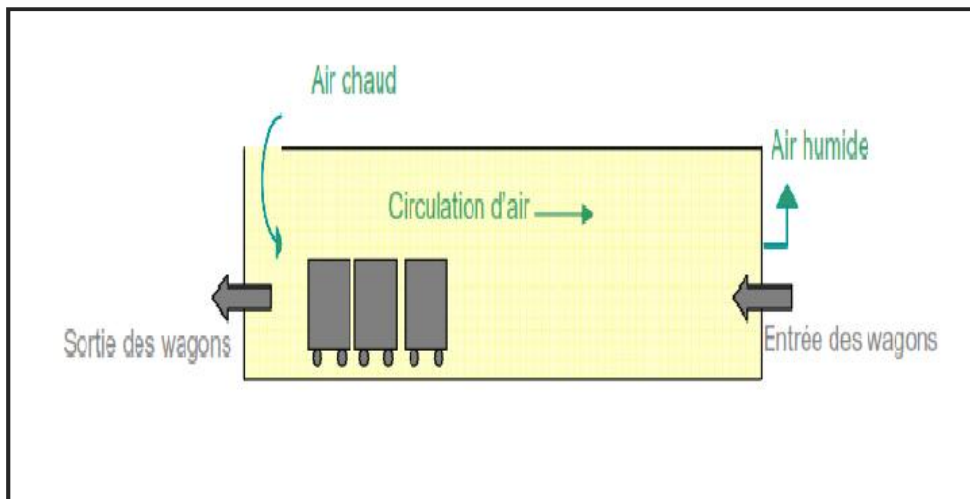


Fig. III. 1 : schéma de fonctionnement du séchoir tunnel contre courant [7]

III.6 La Cuisson

La cuisson donne aux produits séchés leurs caractéristiques finales adaptées à leur utilisation pour la construction. Cette phase doit répondre à des impératifs techniques et économiques et doit être conduite de façon à obtenir des produits de

caractéristiques fonctionnelles satisfaisantes. Il s'agit donc de contrôler plusieurs paramètres qui influencent sur la phase de cuisson tels que la température, la durée de cuisson et l'atmosphère à l'intérieur du four. L'action de la chaleur sur les pâtes plastiques obtenues par mélange de plusieurs constituants, conduit à une série de transformations physico-chimiques réversibles ou irréversibles. Ces transformations modifient la texture et la structure du matériau pour obtenir un produit qui possède un certain nombre de qualités propres à l'usage demandé.[5]

Ce processus se déroule dans la four tunnel sous la température jusqu'à 920 degrés.

III.7 Le four tunnel de l'usine

Les briques sortant du séchoir sont alors transférées vers la four tunnel pour subir plusieurs opérations de préchauffage, cuisson et refroidissement permettant d'obtenir les bonnes propriétés mécaniques du produit destiné à la commercialisation.

III.7.1 Spécification du four tunnel utilisé [8]

- Deux portes successives à l'entrée et à la sortie
- Longueur du four : 135.5 m
- Largeur du four : 4.5 m
- Hauteur du canal du four : 1.9 m
- Nombre de rangs de brûleurs : 41
- Nombre d'orifices dans rangs : 6
- T° max de cuisson : 1100° C

III.8 Les étapes de la cuisson

III.8.1 Le ressuage ou (la fumée)

la cuisson débute par un séchage complet de l'argile, qui consiste en la perte par évaporation de l'eau résiduelle (eau de malaxage subsistant dans le corps de l'objet séché à l'air libre progressivement). Cette dernière phase de séchage doit être très lente, comme les phases précédentes d'ailleurs la montée en température à l'intérieur du four doit être progressive pour éviter l'éclatement. Au fur et à mesure, la vapeur d'eau s'échappe et a totalement disparu lorsque la température atteint celle de l'eau bouillante, soit 100-120°C Cette phase de séchage ultime porte le nom de ressuage.[9]

L'élévation de la température de fumée est assurée par le gaz aspiré de l'intérieur du four par un grand ventilateur, ce qui est représenté sur la Figure 2.



Fig. III.2: Photos représentant la zone de fumé

III.8.2 Recyclage

Un procédé par lequel mélanger l'air chaud aspiré de l'intérieur du four avec l'air de cet endroit, pour augmenter la température progressivement jusqu'à 350°C afin de protéger le produit de la fracturation.

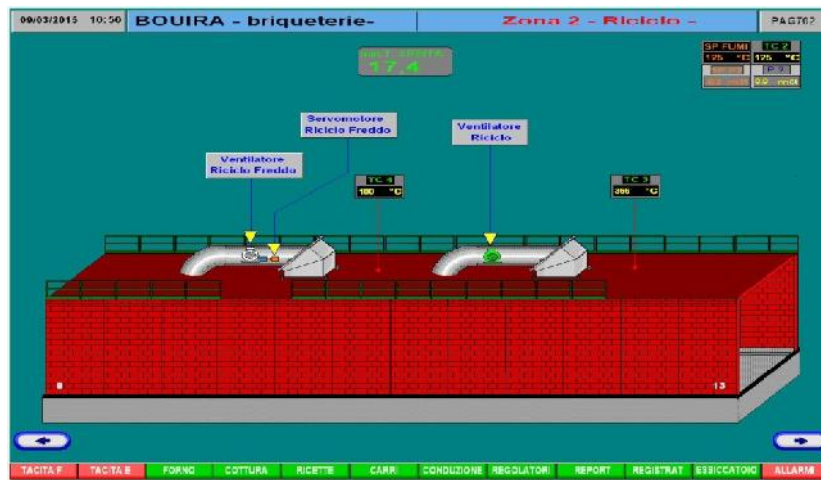


Fig. III.3: Photos représentant la zone de recyclage

III.8.3 Brûleurs latéraux

A ce stade, utiliser les brûleurs latéraux pour la cuisson de briques de bas et en haut de chaleur élevée, dans cette région les thermocouples détectent une valeur de 560°C, les brûleurs latéraux sont utilisés habituellement pour l'accélération du rythme de la production.

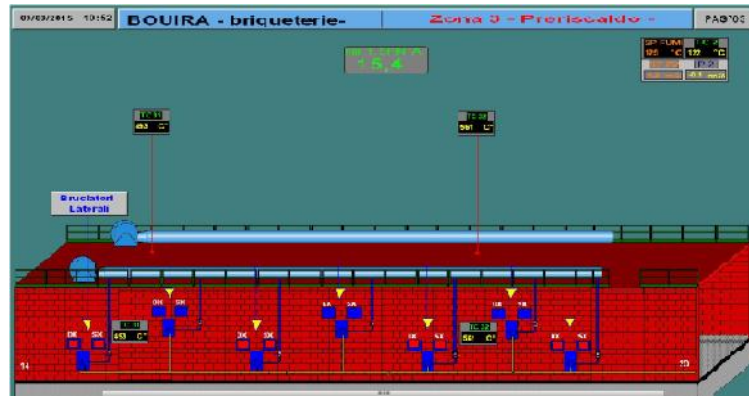


Fig. III.4: Photos représentant la zone de brûleurs latéraux

III.8.4 La zone de feu

Cette étape est divisée en deux phases, comme indiqué sur la figure, pour la première dans laquelle la chaleur atteint jusqu'à 850 °C passant de la température 573°C ce qui s'appelle le point de quartz où toutes les propriétés physiques et chimiques des briques changent. La deuxième phase, est une étape de cuisson finale où la chaleur atteint jusqu'à 900°C.



Fig. III.5: Photos représentant la zone [A] feu 1 et la zone [B] la feu 2

III.8.5 refroidissement rapide

A ce stade, l'air est pompé par trois ventilateurs, comme indiqué sur la figure pour la diminution de température de brique de 900°C à 330 °C.

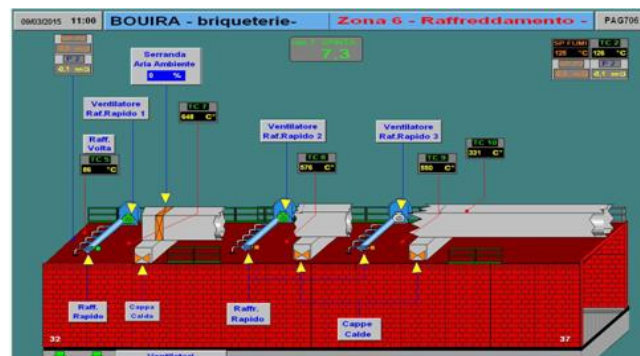


Fig. III.6: Photos représentant de la zone de refroidissements rapide

III.8.6 Récupération

A ce stade, l'air chaud de 350°C est aspiré par deux grands ventilateurs, et porté au long du canal vers la chambre de séchage permettant ainsi d'élèver la température du séchoir.



Fig. III.7: Photos représentant de la zone de récupération

III.8.7 La contre pression

A cet étape, l'air ambiant est retiré de l'extérieur vers l'intérieur par deux ventilateurs pour refroidir le produit jusqu'à une plage de température de 15 °C.



Fig. III.8: Photos représentant de la zone de la contre pression

III.9 Estimation de la consommation énergétique de l'unité

La plupart des machines utilisé dans la chaine de production fonctionnent en énergie électrique.

Afin d'estimer l'ordre de grandeur de la consommation énergétique des différentes opérations nous avons travailler par zone (préparation, fabrication, séchoir, manutention des Wagons, empilage, four, dépilage), ainsi les calculs en relation sont détaillés ci-dessous:

III.9.1 Zone préparation

Fonctionne par deux doseurs, doseur d'argile et doseur de sable.

- Doseur d'argile

Moteur à tapis doseur d'argile 5.5 kW et moteur piocheur 7.5 kW

Puissance du doseur : $5.5 \text{ kW} + 7.5 \text{ kW} = 13 \text{ kW}$

- Doseur de sable

Moteur à tapis doseur de sable 5.5 kW et moteur piocheur 7.5 kW et moteur à tapis à bande 7.5 kW

Capacité de la doseur de sable : $5.5 \text{ kW} + 7.5 \text{ kW} + 7.5 \text{ kW} = 20.5 \text{ kW}$

- La pris motte

Moteur 11 kW

Tapis à bande 4 kW

la puissance de la prise motte : $11 \text{ kW} + 4 \text{ kW} = 15 \text{ kW}$

- Dépiereur (Séparateur de pierre)

Fonctionne par deux moteur

1^{er} moteur 15 kW

2^{ème} moteur 22 kW

Tapis à bond 4 kW

la puissance de la dépiereur ou séparateur de pierre :

$15 \text{ kW} + 22 \text{ kW} + 4 \text{ kW} = 41 \text{ kW}$

- Broyeur à cylindre

Fonctionne par deux moteurs

1^{er} moteur 75 kW

2^{ème} moteur 55 kW

la puissance du broyeur à cylindre : $75 \text{ kW} + 55 \text{ kW} = 130 \text{ kW}$

- Mélangeur

Fonctionne par moteur 45 kW

Consommation totale de la zone de préparation :

$13 \text{ kW} + 20.5 \text{ kW} + 15 \text{ kW} + 41 \text{ kW} + 130 \text{ kW} + 45 \text{ kW} = 264.5 \text{ kW}$

III.9.2 La zone fabrication

Deux broyeurs finisseurs, chaque broyeur fonctionne par :

- Moteur de cylindre fixe 160 kW et moteur de cylindre mobile 90 kW
donc le broyeur finisseur consomme $250 \text{ kW} * 2 = 500 \text{ kW}$

- La mouleuse fonctionne avec deux moteurs

Moteur de malaxeur 75 kW et moteur étireuse 200 kW donc la mouleuse consomme $75\text{kW} + 200\text{kW} = 275\text{ kW}$

- Machine de coupage 14.95 kW

Le totale de la consommation d'énergie de la zone de fabrication est alors :

$$500\text{ kW} + 275\text{ kW} + 14.95\text{ kW} = 789.95\text{ kW}$$

III.9.3 Séchoir

- Ventilateur de air humide : $4 * 22\text{ kW} = 44\text{ kW}$
- Ventilateur de air chaud : $2 * 75\text{ kW} = 150\text{ kW}$
- Ventilateur de recyclage : 30 kW .

Et fonctionne en trois systèmes de baladeurs entre les différentes rangées de chariots de la chambre de séchage, chaque système fonctionne par :

- Ventilateur élouideur $38 * 4\text{ kW} = 152\text{ kW}$
- Moteur de tenvration $2 * 1.1\text{ kW} = 2.2\text{ kW}$

La consommation de système de baladeur égale $152\text{ kW} + 2.2\text{ kW} = 154.2\text{ kW}$

Pour trois systèmes également $154.2\text{ kW} * 3 = 462.6\text{ kW}$

Consommation totale du séchoir :

$$44\text{ kW} + 150\text{ kW} + 30\text{ kW} + 462.6\text{ kW} = 686.6\text{ kW}$$

III.9.4 Manutention des Wagons 44.7 kW

III.9.5 Empilage 47.14 kW

III.9.6 Consommation du four de cuisson :

Consommation des bruleurs à gaz naturel :

Cette consommation a été calculée sur la base d'une moyenne issue des factures de l'entreprise de distribution « Sonelgaz »

Le moyenne de pouvoir calorifique supérieur (th/m^3), 9.41

La quantité moyenne de gaz consommer par mois est $5 * 10^6\text{ m}^3$

$$1\text{kW} \longrightarrow 0.034\text{th}$$

$$1\text{m}^3 \longrightarrow 9.41\text{th/m}^3$$

Consommation totale des bruleurs à gaz : $1.42 * 10^9\text{ kW}$

- Ventilateurs de fumée 55 kW
- Ventilateur de récupération 75 kW
- Ventilateur de contre pression $2 * 30\text{ kW} = 60\text{ kW}$

- Ventilateur de resquillage 11 kW
- Ventilateur de refroidissement rapide $3 * 7.5 \text{ kW} = 22.5 \text{ kW}$
- Ventilateur d'alimentation de la zone de feu $7 * 5.9 \text{ kW} = 41.3 \text{ kW}$
- Ventilateur de refroidissement de wagon $4 * 1.1 \text{ kW} = 4.4 \text{ kW}$
- Ventilateur de refroidissement 5.5 kW

Consommation d'énergie du four de cuisson :

$$55 \text{ kW} + 75 \text{ kW} + 60 \text{ kW} + 11 \text{ kW} + 22.5 \text{ kW} + 41.3 \text{ kW} + 4.4 \text{ kW} + 5.5 \text{ kW} \\ 274.7 \text{ kW} + 1.42 * 10^9 \text{ kW} = 1.42 * 10^9 \text{ kW}$$

III.9.7 Dépilage

- La consommation d'énergie de la zone de dépilage 83.16 kW.

III.10 Consommation totale de l'unité :

Pour la consommation totale d'énergie de l'unité de production (briqueterie de Bouira) en négligeant la part de l'éclairage de l'unité et celle des moteurs de puissance très faible par rapport aux grands moteurs, les estimations réelles de l'unité sont :

$$264.5 \text{ kW} + 789.95 \text{ kW} + 686.6 \text{ kW} + 47.14 \text{ kW} + 83.16 \text{ kW} + 1.42 * 10^9 \text{ kW} \\ = 1.42 * 10^9 \text{ kW}$$

III.11 Commentaire sur des résultats de la consommation d'énergie

L'énergie consommée de la usine de briqueterie de Bouira tarés grande sous forme de deux énergies électrique et de gaz naturel, pour calculer cette dernière forme transforme la quantité de gaz consommé à une énergie électrique en kWh.

On remarque que la majorité d'énergie consommée usine est presque 100% au sein de la phase de cuisson par contre la consommation d'énergie dans les autres phases de l'usine est très négligeable.

On peut dire comme vision de prévention, pour la minimisation de consommation d'énergie il doit intégrer une source d'énergie renouvelable tel que l'énergie solaire.

Chapitre IV

*Etude expérimentale du séchage de la
brique en usine*

IV. Etude expérimentale du séchage de la brique dans usine

IV.1 Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons montrer la partie expérimentale de l'étude. Fournir une description de l'appareillage utilisé, la méthodologie expérimentale et la discussion des résultats.

IV.2 Matériel et appareillage

IV.2.1 Appareilles de mesure :

IV.2.1.1 Sonde de température et humidité

Est un dispositif de capteur qui permet de mesurer la température et l'humidité à l'heure et le lieu besoin.

IV.2.1.1.1 Spécification de la sonde de température et humidité

Tableaux IV.1: Spécification de la sonde de température et humidité[10]

Spécifications électriques de l'humidimètre		
Humidité	La gamme	10 % to 95 % RH.
	Résolution	0.1 % RH.
	Précision 23.5 °C (après étalonnage)	$\geq 70 \% RH \pm (3 \% \text{ reading} + 1 \% RH)$ $< 70 \% RH \pm 3\% RH.$
Température	La gamme	De 0 °C à 60 °C , 32 de 140 °C.
	Résolution	0.1
	Précision	$^{\circ}C - \pm 0.8 ^{\circ}C$ $F - \pm 1.5 F.$



Fig. IV.1: Photos représentant de sonde de température et humidité[10]

IV.2.1.2 Balance électronique

Balance électronique est un dispositif utilisé pour mesurer le poids, comme montrer la Figure 2.

IV.2.1.2.1 Spécification de la balance

- Capacité max 40 kg
- Capacité min 200g
- Graduation 5g
- Puissance 220 v –50 HZ



Fig. IV.2: Photos représentant de la balance électronique

IV.2.2 Appareille de compression

L'essai de compression a été réalisé sur un appareil de compression universel de type Oehlgass fonctionnant avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie inférieure vers le haut jusqu'à la rupture.[1]

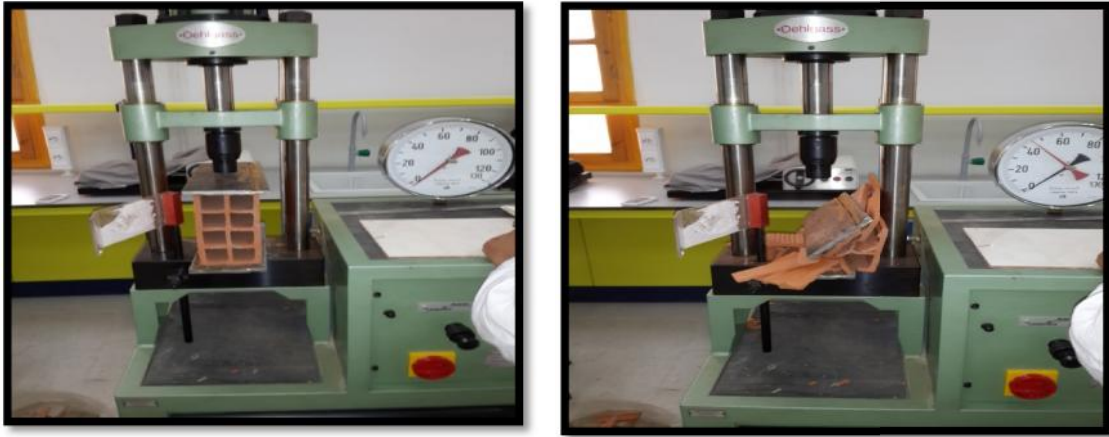


Fig. IV 3 : photos représentant la machine de compression

IV.3 Support de brique

C'est un support en fer métallique se composé de trois étage comme un modèle de gronde chariot de l'usine (chariot modèle).(*)



Fig. IV.4: Photos représentant de les supports de briques

IV.4 Séchoir

Nous avons effectué différents essais de séchage des brique dans le séchoir tunnel de la l'unité de production (SARL Briqueterie Bouira).

Ce séchoir a été décrit avec détails dans le **chapitre II** de ce mémoire.

IV.5 Protocole expérimental

Dans l'objectif de suivre et vérifier le comportement physique des briques d'argile séchées dans le séchoir usine, nous avons pratiqué plusieurs essais utilisant une brique unitaire puis des essais utilisant 06 briques voisines supportées par un chariot modèle (*) que nous avons conçu à cette fin. Ce choix a été fait dans le but d'examiner l'effet de l'air sur-humidifié contenu entre les rangées des briques humides.

Les différents échantillons séchés ont été testés à la compression dans le but de faire des comparaisons entre les différentes étapes d'expériences.

IV.6 Prises de Mesures

Pendant les essais, nous avons pris des valeurs de température et d'humidité grâce à l'introduction du dispositif de capteur à l'intérieur des trous des briques. L'intervalle de temps entre deux mesures successives au début de l'expérience est relativement court (de 10 à 20 minutes). Une fois la quantité d'eau a diminué les intervalles de mesure deviennent plus longs.

Pour la mesure de la résistance de compression on a utilisé une éprouvette en acier de longueur 35cm et largeur 13cm comme présentée dans la figure (3).

IV.7 La méthodologie de travail

Dans ce travail nous avons pratiqué plusieurs expériences sur les conditions de séchage de brique d'argile dans l'usine (Briqueterie Bouira). Les expériences sont faites au sein de la chambre de séchage (séchoir tunnel) comprenant trois zones ; zone de plusieurs humidités, zone critique et zone sèche.

➤ Première étape :

Dans cette étape, nous avons mis une brique (brique individuelle) dans des supports de brique (chariot modèle) dans chaque zone, et mesuré la température, l'humidité, et la variation de la masse.

➤ Deuxième étape :

Dans cette étape nous avons mis plusieurs briques (06 briques) entre chaque chariot modèle dans les différentes zones du séchoir tunnel, et nous avons suivi à la fois par la mesure de température, humidité et poids. Avec le suivi des chariots modèles, nous avons suivi également les briques dans l'état réel (briques voisines sur chariot usine).

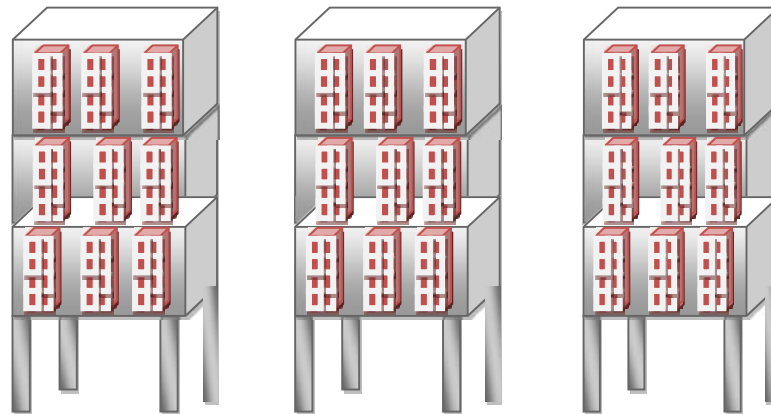


Fig. IV.5: Photos représentant de schéma de support des briques

IV.8 RESULTATS ET DISCUSSIONS :

IV.8.1 Description de la brique

Dans notre travail on a utilisés plusieurs brique, les caractéristiques de briques suivantes :

- La longueur entre (31 , 30.1 cm)
- La largeur entre (21.2 , 21,5 cm)
- La hauteur (10 cm)
- Le poids entre (5.250kg et 5.110kg), et la teneur en eau initiale : 20% de la matière sèche

IV.8.2 Résultat (Essai 01)

Au terme de nos expériences sur nos échantillons des briques, Ces résultats sont répertoriés dans les courbes suivantes :

IV.8.2.1 Expérience 1 : séchage de brique unitaire (individuelle brique) .

IV.8.2.1.1 La zone A plusieurs humidité

La caractéristique de l'air $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $HR = 96\%$

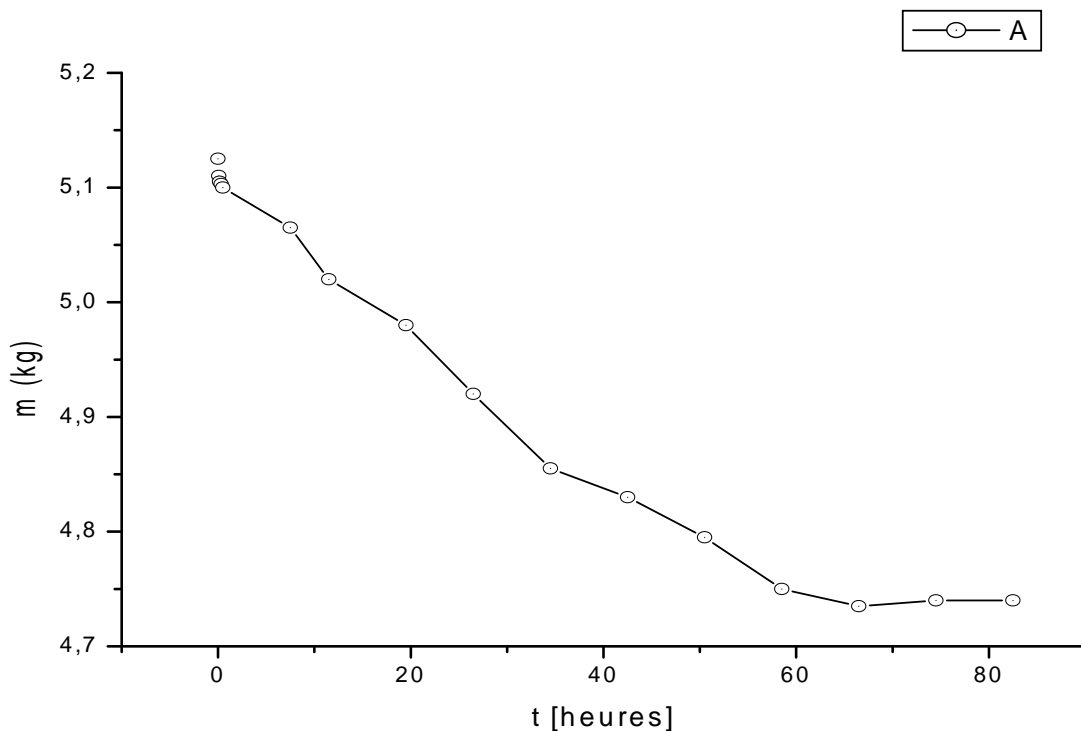


Fig. IV.6: Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.

$$X = m(t) / X_{in} + 1, \quad dX/dt = f(t), \quad dX = X_2 - X_1, \quad dt = t_2 - t_1$$

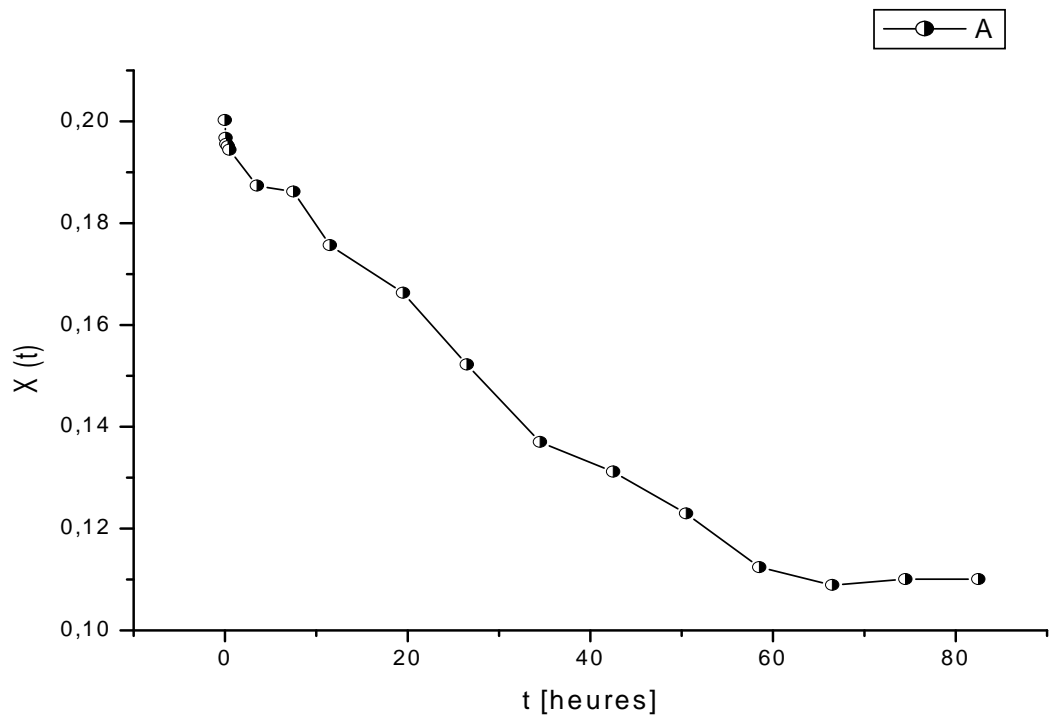


Fig. IV.7: Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps

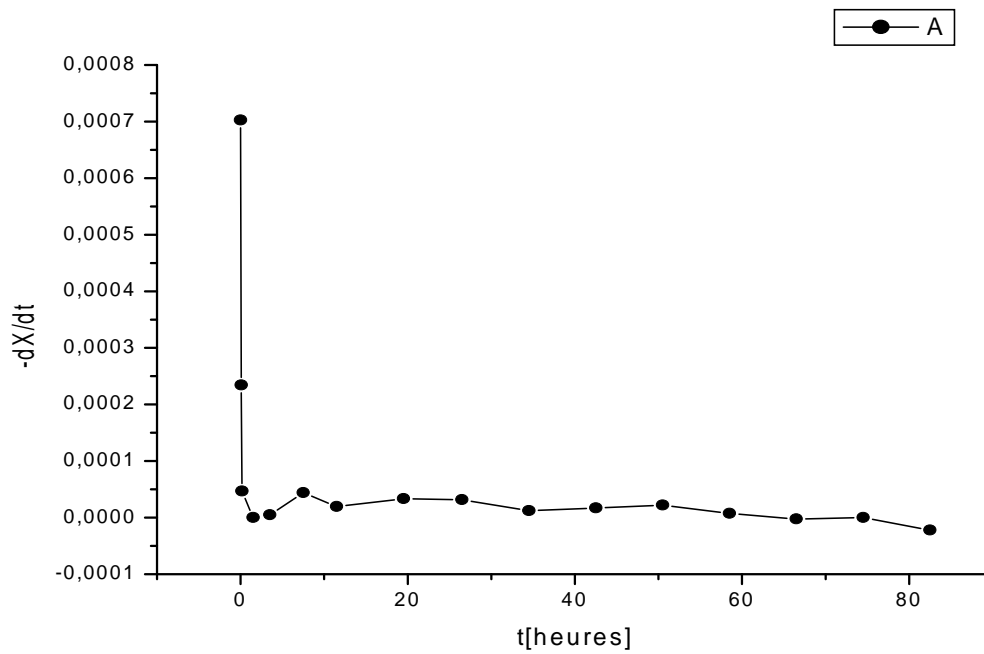


Fig. IV.8: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps

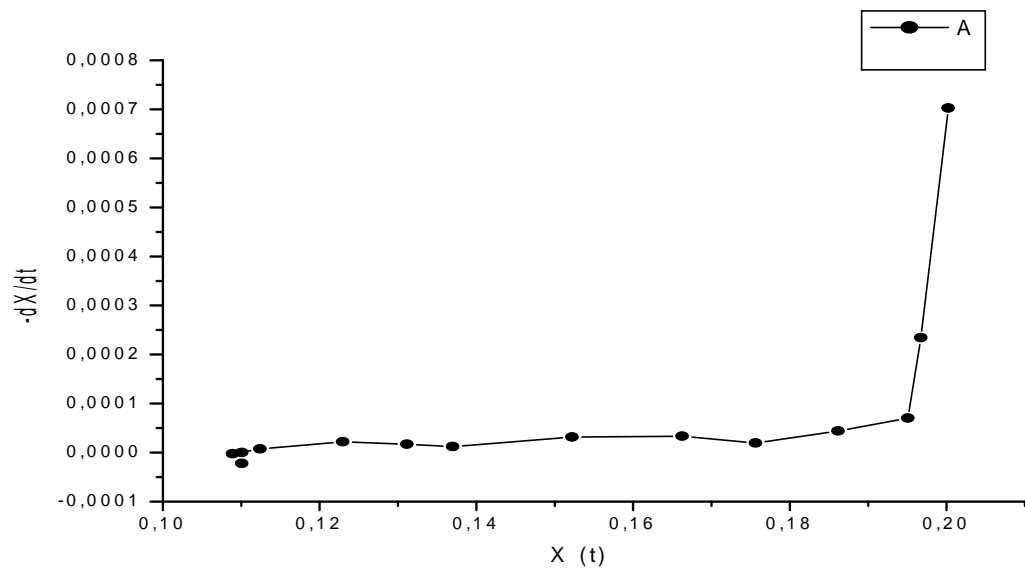


Fig. IV.9: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau

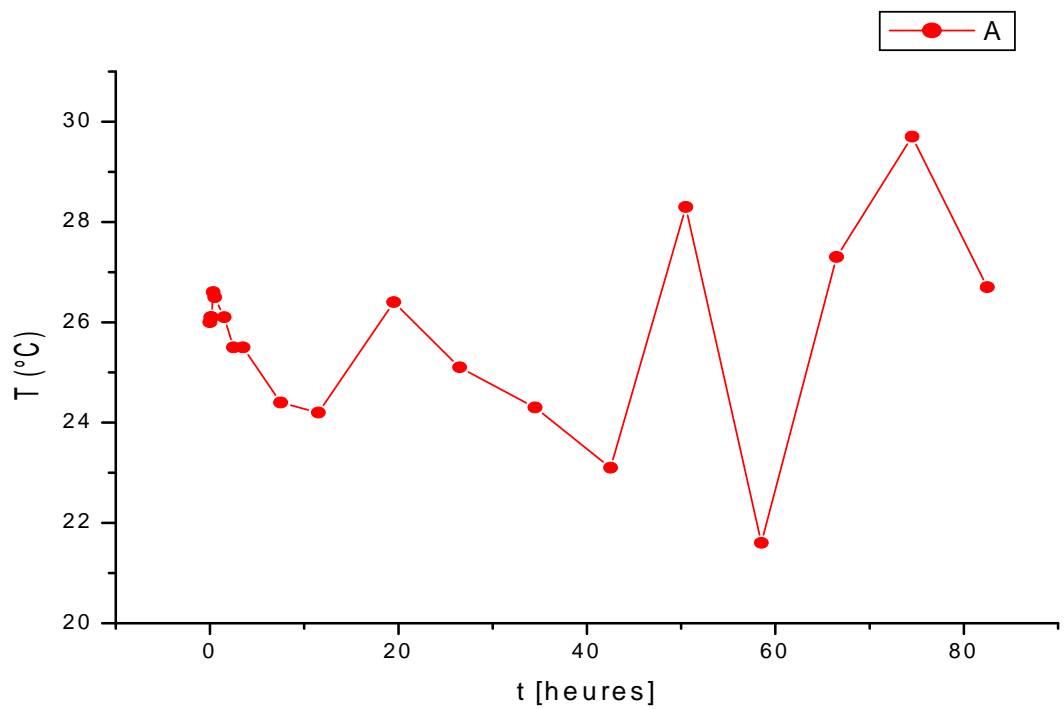


Fig. IV.10: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.

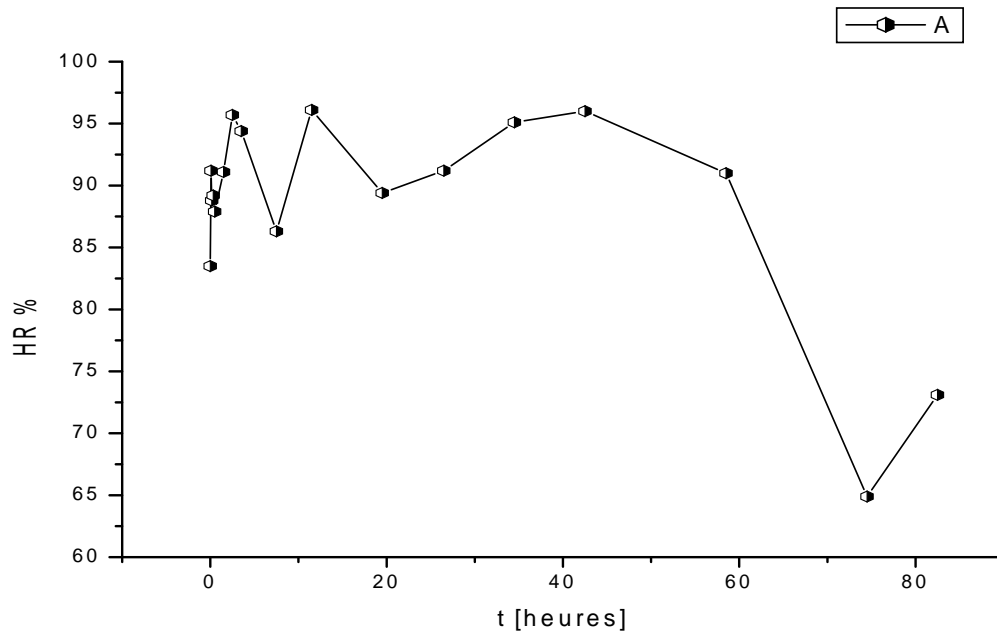


Fig. IV.11 : Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.2.1.2 Discussions (Essai 01) la zone (A) plusieurs humidité

On remarque dans la courbe de la masse en fonction du temps (Fig. IV.1) une diminution de la masse de brique de 5110g jusqu'à 4740g après 82.5 heures de l'opération. Au début, la diminution de la masse de brique est importante (de 0 à 40 heures), mais à partir (de 40 à 65.5 heures) l'écart devient moins importante. Et enfin (de 65.5 jusqu'à 82.5 heures) la masse de brique devient presque constante.

On observe dans la courbe de la cinétique de séchage en fonction de temps (Fig. IV.2) la teneur en eau de cette brique dans la zone A a été diminuée de la valeur initiale (0.20 à 0.11 kg/kg ms) pendant 82.5 heures de séchage. Ceci est expliqué par l'élimination rapide de la teneur en eau à cause de la saturation de la surface de brique de l'eau entre (0 à 65.5 heures) par contre entre (65.5 à 82.5 heures) la courbe de la cinétique de séchage tend vers une valeur fixe puisque la quantité d'eau à la surface et au niveau des pores est presque évaporée.

Nous remarquons une diminution de la vitesse du séchage en fonction du temps ($dX/dt = f(t)$). Pendant (0 à 1.5 heures) la vitesse de séchage (0.000703, 0.000046 kg/kg ms heure), on constate une décroissance rapide de la vitesse du séchage car la

température de séchage après (15 heure) et la vitesse de séchage reste constant pour évaporer l'eau restant après le temps (82.5 heure), (fig. IV.3).

On constate dans la courbe de la variation de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau ($dX/dt=f(x)$), (fig. IV.4) une diminution rapide de la vitesse de (0.000703 à 0.00000122 kg/kg ms) pendant la valeur 0.0000122 la vitesse de séchage reste constant .

On remarque dans la courbe de la température en fonction de temps (fig. IV.5), une augmentation de la température (26 °C jusqu'à 26.7 °C).

Nous constatons a partir (fig. IV.6), qui représente de la courbe de la variation de l'humidité en fonction de temps au début de séchage (0 à 45heure) une augmentation de la humidité (83.5 % jusqu'à 95.2 %),après la valeur (95.2%),il y a une diminution rapide de la humidité jusqu'à (61.9%) a l'heure (45 heure à 75 heure), a la fin de l'opération de séchage (75heure a 82.5heure), on a une augment d'humidité jusqu'à (75%).

IV.8.2.2 La zone B (zone critique) :

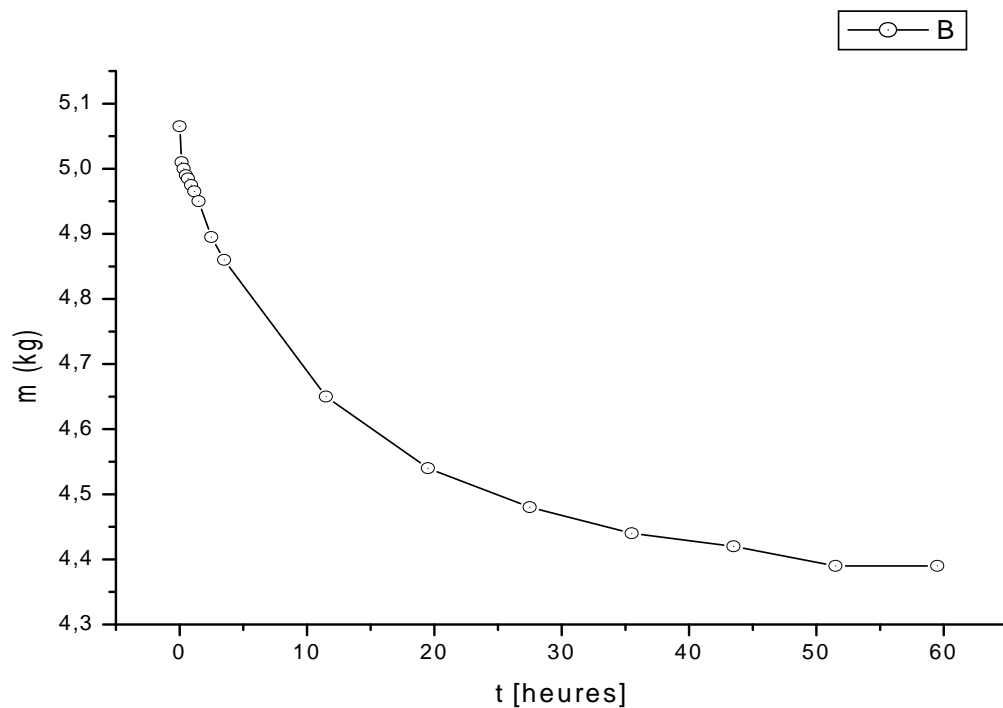


Fig. IV.12: Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.

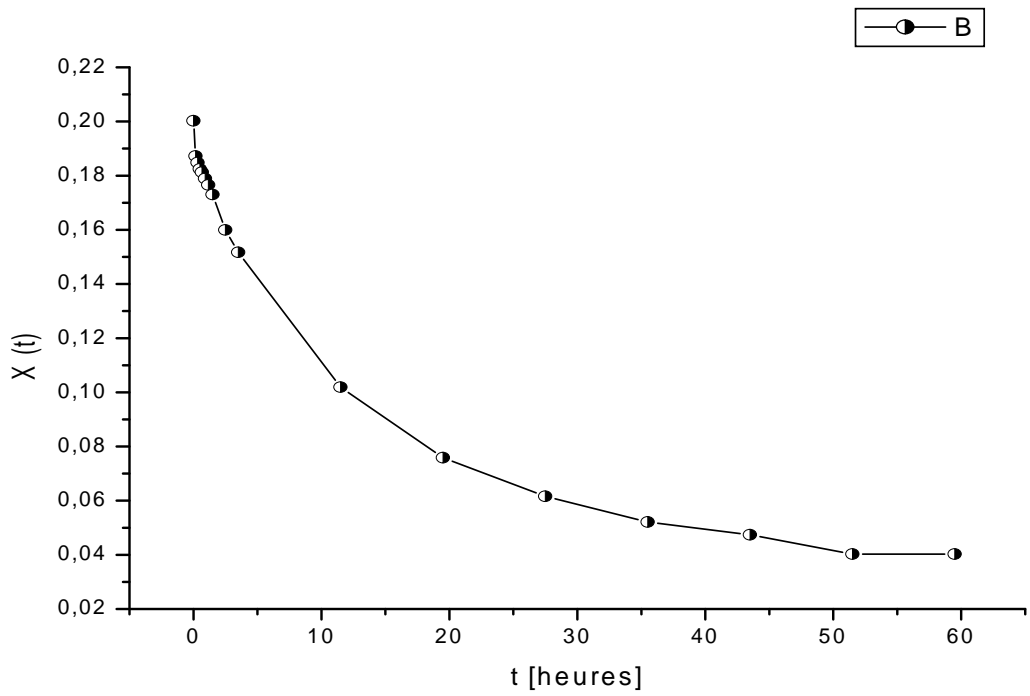


Fig. IV.13: Courbe représentant les variations de la teneur en eau en fonction du temps

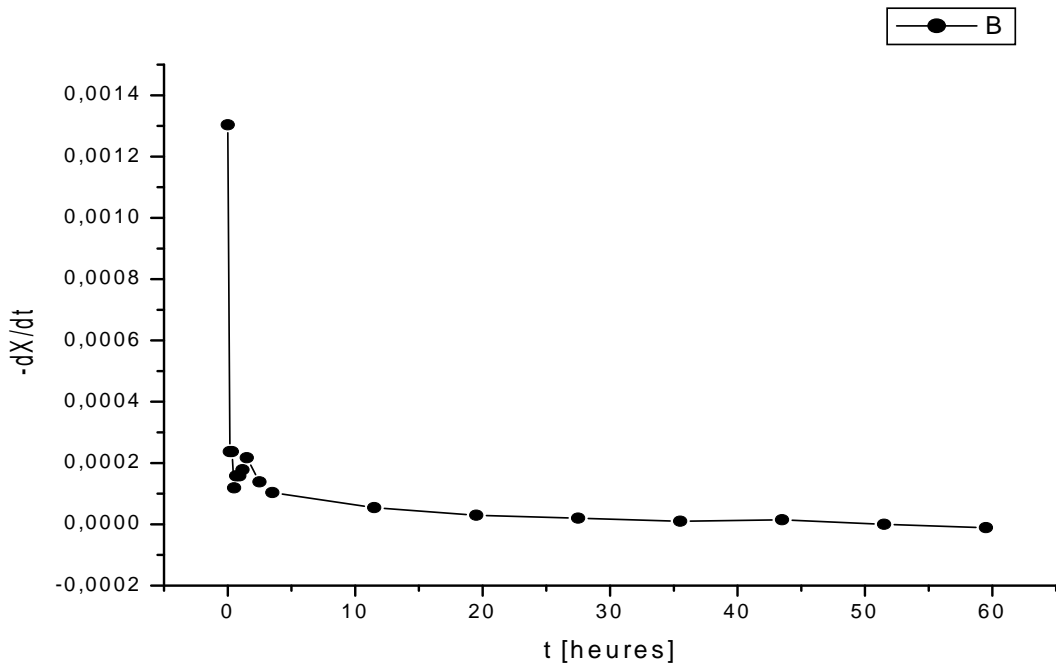


Fig. IV.14: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.

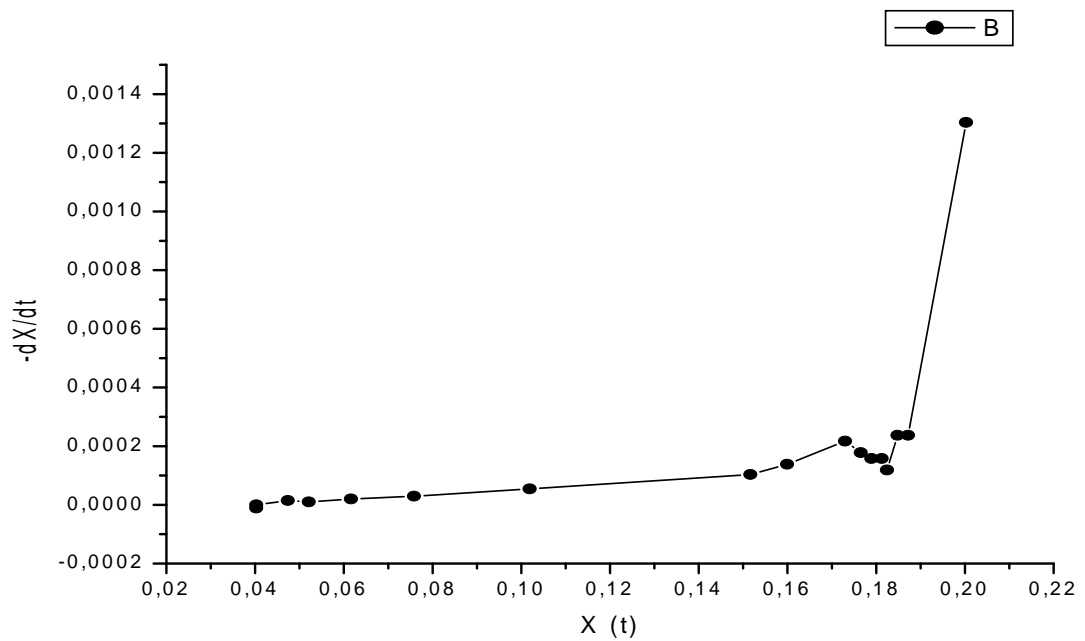


Fig. IV.15: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau

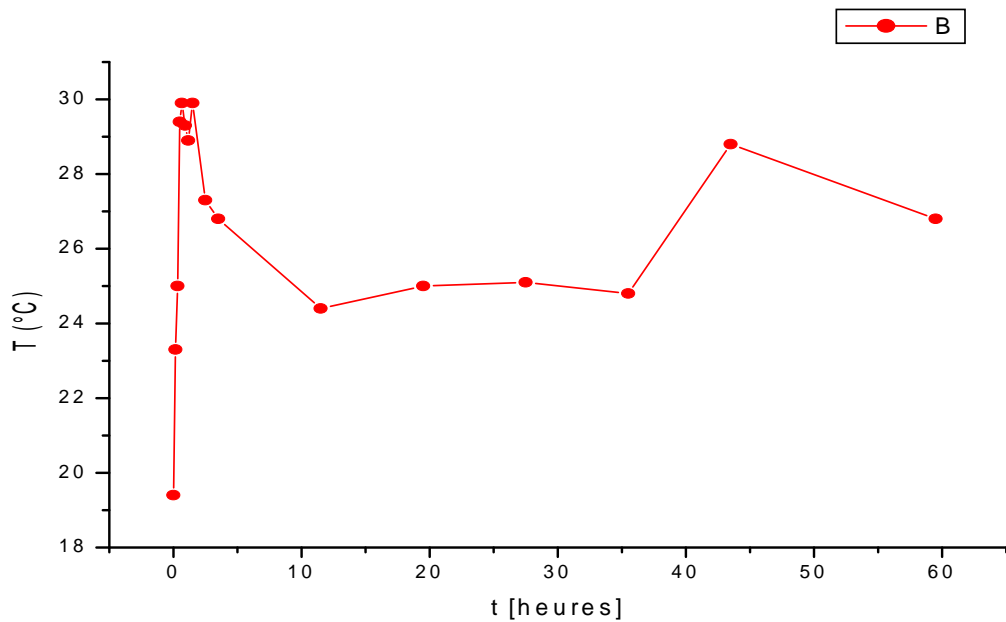


Fig. IV.16: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.

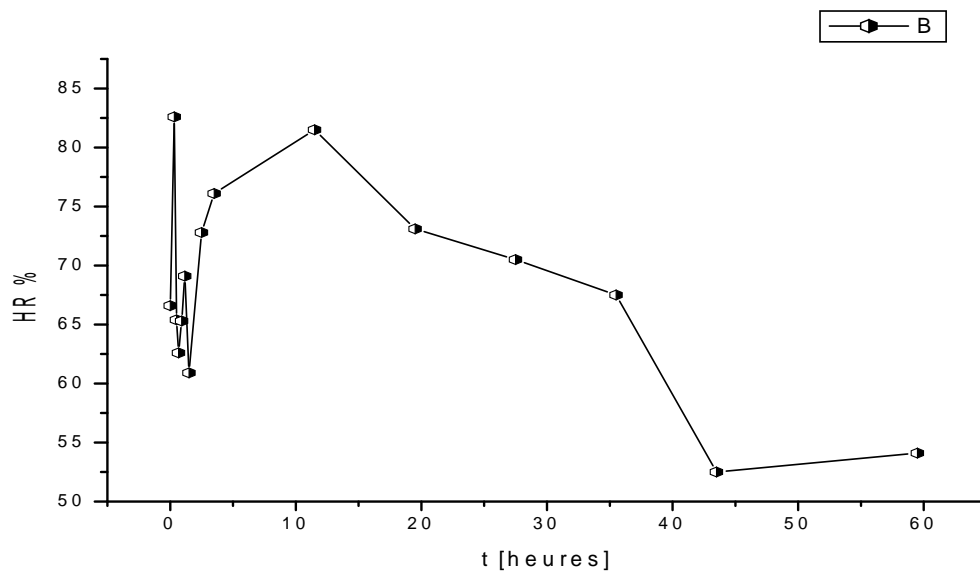


Fig. IV.17: Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.2.2.1 Discussions (Essai 01) la zone critique

On remarque dans la courbe de la masse en fonction du temps (Fig. IV.7) la diminution de la masse de la brique de 5065g jusqu'à 4390g après 59.5 heures de l'opération. Au début, la diminution de la masse de brique est plus importante (de 0 à 20 heures), mais à partir (de 20 à 43.5 heures) l'écart devient moins importante. Et enfin (de 43.5 jusqu'à 59.5 heures) la masse de brique devient presque constante.

On observe dans la courbe de la cinétique de séchage en fonction de temps (Fig. IV.8) la teneur en eau de cette brique dans la zone B a été diminuée de la valeur initiale (0.20 à 0.04 kg/kg ms) pendant (59.5 heures) de séchage ceci est expliqué par l'élimination rapide de la teneur en eau à cause de la saturation de la surface de brique de l'eau entre (0 à 43.5 heures) par contre entre (43.5 à 59.5 heures) la courbe de la cinétique de séchage tend vers une valeur fixe puisque la quantité d'eau à la surface et au niveau des pores est presque évaporé.

Nous constatons une diminution de la vitesse du séchage en fonction du temps ($dX/dt = f(t)$). Pendant (0, 1.5 heures) la vitesse de séchage (0.00130, 0.0000113 kg/kg ms heure), on constate une décroissance rapide de la vitesse du séchage car la température de séchage après (15 heures) reste constante pour évaporer l'eau restante après le temps (59.5 heures), (fig. IV.9).

On remarque dans la courbe de la variation de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau ($dX/dt = f(x)$), (fig. IV.10), une diminution de la vitesse de

séchage de 0.00130 kg/kg ms, à 0.000138 kg/kg ms, après la valeur 0.000138 on observe que la diminution de vitesse est faible.

Nous constatons a partir (fig. IV.11), qui représente de la courbe de la variation de la température en fonction le tempes au début de séchage (0 , 3 heur) une augmentation rapide de la température (19.4°C jusqu'à 29.9 °C), après la le tempes(3 à 36 heur) de séchage on a une diminution de la température (29.9 jusqu'à 24.4 °C), a la fin de l'opération à (59.5 heur) il y a une augmentation de la température jusqu'à a 27 °C.

Dans la courbe de l'humidité en fonction de tempes (fig. IV.12), on a une variation d'humidité entre (52.5 à 82.6 %) à travers une durée de (0 , 59.5 heur), on observe au début de séchage (0 , 11.5 heur) il y a une augmentation de l' humidité à la (66.6 jusqu'à 81.5%) après la valeur 81.5% diminution l'humidité jusqu'à 52.5% à travers la durée (11.5 à 43.5 heur), a la fin de processus (43.5 a 59.5 heur), on constate une augmentation de l'humidité jusqu'à 54.5%.

IV.8.2.3 La zone C (zone sec) :

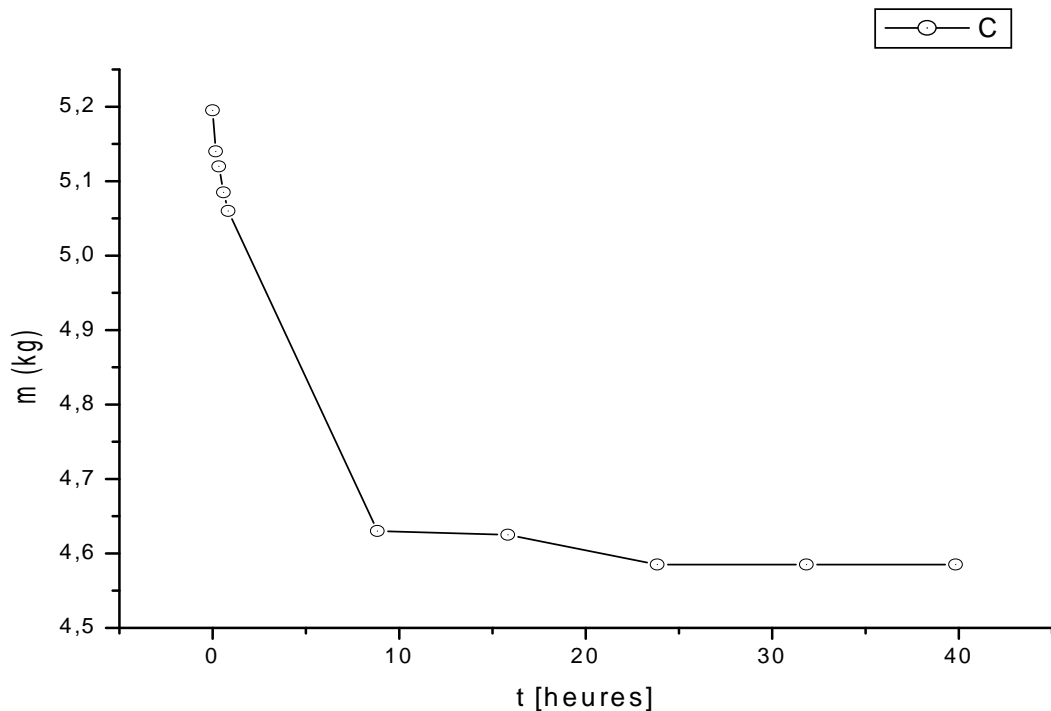


Fig. III.18:Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.

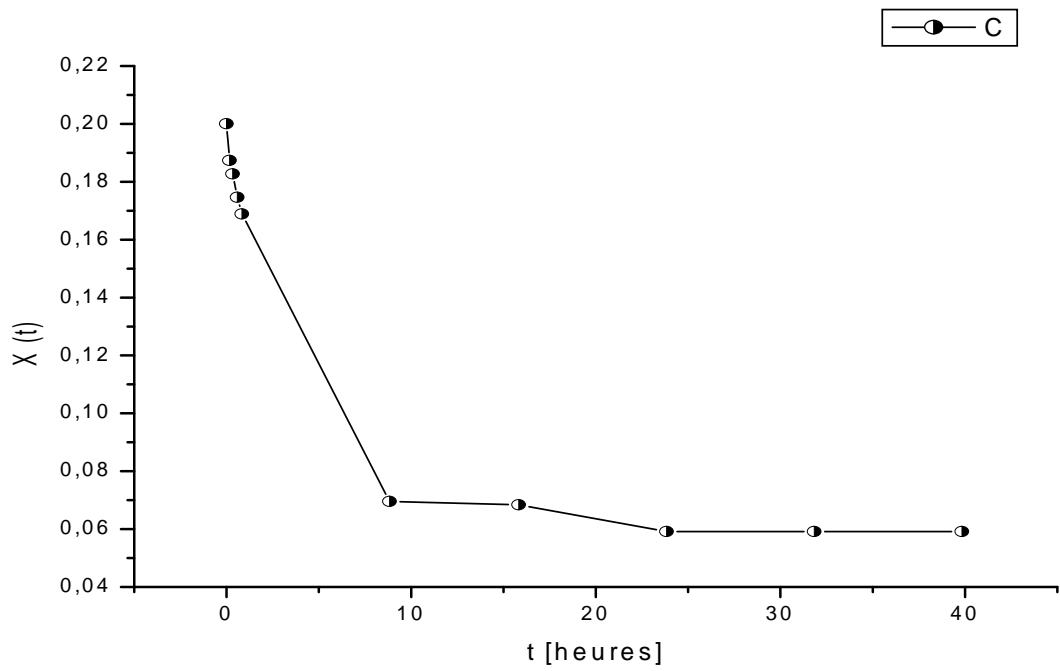


Fig. IV.19: Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps

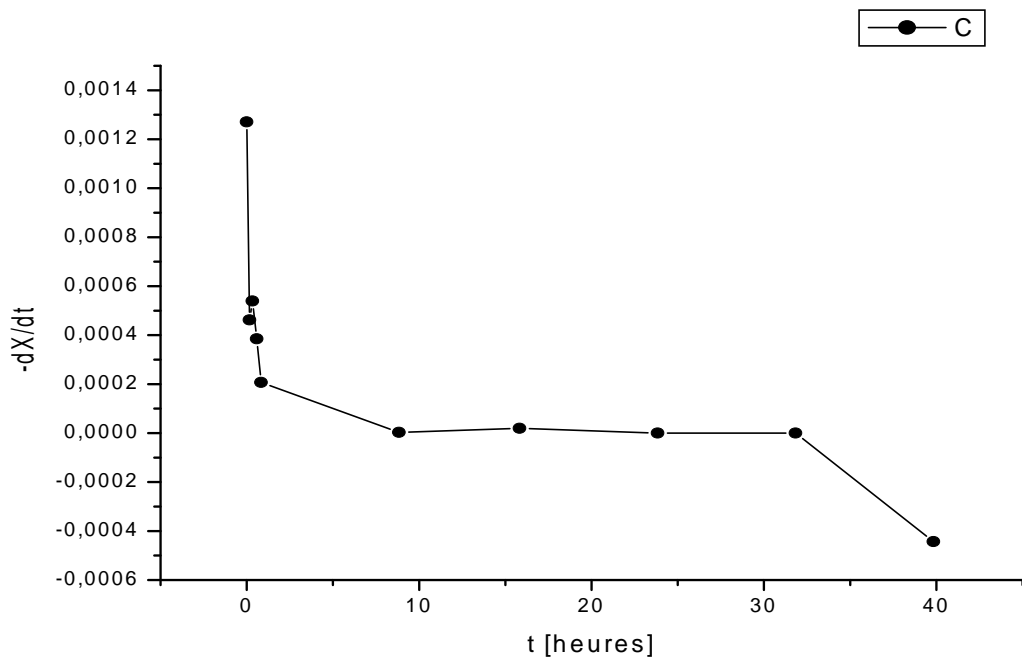


Fig. IV.20: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.

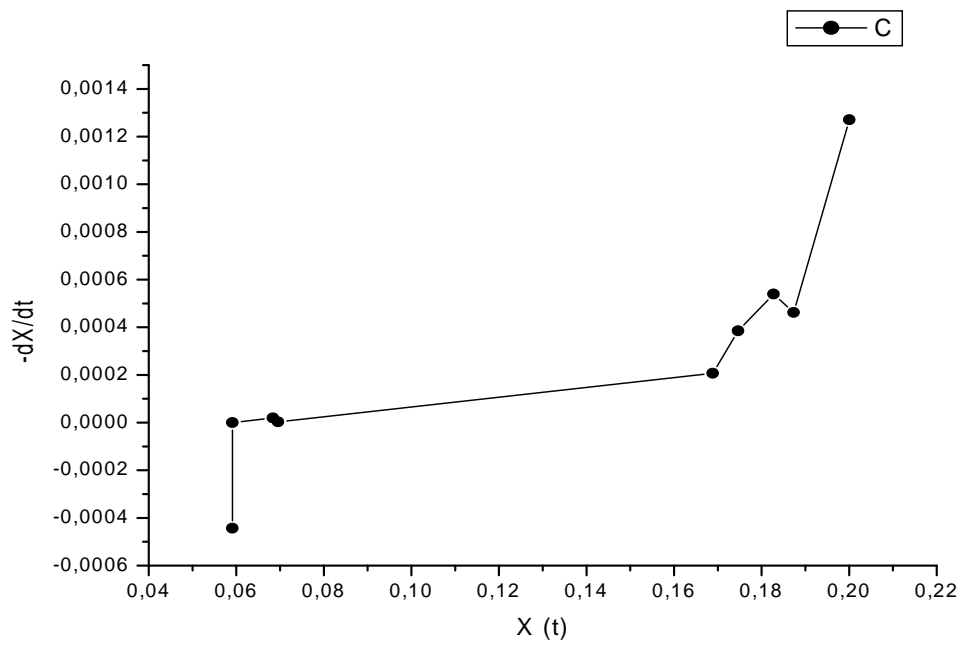


Fig. IV.21: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau.

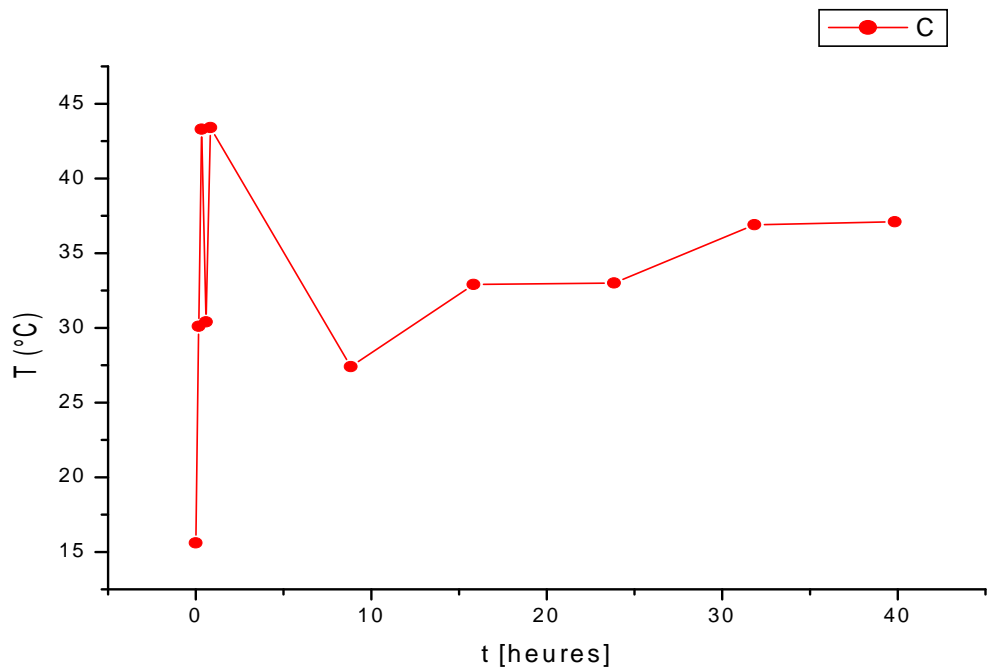


Fig. IV.22: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.

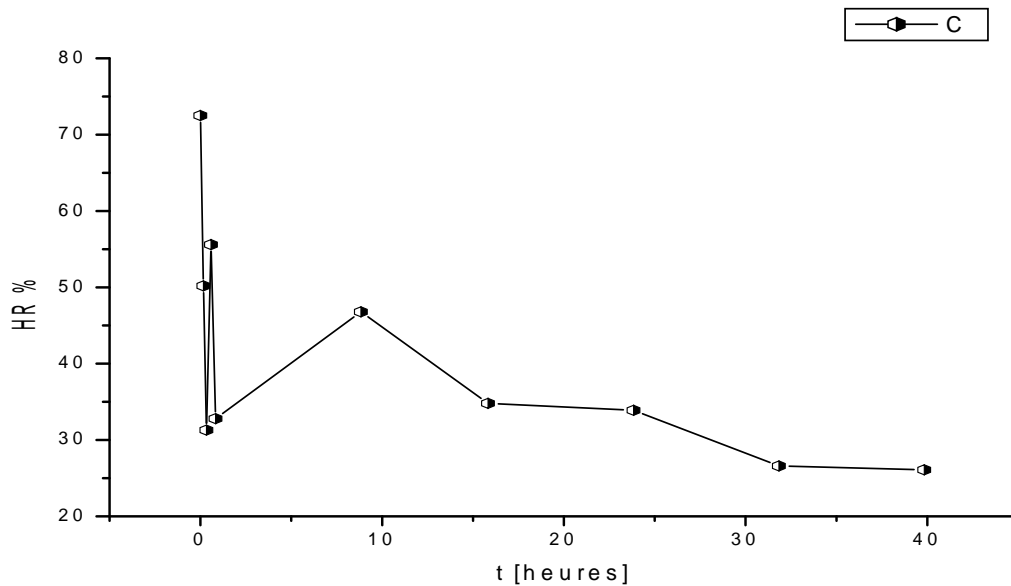


Fig. IV.23: Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.2.3.1 Discussions (Essai 01) la zone (C) zone sec

On remarque dans la courbe de la masse en fonction du temps (Fig. IV.13) une diminution de la masse de la brique de 5195g jusqu'à 4585g après (39.8 heure) de l'opération. Au début, la diminution de la masse de brique est plus rapide (de 0 à 8 heures), mais à partir de 8 à 24 heures l'écart devient moins importante. Et enfin de 24 jusqu'à 39.8 heures la masse de brique devient presque constante.

On remarque dans la courbe de la cinétique de séchage en fonction de temps la diminution rapide de la cinétique de séchage (0.20005 à 0.16886 kg/kg ms) a durée (0 à 9 heures), à partir la valeur 0.16886 moins importante jusqu'à 24 heures, enfin on note après 24 heures la courbe presque constante (Fig. IV.14).

On remarque dans la courbe de vitesse en fonction de temps (Fig. IV.15), une diminution rapide de vitesse (0.00127 à 0.00000275 kg/kg ms heure), a la durée (0 à 9 heures) après la valeur 0.00000275 la vitesse presque constante jusqu'à 24 heures, a la fin de séchage, on note une diminution la vitesse jusqu'à -0.0004315 après 39.8 heures.

Nous constatons à partir de la (Fig. IV.16), Qui représente la variation de la vitesse du séchage en fonction teneur en eau ($dX/dt = f(x)$) une diminution de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau après 39.8 heures de séchage.

Nous constatons a partir (fig. IV.17), qui représente de la courbe de la variation de la température en fonction le tempes ($T=f(t)$), une augmentation de la température de séchage (15.6 a 37.1 °C) a la durée 39.8 heure.

On remarque dans la courbe de l'humidité en fonction de tempes (fig. IV.18), la variation de l' humidité de la (72.5 à 26.1%) à travers une durée (0 , 39.8 heure), au début de séchage (0 , 3.5 heure) diminution de l'humidité de la (72.2 jusqu'à 31.%) après la valeur 31.3% il y a une augmentation de l'humidité jusqu'à 46.8% à travers durée (3.5 à 15.8 heure), enfin de séchage la courbe presque constant .

IV.8.3 Résultat (Essai 02)

Au terme de nos expériences sur nos échantillons des briques, Ces résultats sont répertoriés dans les courbes suivantes :

IV.8.3.1 Expérience 2 : séchage des briques voisines (plusieurs briques)

IV.8.3.1.1 La zone A (plusieurs humidité)

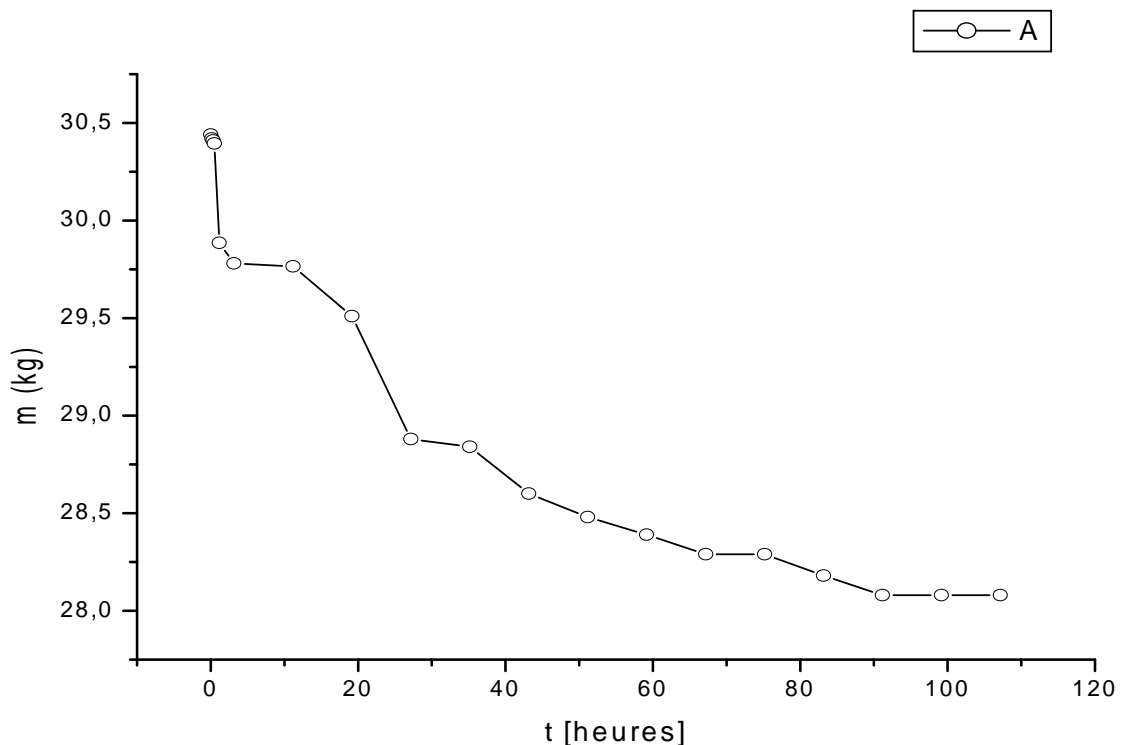


Fig. IV.24:Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.

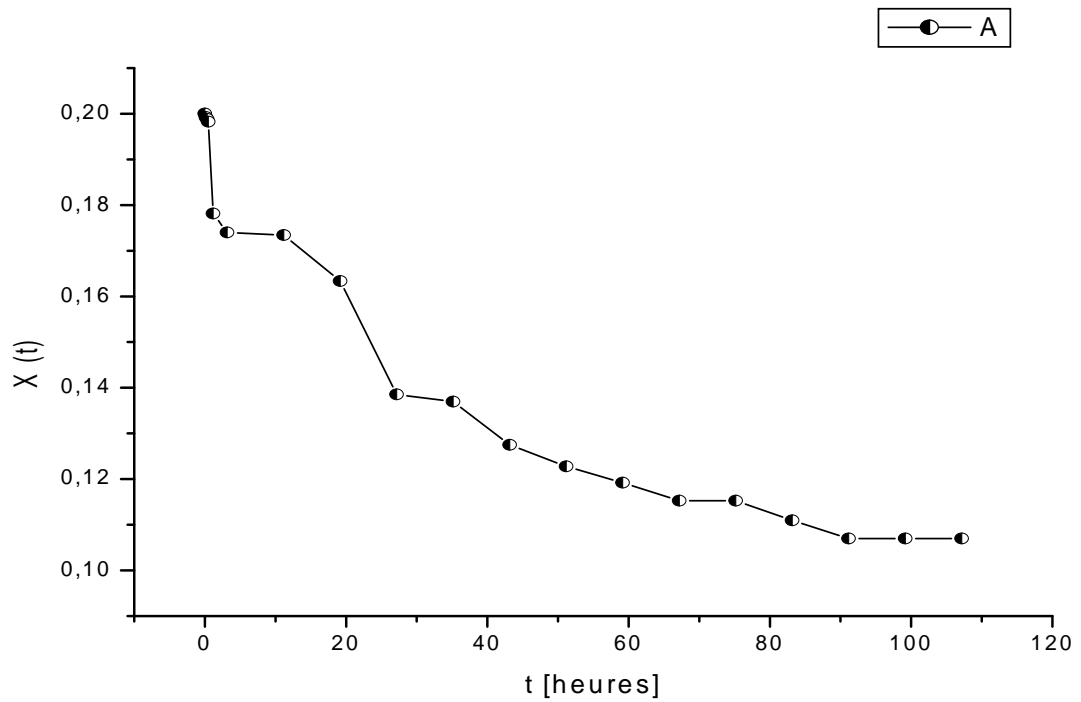


Fig. IV.25: Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.

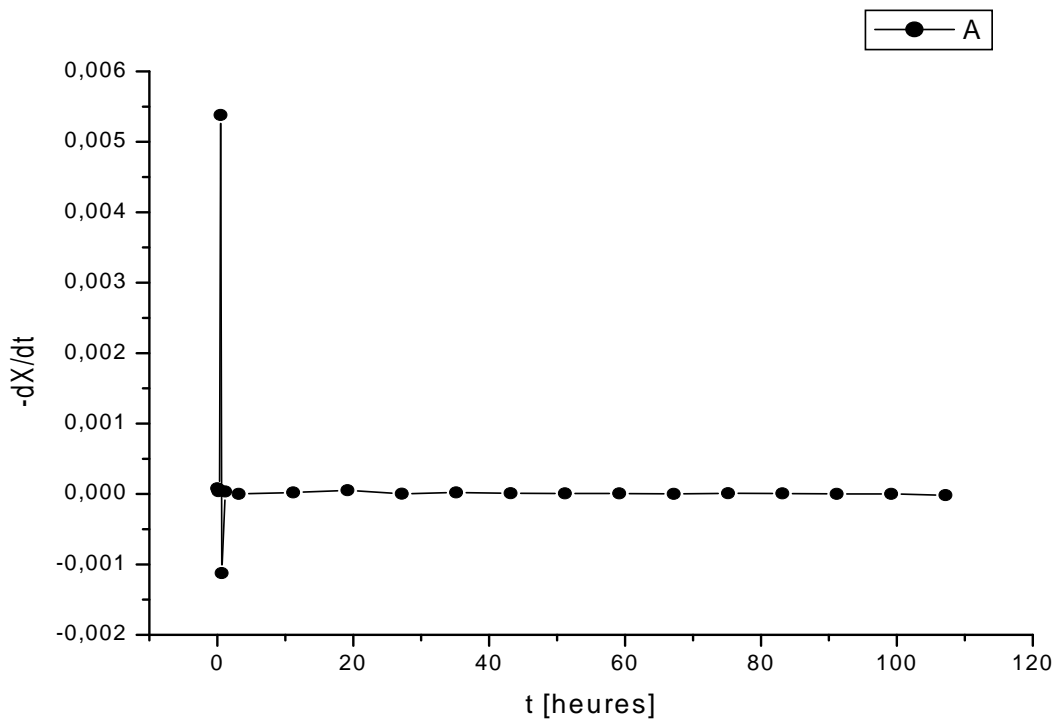


Fig. IV.26: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps

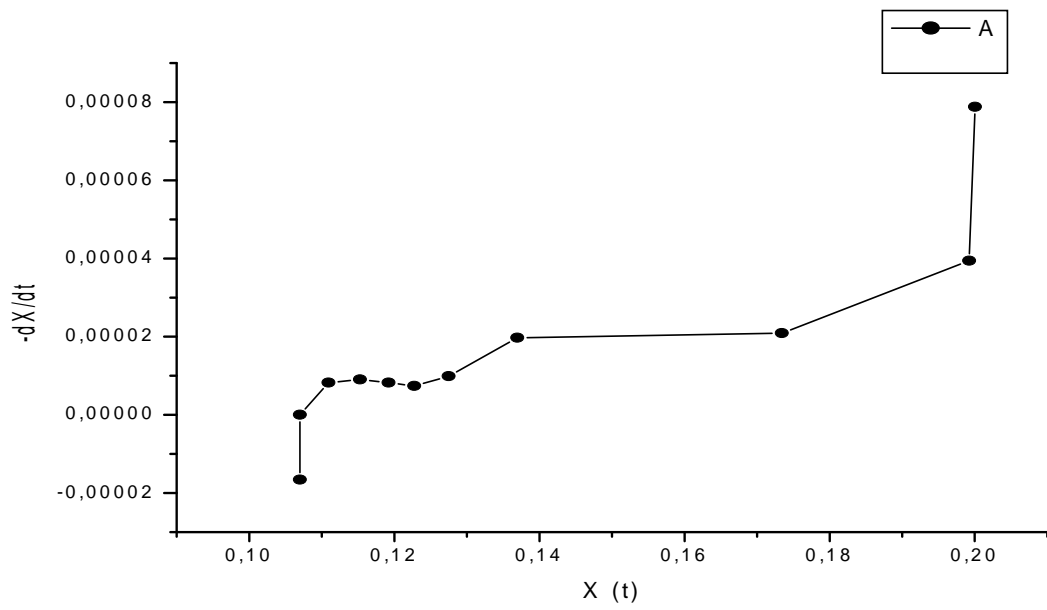


Fig. IV.27: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau.

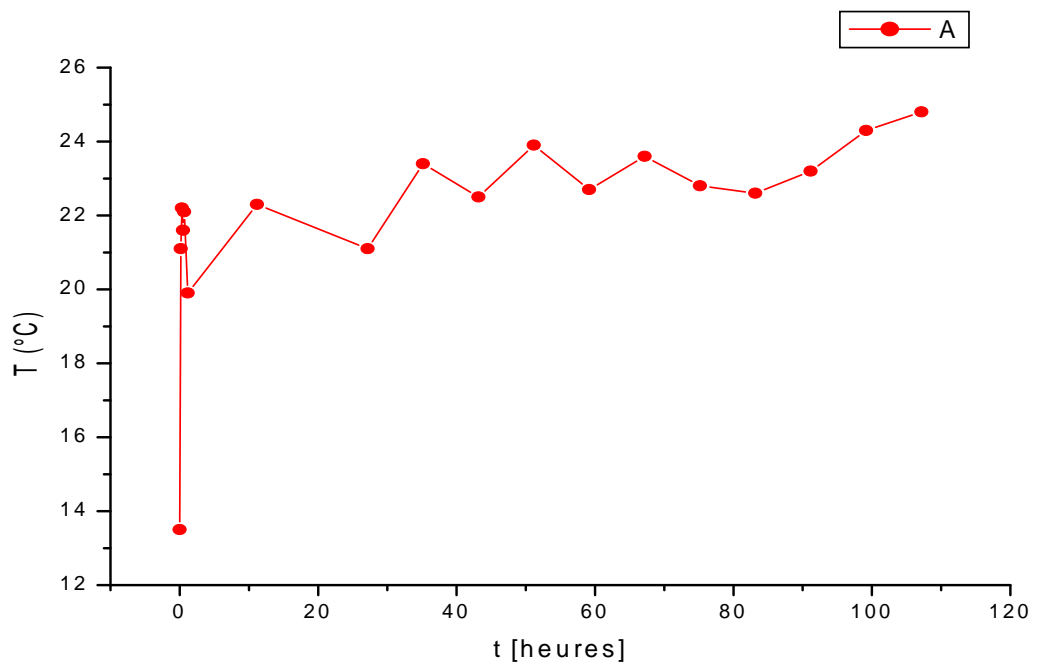


Fig. IV.28: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps

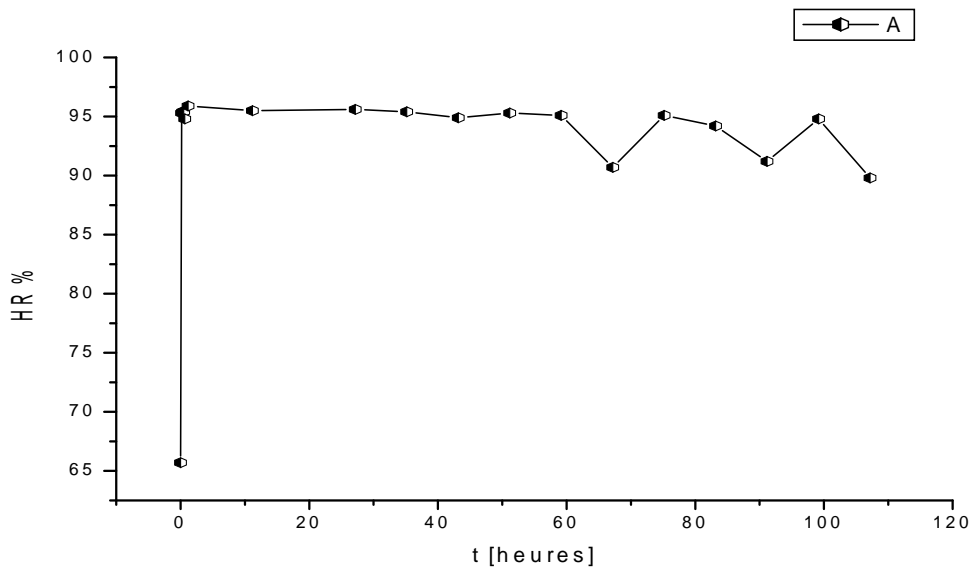


Fig. IV.29 : Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.3.1.2 Discussions (Essai 02) la zone plusieurs humidité

On remarque au sein de la courbe de la masse en fonction du temps (Fig. IV.19) une diminution de la masse de brique de 30.44 kg jusqu'à 28.08 kg après (107.16 heure) de l'opération. Au début, la diminution de la masse de brique est plus rapide (de 0 à 27.1 heure), mais à partir de (27.1 à 90 heure) l'écart devient moins importante. Et enfin (de 90 jusqu' à 107.16 heure) la masse de brique devient presque constante.

On remarque dans la courbe de la cinétique de séchage en fonction de temps (Fig. IV.20), une diminution rapide au début (0.20003 à 0.13853 kg/kg ms heure) à la durée (0 à 27 heure), après la valeur 0.13853 la diminution est lente jusqu'à (0.10699 kg/kg ms heure), à la durée 90 heure, enfin (90 à 107.16 heure) la cinétique de séchage reste constant .

On remarque dans la courbe de vitesse en fonction de temps (Fig. IV.21), une augmentation de la vitesse de séchage au début (0 à 0.00007885 kg/kg ms heure) , après la valeur 0.00007885 on constate que la vitesse presque constant .

Nous constatons à partir de la (Fig. IV.22). Qui représente la variation de la vitesse du séchage en fonction de la teneur en eau ($dX/dt = f(x)$), une diminution de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau.

On remarque dans la courbe de la température en fonction de temps (Fig. IV.23), un changement de température à partir de (13.5°C à 28.5 °C), dans une durée de séchage 107.16 heure, au début on note une augmentation rapide de la température

(13.5°C a 23.5 °C),après la valeur 23.5°C, l'augmentation de la température est faible jusqu'à 25 à 26.5 °C .

Sachant que à ce stade les changements de l'humidité de la (65% à 95.2%) dans la courbe de l'humidité en fonction de tempes (Fig. IV.24), on remarque une augmentation rapide de l'humidité au début de séchage (0 a 0.5 heure), de 65% à 95.2%, après la valeur 95.2% on note que les changements d'humidité restent constant a la fin de séchage à 107.16 heure.

IV.8.3.2 La zone B (zone critique) :

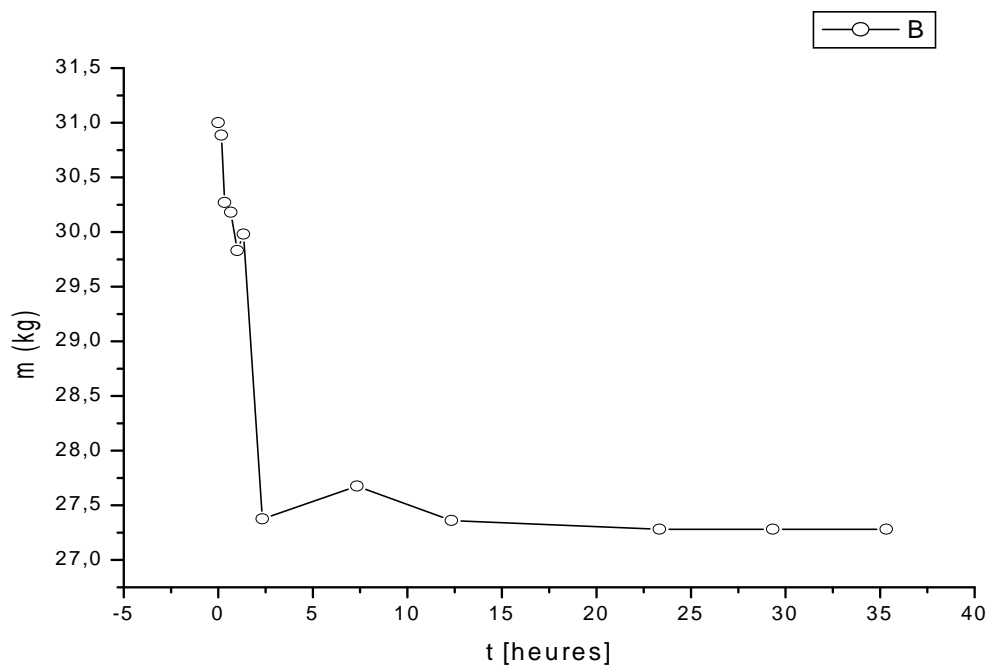


Fig. IV.30 : Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.

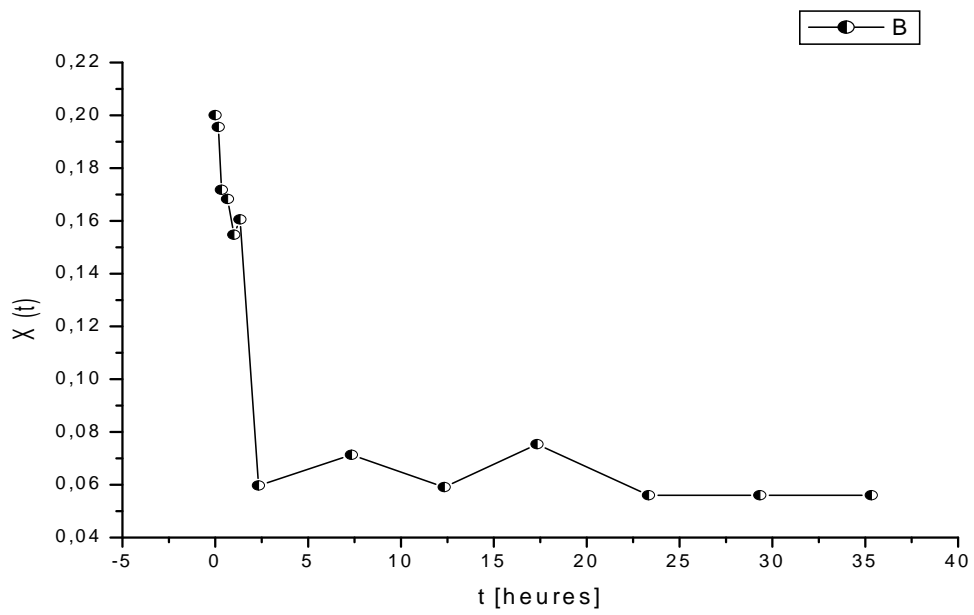


Fig. IV.31: Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps

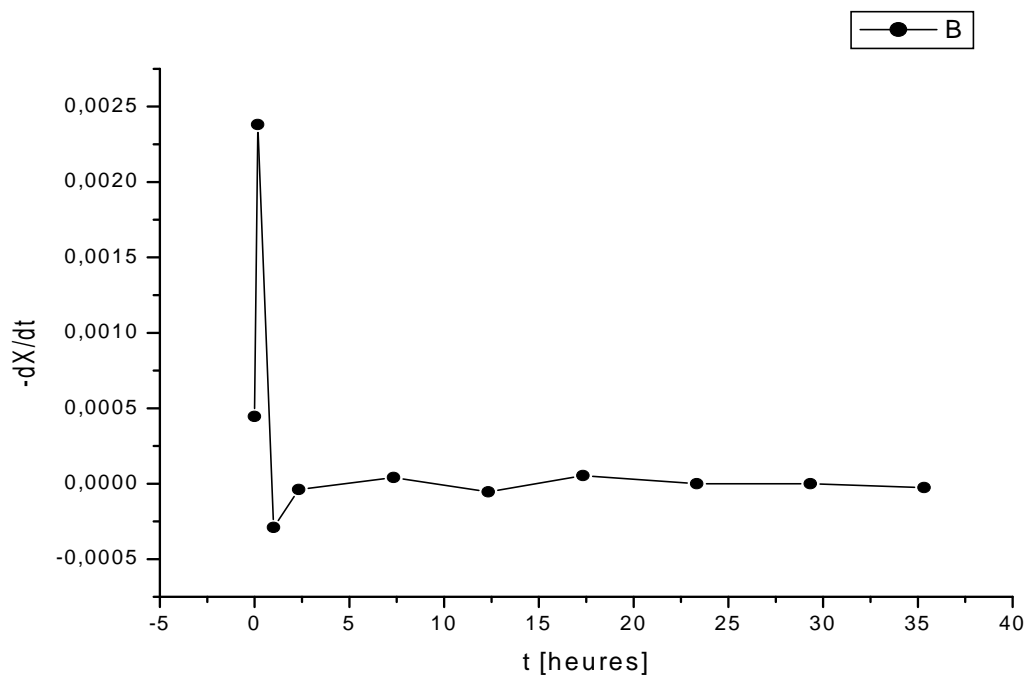


Fig. IV.32: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.

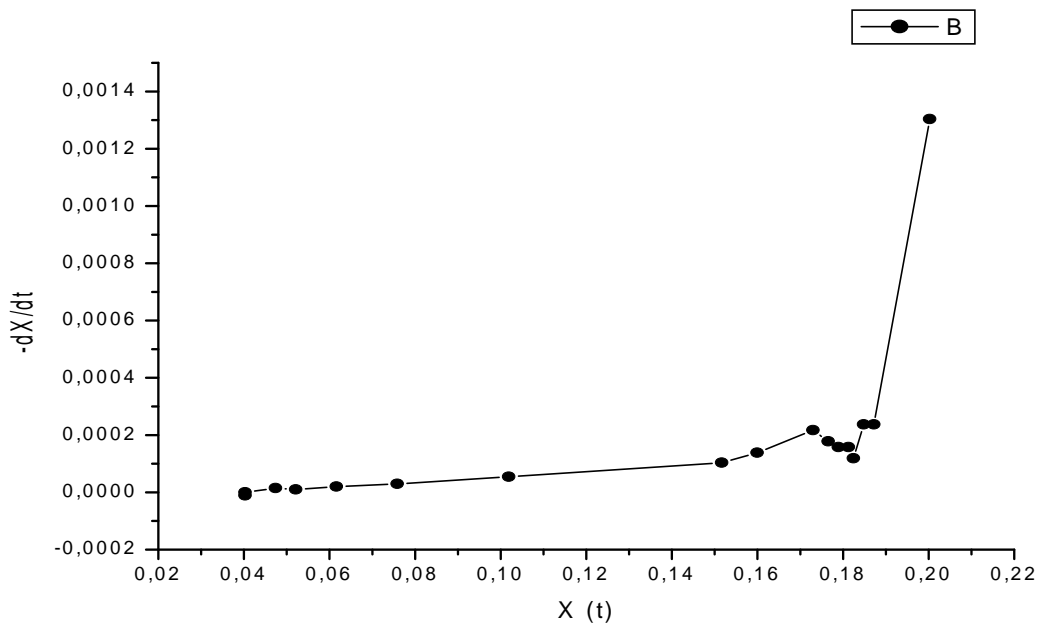


Fig. IV.33: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau.

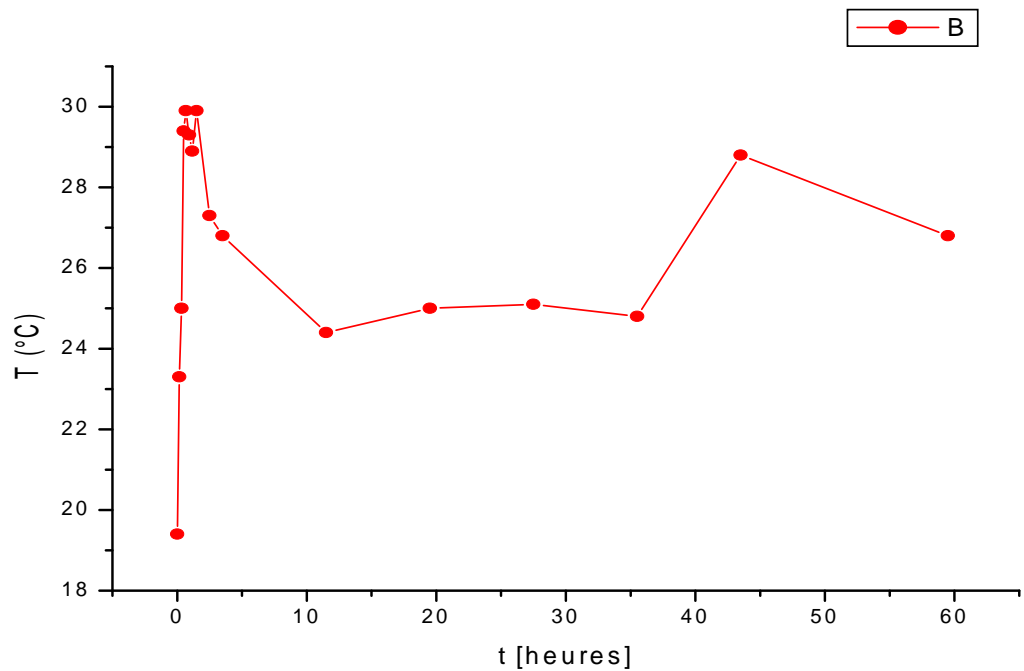


Fig. IV.34: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.

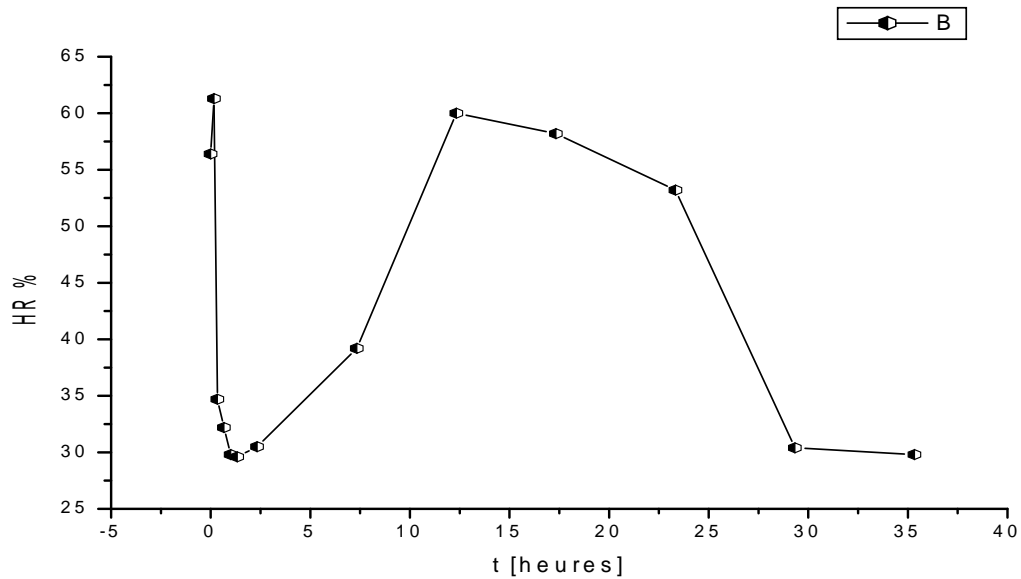


Fig. IV.35 : Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.3.2.1 Discussions (Essai 02) la zone critique

On remarque dans la courbe de la masse en fonction du temps (Fig. IV.24) une diminution de la masse de brique de 31.00 kg jusqu'à 27.280 kg après (35.33 heure) de l'opération. Au début, une diminution de la masse de brique est plus rapide (de 0 à 2.3 heure), mais à partir de (2.3 à 23 heure) la diminution de la masse est très faible. Enfin (de 23 jusqu'à 35.33 heure) la masse de brique devient presque constante.

On remarque dans la courbe de la cinétique de séchage en fonction de temps (Fig. IV.25), une diminution rapide au début (0.20003 à 0.13853 kg/kg ms heure) à la durée (0 à 27 heure), après la valeur 0.13583, la diminution est lente jusqu'à (0.10699 kg/kg ms heure), à la durée 90 heure enfin (90 à 107.16 heure) la cinétique reste constant.

On remarque dans la courbe de vitesse en fonction de temps (Fig. IV.26), une augmentation rapide de la vitesse au début de séchage jusqu'à (0.00238 kg/kg ms heure), pendant 0.166 heure, après la valeur 0.00238, on remarque un décroissement de la vitesse pendant 2.33 heure, à la fin de séchage (2.33 à 35.33 heure), on note que les changements de la vitesse sont très faibles (reste constant).

Nous constatons à partir de la (Fig. IV.27), qui représente la variation de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau au début, une diminution rapide de la

vitesse jusqu'à 0.000174 kg/kg ms heure, après la valeur 0.000174 la diminution est très faible jusqu'à la fin de séchage.

On remarque dans la courbe de la température en fonction de temps (Fig. IV.28), la variation de la température à partir de (15.8 à 30.4 °C), dans durée de séchage 35.33 heure, au début on a une augmentation rapide de la température (15.8 à 30.4 °C), après la valeur 30.4 °C la variation de la température de 24°C à 28°C, à la fin on constate que la diminution de la température jusqu'à 27 °C.

Sachant à ce stade les changements de l'humidité de la zone critique (zone B) de la (29.8% à 61.3%) dans la courbe de l'humidité en fonction de temps (Fig. IV.29), on remarque qu'il y a une augmentation de l'humidité au début de séchage (0 à 0.5 heure), de la (56.4% à 61.3%), après la valeur 61.3% on note une diminution de l'humidité jusqu'à 29.6% après 1.33 heure à partir la valeur 29.6% le changement de l'humidité de 30% et 60% dans durée (12.33 à 29.33 heure), enfin de séchage on note une diminution de l'humidité jusqu'à 29.8% après le temps 35.33 heure au opération.

IV.8.3.2.2 La zone C (zone sec)

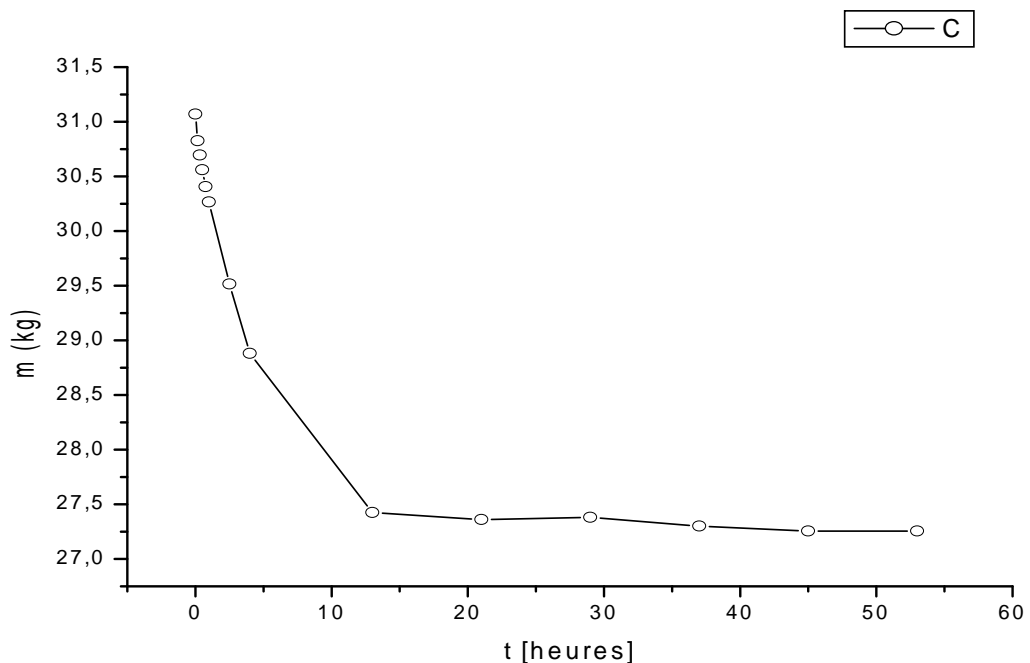


Fig. IV.36 : Courbe représentant les variations de la masse en fonction du temps.

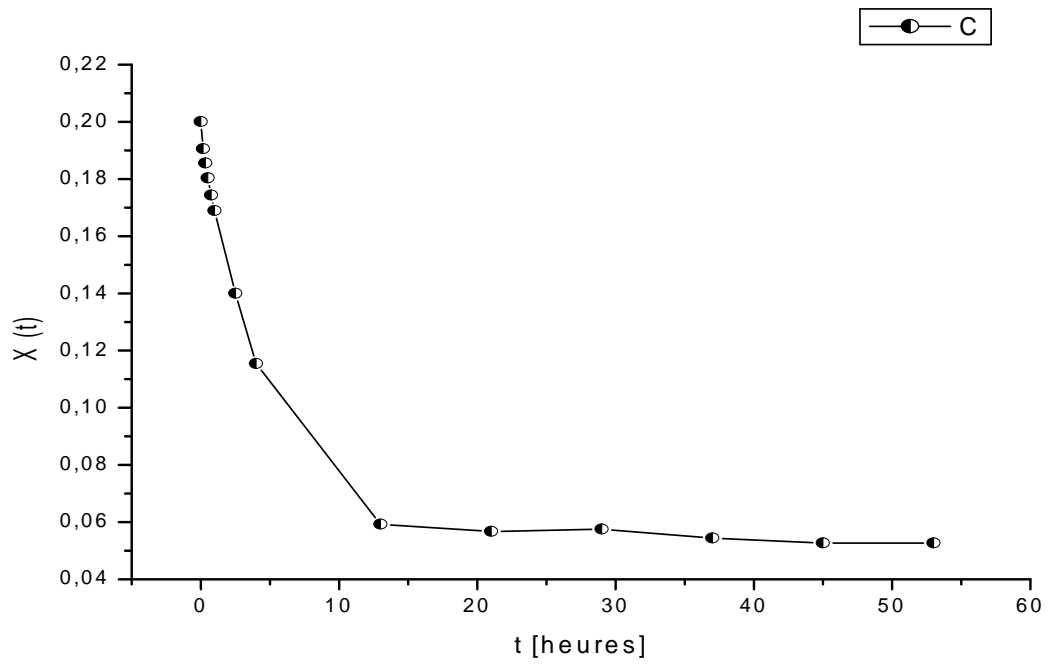


Fig. IV.37: Courbe représentant les variations de la cinétique de séchage en fonction du temps.

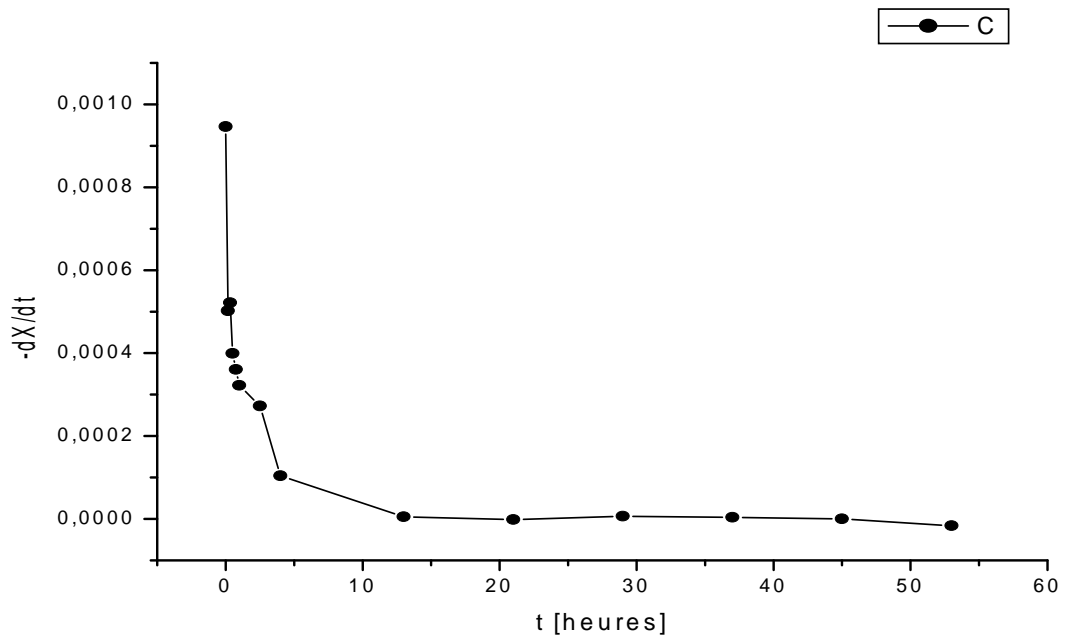


Fig. IV.38: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du temps.

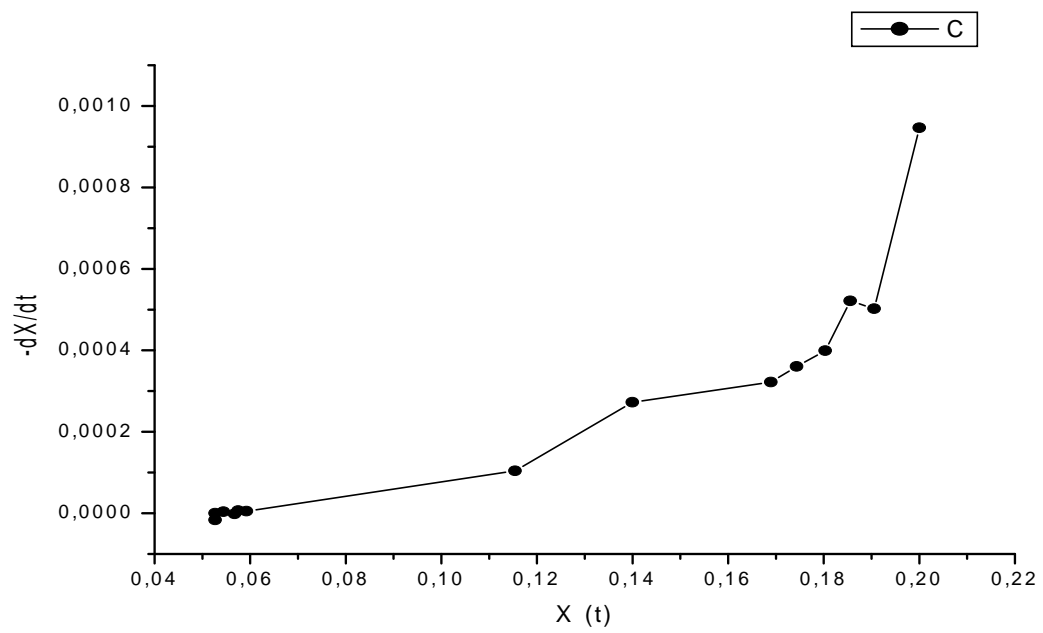


Fig. IV.39: Courbe représentant les variations de la vitesse du séchage en fonction du tenure en eau.

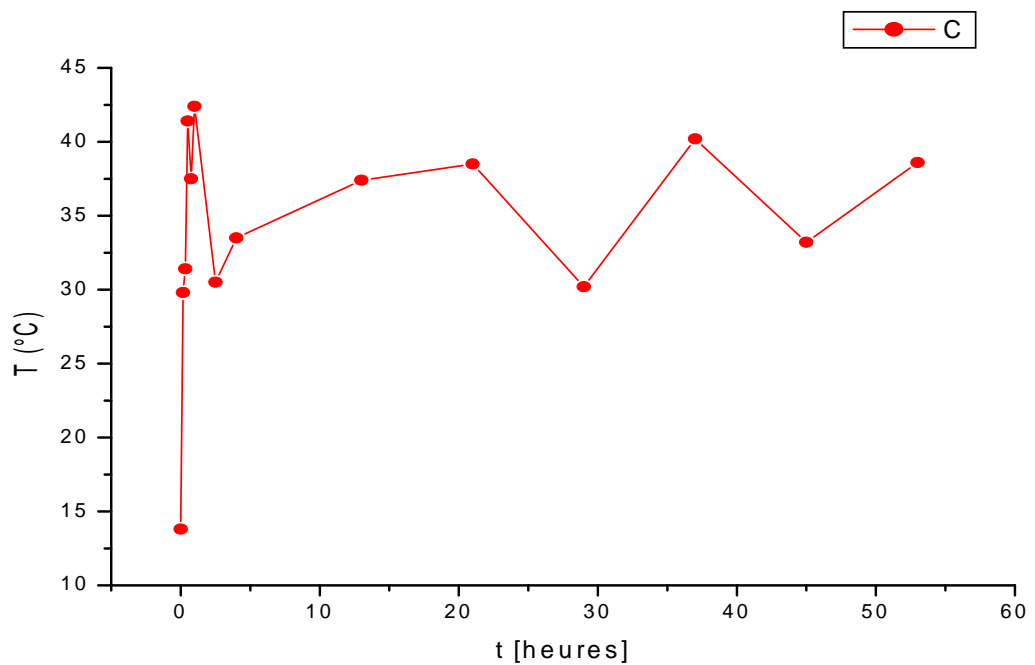


Fig. IV.40: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.

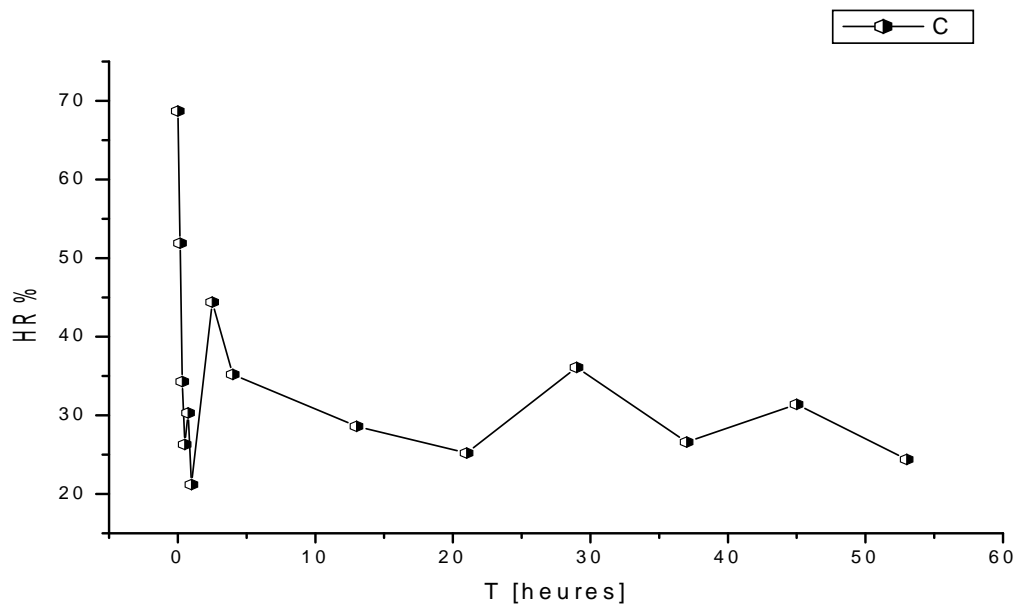


Fig. IV. 41: Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.3.2.3 Discussions (Essai 02) la zone sec

On remarque dans la courbe de la masse en fonction du temps (Fig. IV.30) que la diminution de la masse de la brique de 31.070 kg jusqu'à 27.255 kg après (53 heure) de l'opération. Au début, la diminution de la masse de brique est plus rapide (de 0 à 13 heure), mais à partir de (13 à 40 heure) la diminution dans la masse est très faible. Et enfin (de 40 jusqu' à 53heure) la masse de brique devient presque constante.

On remarque dans la courbe de la cinétique de séchage en fonction de temps (Fig. IV.31), une diminution rapide de la cinétique de séchage au début de 0.2000 à 0.06 kg/kg ms heure à la durée (0 à 23heure), après le temps 23 heure, la diminution est lente jusqu'à (0.05442 kg/kg ms heure), à la durée de 37 heure, enfin (37 à 53 heure) la cinétique reste constante.

Nous remarquons une diminution de la vitesse du séchage ($dX/dt = f(t)$) en fonction du temps. Pendant (0, 13 heure) dX /dt (0.000946, 0.00000523kg/kg ms heure), on constate une décroissance rapide de la vitesse du séchage car la température de séchage prend le temps pour traverser la surface vers les pores de brique pour évaporer l'eau restant, après 13 heure la diminution devient petite 37 heure, où la courbe reste constante (Fig. IV.32).

Nous constatons à partir de la (Fig. IV.33). Qui représente la variation de la vitesse du séchage en fonction teneur en eau ($dX/dt = f(x)$) une diminution de vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau.

Nous constatons a partir (fig. IV.34), qui représente de la courbe de la variation de la température en fonction le tempes au début de séchage (0 , 3 heure) une augmentation rapide de la température (13.8 jusqu'à 42.4 °C), sachant que la température de la zone sec change de 13.8°C à 42.4 °C, dans le tempes de la (3 à 23 heure) de séchage on note une augmentation faible de la température, a la fin de séchage et après (53 heure) on remarque une augmentation de la température jusqu'à a 38.8 °C.

Sachant que dans la zone sec nous remarquons dans la courbe de l'humidité en fonction de tempes (fig. IV.35), que les changes de l'humidité 68.7% à 24.4 %, après la durée de 53 heure de séchage, au début on note que la diminution rapide de l'humidité de 68.7% à 21%, dans durée 1 heure après la valeur 21% les changes de l'humidité limité de la (44.4% a 26%), a partir 37 heure, enfin on note que la diminution d'humidité est jusqu'à 24.4 % après 53 heure de séchage.

IV.8.3.3 Expérience 3 : séchage de chariot modèle de l'usine

Suivi des température et humidité sur un chariot réel usine .

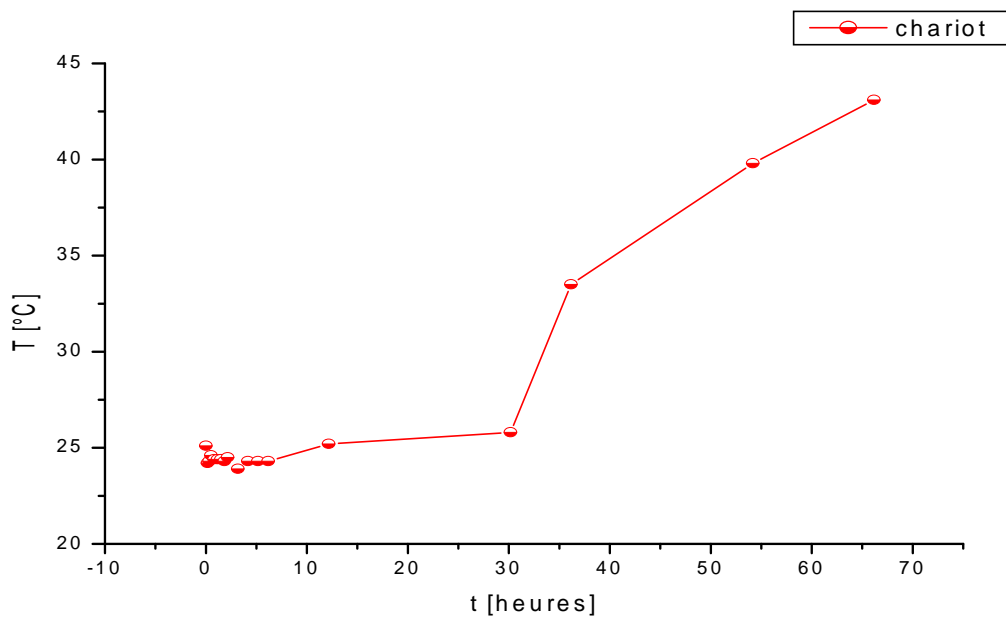


Fig. IV.42: Courbe représentant les variations de la température en fonction du temps.

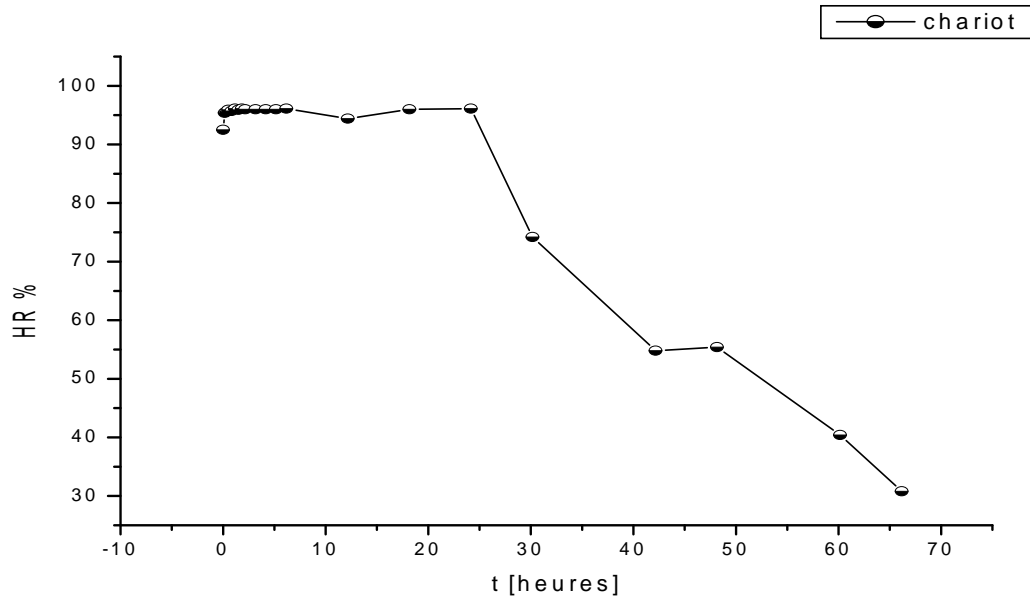


Fig. IV. 43: Courbe représentant les variations de l'humidité en fonction du temps.

IV.8.3.3.1 Discussions (Essai 03) de chariot modèle

On remarque dans la courbe de la température en fonction de temps (fig. IV.36), une augmentation faible de la température (25.1 °C jusqu'à 25.8 °C), dans une durée de 30.16 heures. Après la valeur de 25.8 °C, il y a une augmentation rapide jusqu'à 39.8 °C. À la fin du séchage, on observe une continuité de l'augmentation de la température jusqu'à 43.1 °C, après 66.16 heures.

Nous constatons à partir (fig. IV.37), qui représente la courbe de la variation de l'humidité en fonction du temps au début du séchage (0 à 24.16 heures) que l'humidité reste constante, pendant (24.16 à 48.16 heures), et l'humidité a été diminuée de (96.1%, 55.4%), à la fin du séchage on remarque la continuité de la diminution jusqu'à 30.8 % après 66.16 heures.

IV.9 Comparaisons entre les résultats de séchage et cuisson

IV.9.1 Essai de compression

Dans cette partie de l'étude, nous voulons tester les caractéristiques mécaniques - la résistance à la compression - des briques d'argile de l'usine dans les deux phases importantes : séchage et cuisson, pour contrôler la qualité des produits.

La phase de séchage est divisée en trois zones :

- 1- Zone plusieurs humidité
- 2- Zone critique
- 3- Zone sèche

Dans notre essais expérimentales de compression nous avons choisi une brique de chaque zone de séchage et une autre de cuisson pour les deux types de brique (brique individuelle, et plusieurs briques), avec une brique de chariot modèle. Les résultats des essais de compression est dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Variations de la résistance à la compression.

	Durée	T (°C)	X _{in}	X _{fin}	m(kg)	La comp.. [MPa]	Durée	T (°C)	X _{in}	X _{fin}	m(kg)	La comp.. [MPa]
	Brique a sécher						Brique a cuisson					
A	82.5 h	26,,29	0.20	0.11	5.125	0.32	37h	920	0.11	00	4.420	1.36
B	59.5 h	19,,33	0.20	0.04	5.065	0.1	39h	920	0.04	00	4.080	1.51
C	39.8 h	30,,38	0.20	0.05	5.195	0.09	44h	920	0.05	00	4.140	0.75
A p	107.1h	14,,28	0.20	0.10	30.440	0.46	39h	920	0.10	00	27.560	1.68
B p	35.33h	16,,39	0.20	0.05	31.000	0.40	38h	920	0.05	00	26.890	1.16
C p	53 h	29,,39	0.20	0.05	31.070	0.363	38h	920	0.05	00	26.790	1.40
CH	66.16h	25,,44	0.20	/	/	0.366	37	920	/	00	/	1.47

P : plusieurs brique , **A** : brique dans la zone plusieurs humidité, **B** : brique dans la zone critique
CH: brique du chariot, **c** : brique dans la zone sec

Les résultats des essais de compression précédents nous montrent que la résistance mécanique des échantillons de briques individuelles et plusieurs briques provenant de la zone de plusieurs humidités sont mieux que les deux autres zones.

On constate les mêmes résultats pour les briques provenant de la phase de cuisson pour la zone de plusieurs humidités par contre les briques individuelles les échantillons de la zone critique sont mieux. Donc on peut dire que la durée de séchage joue un rôle très important vis à vis de la qualité du produit.

IV.10 Conclusion générale

Notre travail consiste en l'étude du processus de séchage et de cuisson des briques d'argile dans des conditions industrielles. L'étude conduite a fait l'objet d'une visite sur terrain et d'une série d'expériences de séchage avec une estimation de la consommation énergétique correspondante aux étapes de cuisson et séchage.

Dans le but d'examiner les différents effets des conditions opératoires et les dispositions des briques en cours de séchage, les expériences ont porté sur des échantillons séchés dans trois zones différentes du tunnel d'une part, et d'autre part l'effet du voisinage humide en cas réel des briques séchées en rangées juxtaposées. Les différentes courbes de séchage obtenues et analysées montrent que la teneur en eau d'équilibre est aussitôt obtenue après quelques heures bien avant que le cycle imposé par la chaîne de l'usine ne soit achevé. Cette constatation ajoutée au résultats des calculs énergétique nous permet de conclure que le type d'unité étudiée est en état de surconsommation d'où la possibilité d'envisager une formule de consommation plus économique. Dans un point de vue qualité les essais de compression ont montré que les meilleures résistances à la compression ont été obtenues avec les échantillons traités sous des températures modérées.

Référence Bibliographique

- [1] Mouane bachir, Etude de l'effet de séchage sur les propriétés mécanique de la brique d'argile, Mémoire de master, Université Kasdi Merbah (2014)
- [2] Mekhermeche Abdessalam, Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes , Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah (2012)
- [3] Constitution chimique de l'argile, Document non publié, Usine EURL briqueterie de bouira
- [4] Fabrication de la brique – bakstee (<https://www.google.fr/#q=fabricationbriquer+bdf> consulté 25/03/2015)
- [5] Meriam el ouahabi, Valorisation industrielle et artisanale des argiles du Maroc, thèse de doctorat, Université de liège, Novembre 2013
- [6] brique d'argile, Document non publié, Usine EURL briqueterie de bouira
- [7] Le séchage solaire des produits agricoles (<https://www.google.dz/#q=Le+s%C3%A9chage+solaire+des+produits+agricoles>+ consulté 13/04/2015)
- [8] stage bratique N° 02 Document non publié, Usine EURL briqueterie de bouira
- [9] technique et technologie de la céramique (<https://www.google.dz/#q=technique+et+technologie+de+la+c%C3%A9ramique+pdf> consulté 18/04/2015)
- [10] humidity/terp.Meter(<https://www.google.dz/#q=humidity%2Ftemp.+meter+HT-3006A++++> consulté 25/04/2015)
- [11] matériaux de terre cuite (<https://www.google.dz/#q=mat%C3%A9riaux+de+terre+cuite+pdf+c905> consulté 25/04/2015)