

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Etude des pertes dans la chaîne de
production des gaufrettes

Lieu : Société ALHANINI - Fès

Référence : 28 /16GI

Préparé par :

KADA Oumaima

Soutenu le .Mercredi 12 février 2016 devant le jury composé de :

- Pr. HAMED L'Habib (Encadrant FST)
- Pr. BELMAJDOUB Fouad
- Pr. ENNADI Abdelali
- Mr. ATMOUNIA Tarik (Encadrant Société)

REMERCIEMENTS

Ce projet de fin d'études a été effectué dans la société AL HANINI, et je tiens à remercier toutes celles et ceux qui ont contribué à rendre cette expérience enrichissante.

Je remercie Mr ABDELMOULA ATMOUNIA gérant d'AL HANINI pour m'avoir accueilli dans son entreprise.

Je tiens à exprimer ma très grande reconnaissance à Mr TARIK ATMOUNIA responsable de production pour m'avoir suivi, conseillé et aidé, ainsi que pour le temps qu'il m'a consacré, je remercie aussi Mr SAMIR BOUCHAIBI chef d'équipe, pour ses conseils et sa disponibilité.

Je remercie aussi Mlle Ghizlane MESGGUID, responsable de la qualité, pour m'avoir apporté une aide précieuse.

Mes remerciements vont également à Mr LHABIB HAMED I qui m'a encadré tout au long de ce stage ;

Table des matières

REMERCIEMENTS	2
Liste des tableaux	5
Liste des figures.....	6
Introduction	7
Chapitre 1 Présentation de l'entreprise et localisation du problème :	8
1-présentation de l'entreprise :	8
1-1 Généralités.....	8
1-2 fiche technique :	9
1-3 Organigramme :	9
1-4 Diversification des produits :	10
2-Les étapes de fabrication des gaufrettes :	11
3-Diagramme de fabrication des gaufrettes :	16
4-Les pertes de ligne de production des gaufrettes :	18
Chapitre 2 Etude des pertes et estimation de leur cout :	20
1-Calculs préliminaires :	20
1-1-Relations entre nombre de feuilles produites et production en cartons :	20
1-2-relations entre pertes et feuilles :	20
2-étude des pertes :	23
2-1 production et pertes des mois 11 et 12 :	23
2-1-1-Production :	23
2-1-2-Pertes :	23
2-2-Equivalent de la production et des pertes en feuilles :	24
2-2-1- Equivalent de la production en feuilles :	24
2-2-2-Equivalent des pertes en feuilles :	24
3-Relation entre les pertes et les charges de production des gaufrettes:	25
3-1-calcul des charges de production des gaufrettes simples :	25
3-1-1-Matière première :	26
3-1-2-Coût de la Consommation énergétique :	27
3-1-3- Main d'œuvre :	28
3-2-Charges de production des gaufrettes enrobées :	29
3-2-1- Matière première :	29
1.2- Cout de la Consommation énergétique :	29

3-2-2-Cout de la Consommation énergétique :	30
3-3-relation entre cout et pertes :.....	31
Chapitre 3 Traitement des causes et solutions proposées :.....	32
1-Recherche des causes :	32
1-1-Etude du four :	32
1-1-1-Rendement massique théorique du four:	32
1-1-2-Rendement massique réel :	32
1-1-3-Rendement du four :	32
<i>Production théorique</i> :	32
1-1-4-Profil de la température du four :	34
1-2-Causes probables :	35
1-3-Diagramme causes-effets :.....	35
1-4-Causes principales :	35
2-Solutions proposées.....	37
2-1-Solutions correctives :.....	37
2-2-solutions préventives :	38
Conclusion:.....	39

Liste des tableaux

- Tab.1 : fiche technique de la société AL HANINI.
- Tab.2 : produits de la société.
- Tab.3 : types des produits et leurs données.
- Tab.4 : tableau des humidités.
- Tab.5 : production de gaufrette des mois 11 et 12.
- Tab.6 : pertes des mois 11 et 12.
- Tab.7 : équivalent de la production en feuilles de gaufrette.
- Tab.8 : équivalent des pertes en feuilles de gaufrette.
- Tab.9 : cout de la matière première utilisée pour les gaufrettes simples.
- Tab.10 : cout de la consommation d'électricité d'une fournée de gaufrette simple.
- Tab.11 : cout de la consommation du propane par fournée de gaufrette simple.
- Tab.12 : cout de la matière première utilisée pour la production des gaufrettes enrobées.
- Tab.13 : cout de la consommation du propane d'une fournée de gaufrette enrobée.
- Tab.14 : cout de la consommation de propane d'une fournée de gaufrette enrobée.
- Tab.15 : rendement massique du four.
- Tab.16 : ingrédients de la pate de gaufrette et leurs humidités.

Liste des figures

- Fig.1 : organigramme de la société AL HANINI.
- Fig.2 : images de mixeur à pate.
- Fig.3 : image du four.
- Fig.4 : image des plaques de cuisson des feuilles de gaufrette.
- Fig.5 : image du refroidisseur des feuilles de gaufrette.
- Fig.6 : images de la tartineuse.
- Fig.7 : images de la coupeuse.
- Fig.8 : image de la sortie de la machine d'emballage.
- Fig.9 : diagramme de fabrication de gaufrette.
- Fig.10 : image des nodules mélangés avec des feuilles cassées.
- Fig.11 : image des feuilles fourrées cassées.
- Fig.12 : Pareto des pertes.
- Fig.13 : profil de température du four.
- Fig.14 : diagramme causes-effets.
- Fig.15 : image des portes du four.
- Fig.16 : effet de l'Alphamalt LQ4020 sur la viscosité d'une pate à base de blé.
- Fig.17 : arrêts du four.

Introduction

Une entreprise industrielle cherche en continuité à améliorer son gain ; et à éliminer toutes sortes de gaspillage d'argent ou du temps au sein de ses ateliers : (les ruptures de stock ; les pièces non conformes ; les arrêts des machines).

Dans le même contexte ; ce rapport consiste à étudier ; évaluer du côté économique et chercher des solutions optimisant les pertes au niveau de la ligne de production des gaufrettes. Ces pertes sont de plusieurs genres selon le type de gaufrette et l'étape de fabrication dans la chaîne de production :(cuisson, refroidissement, fourrage, coupage, enrobage, conditionnement).

Dans ce rapport nous allons dans un premier temps localiser la problématique et décrire la chaîne de production des gaufrettes ; ensuite nous allons étudier les pertes des mois Novembre et Décembre et estimer leur coût ; nous chercherons par la suite les causes provoquant le plus important de ces pertes ; et pour conclure nous allons proposer quelques solutions diminuant l'impact du problème .

Chapitre 1 Présentation de l'entreprise et localisation du problème :

1-présentation de l'entreprise :

1-1 Généralités

AL HANINI est une S.A.R.L fut fondée en 1997 par .Abdelmoula Attmounia, en tant qu'entreprise familiale, elle débuta à la rue de la cimetière à Bhalil avec une usine de millefeuille & madeleines et un petit établissement de vente. En 2003, elle transféra ses installations au 335 Hay Enammae, où elle occupe à peu près 1200 m².

Elle est encore en bonne continuation ce qui lui donne plus de 11 ans de productivité et de développement positifs que lui assurent :

- Sa stratégie d'innovation et d'encouragement pour les nouvelles idées soit au niveau produit ou techniques facilitant le travail.
- La qualité à la fois marchande et sanitaire des produits.
- Au niveau qualité le service de laboratoire fait de son mieux et tout ce qu'il faut pour garder son niveau croissant des techniques de contrôles continues et suivies qui assurent la persistance au marché de l'entreprise.

La marque AL HANINI est actuellement très répandue au le Maroc vue la diversification des produits mis dans le marché. Cette diversification a pu atteindre même le produit « millefeuille » qui présente aujourd'hui de nouveaux arômes en état d'essai et de progression, ainsi la société montre son perfectionnement au niveau de la production de madeleine de plusieurs goûts et formes.

L'établissement de l'unité nouvelle de la société a permis de garder un développement exponentiel mais aussi une qualité parfaite du fait que le transport de matière première et de produit fini d'une unité à l'autre n'est pas menaçant pour l'innocuité des produits.

Même au niveau production ; la société essaie de son mieux de faire importer de nouveaux matériaux surtout au niveau de la production de madeleines et de biscuits qui dans la plupart de temps sépare le contact direct du personnel ce qui diminue le risque de contamination.

1-2 fiche technique :

Le tableau (tab.1) présente la fiche technique de la société AL HANINI ;

Nom	AL HANINI
Statut juridique	SARL (Société à responsabilité limitée)
Capital social	2.200.000 DH
Date de création	2003
Activité principale	Production et commercialisation des produits de pâtisserie et de biscuiterie
Marque	« AL HANINI »
Effectif du personnel	520
Marchés	FES, Marrakech, Agadir, Tetouan, Oujda, Laâyoune...
Adresse	Hay Ennamae Lot, 335 Quartier industriel Bensouda-FES
Tél	+212556553 :42/34/35
Fax	+21255655328

Tab.1 fiche technique de la société AL HANINI

1-3 Organigramme :

La figure (fig.1) présente l'organigramme de la société AL HANINI ;

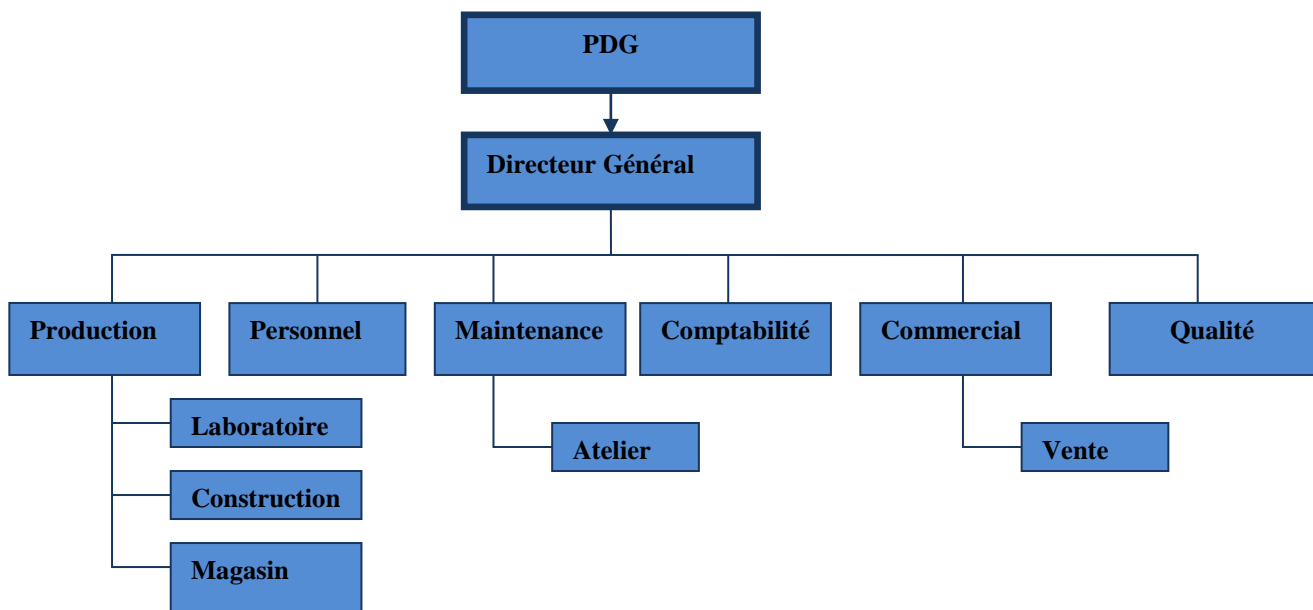


Fig.1 organigramme de la société AL HANINI

1-4 Diversification des produits :

Le tableau (tab.2) présente quelques exemples parmi d'autres des différents produits de l'industrie AL HANINI de pâtisserie et de boulangerie :

Madeleines				
Pâtisseries				
Millefeuille				
Biscuits				
Gaufrettes				
Cigares				

Tab.2 produits de la société

2-Les étapes de fabrication des gaufrettes :

1_1 Etapes de préparation des gaufrettes

Les gaufrettes simples ou fourrées, sont fabriquées sur des installations semi-automatiques. La première étape est la préparation de la pâte en mélangeant les ingrédients dans le mixeur à pâte (fig. : 2).



Fig.2 : images du mixeur à pâte

Après le mélange, la pâte est appliquée sur des plaques de cuisson (fig. :3) et cuite, dans le four à gaufrette, formant des feuilles de gaufrette



Fig. 3 plaques de cuisson des feuilles de gaufrettes

Le four (fig. :4) est automatique chauffé au gaz (propane) est équipé de 48 paires de plaques de cuisson.il est souvent réglé sur la capacité 18 feuilles par minute.



Fig. 4 image du four

Les feuilles de gaufrette chaudes sont refroidies à température ambiante à l'aide d'un refroidisseur sous forme d'escalier (fig. :5).



Fig.5 image du refroidisseur des feuilles de gaufrette

Ensuite, les feuilles sont tartinées avec de la crème dans la tartineuse (fig. :6) et empilées formant des blocs de gaufrette.



Fig.6 images de la tartineuse

Les blocs de gaufrette prêts, fourrés de crème, sont refroidis et ensuite coupés dans les coupeuses (fig. :7) pour former des barres.



Fig.7 image de la coupeuse

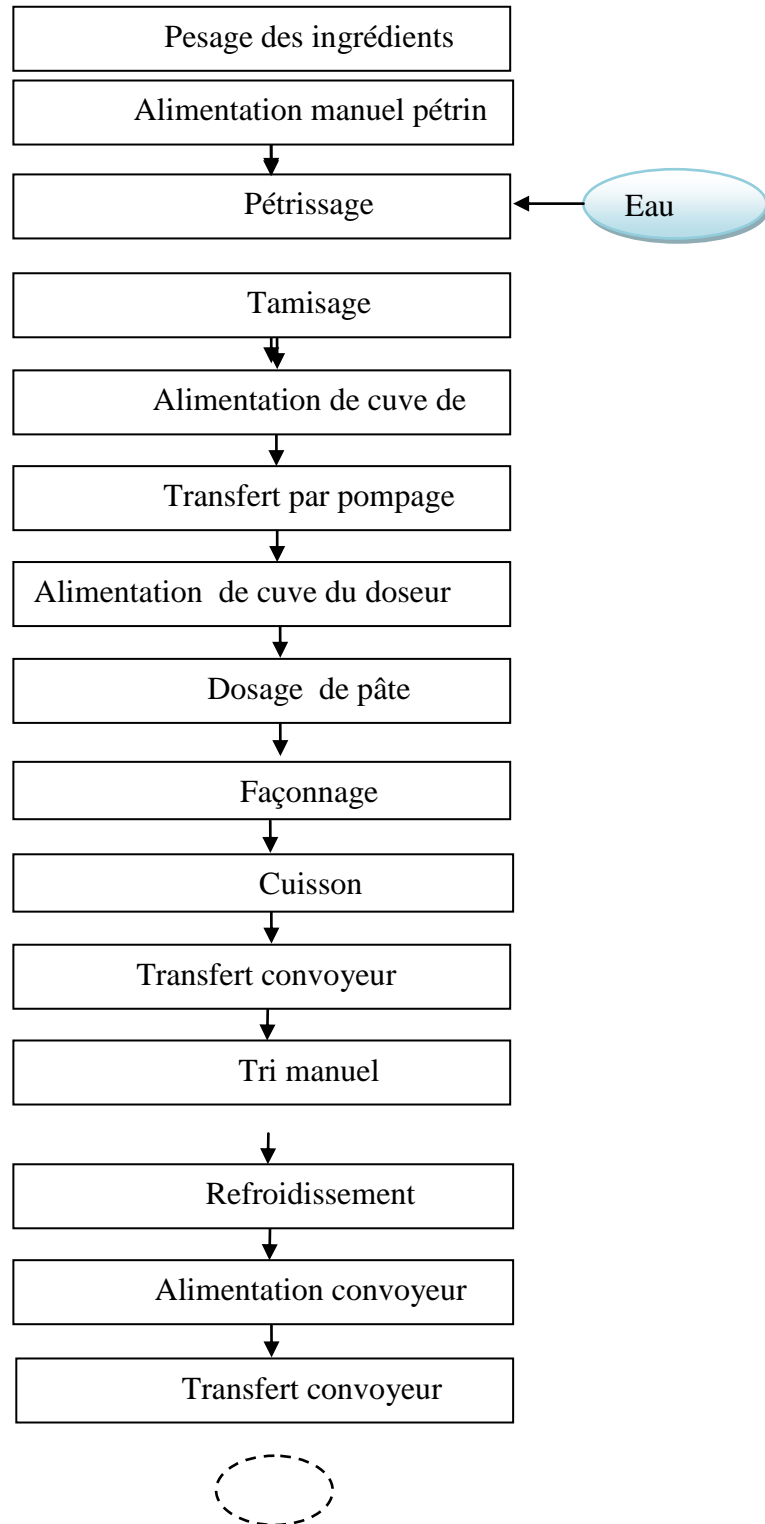
A la suite, les gaufrettes passent à la machine à emballer. Dans le cas des produits enrobés de chocolat les gaufrettes coupées passent à la machine d'enrobage puis ils sont refroidis et ensuite passent à la machine d'emballage (fig. :8).

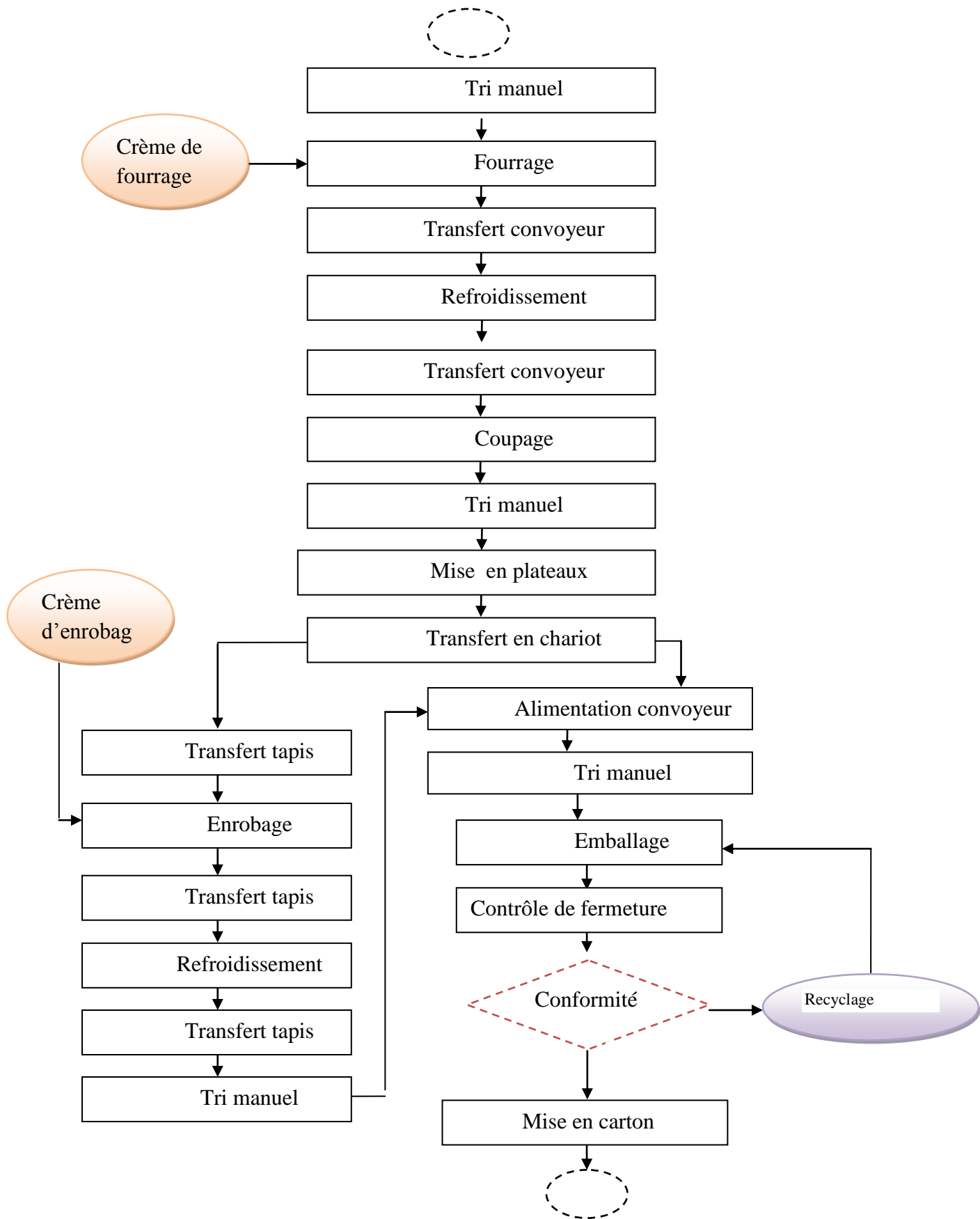


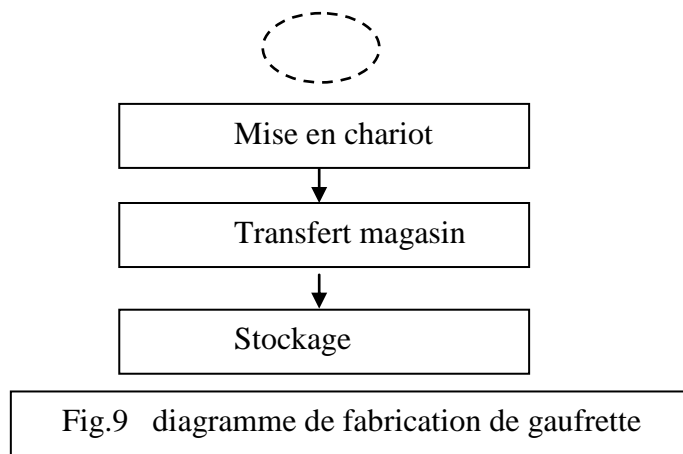
Fig.8 image de la sortie de la machine d'emballage

3-Diagramme de fabrication des gaufrettes :

Le diagramme de fabrication des gaufrettes (fig.9) décrit en détaille les étapes de production des gaufrettes ;







4-Les pertes de ligne de production des gaufrettes :

Les nodules : sont les bouts de la pate qui sort des extrémités des plaques lors de la cuisson (**fig.** :10) ;



Fig. :10 Des nodules mélangés avec des feuilles cassées

Les feuilles cassées : pendant le tri à la sortie du four on éloigne les feuilles qui ne sont pas cuites conformément et qui sont cassées pendant l'enlevage des plaques ;

Les feuilles fourrées cassées (**fig. :11**) : au niveau de la tartineuse et à cause des accidents les feuilles se cassent pendant le fourrage ;



Fig.11 image des feuilles fourrées cassées

Produits finis simples cassés : après le coupage on constate que les barres de gaufrettes ne sont pas tous conforme à cause de la casse.

La même chose pour les produits enrobés cassés ; ils sont éloignés après l'enrobage et le refroidissement.

Chapitre 2 Etude des pertes et estimation de leur cout :

1-Calculs préliminaires :

1-1-Relations entre nombre de feuilles produites et production en cartons :

Considérons n_c le nombre de cartons et C_c la capacité de chacun : $n_c = \frac{npf}{C_c}$ avec npf le nombre des produits finis.

On a trois types de produits :

Type de produit	symbole	Réglage de la coupe (Rc)	Symbole du carton	Capacité du carton (Cc)
Gaufrette simple	Gs	27	1/88	88
Gaufrette enrobée	Ge	48	1/75	75
Petite gaufrette	Pg	54	1/108	108

Tab.3 types des produits et leurs données

La relation entre le nombre des feuilles (N) utilisé et le nombre des cartons produits est :

$$n_c = \frac{N.R_c}{4.C_c}$$

Donc,

- $n_c^{1/88} = 0.077 N$
- $n_c^{1/75} = 0.16 N$
- $n_c^{1/108} = 0.125 N$

1-2-relations entre pertes et feuilles :

✚ **Les nodules :**

$$N = \frac{pnd - pnd.Dh}{y}$$

Avec :

- Pnd : poids des nodules (kg) ;
- y : poids d'une feuilles (kg) ;
- Dh : différence d'humidité ;
- N : nombre de feuilles.

$$N = \frac{Pnd(1-Dh)}{y}$$

	pate	feuilles	Nodules
humidité	61.7%	2%	40%

Tab.4 tableau des humidités

$$Dh = 0.4 - 0.02 = 0.38$$

$$y = 0.069 \text{ kg}$$

Donc,
$$N = \frac{1 \cdot 0.38}{0.069} Pnd$$

$$N = 9 \cdot Pnd$$

Feuilles fourrées cassées:

P feuilles forées = P d'une feuille fourrées * N avec N : nombres de feuilles

Donc ;

$$N = \frac{P \text{ feuilles fourées (kg)}}{\text{poids d'une feuille foérée (kg)}}$$

Poids d'un bloc = poids de 4 feuilles + poids de 3 forages

$$= 4y + 3 pf$$

$$\Rightarrow Pf = \frac{P \text{ d'un bloc} - 4y}{3} \text{ or ; } P \text{ d'un bloc} = 0.839 \text{ kg et } y = 0.069 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow Pf = 0.187 \text{ kg.}$$

$$\Rightarrow N = \frac{P \text{ feuilles forées (kg)}}{0.187}$$

Feuilles seches cassées:

P fsc: poids des feuilles secs cassées.
$$N = \frac{P fsc}{y}$$

Produits finis simples cassés:

$$N = \frac{P_{fsc}}{\text{poids du bloc}} * 4$$

$$N = P_{fsc} * 4.8 \quad \Rightarrow \quad N = 4.8 \text{ PFSC}$$

✚ Produits finis enrobés cassés:

$$N = (P_t - P_{et}) * 4.8 \quad \text{avec:}$$

P_t = poids total; P_{et} = poids d'enrobage total ; P_e = poids d'enrobage d'une pièce.

$$\text{Or,} \quad P_{et} = \frac{P_e \cdot P_t}{\text{poids d'une pièce}}$$

$$\text{Donc: } N = p_t \left(1 - \frac{p_e}{\text{poids d'une pièce}} \right) * 4.8$$

$$N = 0.69 * 4.8 P_t$$

$$N = 3.31 * P_t$$

2-étude des pertes :**2-1 production et pertes des mois 11 et 12 :****2-1-1-Production :**

Le tableau (tab.5) présente la production des gaufrettes simples, enrobées et petites en carton des mois 11 et 12 :

DATE	NOMBRE CARTONS GAUFRETTE SIMPLE	NOMBRE CARTONS GAUFRETTE ENROBEE	NOMBRE CARTONS DES PETITS GAUFRETTES
9-11	658	-	4
11-11	401	535	2
16-11	376	543	-
18-11	561	-	4
23-11	414	-	4
25-11	417	-	6
27-11	517	-	27
14-12	-	1228	-
15-12	-	1192	-
16-12	-	1200	-
21-12	667	-	6
23-12	678	-	7

Tab.5 : production des gaufrettes du mois 11 et 12

2-1-2-Pertes :

Le tableau(tab.6) présente la quantité de chaque genre des pertes des mois 11 et 12 en kg :

DATE	Nodules (kg)	F.S.C (kg)	F.F.C (kg)	P.F.S.C (kg)	P.F.E.C (kg)
9-11	224	78	5	74.8	-
11-11	213	72	5	68.2	33
16-11	215	79	19	101.2	24.2
18-11	215	80	22	118.8	-
23-11	158	59	27	96.8	-
25-11	131	48	24	99	-
27-11	158	66	32	143	-
14-12	184	80	10	-	180
15-12	163	50	10	-	184
16-12	97	50	10	-	94
21-12	156	54	3	145	-
23-12	175	39	10	92	-
moyenne	156	63	15	104	103

Tab.6 pertes du mois 11 et 12

F.S.C : feuilles secs cassées

F.F.C : feuilles fourrées cassées

P.F.S.C : produits finis simples cassés

P.F.E.C : produits finis enrobés

Pour qu'on puisse faire cette étude on doit transférer nos données en même genre c'est pourquoi on les a transférer en feuilles :

2-2-Equivalent de la production et des pertes en feuilles :

2-2-1- Equivalent de la production en feuilles :

L'équivalent des quantités de gaufrette produites pendant les mois 11 et 12 en nombre de feuilles de gaufrettes est présenté dans le tableau (tab.7).

DATE	Gaufrette simple	Gaufrettes petites	Gaufrette enrobée	TOTAUX
9-11	8544	32	-	8577
11-11	5208	16	3344	8568
16-11	4883	-	3394	8277
18-11	7286	32	-	7318
23-11	5377	32	-	5409
25-11	5416	48	-	5464
27-11	6714	216	-	6930
14-12	-	-	7675	7675
15-12	-	-	7450	7450
16-12	-	-	7500	7500
21-12	8662	48	-	8700
23-12	8805	56	-	8861
			moyenne	7115

Tab.7 équivalent de production en feuilles

2-2-2-Equivalent des pertes en feuilles :

Le tableau (tab.8) présente l'équivalent des quantités de pertes dégagées pendant les mois 11et 12 en nombre de feuille de gaufrette.

DATE	Nodules	F.S.C	F.F.C	P.F.S.C	P.F.E.C	Totaux
9-11	2016	1130	27	359	-	3532
11-11	1917	1043	27	327	147	3423
16-11	1935	1145	102	486	80	3748
18-11	1935	1159	118	570	-	3782
23-11	1422	855	144	465	-	2886
25-11	1179	696	128	475	-	2478
27-11	1422	956	171	686	-	3235
14_12	1656	998	53	-	596	3303
15_12	1467	725	53	-	609	2854
16_12	873	725	53	-	311	1962
21_12	1404	857	16	696	-	2973
23_12	1575	565	53	444	-	2637
Moyenne	1567	905	79	500	221	3272
%	47.9%	27.6%	2.4%	15.3%	6.8%	100%

Tab.8 équivalent des pertes en feuilles

2-2-3-Détermination d'aspect important :

Pour mettre en évidence le genre des pertes qui est le plus important et sur lequel on doit intervenir en priorité on est mit en place le Pareto suivant :

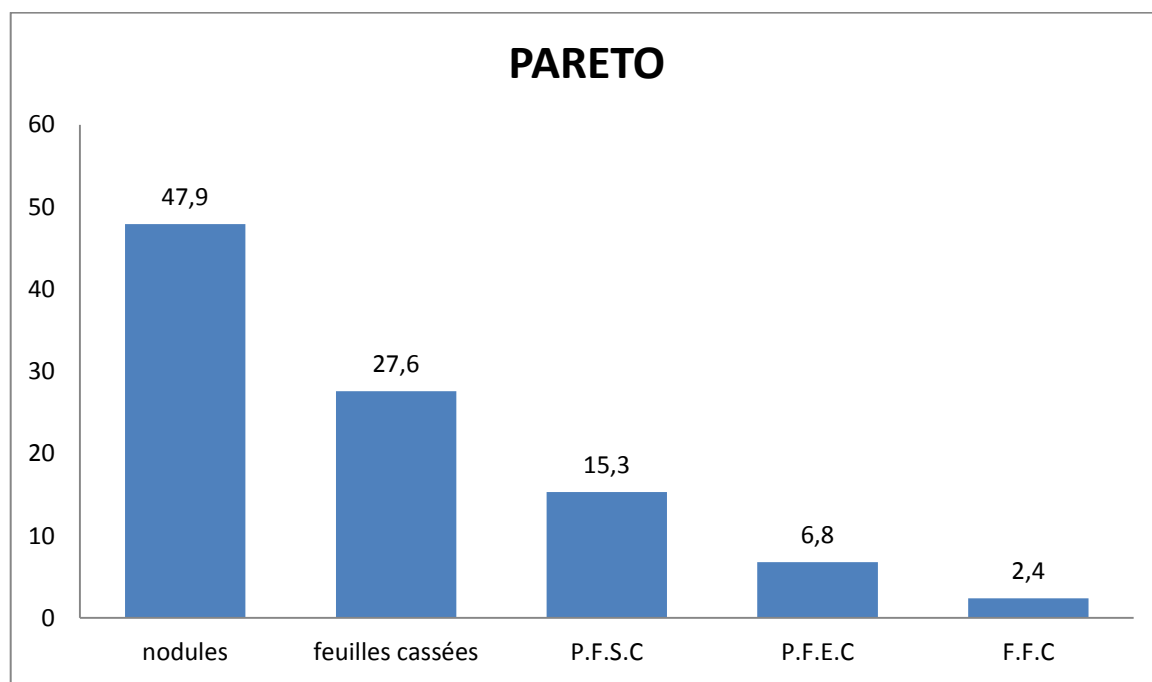


Fig. 12 : PARETO des pertes

On constate que les nodules et les feuilles sèches cassée présentent presque 80% des pertes ; toutes les deux sont issus du four ; donc le four est responsable des 80% des pertes.

3-Relation entre les pertes et les charges de production des gaufrettes:

L'objectif ici est d'estimer combien peut on gagner si on travaille sur ces pertes .Le premier pas à faire est le calcul des charges de production des gaufrettes que sa soient simples ou enrobées.

3-1-calcul des charges de production des gaufrettes simples :

Les charges de production qu'on va calculer sont le cout de la matière première et de la main d'œuvre ainsi que la consommation énergétique ;

3-1-1-Matière première :

La matière première utilisée pour une fournée de gaufrette simple et son coût se présente dans le tableau (tab.9).

phases	Matières utilisées	Prix/kg(DH)	Quantité utilisée (kg)	Prix en (DH)
cuisson	Farine	3.45	25	8.25
	Amidon de maïs	5.88	1.5	8.82
	L'huile	10.45	0.4	4.18
	Lécithine soja	12.6	0.3	3.78
	Sel	1.25	0.1	0.125
	E500	5.16	0.1	0.516
	E503	4.2	0.06	0.252
fourrage	Sucre	4.5	14.5	65.25
	Palme	11.76	7.25	85.26
	Palmiste	17.16	5.8	99.52
	Poudre cacao	34	3.625	123.25
	Sel	1.25	0.046	0.057
	Nido	64	0.029	1.85
	Vanille	115	0.05	5.75
	Palmiste	17.16	9.9	169.9
	Poudre cacao	37	2.4	81.6
	Nido	64	0.03	1.9
	Lécithine soja	12.6	0.24	3
emballage	Carton	2.16/unité	34.5(unité)	80.1
	Papier conditionnement scotch	53	2	106
		8.8/unité	1	8.8
			Total (DH)	674.2

Tab .9 cout de la matière première utilisée pour les gaufrettes simples

3-1-2-Coût de la Consommation énergétique :*Electricité :*

Les puissances électriques consommées par les installations pour une fournée de gaufrette simple et leur coût sont dans le tableau (tab.10).

	équipement	Puissance en (kw /h)	Période de travail/fournée en(min)	Consommation en (KW)
Ligne principale	Mixeur à pate	4.12	4	0.28
	Pompe à pate	0.75	9	0.113
	Four	10	18	3
	Tartineuse	3.04	16	0.81
	Refroidisseur des blocs	4.75	21	1.66
	compresseur	20	8	2.66
	Coupe	0.115	6	0.015
	Machine d'emballage	1.2	19	0.38
Equipements auxiliaires	Mixeur de la crème à gaufrette	6	2.175	0.22
	Moulin à sucre	5.5	3.63	0.33
	balance	0.01	20	0.003
	Compresseur d'air comprimé	37	8	4.9
			TOTAL	14.37
			PRIX (DH)	13.4

Tab.10 cout de la consommation d'électricité d'une fournée de gaufrette simple

Propane :

Une fournée de gaufrette simple consomme du propane ; le tableau (tab.11) présente la quantité consommé est son coût.

Consommation/jr (l)	Consommation /fournée(l)	Prix litre(DH)	Prix (DH)
650	15.5	15.62	243

Tab.11 coût de la consommation du propane par fournée

3-1-3- Main d'œuvre :

Le taux horaire de la main d'œuvre affecté à la production des gaufrettes simples est de 242.8/h

Donc le totale des charges de production d'une fournée de gaufrette simple est:

Charges de production = cout de matière première+cout de la consommation énergétique +charges de personnel

Charges de production d'une fournée =1173.4 DH

Or ; une fournée de gaufrette simple donne 34 .5 cartons ;

Donc les charges de production du carton est : 34 DH.

3-2-Charges de production des gaufrettes enrobées :**3-2-1- Matière première :**

La matière première utilisée pour une de gaufrette enrobée et son coût se présente dans le tableau (tab.12).

phases	Matières utilisées	Prix/kg(DH)	Quantité utilisée (kg)	Prix en (DH)
Cuisson	Farine	3.45	25	8.25
	Amidon de maïs	5.88	1.5	8.82
	L'huile	10.45	0.4	4.18
	Lécithine soja	12.6	0.3	3.78
	Sel	1.25	0.1	0.125
	E500	5.16	0.1	0.516
	E503	4.2	0.06	0.252
fourrage	Sucre	4.5	14.5	65.25
	Palme	11.76	7.25	85.26
	Palmiste	17.16	5.8	99.52
	Poudre cacao	34	3.625	123.25
	Sel	1.25	0.046	0.057
	Nido	64	0.029	1.85
	Vanille	115	0.05	5.75
enrobage	Sucre	4.5	12	54
	Palmiste	17.16	9.9	169.9
	Poudre cacao	37	2.4	81.6
	Nido	64	0.03	1.9
	Lécithine soja	12.6	0.24	3
emballage	Carton	1.82/unité	44(unité)	80.1
	Papier conditionnement	53	2	106
	scotch	8.8/unité	1	8.8
			Total	990.16

Tab.12 Coût de la matière première utilisée pour la production des gaufrettes enrobées

3-2-2-Cout de la Consommation énergétique :*Electricité :*

Les puissances électriques consommées par les installations pour une journée de gaufrette enrobé et leur coût sont dans le tableau (tab.13).

	équipement	Puissance en (kw /h)	Période de travail/fournée en(min)	Consommation en (KW)
Ligne principale	Mixeur à pate	4.12	4	0.28
	Pompe à pate	0.75	9	0.113
	Four	10	18	3
	Tartineuse	3.04	16	0.81
	Refroidisseur des blocs	4.75	21	1.66
	compresseur	20	8	2.66
	Coupe	0.115	6	0.015
	Machine d'emballage	1.2	19	0.38
	Ligne d'enrobage(Sollich)	20	23	7.6
Equipements auxiliaires	Mixeur de la crème à gaufrette	6	2.175	0.22
	Mixeur à billes de la crème d'enrobage	7	15	1.54
	Moulin à sucre	5.5	3.63	0.33
	balance	0.01	20	0.003
	Compresseur d'air comprimé	37	8	4.9
			TOTAL	23.4
			PRIX (DH)	21.9

Tab.13 coût de la consommation d'électricité d'une journée de gaufrette enrobé

Propane:

Une fournée de gaufrette enrobée consomme du propane ; le tableau (tab.14) présente la quantité consommé est son coût.

Consommation/jr (l)	Consommation /fournée(l)	Prix du litre	Prix (DH)
650	15.5	15.62	243

Tab.14 coût de la consommation de propane d'une fournée de gaufrette enrobé

3-2-3-Main d'œuvre :

Le taux horaire du personnel affecté à la production des gaufrettes enrobées est :

364 DH/h

De la même manière :

La somme des charges est : 1619.8 DH

Coût de production du carton est 36.8 DH sachant qu'une fournée de gaufrette enrobée donne 44 cartons.

3-3-relation entre cout et pertes :

Si on réduit 1% des pertes on gagne 28 feuilles de gaufrettes selon le tableau (tab.8) ; et par la suite ; on gagne 4.5 cartons des gaufrettes enrobées.

On produit une moyenne des cartons de 1450 par jour ;

Donc on va réduire $4.5/1450 = 0.3\%$ du coût de production de ce produit et de même pour les gaufrettes simple

Pour conclure une diminution des pertes de 1% implique une diminution des coûts de production des deux produits de 0.3%

Pour notre cas en va essayer d'éliminer les 80% des pertes ce qui nous permettra de diminuer les charges de production de 24%.

Chapitre 3 Traitement des causes et solutions proposées :

1-Recherche des causes :

1-1-Etude du four :

1-1-1-Rendement massique théorique du four:

La matière sèche entrante au four égale celle qui sort :

$Y(1-h_f) = X(1-h_p)$ avec Y : poids de pate et X : poids des feuilles

$$\Rightarrow \frac{Y}{X} = \frac{1-h_f}{1-h_p} = \frac{1-0.62}{1-0.02}$$

$$\Rightarrow \rho = 38\%$$

1-1-2-Rendement massique réel :

Nombre pates	Poids de pates (kg)	Nombre de feuilles	Poids de feuilles (kg)	Rendement massique
28	1662	7915	546	32%

Tab.15 rendement massique du four

Avec : poids d'une pate = 59kg

Poids d'une feuille = 0.069kg

Donc :

Le rendement massique réel pendant la période des mois 11 et 12 est 32%

1-1-3-Rendement du four :

Production théorique :

Au sein du four il y a une conservation de la matière donc :

Les entrées = les sorties

\Rightarrow Poids de la pate = poids des feuilles + poids de l'eau vaporisée

$\Rightarrow x = N \cdot y + z$

Où :

x : poids de la pate ;

N : nombre de feuilles ;

y : poids d'une feuille ;

z : poids de l'eau vaporisée ;

$$\text{or ; } z = x (h_p - h_f)$$

Avec ;

h_p : humidité de la pate ;

h_f : humidité des feuilles ;

$$\text{Donc : } x = N.y + x(h_p - h_f)$$

$$N = \frac{x(1-h_p+h_f)}{y}$$

CALCUL DE L'HUMIDITE DE LA PATE :

$$H_p = \frac{\text{poids de l'eau dans la pate}}{\text{poids de la pate}} \quad \text{ou} \quad H_p : \text{l'humidité de la patte}$$

Donc,

$$H_p = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot p_i}{P_p} * 100$$

n : nombre des ingrédients

h_i : l'humidité de l'ingrédient i

P_i : le poids de l'ingrédient i dans la patte.

Liste des ingrédients dans la pate de gaufrette et leurs humidités :

Nom d'ingrédient	Poids dans la patte (kg)	humidité
EAU	30 – 33	100%
FARINE	25	13 – 14
AMIDON DE MAIS	1.5	11.93%
HUILE	0.4	1.5%
LECITHINE DE SOJA	0.3	3.8%
SEL	0.1	2%
SODIUM BICARBONAT E500	0.1	31.6%
AMONUIM BICARBONAT E 503	0.06	99.2%

Tab.16 Ingrédients de la pate de gaufrette et leurs humidités

Donc, $H_p = 60.4\%$ et l'humidité mesurée : $H_p = 61.7\%$

Donc le nombre des feuilles produites par une pate de poids x est :

$$N = 5.2 x$$

avec $h_p=0.60$ et $h_f=0.02$ $y=0.069\text{kg}$ et $x(\text{en kg})$.

Le nombre des pates préparées par jour est 36 le poids de chacune 59 kg ;

Donc on doit produire un nombre de feuilles de :

$$N = 5.2 (59 * 36) = 11045$$

Et finalement le rendement du four est ;

$$\rho = \frac{\text{nbre réel des feuilles}}{\text{nbre théorique des feuilles}}$$

$$= \frac{7915}{11045} = 71.6\%$$

1-1-4-Profil de la température du four :

Le four a une longueur de 7 mètre, la pate entre dans le four a l'aide des plaques autoportante fait un tour et revient au point de départ on a suivi la pate et mesuré la température dans plusieurs points de son chemin et on a obtenu les résultats suivantes ;

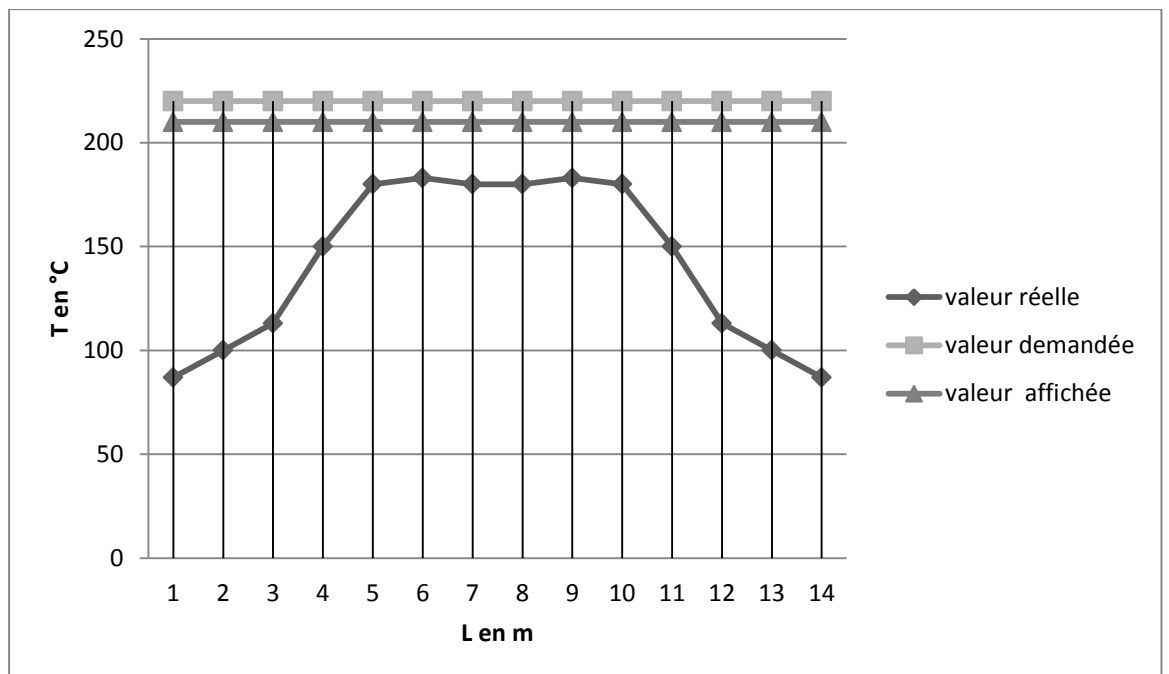


Fig.13

Le profil de la température du four

On remarque que la température du four n'est pas la même tout au long du four ainsi qu'on a un problème au niveau du thermocouple car il ne donne pas la valeur exacte qui est dans le four.

1-2-Causes probables :

Les causes qui peuvent donner des nodules ou des feuilles qui ne sont pas bien cuites sont :

1. La fermeture des parois du four n'est pas efficace ;
2. La texture de la pâte ;
3. Les plaques ne se ferment pas bien ;
4. L'air comprimé utilisé pour enlever les feuilles des plaques casse les feuilles ;
5. L'ouvrier qui exécute le tri a la sortie du four casse les feuilles pendant le tri ;
6. La vitesse des convoyeurs a la sortie du four provoque la casse des feuilles ;
7. Le dosage de la pâte n'est pas correct
8. Vitesse de la fermeture des plaques est grande
9. Pression exercé sur la pâte pendant la cuisson est grande ;
10. Les plaques sont très lisses ;
11. La matière isolante utilisée au four est détruite ;
12. Température n'est pas uniforme dans le four ;

1-3-Diagramme causes-effets :

Nous avons classer toutes ces causes dans le diagramme causes-effets (fig.14).

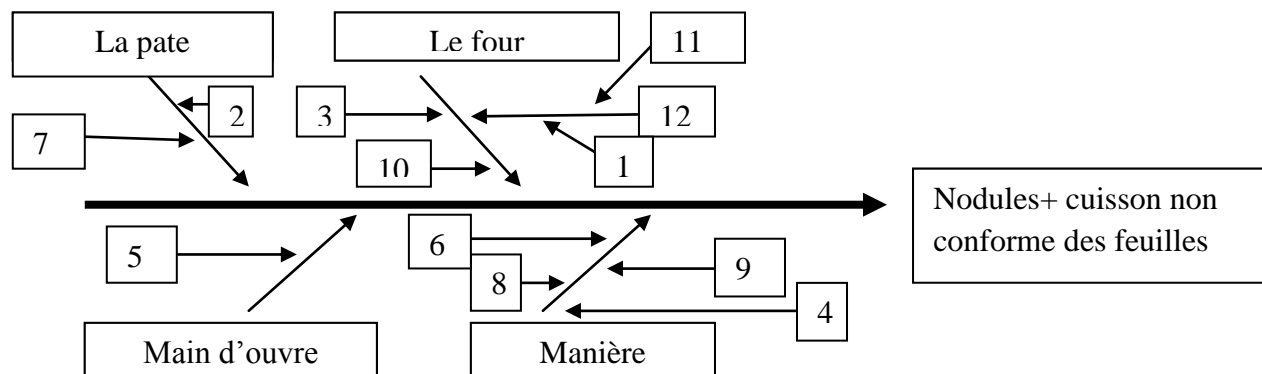


Fig. 14 : diagramme causes-effets

1-4-Causes principales :

- Les pâtes utilisées pour la production des gaufrettes contiennent une grande quantité d'eau ; ce qui donne une grande viscosité ; et par la suite la formation de grumeaux de gluten pendant la confection du mélange provoque la mise à l'arrêt des appareils en bouchant tuyaux et tamis ou qu'il peut en résulter une coloration inégale et une moindre stabilité des gaufrettes, donc la viscosité de la pâte provoque la cuisson non uniforme des feuilles.

- La température qui n'est pas répartie uniformément dans le four ce qui en résulte plus des nodules car à l'entrée du four la température n'est pas assez élevée pour éviter la sortie de la pâte des parois de les plaques. et cela a cause de l'inefficacité de

l'isolation du four ; ainsi car les parois du four qui sont sous forme des portes ne se ferment pas bien ainsi que leurs serrures ne sont pas efficaces (fig. :15).



Fig.15 image des portes du four

2-Solutions proposées

2-1-Solutions correctives :

_ Pour optimiser la viscosité de la pâte on doit ajouter aux ingrédients ‘ une enzyme à gaufrette ‘ Les complexes enzymatiques hydrolytiques liquéfiant permettent de dégrader tout le gluten présent dans une pâte liquide et d’obtenir un mélange homogène qui s’écoule de manière optimale. Du fait de la réduction de la viscosité, il est alors possible de diminuer la quantité d’eau utilisée dans la recette.

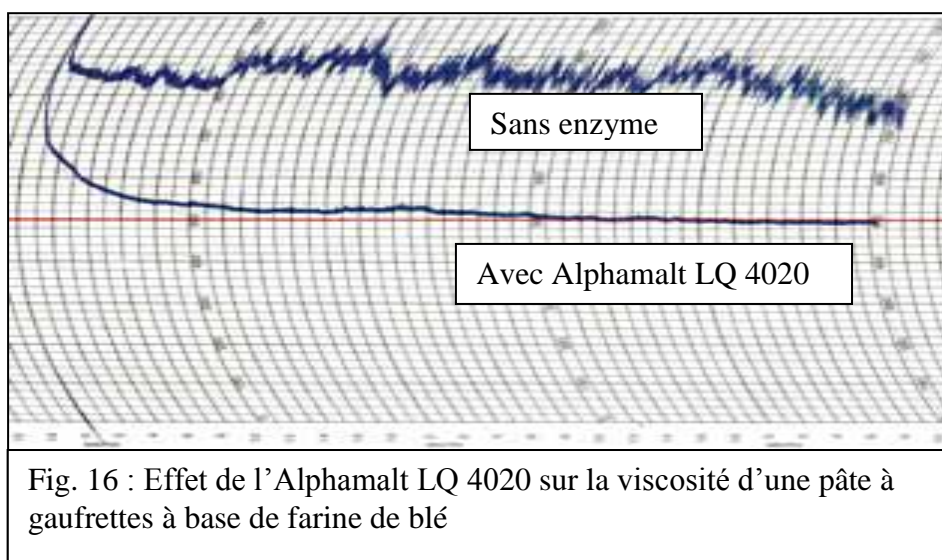
Résultats : la consommation d’énergie est plus faible pendant la cuisson et le nombre de fournées peut être augmenté, la durée de cuisson étant plus courte. C’est pour les process semi-continus avec des temps d’attente (*batch times*) d’au moins 10 minutes que les enzymes de ce type conviennent le mieux, étant donné que la réaction enzymatique nécessite un peu de temps pour se produire.

Un amylographe de Brabender à température constante a été utilisé pour effectuer un test simple qui démontre l’effet d’une « enzyme à gaufrettes » sur les propriétés rhéologiques d’une pâte liquide (Fig.16). Une farine de blé panifiable standard a été utilisée pour tous les essais.

250 g de farine a été utilisé dans 330 ml d’eau à l’intérieur d’un mixer Braun pendant 1 min 45s, puis versé le mélange dans la cuve réactionnelle.

L’enzyme Alphamalt LQ 4020 a été incorporée dans l’un des échantillons, à raison de 20 g pour 100 kg de farine, avant l’agitation du mélange.

Alors que l’échantillon témoin a conservé sensiblement la même viscosité pendant une quarantaine de minutes, l’addition de l’enzyme a provoqué une chute immédiate de la viscosité. De plus, toutes les agglomérations glutineuses ont été totalement détruites, ce que l’on peut voir sur la courbe. En revanche, la courbe de l’échantillon témoin révèle d’importantes fluctuations dues aux grumeaux glutineux adhérant au dispositif d’agitation de l’amylographe.



En ce qui concerne le four on a dit que le problème est la répartition non uniforme de la température à l'intérieur du four et on a constaté que l'isolation du four n'est pas efficace en plus les portes qui sont dans les parois ne se ferment pas bien ;

Donc on doit dans un premier lieu travailler sur les serrures des portes ; on doit les régler pour qu'elles soient plus efficaces ;

Enlever le thermocouple et le remplacer par un autre efficace pour s'assurer qu'on aura la valeur exacte affichée.

2-2-solutions préventives :

Faire un contrôle périodique du profil de la température du four; et du thermocouple intégré dans le four.

Conclusion:

Le but de ce travail consiste principalement à l'optimisation des charges de production des gaufrettes ; à travers la minimisation des pertes de la ligne de production de ce produit ;

A chaque niveau de préparation on obtient des pièces non conformes ; mais ceux qui sont plus importants sont les nodules (c'est de la pâte qui sort de les plaques de cuisson à l'intérieur du four) ; et les feuilles de gaufrettes non conformes à la sortie du four.

On est arrivé donc à dire que pour diminuer le maximum des pertes on doit éliminer les pertes du four.

Mais avant d'étudier le four on a calculé le cout de production de gaufrette dans le but de mettre l'accent sur la diminution du cout gagnée à travers cette étude. Et on a trouvé qu'une diminution des pertes de 80% permettra une réduction du cout de production de 24% ; ce qui rendre intéressant de faire ce travail.

L'étude du four nous a permis de savoir que la température intérieure ne se propage pas régulièrement ;

D'une autre part nous avons constaté que la viscosité de la pâte est élevé ce qui cause la cuisson non conforme des feuilles de gaufrette.

Comme solution ;le travail sur l'efficacité de l'isolation thermique du four est indispensable ;puis l'ajout d'une enzyme à gaufrette tel que l'Alphamalt LQ 4020 aux ingrédients de la pâte dans l'objectif de diminuer la viscosité.

Et comme actions préventives on doit veiller au contrôle du profil de la température du four ; et à l'efficacité du thermocouple intégré dans le four.

Pour conclure il convient de signaler que le four n'a pas un rendement significatif. Certes ; la diminution des pertes signifie une amélioration du rendement comme elle optimise les charges de production ; malgré cela il faut aussi veiller sur l'optimisation des arrêts.

Notamment lorsqu'on sait que le temps d'arrêt du four n'est pas négligeable ;il s'approche de 2h31min pendant une période de travail de 8h ;y compris le temps d'allumage(chauffage) voir (fig.17).

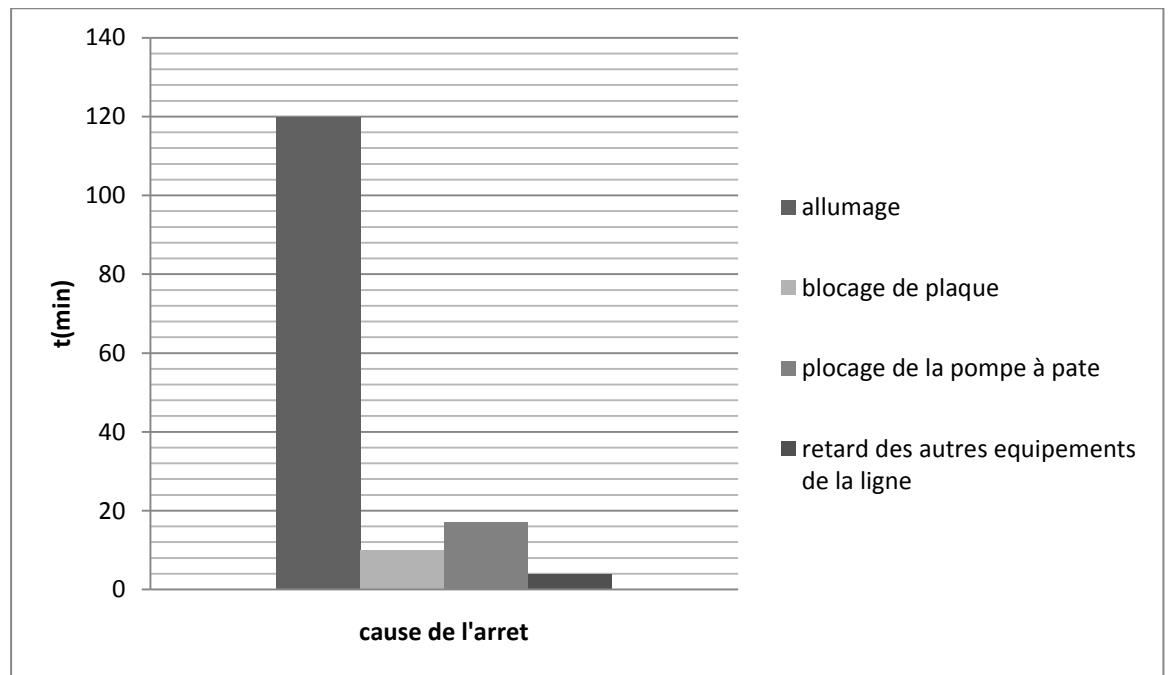


Fig.17 les arrêts du four

C'est une problématique que j'invite l'équipe de travail de l'entreprise à la régler.