

**MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO**



Département : GENIE MECANIQUE ET PRODUCTIQUE
GENIE ELECTRIQUE

Filière : GENIE INDUSTRIEL

Spécialité : THERMIQUE

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Industriel

**CONTRIBUTION A LA MISE EN PLACE DE LA NORMALISATION
DE LA PRODUCTION DU FROID POUR LA CONSERVATION DES
DENREES ALIMENTAIRES PERISSABLES**

Présenté et soutenu par : Monsieur RAFOMANANA Edouard Auguste

Membres de jury

Président : Monsieur ANDRIAMITANJO Solofomboahangy
Maître de Conférences

Examineurs : Monsieur RANARIJAONA Jean Désiré
Maître de Conférences

Monsieur RAKOTONIRIANA René
Assistant de l'Enseignement Supérieur

Monsieur RALAIZANANDRAOTO Jean Marie
Ingénieur - Frigoriste

Encadreur : Monsieur RANAIVOSON ANDRIAMBALA Hariniaina
Maître de Conférences

Date de soutenance : 12 Décembre 2003

Année universitaire : 2002-2003

REMERCIEMENTS

Permettez-moi, Monsieur le Président, les membres de jury et chères honorables assistances, d'exprimer ici, toute ma gratitude et mes vives félicitations à l'égard de Monsieur RANAIVOSON ANDRIAMBALA Hariniaina, Maître de Conférences, enseignant à l'ESPA qui m'a proposé le présent sujet et surtout pour ses aimables soutiens et les multiples conseils prodigués dans la concrétisation et la résolution des problèmes tout au long de ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes vifs et sincères remerciements envers :

- Monsieur RANDRIANOELINA Benjamin, Directeur de l'ESPA, qui a bien voulu me permettre de présenter cette soutenance de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Industriel ;

- Monsieur ANDRIANAHARISON Yvon, Chef de département du Génie Electrique, pour la formation reçue durant les cinq années d'études dont l'actuelle soutenance de mémoire de fin d'étude en est le couronnement ;

- Monsieur RABEATOANDRO Joeliharitahaka, Chef de Département du Génie Mécanique et Productique pour le dévouement dont il avait témoigné principalement durant la formation, et me faisant ainsi un grand honneur ;

- Monsieur ANDRIAMITANJO Solofomboahangy, Maître de Conférences qui a accepté de présider cette soutenance ;

- Monsieur RANARIJAONA Jean Désiré, Maître de Conférences, Enseignant à l'ESPA,

- Monsieur RAKOTONIRIANA René, Assistant de l'Enseignement Supérieur,-
Monsieur RALAIZANADRAOTO Jean Marie, Ingénieur Frigoriste
qui ont bien voulu avec humilité d'accepter comme membres de jury et de vouloir juger avec efficacité mon travail;

- Mes collègues, et tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé dans la mise au point final et qui ont contribué à l'élaboration de ce présent mémoire de fin d'étude surtout à FANJALALAINA.

En particulier mes préférences et mes profondes reconnaissances sont réservées principalement à toute ma famille, pour leur amour, leur soutien moral et matériel.

Merci à vous tous

Edouard Auguste RAFOMANANA

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION 1

PARTIE I THEORIE SUR LES TRANSFERTS DE LA CHALEUR

CHAPITRE I - GENERALITES SUR LES TRANSFERTS THERMIQUES 3

I.1 - Les différents modes de transfert 3

I.1.1 - Le rayonnement 3

I.1.2- La conduction..... 3

I.1.3 - La convection..... 4

I.1.4 - La transmission mixte 6

I.2 - Le régime transitoire étendu (ou régime variable) 6

CHAPITRE II - LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES 7

II.1 - Production du froid 7

II .1. 1 - Principe..... 7

II.1.2 - Les différents procédés existants..... 7

II.1.3 - Les échangeurs thermiques 8

II.I.4- La puissance frigorifique..... 10

II.1.5 - Le diagramme enthalpique 11

II.1.6 - Choix du fluide frigorigène 11

II 2 – Machine à froid 13

II.2.1 - Machine à gaz comprimé..... 14

A - Machine à air : 14

B Machine à eau : 14

II.2.2 - Machine à gaz liquéfiables 15

A - Machine à Auto compression 16

B - Machines à compression mécanique 16

II.3 - Exemple de circuit fluide et électrique de base 17

II.3.1 - Le circuit fluide 17

A - Principe..... 17

B- Tableau: Rôles des éléments principaux..... 17

C - Schéma synoptique d'une installation industrielle 17

II.3.2 - Circuit électrique 17

II.3 .2.1 - Le circuit de commande 18

II.3.2.2 – Le circuit de puissance 18

PARTIE II LA NORME, LES BASES LEGISLATIVES ET LEUR CONTROLE

CHAPITRE I - GENERALITES SUR LES NORMES-MONDIALISATION -

GLOBALISATION..... 19

I.1- Définition 19

I.2 - Utilité..... 19

I.3 - Aspects positifs 19

I.4 - Contraintes 19

I.5 - Place de la mondialisation..... 20

I.6 - Historique..... 20

 A - Sens général..... 20

 B - Sens spécifiques..... 21

CHAPITRE II - REGLEMENTATION SANITAIRE..... 24

II.1- Normes relatives aux infrastructures et aux équipements d'un établissement agréé CEE 24

 II.1.1 – Emplacement de l'établissement..... 24

 II.1.2- Clôture et abords..... 24

 II.1.5 - Equipements 26

 II.1.6 - Entretien physique des locaux et du matériel..... 27

II.2 - Le système documentaire..... 27

 II.2.1 - Le dossier d'agrément 27

 II.2.1.1 - Ecrire les produits fabriqués dans l'entreprise..... 27

 II.2.1.2 - Présenter un plan de situation à l'échelle 1/1000 28

 II.2.1.3.- Présenter un ou plusieurs plans d'ensemble de l'établissement à l'échelle de 1/100 à 1/300 (selon la taille)..... 28

 II.2.1.4 - Décrire l'équipement et le matériel utilisé..... 29

 II.2.1.5.- Décrire les conditions de fonctionnement..... 29

 II.2.1.6 - Capacité de stockage en matières premières et en produits finis, tonnage des produits journaliers..... 29

 II.2.1.7 - Potabilité de l'eau 29

 II.2.1.8.- Plan de nettoyage et de désinfection 29

 II.2.1.9.- Plan de lutte contre les insectes et les rongeurs 30

 II.2.1.10. - Plan de formation du personnel..... 30

 II.2.1.11.- Certificats médicaux du personnel 31

 II.2.1.12.- Documents de maîtrise des températures 31

 II.2.1.13.- Documents de comptabilité Matières: matières premières et produits finis ... 31

II.2.2. Le dossier HACCP.....	31
II.2.2.1. Lettre d'engagement de la Direction de l'entreprise à mettre en place un système HACCP.....	31
II.2.2.2.- L'équipe HACCP.....	31
II.2.2.3.- Décrire les produits fabriqués dans l'entreprise et l'utilisation attendue des produits.....	31
II.2.2.4.- Elaborer les diagrammes de fabrication de tous les produits fabriqués dans l'entreprise	32
II.2.2.5.- Analyse des dangers	32
II.2.2.6.- Déterminer les CCP (Points Critiques pour la Maîtrise) parmi les dangers....	32
II.2.2.7.- Etablir un système de vérification.....	33
II.2.2.8.- Archiver les fiches d'enregistrement des CCP et les fiches d'enregistrement des anomalies et des actions correctives prises	33
II.3 - Etapes successives pour et après l'agrément communautaire	34
II.4.- Contrôles et analyses au sein des établissements agréés CEE.....	35
II.4.1.- L'obligation réglementaire de contrôler.....	35
II.4.2.- L'innocuité des denrées alimentaires"	35
II.4.3.- Les différents modes d'examen	35
II.4.4. Les deux types de contrôles ; les contrôles officiels et les autocontrôles	36
II.4.5. Pour la réalisation des contrôles	38
II.4.6. Tableau récapitulatif et indicatif des contrôles et analyses.....	38
II.5. Rappel des mesures spécifiques de lutte contre le choléra (V/brio Cholerae).....	41
II.5.1. Qualité de l'eau distribuée	41
II.5.3. Suivi médical du personnel.....	42
II.5.4. Hygiène du personnel au des ateliers et sur les bateaux	42
II.-5.5 Procédures de nettoyage et de désinfection.....	42
II.5.6 Procédures de lutte contre les animaux indésirables.....	42
II.5.7 Contrôle des produits finis : applicables aux denrées préparées dans les établissements à terre ou à bord des chalutiers congélateurs.....	42
II.5.8 Communication des résultats des analyses micro-biologiques.....	43
CHAPITRE III - GUIDE HACCP	44
III.1 - Présentation du manuel.....	44
III.2 Plan HACCP	45

PARTIE III SUGGESTIONS TECHNIQUES

CHAPITRE. I - PROPOSITION DF. NORME.	46
I.1 - Les exigences	46
I.2 – Détail des exigences	48
I.2.1 - Implantation de l'Usine ou de l'Etablissement	48
I.2.2 - Cahier de charges conçu par l'importateur.....	49
I.2.3 - Source d'alimentation: Alimentation principale et source de sécurité.....	49
I.3 - Conditions de stockage et d'entreposage.....	49
I.3.1 - Contrôles et analyses finaux	50
I.3.2 - Transports et expéditions	50
I.4 - Principes à adapter pour les installations frigorifiques	51
CHAPITRE II: PROPOSITION D'UNE INSTALLATION FRIGORIFIQUE ET CONNEXE	55
II .1 - Proposition.....	55
II.2 - Circuit fluidique	55
II.3 Circuit électrique	58
II.3.1 Circuit de commande	58
II.3.2 - Circuit de puissance.....	59
II.3.3 - Légende	59
CHAPITRE III – PROGRAMMATION ET RESULTATS	61
III.1 Base de calcul	61
A Pour la réfrigération des denrées à conserver	61
III.2 Organigramme de résolution	69
III 3 Résultats et interprétations.....	70
II.4 Suggestion pratiques	74
CONCLUSION GENERALE	76
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

TABLE DES ABREVIATIONS

ABVT	: Azote Basique Volatil Total
AFF	: Associations des Formateurs Frigoristes (France)
AFNOR	: Agence Française de NORmalisation
CCE	: Commission des Communautés Européennes
CCP	: Critical Control Point
CEE	: Commission Economique Européenne
COS	: Certificat d'Origine de Salubrité
CV	: Curriculum Vitae
CNRE	: Centre National de Recherche Environnementale
DACSS	: Direction Appui Contrôle Surveillance et Statistiques (Ampandrianomby)
DARS	: Direction des Appuis à la Recherche Scientifique (France)
DSV	: Direction des Services Vétérinaires (Ampandrianomby)
ENITRTS	: Ecole Nationale des Ingénieurs de Travaux Ruraux et des Techniques Sanitaires (France)
ESP	: Ecole Supérieure Polytechnique (Université d'Antsiranana)
ESSA	: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (Université d'Antananarivo)
EVO	: Equipe de Vétérinaires Officiels
HACCP	: Hazard Analysis for Critical Control Point
INSTN	: Institut National des Sciences Techniques Nucléaires
IPM	: Institut Pasteur de Madagascar (Antananarivo)
IFFI	: Institut de Formation des Frigoristes et Ingénieurs (France)
ISO	: International Standardization for Organization
MBS	: Méthode à Base Salinaire
OIT	: Organisation' Internationale du Travail
PPTE	: Pays Pauvres Très Endettés
TCBS	: Thiosulfate Citrate Bile Saccharose
UK	: United Kingdom (Royaume-uni)
USA	: United States of America
INSTN	: Institut National des Sciences Techniques Nucléaires

TABLE DES FIGURES

Figure 1:	Diagramme d'air humide de CARRIER.....	9
Figure 2:	Diagramme enthalpique.....	11
Figure 3:	Circulation théorique générale de fluide frigorigène.....	17
Figure 4:	Circuit de commande général	18
Figure 5:	Circuit de puissance général	18
Figure 6:	Schéma en coupe d'une chambre froide	52
Figure 7:	Régulateur de pression de condensation.....	56
Figure 8:	Régulateur de démarrage (KVL)	56
Figure 9:	Vanne à pression différentielle (NRD).....	56
Figure 10:	Clapet de retenue (NRV)	56
Figure 11:	Circuit fluide de l'installation frigorifique proposée.....	57
Figure 12:	Circuit de commande de l'installation frigorifique proposées	58
Figure 13:	Circuit de puissance de l'installation frigorifique	59
Figure 14:	Différentes formes de produits	62
Figure 15:	Courbe donnant les coefficients C_1, C_2, C_3	63
Figure 16:	Forme géométriques des denrées à conserver	64
Figure 17:	Congélation unidimensionnelle (poisson)	70
Figure 18:	Congélation bidimensionnelle (poisson).....	71
Figure 19:	Congélation tridimensionnelle (poisson).....	71
Figure 20:	Réfrigération unidimensionnelle (beurre)	72
Figure 21:	Réfrigération cylindre fini (beurre)	72
Figure 22:	Réfrigération parallélépipède finie (beurre)	73
Figure 23:	Réfrigération unidimensionnelle (bœuf)	73
Figure 24:	Réfrigération cylindre fini (bœuf)	74
Figure 25:	Réfrigération parallélépipède finie (bœuf)	74

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Cycle de changement d'état physique.....	7
Tableau 2 :	Caractéristiques des fluides frigorigènes avec chlore.....	12
Tableau 3 :	Caractéristiques des fluides frigorigènes récents, sans chlore.	13
Tableau 4 :	caractéristiques des gaz liquéfiables.....	16
Tableau 5 :	Rôle des éléments principaux.....	17
Tableau 6 :	Tableau de prélèvement.....	36
Tableau 7 :	Tableau récapitulatif.....	41
Tableau 8 :	Capacité surfacique d'une chambre froide pour les accrochages".	53
Tableau 9 :	Durée de conservation des différentes denrées.....	54
Tableau 10 :	Tableau donnant les coefficients μ^2 , χ^2 , K^2	63

INTRODUCTION

Une installation frigorifique exige une étude économique poussée pour permettre de déterminer le prix de revient de l'appareillage et la rentabilité de l'exploitation. Les éléments dépendent d'un certain nombre de critères physiques tels que: puissance à fournir, température demandée, coefficient global de transmission de chaleur, surface d'échange de chaleur, surface d'échange de chaleur, etc.

Pour satisfaire à ces exigences et aux normes, l'apparence des installations ne suffit pas pour juger de l'efficacité de leur rendement. Il faudrait procéder à des contrôles suivant les caractéristiques bien définies.

Le but de ce mémoire est en fait de proposer une norme malagasy qui convient aux contrôles des installations frigorifiques, ainsi que de donner des appréciations scientifiques par rapport aux réglementations Nationales et Internationales.

Il est vrai que toute installation est l'objet d'une réception qui doit être conforme aux normes qui la définit, mais il se peut qu'elle ne soit pas sollicitée à ses besoins énergétiques (puissance, température, circulation d'air etc.) parce que les conditions voulues ne sont pas atteintes. Il est donc nécessaire de procéder à des mises en place de contrôles permettant de déterminer avec une bonne précision des performances des installations frigorifiques.

En fait, un contrôle permet un jugement, non seulement qualitatif mais aussi quantitatif. C'est un jugement basé sur des méthodes scientifiques suivant des normes législatives ou des protocoles de garanties pour Madagascar.

Les buts recherchés lors des contrôles sont de vérifier les performances des équipements frigorifiques dictées par les protocoles ou des tests législatifs adéquats à l'Etat malagasy.

De plus, Madagascar est une île. Toutefois, elle ne peut pas vivre en autarcie parce que le développement se base sur la production et la commercialisation qui ont des références de valeur dans les échanges extérieurs, soit pour valoriser ses produits, soit pour se procurer des biens et services dont elle a besoin. Ces échanges vont prendre une dimension internationale et mondiale : c'est l'ère de la « MONDIALISATION ».

Si nous pouvons définir la mondialisation comme un stade de développement auquel toute nation doit aspirer pour faciliter ses échanges, des lois et des obligations bien définies viennent régir ces échanges. Ces lois et obligations constituent des normes que nous allons traiter dans ce mémoire.

Dans cette foulée, ce mémoire englobe trois grandes parties. Pour traiter la première partie, nous avons deux chapitres qui présentent respectivement la théorie sur les transferts de chaleur et les installations industrielles. En connaissant l'existence de la norme, celle-ci doit posséder des obligations à respecter selon le pays ou le groupe de pays importateurs.

La deuxième partie renferme quatre chapitres dont le premier chapitre met en évidence les points essentiels d'une norme. Le deuxième chapitre montre que le fondement de la normalisation est basé sur l'historique de l'évolution des échanges économiques internationaux: la mondialisation - globalisations. Le troisième chapitre représente la norme AFNOR-CEE (Agence Française.. de NORmalisation – Commission Economique Européenne) transcrit en loi malgache par le service concerné à Madagascar qui n'est autre que le DSV-DACSS (Direction -des- Services Vétérinaires - Direction Appui, Contrôle, Surveillance et Statistiques) d'Ampanandrianomby Antananarivo, suivi du quatrième chapitre qui est le fruit de cette transcription sur le plan contrôle qualité et de la salubrité des denrées.

Pour terminer, nous allons entamer la troisième partie qui sont des normes suggérées pour Madagascar. Cette partie renferme trois chapitres. Le premier est une proposition de normes. Le deuxième chapitre est une proposition de solution technique afin de réaliser les propositions du chapitre précédent. Le troisième est une programmation de calcul des différents paramètres essentiels afin d'obtenir des résultats sous formes de courbes pour les utilisateurs.

Nous terminons par une suggestion d'applications en essayant de tirer une conclusion sur l'appréciation scientifique, technique et législative se basant aux réglementations nationales et internationales de contrôles.

PARTIE I
THEORIE SUR LES TRANSFERTS DE LA CHALEUR

CHAPITRE I - GENERALITES SUR LES TRANSFERTS THERMIQUES

I.1 - Les différents modes de transfert

Une installation frigorifique attache une très grande importance aux phénomènes physiques régissant la transmission de la chaleur d'un corps à un autre ou au travers d'un même corps. En effet, elle est conçue à abaisser ou à élever la température. Pour maintenir une température constante au cours d'une exploitation, celle-ci est particulièrement sensible aux échanges de chaleur. Cet échange de chaleur est assuré par trois modes de transmission habituellement :

- par rayonnement
- par conduction
- par convection

Le plus souvent, lors des échanges de chaleur, les trois phénomènes se produisent simultanément.

I.1.1 - Le rayonnement

Un exemple de phénomène de rayonnement est la chaleur émise par le soleil. Cette chaleur est transmise par rayonnement à la terre à travers le vide intersidéral. Le phénomène s'explique comme suit : des rayons calorifiques quittent la surface du corps chaud et sont absorbés par la surface du corps froid. C'est une propagation de chaleur à distance sans intermédiaire du milieu matériel, elle se fait en ligne droite. On peut rencontrer plusieurs cas :

- La chaleur émise par unité de temps par rayonnement dépend de la surface rayonnante (S), de la température absolue (T) de cette surface à la quatrième puissance et d'un paramètre C dit: "émissivité", qui est caractéristique de l'état de surface.

$$Q = CST^4$$

Q: Chaleur émise en Kcal.h⁻¹

C : Emissivité en Kcal.m⁻². °K⁻⁴

S : Surface rayonnante en m²

T: Température absolue en °K

Cette formule est connue sous le nom de loi de STEFAN – BOLTZMANN

I.1.2- La conduction

Dans ce deuxième mode de transmission de la chaleur, la chaleur est transportée par l'énergie cinétique des molécules qui se touchent sans que la masse du corps soit en mouvement. C'est un transfert de chaleur à l'échelle atomique. Il se fait à travers toute substance solide, liquide ou gazeuse immobile. Ces substances se caractérisent par un

coefficient de conductibilité thermique λ en Kcal/m.h°C, ou W/m. Celui-ci exprime la quantité de chaleur transmise par unité de temps à travers l'unité de surface de substance par unité d'épaisseur soumise entre ces deux surfaces à une différence d'une unité de température. Ce coefficient a un grand rôle dans la technique d'isolation. Il dépend de la nature, de la structure et de la température du matériau isolant. La quantité de chaleur écoulee par unité de temps est donnée par :

$$Q = - \lambda . S \left(\frac{d \theta}{dx} \right) \quad (1)$$

S : Surface en m²

θ : Température en °C

x : la direction de propagation en m

Mathématiquement, la conduction s'exprime par l'équation de FOURIER obtenue en utilisant l'équation, (1), qui pour une transmission de chaleur dans les trois dimensions s'écrit :

$$\frac{d \theta}{dt} = \frac{\lambda}{\rho C} \left(\frac{\partial^2 \theta}{dx^2} + \frac{\partial^2 \theta}{dy^2} + \frac{\partial^2 \theta}{dz^2} \right)$$

où C : chaleur massique en kcal.kg⁻¹. °C⁻¹

t : facteur temps en h

ρ : masse volumique kg.m³

θ : température en °C

I.1.3 - La convection

Grâce aux déplacements des molécules qui le composent, le fluide (liquide ou gaz) transmet la convection de la chaleur. La puissance échangée dépend de la nature du fluide, de la vitesse de déplacement de l'écart de température de la forme (dimension et état de surface) du solide. Les transmissions de chaleur se caractérisent par un coefficient d'échange qui est le coefficient d'échange par convection α exprimant la quantité de chaleur par unité de temps, par unité de surface et unité d'écart de température α s'exprime donc en Kcal/h.m².°C.

Considérons un petit élément de surface dans d'un solide à une température θ_1 , en contact direct avec un fluide à une température θ_2 . Le flux élémentaire calorifique échangé entre la paroi et le fluide sera donc par heure :

$$dQ = \alpha(T_1 - T_2).dS$$

avec Q en kcal/h

$T_1 = \theta_1 + 273$ en °K

$T_2 = \theta_2 + 273$ en °K

- Pour une transmission de chaleur par convection résultant des écarts de température entre des différentes régions, l'échange est en convection libre dite naturelle. Les mouvements de fluide sont généralement lents, la puissance échangée est limitée.

- Il se peut que le déplacement du fluide soit activé pour accroître les échanges (par un ventilateur dans les gaz, ou par une pompe ou par un agitateur dans les liquides). Dans ce cas l'échange s'effectue en convection forcée.

L'étude théorique des échanges par convection est un problème de dynamique des fluides et de thermodynamique. Le coefficient a doit donc dépendre de toutes les circonstances qui influent sur-le-champ de vitesse et sur-le-champ de températures dans le fluide, c'est-à-dire des dimensions, de la forme et de la rugosité des parois, des forces qui conditionnent le mouvement et des coefficients thermiques du fluide. En général, a est proportionnel à la vitesse du fluide V , à sa masse spécifique ρ et à sa chaleur spécifique C .

Empiriquement, l'expression générale des coefficients de convection a en convection forcée en supposant que la rugosité des parois est négligeable, est donnée par le nombre sans dimension de Biot :

$$Bi = \frac{\alpha l}{\gamma} = A \left(\frac{\rho V l}{\mu} \right)^m \left(\frac{\mu C}{\lambda} \right)^n = A \cdot Re^m \cdot Pr^n$$

où **Bi** (ou Nu) = $A \cdot Re^m \cdot Pr^n$

μ : viscosité dynamique du fluide en kg/m².°C

λ : conductivité thermique en Kcal /m.h. °C

l : la longueur de référence en m (diamètre des tubes, longueur des plaques ...)

soient $Bi = \frac{\alpha l}{\gamma}$ (ou Nu) appelé nombre de Biot ou Nusselt

$Re = \frac{\rho V l}{\mu}$ appelé nombre de REYNOLDS et qui spécifie la caractéristique de

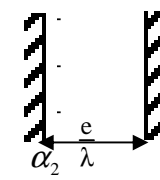
l'écoulement.

$Pr = \frac{\mu C}{\lambda}$ appelé nombre de PRANDTL.

A est une constante, m et n des exposants numériques. Dans la relation, Re caractérise donc les conditions de l'écoulement du fluide et Pr, les propriétés physiques de celui-ci. Il s'ensuit ainsi que suivant que la convection soit forcée ou naturelle, le coefficient de convection a est grand ou petit.

I.1.4 - La transmission mixte

En pratique, les trois modes de transmission de chaleur agissent simultanément et ne peuvent pas être dissociés. Ainsi, pour deux milieux fluides séparés par une paroi solide, la chaleur est échangée par rayonnement, conduction et convection. Ce transfert est défini par le coefficient global de transmission de la chaleur K exprimé par la formule.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$


The diagram shows a vertical wall of thickness e and thermal conductivity λ . On the left side, there is a medium with surface coefficient α_1 . On the right side, there is a medium with surface coefficient α_2 . Arrows indicate heat transfer from the left medium through the wall to the right medium.

α_1 et α_2 sont les coefficients d'échange superficiel faisant intervenir à la fois les transferts convectifs et radiatifs de chaque milieu avec la paroi.

e : épaisseur de la paroi.

λ : le coefficient de conductivité thermique de chacun des matériaux constituant la paroi.

Connaissant le coefficient K d'une paroi, le flux de chaleur transmis à travers la surface S de celle-ci sera par heure :

$$Q = KS (T_1 - T_2)$$

T_1 et T_2 étant les températures absolues moyenne des milieux de part et d'autre la paroi.

I.2 - Le régime transitoire étendu (ou régime variable)

Le régime transitoire étendu diffère du régime permanent par la grandeur temps. En effet, l'évolution de la température dans un corps exige des échanges thermiques par conduction qui se traduisent par la relation

$$\theta = f(x, y, z, t)$$

t : le temps

x, y, z : Des points représentatifs de l'évolution de la température sur les trois axes orthonormés dans les phénomènes de conduction en régime variable.

Ainsi, l'équation de s'écrit:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\lambda}{\rho C} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) + \frac{P}{\rho C}$$

Où $\lambda/\rho C$ est la diffusivité thermique caractérisée par le rapport de la conductivité thermique λ du corps au produit de sa chaleur massique C par sa masse volumique ρ . P désigne la génération interne. L'étude analytique des phénomènes de transmission de chaleur par conduction en régime variable dans un corps solide consiste donc à l'intégration de l'équation de précédente

CHAPITRE II - LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES

II.1 - Production du froid

II.1.1 - Principe

De la définition même de la production du froid, qui est d'absorber de la chaleur à un milieu dont la température devient inférieure à celle des milieux de refroidissement naturel, il est nécessaire de chercher des phénomènes endothermiques, c'est-à-dire des phénomènes absorbant la chaleur à des températures inférieures à celles du milieu à refroidir.

II.1.2 - Les différents procédés existants

Compte tenu des éléments précédents (diagramme enthalpique, et circuit fluidique), il existe plusieurs procédés de production du froid. Nous allons citer succinctement ces différents procédés et d'en tirer le procédé le plus utilisé actuellement:

- La dissolution de certains sels dans l'eau
- La détente d'un gaz préalablement comprimé: détente de JOULE-THOMSON ou détente sans travail extérieur à effet frigorigène faible, détente avec travail extérieur à effet frigorigène important.
- L'effet PELTIER: production du froid par passage d'un courant continu dans un circuit électrique hétérogène.
- Le dernier procédé le plus utilisé souvent est celui de la production du froid basée sur le changement d'état de la matière. L'industrie frigorigène utilise en effet tous les phénomènes accompagnant ces changements d'état physique et celle sous des formes et pour les applications diverses que nous énumérons dans le tableau ci-dessous.

1-ETAT PHYSIQUE			PHENOMENE PHYSIQUE	UTILISATION INDUSTRIELLE
SOLIDE	LIQUIDE	GAZEUX		
→			FUSION	- Glacière à glace - Solutions eutectiques etc.
←			SOLIDIFICATION	Fabrique de glace
	→		VAPORISATION	- Machines frigorigènes à compression
	←		CONDENSATION	- Utilisation directe: azote liquide
	→		CONDENSATION dans le gaz	Conditionnement d'air
→			SUBLIMATION	Utilisation de la glace carbonique carbonique CO2 (Lyophilisation)

Tableau 1 : Cycle de changement d'état physique.

Source : Cours thermodynamique ESPA

Pour réaliser les différents changements d'états physiques décrits par le tableau ci-dessous, on doit recourir au fonctionnement des échangeurs thermiques pour une installation frigorifique.

II.1.3 - Les échangeurs thermiques

L'évaporation et le condenseur sont les échangeurs thermiques principaux dans une machine frigorifique à compression. Ils se caractérisent par la relation d'échange :

$$Q = KS (T_1 - T_2)$$

avec K : coefficient global d'échange thermique en kcal/m².h.°C

S : surface d'échange en m²

$T_1 - T_2$: écart de températures de part et d'autre de la surface d'échange en °K

a/ Les évaporateurs

Les évaporateurs peuvent être montés suivant deux systèmes d'alimentation:

- l'évaporateur est dit "sec" ou à "surchauffe" lorsqu'il est alimenté par un détendeur et dont le fluide sort à l'état gazeux, surchauffé ou non.

- l'évaporateur est dit "noyé" lorsqu'il est suralimenté en fluide frigorigène liquide.

C'est à dire une partie du fluide non évaporée peut ressortir de l'appareil à l'état liquide.

Ce type de montage est celui couramment utilisé sur machines frigorifiques de petite et moyenne puissance. On doit avoir une légère surchauffe des vapeurs et fluide frigorigène sortant de l'appareil. Cette surchauffe est égale à :

$$S = \theta_s - \theta_e$$

θ_s étant la température de sortie du fluide

θ_e est la température d'évaporation

Comme le fluide frigorigène sortant de l'évaporateur n'est pas entièrement vaporisé d'une part, on emploie un séparateur de liquide qui alimentera l'évaporateur en fluide liquide, et d'autre part le compresseur en fluide gazeux. Le fluide circulera soit naturellement soit par l'intermédiaire d'une pompe. Son avantage, d'où son emploi très fréquent dans les machines frigorifiques industrielles, est son grand coefficient global d'échange thermique par rapport aux évaporateurs à surchauffe. On rencontre selon les usages, les évaporateurs suivants:

i/- Les évaporateurs refroidisseurs de liquide (à eau, à saumure ...) pouvant être à immersion, multitubulaire, à ruissellement, à double tube ou contre courant. On adopte généralement un écart de température

$$\Delta\theta = \theta_A - \theta_e, \text{ qui de l'ordre de } 2 \text{ à } 6^\circ\text{C}$$

θ_A : température du milieu à refroidir

θ_e : température d'évaporation

ii/ - Les évaporateurs d'air pouvant être à tubes lisses ou à ailettes, à convection naturelle ou forcée. La plupart des temps, il convient de maintenir dans la chambre froide une température moyenne d'air donné θ_A et aussi un degré hygrométrique ϕ généralement défini.

Dans ce cas, l'écart de température $\Delta\theta$ ne peut plus être choisi arbitrairement car il existe une relation directe entre ϕ et l'écart de température $\Delta\theta_e$ telle que :

$$\phi = \frac{f}{F} \theta_A$$

f étant la tension partielle de la vapeur d'eau dans l'air de la chambre froide à la température θ_A .

F étant la tension maximum de la vapeur d'eau à la même température θ_A .

Ainsi, si la température θ_A de l'air de la chambre est déjà choisie, F se trouve fixée. Par la suite, plus la température d'évaporation θ_e du fluide frigorigène est basse ou encore, plus $\Delta\theta_e$ est grand, la tension partielle de vapeur d'eau f est plus basse ainsi que le degré hygrométrique ϕ . Par contre, si $\Delta\theta_e$ diminue, θ_e se rapproche de θ_A , f s'élève et ϕ croît en tendant vers l'unité.

On peut représenter ceci sur le diagramme d'air humide de CARRIER.

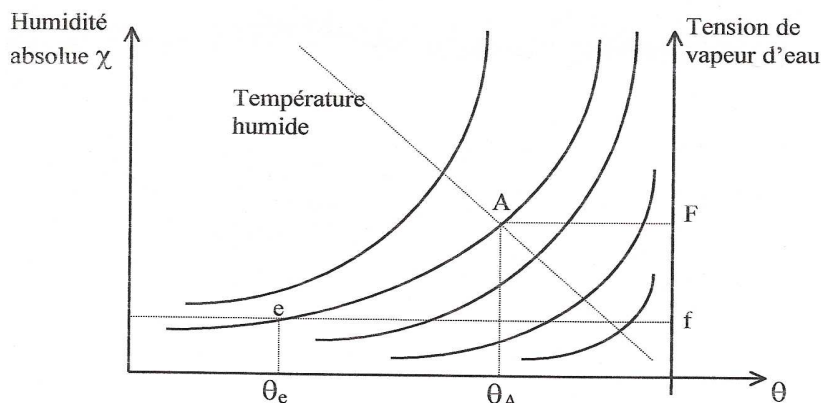


Fig 1: Diagramme d'air humide de CARRIER

b - Les condenseurs

En pratique, on utilise deux types de condenseurs :

- Les condenseurs à refroidissement à air
- Les condenseurs à refroidisseurs par eau

b.1 - Les condenseurs à refroidissement à air

Ils peuvent être à circulation naturelle ou à circulation forcée d'air sur des tubes à ailettes pour les groupes frigorifiques commerciaux ou pour les groupes frigorifiques industriels dans le cas de la pénurie d'eau ou d'interdiction d'eau. Les débits d'air sont maintenus telle que la vitesse de ventilation sur la surface frontale du condenseur à air soit comprise entre **1** et **3** m/s.

b.2-Les condenseurs à refroidissement par eau

Le fluide frigorigène se condense sur la surface extérieure des tubes parcourus par l'eau de refroidissement. Par raison d'économie, l'eau est souvent recyclée, à la sortie du condenseur, elle est refroidie dans un tour de refroidissement. Les débits d'eau sont maintenus tel que l'échauffement de celle-ci soit compris entre **5** et **8**°C. On rencontre dans les installations courantes, les condenseurs à double tube montés à contre courant, les condenseurs à calandre multitubulaires, modèle le plus répandu dans les machines frigorifiques de forte puissance.

II.I.4- La puissance frigorifique

La puissance frigorifique d'une machine est par définition la production frigorifique de celle-ci pendant une unité de temps. On distingue en général trois catégories de puissance frigorifiques :

- La puissance frigorifique globale qui est la quantité de chaleur totale absorbée par une machine fonctionnant dans les conditions déterminées pendant l'unité de temps.
- La puissance frigorifique utile qui est la quantité de chaleur effectivement absorbée pendant l'unité de temps par l'évaporateur au fluide à refroidir.
- La puissance frigorifique spécifique est rapport de la puissance frigorifique à la puissance mécanique absorbée par la machine. La puissance frigorifique d'une machine et la puissance mécanique absorbée dépendent des conditions de fonctionnement de la machine.
- Ainsi, elles diminuent lorsque la température d'évaporation s'abaisse ou lorsque celle de condensation s'élève. On nomme quelques fois ce rapport coefficient d'efficacité frigorifique ou coefficient de performance.

II.1.5 - Le diagramme enthalpique

Le diagramme enthalpique est l'un des outils thermodynamiques qui permettent d'estimer qualitativement et quantitativement les paramètres ou les données nécessaires aux calculs des divers éléments dans une installation frigorifique. Le diagramme est accompagné du circuit fluide. Ce dernier décrit l'état, la pression et le parcours du fluide frigorigène.

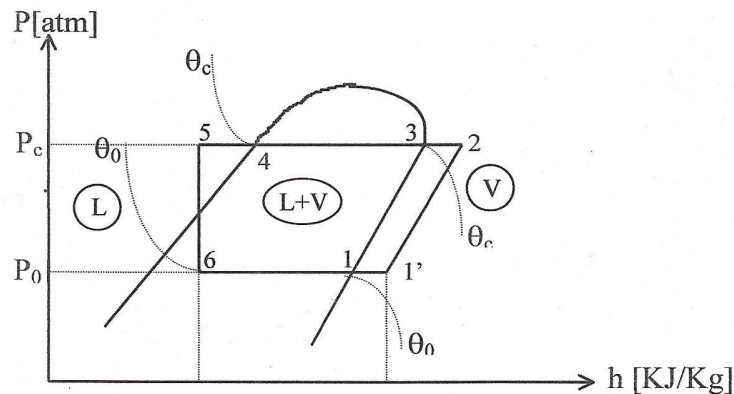


Fig 2: Diagramme enthalpique

6-1 : Evaporation à la température θ et à la pression P_0

1-1' : Surchauffe $\Delta\theta = \theta'_1 - \theta_0$

1'-2 : Compression de la pression P_0 à la pression P_c du volume massique V_a au volume massique V_r .

2-3 : Désurchauffe $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_c$

3-4 : Condensation à la température θ_c et à la pression P_c

4-5 : Sous refroidissement $\Delta\theta = \theta_c - \theta_5$

5-6 : Détente de la pression P_c à la pression P_0

II.1.6 - Choix du fluide frigorigène

Pour satisfaire aux besoins énergétiques et thermodynamiques d'une machine frigorifique, on doit disposer d'un choix de fluide frigorigène convenable. Ce fluide doit être dépourvu de toxicité, de flammabilité et d'explosibilité. L'effet de leur utilisation ne doit pas être néfaste pour notre environnement pendant l'opération de substitution éventuelle. On doit penser à la combinaison de plusieurs caractéristiques d'ordre technique, des problèmes de coût de frais d'exploitation selon la taille et de la puissance de l'installation.

Dans la plupart des cas, on utilise un fluide frigorigène possédant :

- un point de fusion très bas
- une masse volumique très élevée de la vapeur formée
- un taux de compression très faible
- un exposant adiabatique faible
- une grande stabilité thermique.

Réfrigérant	R12	R22	R502	Ammoniac R117
Formule chimique	CF ₂ Cl ₂	CF ₂ Cl	(1)	NH ₃
Température de solidification en °C	- 155	- 160		- 77.9
Température critique en °C	112	96	-90.1	132.4
Température d'ébullition normale	-29.8	-40.8	-45.6	-33.3
Pression critique en bar absolu	40	49.34	42.53	113
Tension de vapeur à -25°C en bar absolue	2.185	3.610	4.140	2.910
Volume massique en bar absolu	6.500	10.520	12.08	10.00
Volume massique en m ³ /kg à - 10°C	0.078	0.065	0.044	0.418
Chaleur latente de vaporisation en KJ/kg) à la température d'ébullition	165	234	178	1367
Exposant adiabatique $\gamma = C_p / C_v$ (valeur moyenne)	1.138	1.190	1.133	1.312
Miscibilité aux huiles	B	(2)	(2)	N
Toxicité	N	N	N	G
Inflammabilité	N	N	N	(3)

Tableau 2 : Caractéristiques des fluides frigorigènes avec chlore Source : Doc A. H. RANAIVOSON

B : bonne G : Grande N : Nulle

(1) : Mélange azéotropique de R 22 et de R12 (R12 58%, R22 42%)

(2) : Variable avec la température et de la concentration du mélange.

(3) : Possibilité à haute température et à haute pression en présence d'huile.

Ce tableau montre les caractéristiques principales des fluides frigorigènes les plus utilisés.

Actuellement, ces fluides sont remplacés par des fluides hydro fluorocarbures tels R. 410 A pour des petites puissances (<15kW) et R407C pour des grandes puissances (>15KW)

	R 407C	R 410A
Masse moléculaire (g/mol)	-	72,58
Température d'ébullition sous 1 atm (°C)	- 44	- 51,4
Température de rosée sous 1 atm (°C)	- 36,8	-
Pression de vapeur à 25 °C (bar)	11,9	16,7
Pression critique (bar)	86	71
Masse volumique liquide à 25° C (kg/m ³)	48,2	49,1
Masse volumique de vapeur saturée au point d'ébullition (kg/m ³)	4,47	4,19
Viscosité vapeur (cP)	0,139	0,0138
Viscosité liquide (cP)	0,25	0,019
Glissement de température à 1 atm (°C)	4,8	4,2
Chaleur de vaporisation au point d'ébullition (kJ/Kg)	-	268,4
Conductivité thermique liquide à 25°C (W/mK)	-	0,036
Durée de vie dans l'air (années)	Nc	Nc
ODP	1610	1890
Toxicité	Faible	Faible
Flammabilité	Non	Non
Miscibilité avec huile minérale	Non	Non
COP théorique	0,97	0,88
Puissance frigorifique	1,00	1,37
Pression de refoulement (MPa)	2,19	3,17
Température de refoulement (°C)	91	98

Tableau 3 : Caractéristiques des fluides frigorigènes récents, sans chlore. Source : manuel DANFOSS

II 2 – Machine à froid

Les machines servant à produire le froid peuvent se partager en deux grands groupes

- machine utilisant la détente de gaz comprimés ;
- machine utilisant la vaporisation de gaz liquéfiés.

Dans le premier groupe, se trouvent les machines à Air. Transitivement les machines à anhydride carbonique fonctionnant au-dessus du point critique peuvent être comprises dans ce

groupe. Le second groupe comprend les machines à vapeur d'eau et les machines à gaz liquéfiables. Les machines à vapeur d'eau demandent une vaporisation rapide, par conséquent l'enlèvement immédiat des vapeurs après leur formation, suivant le mode de l'enlèvement des vapeurs, on peut distinguer:

- Les machines à vide
- Les machines à éjection (Machine Leblanc)
- Les machines à absorption par l'acide sulfurique (Machine carrée).

Les machines à gaz liquéfiables comprennent:

- Les machines à compression thermique, à auto compression
- Les machines à compression mécanique

II.2.1 - Machine à gaz comprimé

A/ - Machine à air :

La détente de l'air comprimé produit un abaissement de température très appréciable. Si de l'air est comprimé à une pression p puis ramené à une température t inférieure à la température atteinte par la compression, sa détente jusqu'à la pression atmosphérique p' permet théoriquement d'atteindre une température absolue indiquée par la formule:

$$T = (t + 273) \left(\frac{p'}{p} \right)^{0,29}$$

C'est-à-dire que, pour $p = 3p'$ et pour $t = 15^\circ\text{C}$, T a la valeur 208°K ou -65°C . Pratiquement, on obtient seulement -30° à -35°C . L'air comprimé à 5kg dans la canalisation urbaine peut par sa détente produire un froid de -80° .

B/ Machine à eau :

Théoriquement, pour produire 1 kg de glace à 0°C avec de l'eau à $+10^\circ\text{C}$, il faut enlever au liquide 90 calories; il faut donc évaporer 1/6 de litres d'eau. Si le froid est produit par l'évaporation du liquide lui-même.

b.1/ - Machine à vide :

L'eau, aussi froide que possible, arrive en pluie fine à la partie supérieure d'un récipient dans lequel on maintient un vide élevé à la partie inférieure de laquelle s'accumule la neige ou la glace formées.

b.2/- Machine à éjection (Maurice Leblanc)

Cette machine, indépendamment des détails de construction, est composée de deux organes principaux: l'évaporateur et l'éjecteur. L'évaporateur est constitué par un cylindre vertical sans fond, placé concentriquement à l'intérieur d'un cylindre plus grand qui l'enveloppe de toutes parts. Latéralement, le cylindre extérieur communique largement par sa partie supérieure avec l'éjecteur. La paroi inférieure du cylindre extérieur communique avec la pompe à circulation de saumure froide. La saumure chaude arrive en pluie fine à la partie supérieure du cylindre intérieur.

L'éjecteur comprend essentiellement une tuyère constituée par une série d'ajustages tronconiques emboîtés les uns dans les autres, en laissant un petit intervalle entre eux. Un courant de vapeur à grande vitesse passe dans l'axe des ajustages, et entraîne par friction l'air et la vapeur d'eau contenu dans l'évaporation. L'éjecteur est comme une trompe à vapeur, analogue aux trompes à eau des laboratoires.

b.3/- Machine à acide sulfurique (Machines carrées)

Dans ces machines bien connues, dont le type est la machine carrée que représentent plusieurs modèles domestiqués, la vapeur d'eau produite par le vide d'une petite pompe est absorbée par de l'acide sulfurique concentré maintenu en mouvement. Cette machine est d'une faible puissance et nécessite la manipulation et le renouvellement d'un fluide assez dangereux.

II.2.2 - Machine à gaz liquéfiables

Les machines à gaz liquéfiables qui sont, de beaucoup, les plus employées industriellement, utilisent les fluides suivants: ammoniacque, anhydride carbonique, anhydride sulfureux, chlorure de méthyle, chlorure d'éthyle, butane, propane, dichloroéthylène, les divers fréons. Les caractéristiques les plus répandues de ces corps sont réunies dans les tableaux suivants, ainsi que celles de l'eau, données pour comparaison.

Formules	Poids moléculaire	Poids spécifique	Chaleur de vaporisation on à 0°C	Température d'ébullition sous 1 atm (°C)	Température critique (°C)	Pression critique en atm	Point de fusion (°C)
NH ₃	17	0.62	304	- 33.5°	132.9°	112.3	- 77.7°
H ₂ O	18	1	606.5	+ 100	365	205	0
CO ₂	44	1.45	93	- 78.2	31	73.5	- 65
CH ₃ Cl	50.5	0.9	102	- 23.7	141.5	65.9	- 91.5
SO ₂	64	1.45	93	- 10.8	157.1	77	- 76
C ₂ H ₅ Cl	64.5	0.92					
CF ₂ Cl ₂	121	1.44	38.6	- 29.8	111.7	40.7	- 155

Tableau 4 : caractéristiques des gaz liquéfiables.

Source : Doc. A.H. RANAIVOSON

A/ - Machine à Auto compression

Un récipient contenant une solution aqueuse d'ammoniaque communique avec un autre récipient plongé dans l'eau. La solution ammoniacale étant chauffée en A, la solubilité du gaz diminue et le gaz libéré remplit l'espace qui est au-dessus de lui ; la pression monte dans l'appareil, atteint 10 atmosphères et plus, et sous sa propre pression, le gaz se liquéfie dans le second récipient B. La chaleur de liquéfaction est absorbée par l'eau froide dans lequel est plongée B.

B/ - Machines à compression mécanique

Ces machines font décrire un cycle fermé au liquide employé et celui-ci parcourt un demi-cycle : l'évaporation et la liquéfaction. L'ensemble de l'appareil comprend :

- Un corps de pompe aspirante et foulante, fonctionnant à simple ou double effet, aspirant le fluide vaporisé et le comprimant ensuite. Cet appareil porte le nom de "compresseur"
- Un faisceau tubulaire, entouré par une masse d'eau froide continuellement renouvelée, dans lequel est refroidi et liquéfié le fluide qui y est refoulé chaud par le compresseur. C'est le "condenseur" ou "liquéfacteur".
- Un robinet de réglage appelé détenteur permettant le passage du liquide dans la partie suivante.
- Un faisceau tubulaire baignant dans le fluide à refroidir commençant au robinet de détente et se terminant au compresseur. C'est dans son intérieur que le fluide frigorigène se transforme en vapeur; on le nomme "évaporateur". Les demi cycles d'évaporation et de

liquéfaction sont limités, d'une part, par le robinet de détente et d'autre part par le compresseur.

II.3 - Exemple de circuit fluide et électrique de base

II.3.1 - Le circuit fluide

En général, quatre organes principaux cités ci-dessus doivent se figurer dans une installation frigorifique afin de produire le froid.

A - Principe

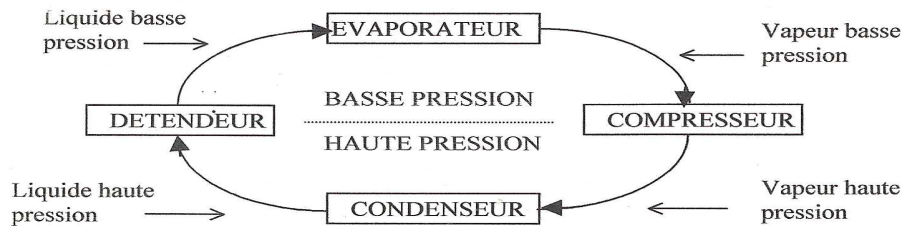


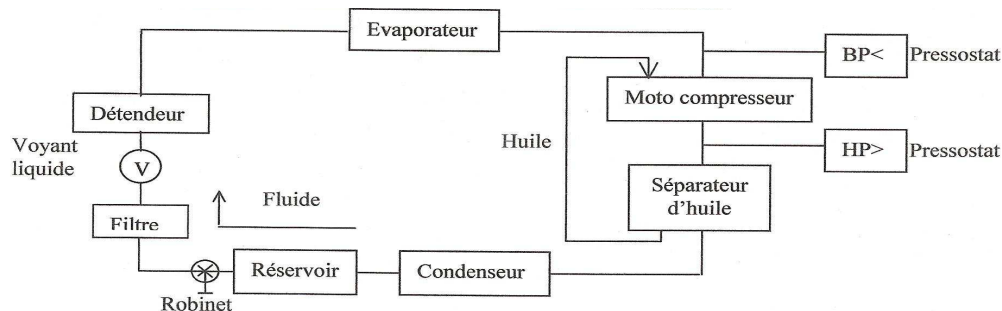
Fig 3: Circulation théorique générale de fluide frigorigène

B- Tableau: Rôles des éléments principaux

ORGANE ENVISAGE	PHENOMENE SIMPLE S'Y RAPPORTANT	ROLES PRINCIPAUX
EVAPORATEUR	Ebullition jusqu'à l'obtention de vapeur sèche à la sortie de l'évaporateur	Absorption par fluide de la chaleur du milieu à refroidir
MOTOCOMPRESSEUR	Compression du gaz	- Amener le fluide frigorigène à la pression de condensation. - Maintenir l'entretien de la circulation du fluide
CONDENSEUR	Condensation (ou liquéfaction) et sous refroidissement du liquide à la sortie du condenseur	Amener le gaz à l'état liquide en le refroidissant mais en conservant sa pression
DETENDEUR (ou REGLEUR)	Faire chuter la pression du fluide depuis la pression de condensation à celle d'évaporation	- Détendre le fluide et alimenter l'évaporateur

Tableau 5 : Rôle des éléments principaux. Source : Doc. ENITRTS

C - Schéma synoptique d'une installation industrielle



II.3.2 - Circuit électrique

Le circuit électrique permet de commander automatiquement les différents éléments (moteurs, ventilateurs, électrovannes, ...) du circuit fluïdique. Il comprend: la sécurité, les commandes, les verrouillages et les contacteurs correspondants.

II.3 .2.1 - Le circuit de commande

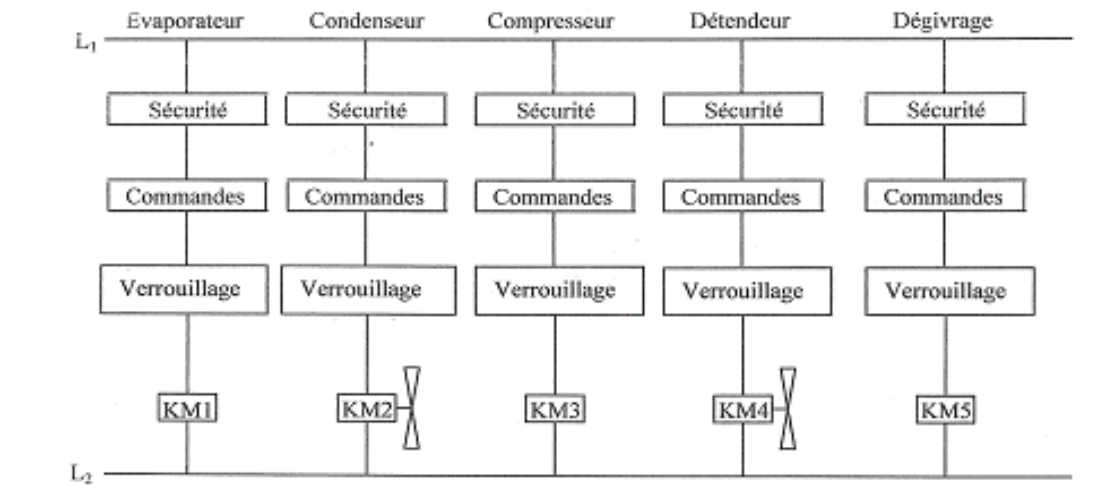


Fig 4: Circuit de commande général

II.3.2.2 – Le circuit de puissance

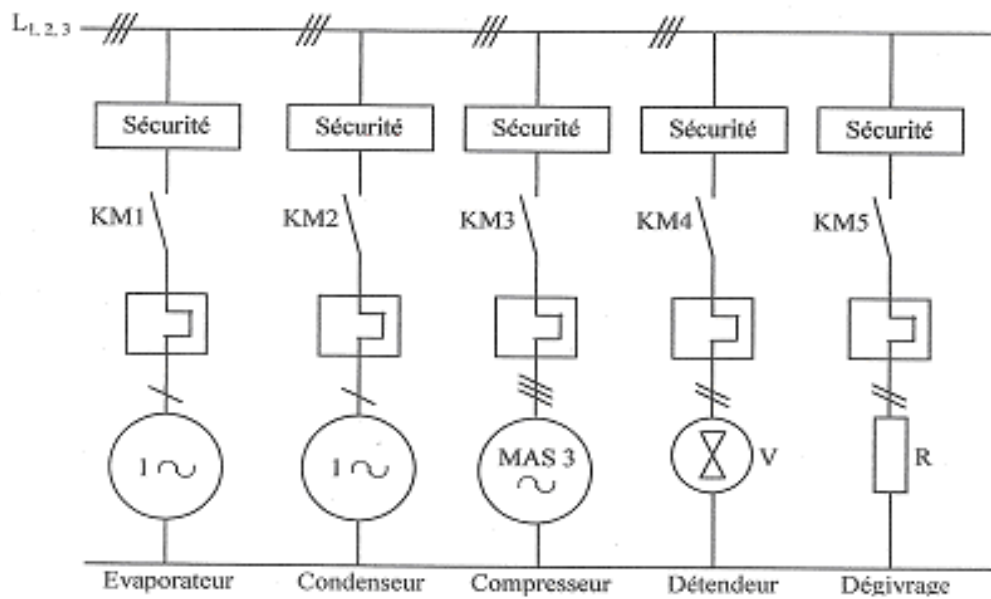


Fig 5: Circuit de puissance général

PARTIE II
LA NORME, LES BASES LEGISLATIVES ET LEUR
CONTROLE

CHAPITRE I - GENERALITES SUR LES NORMES

I.1- Définition

Une norme est un ensemble de lois présenté sous forme d'obligations à respecter textuellement dans le temps et dans l'espace, concernant un sujet ou un objet bien déterminé.

I.2 - Utilité

Les normes, d'après cette définition repositionnent le sujet ou l'objet. Ainsi, elles permettent à chaque pays utilisateur, de bien maîtriser le domaine et d'avoir une nomenclature précise. .

L'objectif de ce mémoire étant entre autre, de donner des outils pour revaloriser les produits de Madagascar, cette revalorisation doit commencer dès la première phase, c'est-à-dire la production, avant de s'atteler à la commercialisation.

En 2000, l'exportation des produits halieutiques a tenu la deuxième place de source de devises étrangères pour Madagascar. Dans ce sens, le traitement frigorifique étant la partie la plus importante, il est nécessaire de maîtriser la technique du froid dans tout le processus, de la production à l'exportation, pour être conforme aux exigences des importateurs soucieux à leur tour de l'acceptation de ces produits par leurs consommateurs.

Toutes ces exigences constituées en lois et réglementations acceptées par les groupes de pays concernés par les échanges représentent les normes. Celles-ci font partie intégrante des accords commerciaux signés entre les entités contractantes.

I.3 - Aspects positifs

Le respect des normes libère les pays de certaines formes de néo-colonialisme. En effet, il ouvre d'autres horizons de commercialisation lui permettant d'être concurrentiel face aux grands producteurs qui essaient de fixer les prix à leur convenance.

I.4 - Contraintes

En tant que pays pauvre, Madagascar fait partie des PPTE (Pays Pauvres Très Endettés). La contrainte majeure est l'insuffisance des moyens qui devient un facteur bloquant. Si nous voulons aller de l'avant, nous devons surmonter cet obstacle. Cela demande une responsabilisation sérieuse à chaque niveau (administrateurs, techniciens, public ...) pour que notre développement soit effectif.

I.5 - Place de la mondialisation

La mondialisation occupe depuis le milieu des années 90 une place prépondérante dans les réflexions et la préoccupation des opérateurs économiques. Il ne fait aucun doute que l'intégration de plus en plus poussée des marchés internationaux ouvre de vastes possibilités de croissance et offre aux pays en voie de développement une chance d'élever leur niveau de vie. Mais cette évolution n'est pas sans risque, et l'on s'inquiète de la menace de marginalisation qui pèse sur ces derniers.

I.6 - Historique

A - Sens général

Les deux mots sont inséparables et presque synonymes. Pour simplifier, l'expression Mondialisation - globalisation veut dire " Libéralisation - Intégration"

- Libéralisation: c'est la possibilité d'agir, d'entreprendre quelque chose en toute liberté dans un cadre donné. Cette liberté est donc relative à une action bien déterminée suivant des normes préétablies.

- Intégration: c'est l'action de s'intégrer, de s'introduire dans un groupe pour lui ressembler ou entreprendre une action avec lui, afin de défendre un intérêt commun.

En somme, d'une façon générale, la mondialisation globalisation est une intégration libre de toutes les activités humaines à l'échelle du globe pour former un ensemble harmonieux ou meilleur. Ainsi, dans le cadre de la mondialisation s'effectue l'association de nombreuses entreprises sur le plan national ou international. La mondialisation encourage également la libre circulation de la main d'œuvre selon le droit international que défend l'OIT (exemple: Les Malgaches au Liban)

Enfin, la mondialisation encourage la privatisation. Ce système consiste à pousser l'Etat à se désengager des activités économiques au profit des opérateurs privés, jugés plus dynamiques et plus efficaces.

La globalisation intéresse spécialement les activités techniques et culturelles à l'échelle du globe. Sur le plan technique, nous assistons à une évolution (on parle même de révolution) des nouvelles technologies de la communication. Il en résulte des changements considérables dans le domaine du travail (gestion du personnel et des moyens de production, éducation: utilisation des ordinateurs dans les classes ...)

B - Sens spécifiques

Parler de Mondialisation - globalisation dans le sens de libéralisation, intégration, uniformisation ou standardisation, ne date pas d'hier. On sait que l'Europe colonialiste depuis le milieu du XIXe siècle se veut désormais civilisatrice dans le monde, surtout dans les anciennes colonies où elle voulait imposer ses langues, ses lois, sa religion, sa manière de penser (l'esprit cartésien...), ses manières de vivre... De même, les Etats-Unis, au plus fort de son expansion impérialiste du XXe siècle ont cherché à imposer leur " American way of life " basé sur le matérialisme, l'idéalisme et le réformisme.

Mais les relations internationales sont devenues plus libres et interdépendantes à partir du 19 novembre 1989, date de l'écroulement du mur de Berlin, et surtout après l'éclatement de l'ex-URSS le 1^{er} juillet 1991 qui voit également la disparition du bloc socialiste. Dès lors, les pays capitalistes devenus sans adversaires potentiels ont tout loisir de répandre leur idéologie, le capitalisme libéral.

Pour continuer, en 1896 Madagascar est accaparée par les Français sur tous les plans. Elle n'avait pas eu les moyens de résister. Enfin, elle est devenue colonie française. La mission des français était alors masquée par la révolution industrielle et la religion catholique. Il y avait aussi les Anglais avec leurs missions mais ils sont minoritaires par rapport aux Français. En ce moment-là, l'attitude de sauvegarder et d'élargir leur champ d'intérêt est le but de ces pays colons. Ils se sont réunis pour partager les domaines d'action, et si interaction il y avait, on procédait à des consensus.

A partir de ces histoires, on peut distinguer trois catégories de normes :

- Normes établies entre pays en voie de développement et pays développés
- Normes établies par les groupes de pays de mêmes intérêts
- Normes établies entre les pays dits de grandes puissances.

Donnons brièvement une explication à ces trois normes

a /- Normes établies entre pays en voie de développement et pays développés

Exemple: France – Madagascar

AFNOR- Madagascar

Facteur de dépendance: Madagascar fait partie des anciennes colonies de la France.

Auparavant, dès que la colonisation a été acquise, la France a découvert toutes les richesses malgaches, surtout les différents gisements de matières premières. Elle cherchait les manières d'exploiter et d'exporter ces richesses. La France avait imposé des sévères aux dirigeants malgaches sur la qualité. Ce sont des mesures industrielles et

Commerciales . Ces mesures sont assemblées sous forme d'obligations et sont valables pour tous les pays francophones. D'où la naissance de la première catégorie de normes. .

b /- Normes établies par les groupes de pays de mêmes intérêts

Exemple : Europe – France

Facteur de dépendance: situation géographique

Parmi les pays européens, la France tient une position incontournable. De ce fait, la procédure de circulation des biens et services est discutable dans toute l'Europe. Alors, pour une bonne collaboration, les autres pays européens doivent discuter ou demander son autorisation. Le fruit du débat en table ronde trouve sa nécessité dans la commission européenne pour chaque domaine. D'où la naissance de la norme européenne.

c/- Normes établies entre les pays dits de grande puissance

Facteur de dépendance : Circulation des biens et services d'envergure internationale

Ici, le domaine n'a plus de frontière. Au fur et à mesure que les obligations se sont assouplies à cause de l'ouverture multilatérale acceptée par tous les pays, les pays de grande puissance donnent des chances aux pays pauvres s'ils ont les moyens d'aller de l'avant. D'où l'histoire de la mondialisation et les normes internationales.

Comme exemple, l'ISO ou International Standardization for Organization (en français: Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation. Tout pays intéressé y est représenté pour former le comité membre de l'ISO. L'élaboration des normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations inter nationales gouvernementales ou non gouvernementales en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. Les projets de normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation avant leur consentement comme normes internationales par le conseil de l'ISO.

Ces normes intéresseront beaucoup Madagascar car elle ne peut pas vivre en autarcie. Nous devons nous inspirer à participer aux cercles de ces trois catégories de normes. Dès qu'un pays ou un groupe de pays ouvre ses portes à Madagascar, il faut saisir les occasions.

Parmi ces trois catégories de normes, les deux premières touchent directement Madagascar. Citons alors les problèmes majeurs qui avaient rompu les contrats d'exportation des denrées alimentaires périssables entre Madagascar et des pays importateurs à une certaine époque:

- Problèmes dus aux cataclysmes naturels
- Problèmes dus aux imprudences et aux corruptions

Dans la suite de notre étude, nous allons baser sur ces derniers problèmes parce qu'ils sont purement techniques et qui demandent des solutions purement techniques. En tant que technicien de formation, nous essayons de surmonter ces obstacles selon notre capacité. Nous allons proposer des solutions scientifiques, techniques et administratifs afin d'obtenir un résultat plus fiable qu'avant.

Cela nous conduit à nous inspirer des réglementations types pour les transcrire dans le contexte malgache. A partir de nos moyens et savoir-faire, en nous référant aux présentes normes qui sont déjà existantes, nous espérons une collaboration étroite avec les grands pays cités ci-dessus.

CHAPITRE II - REGLEMENTATION SANITAIRE

II.1- Normes relatives aux infrastructures et aux équipements d'un établissement

agréé CEE

II.1.1 – Emplacement de l'établissement

Cet emplacement doit être judicieusement choisi en fonction des facilités d'accès: voies de communication terrestre et maritime, accès facile au réseau public d'eau et d'énergie.

Cet emplacement doit, dans la mesure du possible, être choisi de manière à se situer à une distance suffisante par rapport à la population voisine et cette, afin de réduire les problèmes de nuisances sonores, olfactives et visuelles

Cet emplacement doit être choisi de manière à éviter que l'établissement subisse les nuisances ou dangers des alentours (industries, élevages, foyers de maladie humaine contagieuse...)

II.1.2- Clôture et abords

Une clôture continue doit entourer l'établissement et ses abords de façon à permettre un contrôle du personnel (entrée/sortie), à assurer la sécurité et à limiter l'accès aux animaux indésirables.

Les abords doivent être entretenus correctement et ne pas permettre la formation de boue en cas de pluie ou l'envolée de poussière (sol goudronné, gazonné, recouvert de cailloux...). Cet aspect est également important pour donner une impression visuelle favorable de l'établissement dès l'entrée (cadre paysager).

II.1.3- Conception

Les différents locaux obligatoires sont :

>> Locaux sociaux

Vestiaires

L'idéal est que chaque vestiaire soit composé de deux parties distinctes : une partie dite " sale " réservée aux vêtements de ville, et une partie dite " propre " pour les vêtements de travail. Dans le cas contraire, il faut qu'armoire comporte deux compartiments. Le nombre de vestiaires (armoires) doit être adapté à l'effectif du personnel.

Toilettes

Les toilettes de type Anglaise sont obligatoires. Il faut prévoir un cabinet d'aisance

pour 10 employés. Les toilettes ne doivent pas donner accès directement sur les locaux de préparation des denrées.

Douches

Elles sont fortement recommandées, prévoir une douche pour 10 employés.

>> Locaux de travail

Il faut :

- 1 sas pour la réception des matières premières avec un point de passage des produits de taille réduite de façon à limiter la pénétration de poussière ou d'insectes ;
- 1 salle frigorifique d'attente pour le stockage des matières premières ;
- 1 salle de préparation pour les opérations de triage, calibrage, décorticage, étêtage, filetage, tranchage... Si en plus, des produits à haut risque contamination (crabes par exemple) sont préparés, il faut une salle de préparation spécifique ;
- 1 tunnel de congélation de capacité adaptée à la spécifique ;
- 1 salle de conditionnement et d'emballage ;
- 1 salle de stockage des emballages et des conditionnements. Les conditionnements doivent être placés dans une armoire ou un local spécifique, les emballages et des conditionnements doivent permettre un approvisionnement le plus direct possible de la salle de conditionnement et d'emballage ;
- 1 silo à glace ;
- 1 salle de lavage de bacs comportant 3 parties : 1 emplacement pour le stockage des bacs sales, 1 emplacement pour le lavage des bacs, 1 emplacement pour le stockage et l'égouttage des bacs lavés.
- 1 salle de stockage frigorifique des produits finis ;
- 1 sas d'expédition des produits finis à la sortie de la chambre froide de stockage ;
- 1 salle de stockage des produits chimiques comprenant 3 subdivisions ou 3 armoires fermant à clé une armoire/subdivision réservée aux produits de nettoyage et de désinfection, une armoire/subdivision réservée aux produits de lutte contre les produits chimiques qui entreront en contact avec denrées (sel, MBS...) ;
- 1 laboratoire d'autocontrôle qui peut être intégré à l'établissement ou être situé à proximité immédiate ;

- 1 local de stockage des déchets. Il est préférable qu'il soit réfrigéré.

La conception des locaux doit permettre de respecter deux principes d'hygiène essentiels :

- le principe de la marche en avant, qui interdit à toutes denrées ou matériels un retour en arrière dans le processus de fabrication ou par rapport aux circuits des matières et des déchets.
- le principe de la séparation entre le secteur souillé et le secteur propre

II.1.4- Aménagements

- >> Les différents locaux doivent être de dimension suffisante afin que les activités puissent s'y exercer dans des conditions d'hygiène satisfaisante ;
- >> L'éclairage et la ventilation doivent être suffisants ;
- >> La pente des sols doit être suffisante pour permettre une bonne évacuation des eaux usées vers un siphon grillagé anti-odeur et anti-rongeur ;
- >> Toutes les surfaces (sols, murs, plafonds) doivent être faciles à nettoyer et à désinfecter, lisses, imperméables, résistantes, imputrescibles (le bois est interdit) :
 - carrelage: le problème du carrelage est la difficulté d'avoir des joints de qualité. En plus, le carrelage est fragile (chocs) ;
 - peinture : le problème de la peinture est un décollement en raison de l'humidité et de l'aspersion d'eau sous pression lors des opérations de nettoyage et de désinfection. Il existe aujourd'hui des peintures de très haute qualité (résistance et adhérence) mais aussi très onéreuses.
 - des plaques plastiques (à riveter ou à poser en lambris) sont parfois utilisées pour recouvrir les murs et les plafonds et donnent de bons résultats.
 - panneaux "sandwich" : ils apparaissent être la solution idéale.
 - pour le sol: le mieux semble être un mélange ciment- résine- colorant du type "Monyl".
- >> L'étanchéité du bâtiment et des locaux doit être parfaite (joints de porte et de fenêtre).

II.1.5 - Equipements

- >> Lave-mains

Les laves mains à commande non manuelle (au genou, au pied ou cellule photoélectrique) doivent être équipées de distributeur de savon liquide, de distributeur d'essuie-mains à usage unique et d'une poubelle à commande au pied. Les lave-mains doivent être au moins être présents à la sortie des toilettes, dans la salle de réception des matières première, dans

la salle de préparation et dans la salle de conditionnement et d'emballage, et ce en nombre suffisant.

>> Traitement de l'eau

Un appareil de traitement de l'eau est nécessaire (filtres, chloration, UV).

>> Glace

Une machine à fabriquer de la glace est obligatoire.

>> Matériaux

Tout le matériel (tables, couteaux, récipients...) doit être facile à nettoyer et à désinfecter, étanche et résistant à la corrosion (inox par exemple).

>> Thermomètres

Toutes les chambres froides (positives et négatives) doivent être équipées d'un thermomètre à lecture directe et d'un thermo - enregistreur pour les chambres froides de stockage des produits finis. Pour le tunnel de congélation, seul un thermomètre à lecture directe est nécessaire.

>> Evacuation des eaux usées.

Le réseau d'évacuation des eaux usées doit être étanche, c'est-à-dire grillagé et équipé de siphon.

II.I.6 - Entretien physique des locaux et du matériel

Les locaux et le matériel ne doivent pas se dégrader. Les fissures dans le mur et le sol, les carrelages cassés, les peintures écaillées, les bosses, les parties rouillées, les vis et boulons mal serrés sont à proscrire. L'entretien physique doit être permanent.

II.2 - Le système documentaire

Le système documentaire comprend deux dossiers distincts: le dossier d'agrément et le dossier HACCP. Ces deux dossiers doivent être complets au moment de l'attribution de l'agrément communautaire. Ils doivent être tenus à jour par la suite.

II.2.1 - Le dossier d'agrément

II.2.1.1 - Ecrire les produits fabriqués dans l'entreprise

Matières premières et ingrédients

Nature, présentation, origine, capacité de stockage (poids et volume).

Produits finis

- Liste des produits finis, dénomination, nom scientifique, présentation
- Composition
- Préparation et traitements subis

- Caractéristiques physico-chimiques
- Conditionnement, emballage, étiquetage - Stockage et capacité de stockage
- Mode de conservation
- Date d'utilisation optimum/date limite de consommation
- Conditions d'utilisation par le consommateur
- Destination (exportation, pays destinataires, marché local)

II.2.1.2 - Présenter un plan de situation à l'échelle 1/1000

Indiquant:

Abords, voies d'accès de l'établissement.

Les sources d'approvisionnement en eau potable ou, en eau non potable, dispositif de stockage de l'eau. Le circuit d'évacuation des eaux usées avec indication du sens de l'écoulement, dispositif d'évacuation, pré traitement des eaux usées

II.2.1.3.- Présenter un ou plusieurs plans d'ensemble de l'établissement à l'échelle de 1/100 à 1/300 (selon la taille)

Indiquant:

- La disposition des locaux ainsi que leur affectation L'implantation à l'échelle du matériel et de l'équipement
 - L'emplacement des robinets (avec numérotation) et de lavabos (avec numérotation).
 - L'emplacement des cabinets d'aisance et des installations sanitaires
 - L'emplacement des dispositifs d'aération et d'évacuation des fumées, des buées...
 - L'emplacement des dispositifs d'évacuation intérieure des eaux résiduaires (avec indication du sens de l'écoulement) ainsi que les conduits de descente des eaux pluviales. --- Les circuits fléchés (couleurs différentes) suivis par les matières premières, les produits transformés, les déchets.
- Le circuit suivi par le personnel
- L'emplacement des produits chimiques (produits de nettoyage et de désinfection, produits de lutte contre les animaux indésirables, produits chimiques qui entreront en contact avec les denrées).
- L'emplacement et la numérotation des appâts, des pièges, des grilles ou siphons contre les animaux indésirables
- Indication des éventuels dispositifs de traitement de l'eau, y compris les eaux usées.

II.2.1.4 - Décrire l'équipement et le matériel utilisé

- Nature du revêtement du plafond, des murs et des sols
- Pente donnée au sol pour permettre l'écoulement des eaux usées
- Description de l'équipement (localisation, désignation, capacité, quantité, nature des matériaux, fournisseur, puissance frigorifique installée, marque, numéro d'agrément...)
- Description des éventuels dispositifs de traitement de l'eau

II.2.1.5.- Décrire les conditions de fonctionnement

Liste du personnel (y compris personnel temporaire) et affectation, équipes

- Jours d'ouverture, horaires de travail
- Organigramme

II.2.1.6 - Capacité de stockage en matières premières et en produits finis, tonnage des produits journaliers

- Tonnage de production journalière
- Capacité des chambres frigorifiques (tunnel de congélation, chambres de stockage positif ou négatif) exprimés en unité de poids et de volume
- Puissance frigorifique installée pour chaque local à température dirigée

II.2.1.7 - Potabilité de l'eau

- Attestation de raccordement au réseau public
- Forage privé éventuellement
- Plan des circuits de distribution d'eau au sein de l'établissement
- Plan de l'établissement avec tous les points d'eau numérotés
- Résultats d'analyses physico-chimiques (par an) et bactériologiques (par mois) Les analyses bactériologiques doivent concerner au cours d'une même année tous les points représentatifs de distribution de l'eau, en cas de résultat défavorable, une analyse nouvelle doit être effectuée sur le même point de distribution dans les meilleurs délais.

II.2.1.8.- Plan de nettoyage et de désinfection

- >> Procédure de nettoyage et de désinfection s étapes, chronologie, périodicité, modalités
- >> Inventaire des locaux et matériels à nettoyer
- >> Mention pour chaque local et chaque matériel :
 - De la procédure opérationnelle retenue (mode opératoire)
 - Des produits utilisés nature, concentration, temps d'application des

équipements / matériels visés

- De la périodicité des opérations
- >> Fiche technique des produits mentionnant
 - Leur composition
 - Leur mode d'emploi
 - Leur champ d'activité
- >> Procédure de la bonne application des plans:
 - Contrôle visuel
 - Analyses bactériologiques des surfaces
 - Documents d'enregistrement des contrôles
 - Procédures des mesures correctives en cas de contrôle défavorable des surfaces.
 - Désignation des opérateurs et des responsables

II.2.1.9.- Plan de lutte contre les insectes et les rongeurs

- >> Mesures pour l'étanchéité du bâtiment
 - Moustiquaires
 - Grilles ou siphons d'évacuation
 - Portes externes étanches
 - Pièges électriques pour insectes volants
- >> Désignation du responsable chargé des mesures mises en oeuvre et du contrôle'
- >> Nom de la société extérieure dans le cas de prestation de service et copie du contrat t
- >> Représentation sur un plan de l'établissement des pièges ou appâts numérotés
- >> Fiche technique des produits utilisés

II.2.1.10. - Plan de formation du personnel

- >> Programme de formation, nature,
- >> Dates des stages,
- >> Qualification de l'enseignant,
- >> Attestation de stage.

II.2.1.11.- Certificats médicaux du personnel

Pour chaque personne il faut le certificat médical original daté de moins d'un an avec la définition précise de son poste de travail, suivie de la mention "APTE à la manipulation des denrées alimentaires"

II.2.1.12.- Documents de maîtrise des températures

- >> Procédures de pasteurisation, de stérilisation
- >> Barèmes de températures, procédure d'enregistrement
- >> Fiche d'enregistrement
- >> Certificat d'étalonnages des thermomètres.

II.2.1.13.- Documents de comptabilité Matières: matières premières et produits

finis

- >> Registre Comptabilité matières entrées/matières sorties (aide à la mise en place de la traçabilité des produits et des procédures de retour)
- >> Pour les matières entrées (nature des denrées, poids, numéro de lot, identification du lot, date limite de durabilité, établissement d'origine, date de réception), Pour les matières sorties (nature de la denrée, poids, numéro de lot, établissement destinataire, date d'expédition, numéro du certificat sanitaire correspondant).
- >> Gestion du marquage de salubrité, notamment des étiquettes portant la marque de salubrité.

Tous ces documents doivent assurer la traçabilité des produits et permettre les procédures de rappel.

II.2.2. Le dossier HACCP

II.2.2.1. Lettre d'engagement de la Direction de l'entreprise à mettre en place un système HACCP

II.2.2.2.- L'équipe HACCP

- >> Présenter la liste des personnes faisant partie de l'équipe HACCP avec leur fonction. La liste - doit au moins comprendre le responsable chargé de la qualité et le responsable chargé de la production
- >> Faire figurer le CV du responsable qualité.

II.2.2.3.- Décrire les produits fabriqués dans l'entreprise et l'utilisation attendue des produits

- >> Matières premières et ingrédients
Nature, présentation, origine, capacité de stockage (poids et volume).

- >> Produits finis
 - Liste des produits finis, dénomination, nom scientifique présentation,
 - Tonnage de production journalière prévue,
 - Composition
 - Préparation et traitements subis.
 - Caractéristiques physico-chimiques
 - Conditionnement, emballage, étiquetage
 - Stockage et capacité de stockage
- >> Utilisation attendue
 - Date d'utilisation optimum/date limite de consommation
 - Température de conservation
 - Type de consommateur
 - Conditions d'utilisation par le consommateur

II.2.2.4.- Elaborer les diagrammes de fabrication de tous les produits fabriqués dans l'entreprise

- >> Description étape par étape de la fabrication. Etapes décomposées dans toutes leurs différentes phases, transferts, temps d'attente, lieux, paramètres des procédés de fabrication
- >> Vérifier sur place les diagrammes de fabrication

II.2.2.5.- Analyse des dangers

- >> Identifier les dangers possibles
 - Biologiques (parasites, micro-organismes, toxines), physiques, chimiques
- >> Identifier les conditions d'apparition des dangers et les causes.
 - Présence /contamination, développement ou survie de germes
 - Identifier les causes: le milieu/environnement, la matière/denrées, les méthodes, la main d'œuvre, le matériel

II.2.2.6.- Déterminer les CCP (Points Critiques pour la Maîtrise) parmi les dangers

- >> Identifier les CCP
- Possibilité de déterminer les CCP à partir d'un arbre de décision. D'une manière générale les CCP communes aux établissements sont: qualité des matières premières, qualité de l'eau et de la glace, hygiène du personnel, opération de nettoyage et de désinfection, maîtrise des process (congélation, appertisation), maîtrise des températures.
- >> Pour chaque CCP, déterminer:

- des limites critiques et des valeurs cibles
 - un système de surveillance et son rythme
 - un système d'enregistrement
 - la définition des anomalies éventuelles
 - des actions correctives
- >> Etablir un système de documentation concernant :
- les fiches d'enregistrement de chaque CCP
 - les fiches d'enregistrement des anomalies et des actions correctives, mises en place
 - les fiches de définition des actions correctives

II.2.2.7.- Etablir un système de vérification

Pour s'assurer que le système HACCP fonctionne correctement. Des méthodes de suivi et de vérification des procédures et des tests, y compris l'échantillonnage au hasard et l'analyse de laboratoire, peuvent être utilisées. Les activités de vérification comprennent par exemple :

- l'examen du système HACCP et de ses documents
- l'examen des écarts des opérations de vérification de la maîtrise effective des CCP
- la validation des limites critiques établies

Cela peut prendre la forme d'audit interne ou externe (inspections vétérinaires par exemple)

Archiver les rapports de visite des inspecteurs vétérinaires.

Des contrôles microbiologiques réguliers, respectant un plan d'échantillonnage défini, des produits finis doivent être réalisés afin d'attester que toutes les mesures sanitaires mises en place en amont sont efficaces.

II.2.2.8.- Archiver les fiches d'enregistrement des CCP et les fiches d'enregistrement des anomalies et des actions correctives prises

>> Constituer dans un classeur à part les Sous- dossiers des enregistrements classés par CCP et par date.

II.3 - Etapes successives pour et après l'agrément communautaire

Etape 1

Faire un plan à l'échelle de l'établissement et le soumettre pour avis à la Direction des Services Vétérinaires de Tananarive.

Etape2

Une fois l'établissement construit et en condition de fonctionnement (personnel recruté et formé, production effective) prendre rendez-vous avec la Direction des Services Vétérinaires de Tananarive pour une visite d'agrément. Au cours de cette visite, les conditions de fonctionnement, les infrastructures, l'équipement, les dossiers d'agrément et HACCP ainsi que leur mise en place seront examinés en détail.

Etape3

Si la visite d'agrément est concluante, l'établissement sera intégré à la liste des établissements agréés CEE. Cette liste est envoyée tous les 3 mois à la Commission européenne (rythme approximatif: février - mai -juillet- octobre). Un numéro d'agrément vous sera délivré. Après l'accord de la Commission européenne (environ 6 semaines après l'envoi de la liste), les exportations vers l'Union européenne peuvent commencer.

Etape4

Pour chaque expédition, un C.O.S (Certificat d'Origine et de Salubrité) doit être rédigé par le Vétérinaire Officiel chargé du contrôle permanent de votre établissement.

Etape 5

Ponctuellement, en cours d'année, des inspections sanitaires seront réalisées par la Direction des Services Vétérinaires 4e Tananarive afin de vérifier Si les règles sanitaires sont toujours respectées. En cas de non-respect, l'agrément de l'établissement pourra être suspendu le temps de solutionner les problèmes relevés. En cas de manquement grave aux règles d'hygiène, l'agrément de l'établissement sera retiré avec notification aux instances sanitaires européennes.

II.4.- Contrôles et analyses au sein des établissements agréés CEE

II.4.1.- L'obligation réglementaire de contrôler

Les directives les règlements et les décisions de la Commission européenne, transcrits en arrêtés ministériels de la République de Madagascar, relatifs aux conditions sanitaires de mise sur le marché produits de la pêche prévoient, c'est-à-dire imposent:

- qu'au sein des établissements agréés CEE, la réalisation de contrôles visant à garantir l'innocuité des denrées alimentaires remises au consommateur, doit être assurée ;
- que l'autorité compétente (la Direction des Services Vétérinaires) est chargée de vérifier la mise en œuvre effective et appropriée de ces contrôles.

II.4.2.- L'innocuité des denrées alimentaires"

L'innocuité des denrées se définit par l'absence ou la présence à des taux acceptables:

- d'espèces toxiques. Il faut donc retirer les espèces de poissons reconnus toxiques;
- de parasites. Il faut donc retirer les produits manifestement parasités;
- de micro-organismes. Il faut donc retirer les lots de produits présentant des résultats d'analyses bactériologiques défavorables ;
- des substances chimiques. Il faut donc retirer les lots de produits recelant des résidus

ou des contaminant environnementaux à des taux non acceptables: pesticides, métaux lourds, sulfites, chlore...

II.4.3.- Les différents modes d'examen

Les contrôles de salubrité font appel à différents modes d'examen:

- examens visuels simples
exemples: recherche de parasites, diagnose d'espèces toxiques, contrôles de la propreté des mains, contrôle visuel du nettoyage et de la désinfection.
- examen organoleptique (faisant appel à la vue, à l'odorat, au toucher, au goût)
exemples: contrôles organoleptiques des lots de crevettes ou de poissons pour établir leur cotation relative à leur état de fraîcheur, contrôles gustatifs des grenouilles et des escargots.
- examens physiques
exemples: contrôles des températures, contrôles des serts des conserves, analyse physique de l'eau.

- examens chimiques.

- exemples: dosage du S02 pour les produits métabisulfités, dosage du chlore résiduel dans l'eau, dosage de l'ABVT, dosage de l'histamine, recherche des métaux lourds, des pesticides, antibiotiques (en aquaculture)...

-examens bactériologiques.

- exemples: recherche des germes pathogènes et des germes d'altération sur les produits pour vérifier qu'ils répondent aux normes microbiologiques en vigueur, contrôles de la désinfection des surfaces et des mains, contrôles microbiologiques des eaux, contrôles microbiologiques des saumures...

II.4.4. Les deux types de contrôles ; les contrôles officiels et les autocontrôles

>> Les contrôles réglementaires ou officiels

Les modalités de leur mise en oeuvre, le rythme de leur réalisation, sont fixées par la réglementation ou par les décisions de la Direction des Services Vétérinaires.

Exemples

- Contrôles officiels microbiologiques auprès de l'institut Pasteur de Madagascar analyse microbiologique complète dont recherche de *Vibriocholerae*. Les prélèvements se font sous la supervision du Vétérinaire Officiel.

Le plan d'échantillonnage pour l'analyse des produits finis est le suivant:

Bichiques	1 prélèvement pour une tonne de produits finis
Céphalopodes	1 prélèvement pour 5 tonnes de produits finis
Chevrettes	1 prélèvement pour 1 tonne de produits finis
Civelles	1 prélèvement pour 1 tonne de produits finis
Crabes	1 prélèvement pour 2 tonnes de produits finis
Crevettes	1 prélèvement pour 3 tonnes de produits finis
Langoustes	1 prélèvement pour 3 tonnes de produits finis
Poissons	1 prélèvement pour 5 tonnes de produits [mis
Poissons	1 prélèvement pour 20 tonnes de produits finis
Poissons vivants (anguilles)	1 échantillon par lot exporté.

Tableau 6 : Tableau de prélèvement source : DSV DACSS

En cas d'équipement satisfaisant du laboratoire d'autocontrôles (critère à apprécier par la DSV) le plan d'échantillonnage pour ces contrôles peut être ramené, pour les crevettes, à une analyse complète à 5 échantillons (avec recherche de *Vibriocholerae*) pour 20 tonnes.

- Pour l'eau, il faut une analyse microbiologique mensuelle (à l'institut Pasteur) à partir de différentes sorties d'eau représentative de l'établissement. Il faut également une analyse physico-chimique annuelle (au CNRE), la liste des paramètres recherchés étant établie par l'Autorité Compétente. Les prélèvements se font sous la supervision du Vétérinaire Officiel.

- Autres exemples: contrôles organoleptiques (par échantillonnage sur chaque lot de produits), contrôle de l'application des barèmes de stérilisation des produits appertisés (durée, température sur chaque cycle de stérilisation), contrôles des sertis des produits appertisés, contrôles de stabilité des produits appertisés (étuvage à 37°C pendant 7 jours ou à 35°C pendant 10 jours), contrôles de la température des salles frigorifiques de stockage (permanents par Thermos enregistreur), recherche de résidus et contaminants (selon un plan de surveillance établi par la DSV).

>> Les autocontrôles

Leur réalisation est obligatoire dans le cadre de la mise en place d'une démarche d'analyse des dangers et de maîtrise des points critiques au sein des établissements (= démarche HACCP).

Les modalités de mise en oeuvre, leur rythme, sont spécifiques à chaque établissement en fonction de ses matières premières de ses procédés de fabrication, de ses structures et équipements; .ide ses volumes de production, de ses produits finis...

Ces modalités sont donc très variables en fonction des établissements, leur application doit être validée par la Direction des Services Vétérinaires.

Exemples :

- établissement préparant 3000 tonnes de crevettes congelées dont une partie cuite: autocontrôles nombreux; établissement approvisionné en eau par le réseau public avec assainissement complémentaire par une station de traitement interne, devra assurer un nombre d'autocontrôles microbiologiques de l'eau nettement inférieure à un établissement approvisionné par de l'eau non traitée d'un forage privé.

- Le nombre de contrôles de désinfection des surfaces et des mains sera naturellement différent entre un établissement préparant 2 tonnes de civelles sur 3 mois par an, et un établissement employant 400 personnes en 2 fois 8 heures et préparant 3000 tonnes de crevettes par an.

II.4.5. Pour la réalisation des contrôles

En fonction des analyses ou contrôles réalisés, le matériel nécessaire pourra être plus ou moins sophistiqué :

- aucun matériel: contrôles organoleptiques, contrôles visuels simples;
- des équipements propres à l'établissement: thermomètres, thermo enregistreurs, balances, chronomètres, pied à coulisse ou projecteur de profil (si préparation de produits appertisés);
- Recours à des méthodes de laboratoire:
 - > Les analyses physico-chimiques de l'eau, les analyses microbiologiques officiels de l'eau et des produits finis, la recherche de contaminants et résidus doivent être effectuées par les laboratoires de référence.
 - > Les différentes analyses relatives aux autocontrôles d'un établissement peuvent être assurées, en fonction de sa situation géographique, de ses besoins et de ses possibilités financières, par un laboratoire de référence, par un laboratoire interne d'entreprise ou encore par un laboratoire locorégional. Rappelons que l'efficacité de la démarche HACCP implique des délais de réponses courts, le laboratoire doit donc être un laboratoire de proximité. Enfin certains contrôles peuvent être assurés à l'aide de tests rapides ne nécessitant pas un personnel qualifié en laboratoire: chlorimétrie, sulfitest, contrôles de l'hygiène des surfaces et des mains.

II.4.6. Tableau récapitulatif et indicatif des contrôles et analyses

Compte tenu de la spécificité de chaque établissement vis-à-vis de la démarche d'analyse des dangers et de maîtrise des points critiques, le tableau suivant n'a aucun caractère exhaustif ni officiel. il ne constitue qu'un document indicatif visant à évaluer les besoins en contrôles et analyses au sein d'une unité agréée pour l'exportation vers l'Union Européenne préparant des produits de la pêche, des escargots ou des cuisses de grenouilles destinés à la consommation humaine.

Au cours de la mise en place du plan HACCP (les 3 premiers mois) le rythme de contrôle devra être plus soutenu.

TABLEAU RECAPITULATIF ET INDICATIF DES CONTROLES ET DES ANALYSES

Analyses et contrôles	Réalisation	Rythme	Observation
Inspection organoleptique des matières premières	Par le responsable qualité ou un agent de l'équipe qualité	Systématiquement sur tous les lots par échantillonnage	Critères de cotation établis par le règlement 2406/96/CE (catégorie Extra ou A), si lot douteux ABVT ou analyse microbiologique
Relevé de la température des matières premières (produits frais réfrigérés)	Par le responsable qualité ou agent de l'équipe qualité	Systématiquement sur tous les lots par échantillonnage	Produit sous glace (entre 0°C et + 2°C)
Contrôle de l'hygiène des glaciers	Par le responsable de qualité ou un agent de l'équipe de qualité	Systématiquement sur tous les lots échantillonnage	Propreté intérieure et extérieure des glaciers
Autocontrôle de dosage de SO ₂ pour produits métabisulfités (solution + produits finis) ,	Laboratoire interne d'entreprise ou institut pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	1 fois par semaine	Tests rapides possibles
Autocontrôle microbiologiques des matières premières	Laboratoire interne d'entreprise ou institut pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	5 à 10 par mois	Ces autocontrôles peuvent être évités si inspection organoleptique rigoureuse
EAU ET GLACE			
Analyses physico-chimiques officielles de l'eau	CNRE	Annuel	Les établissements d' une même ville approvisionnés par le même réseau public peuvent se regrouper pour cet examen
Analyses microbiologiques officielles de l'eau	Institut Pasteur	Mensuel	Au cours de l'année toutes les sorties d'eau représentatives de l'établissement doivent être concernées. Prélèvement sous contrôle du vétérinaire officiel
Chlorimétrie de l'eau	Très généralement au sein de l'établissement par test rapide (chlorimètre, bandelettes réactives)	1 fois par jour	Le taux de chlore résiduel doit être compris entre 0.3 et 2ppm
Autocontrôle microbiologiques de l'eau et de la glace	Laboratoire interne d'entreprise ou institut pasteur (si proximités) ou laboratoire locorégional	1 à 2 fois par semaine	Tests rapides possibles
Autocontrôles microbiologiques des saumures ,des bains de décongélation, des bains de métabisulfitages	Laboratoire interne d'entreprise ou institut pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	3 à 5 par mois (20 à 30 par mois lors de la mise en place de l'HACCP= 1 ^{er} trimestre)	Ces contrôles permettent d'établir les limites critiques (périodicité du changement des saumures et des bains...) puis de s'assurer de l'application des dispositions

Analyses et contrôles	Réalisation	Rythme	Observation
NETTOYAGE ET DESINFECTION			
Autocontrôles microbiologiques de désinfection des surfaces	Laboratoire interne d'entreprise ou Institut Pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	1 à 2 fois par semaine	Tests rapides possibles surface ou matériel choisi au hasard
Contrôle visuel du nettoyage et de la désinfection	Par le responsable qualité ou un agent de l'équipe qualité	5 points après chaque cycle de nettoyage désinfection	Surface ou matériel choisi au hasard
Contrôle visuel de l'hygiène du personnel (mais, avant bras, tenues vestimentaires)	Par le responsable qualité ou un agent de l'équipe qualité	10 à 20% du personnel chaque jour	Employés choisis au hasard
Autocontrôles biologiques de l'hygiène du personnel (mains)	Laboratoire interne d'entreprise ou Institut Pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	1 à 2 personnes par semaine	Tests rapides possibles
Contrôle visuel de l'hygiène du personnel (mains, avant bras, tenues vestimentaires)	Par le responsable qualité ou un agent de l'équipe qualité	10 à 20% du personnel chaque jour	Employés choisis au hasard
MAITRISES DES TEMPERATURES			
Contrôle des températures d'entreposage frigorifique (froid négatif)	Par le matériel interne de l'entreprise (thermo enregistreur obligatoire)	Permanent (si denrée stockée)	Toujours comprises entre 0 et + 2°C
MAITRISE DU PROCESSUS DE CONGELATION			
Par le responsable qualité ou un agent de l'équipe qualité	Relevé des températures plusieurs fois par jour	Température à cœur des denrées inférieures à 18°C (la DV recommande une T inférieure à - 20°C)	
MAITRISE DU PROCESSUS D'APPERTISATION			
Etablissement des barèmes de stérilisation	Nécessité de recourir à un thermomètre ELLAB	Annuel pour chaque type de produit et boîtage	
Contrôles des procédures de stérilisation	Equipement obligatoire des autoclaves (thermoenregistreur +manomètre)	Obligatoire à chaque cycle de stérilisation	
Contrôles de sertis	Equipement interne à l'établissement (pied à profil) ou entreprise	1 boîte de sertisseuse chaque heure de production	

Analyses et contrôles	Réalisation	Rythme	Observation
QUALITE DES PRODUITS INTERMEDIAIRE			
Autocontrôles biologique de produits intermédiaires (= la denrée aux différents stades de production)	Laboratoire interne d'entreprise ou Institut Pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	3 à 5 par mois (20 à 30 par mois lors de la mise en place de l'HACCP = 1 ^{er} trimestre)	Ces contrôles, associés aux précédents, permettent d'établir les limites critiques (temps de travail) puis de s'assurer de l'application des dispositions
QUALITE DES PRODUITS FINIS			
Contrôle microbiologiques officiels des produits finis (produits congelés)	<i>Institut Pasteur</i>	Rythme fixé par la DVS	Prélèvement sous contrôle du vétérinaire Officiel
Contrôle de stabilité (produits appertisés)	Laboratoire interne d'entreprise ou Institut Pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	Par sondage (2 boîtes par autoclave)	Nécessite une étuve
RESIDUS ET CONTAMINANTS			
	Laboratoire de référence (France)	Selon le plan de surveillance établis par la DSV et validés par l'union européenne	
EMBALLAGES ET CONDITIONNEMENTS			
Autocontrôles de contaminations des emballages et des conditionnements	Laboratoire interne d'entreprise ou Institut Pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	2 par mois (lors des livraisons d'emballages)	Tests rapides possible
AIR AMBIANT			
Autocontrôles micro biologiques de l'air ambiant	Laboratoire interne d'entreprise ou Institut Pasteur (si proximité) ou laboratoire locorégional	1 à 2 par mois	Facultatif (non exigé) Tests rapides possible

Tableau 7 : Tableau récapitulatif

sources DSR -DACSS

II.5. Rappel des mesures spécifiques de lutte contre le choléra (V/brio Cholerae)

II.5.1. Qualité de l'eau distribuée

- >> Chlorométrie : 2 tests calorimétriques par jour (0.3 ppm de chlore résiduel au minimum et 2 ppm de chlore résiduel au maximum).
- >> Autocontrôles microbiologiques; 1 autocontrôle par jour avec recherche de vibrio ssp (Lame LGDR avec milieu Thiosulfate Citrate Bile Saccharose)
- >> Contrôles bactériologiques officiels (auprès de l'institut Pasteur de Madagascar) avec recherche de Vibrio cholerae :
 - 1 contrôle par mois ;
 - 1 Contrôle par semaine s'il n'y a pas de recherche en autocontrôle de vibrio cholerae.

II.5.2. Mesures de protection sanitaires dès l'entrée dans l'enceinte de l'établissement

- >> Limitation de l'accès des véhicules automobiles: les roues des véhicules qui pénètrent sur le site sont désinfectées.
- >> Limitation de l'accès des personnes étrangères au service.
- >> Passage au pédiluve obligatoire.
- >> Lavage et désinfection des mains de toutes les personnes qui pénètrent dans les unités.

II.5.3. Suivi médical du personnel

- >> Chaque société prend l'attache d'un médecin qui assure quotidiennement le suivi médical, participe activement à leur sensibilisation éducation et informe chaque jour le vétérinaire officiel de l'état de santé du personnel.
- >> Concernant les chalutiers congélateurs:
 - visite médicale avant embarquement :
 - visite médicale après le séjour de pêche en mer ;
 - information quotidienne donnée par les capitaines donnée par les capitaines de santé des navigants.

II.5.4. Hygiène du personnel au des ateliers et sur les bateaux

La discipline de l'hygiène, du lavage et de désinfection des mains doit être renforcée. Un contrôle permanent est assuré par un agent de maîtrise à la sortie des toilettes.

II.5.5 Procédures de nettoyage et de désinfection

Renforcement de leur application et de leur surveillance (contrôles visuels et autocontrôles microbiologiques).

II.5.6 Procédures de lutte contre les animaux indésirables

Renforcement de leur application et de leur surveillance.

II.5.7 Contrôle des produits finis : applicables aux denrées préparées dans les établissements à terre ou à bord des chalutiers congélateurs

Contrôles officiels auprès de l'institut Pasteur de Madagascar- analyse microbiologique complète dont recherche de *Vibrio cholerae*

II.5.8 Communication des résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des autocontrôles et des analyses officielles devront être communiqués chaque jour au vétérinaire officiel.

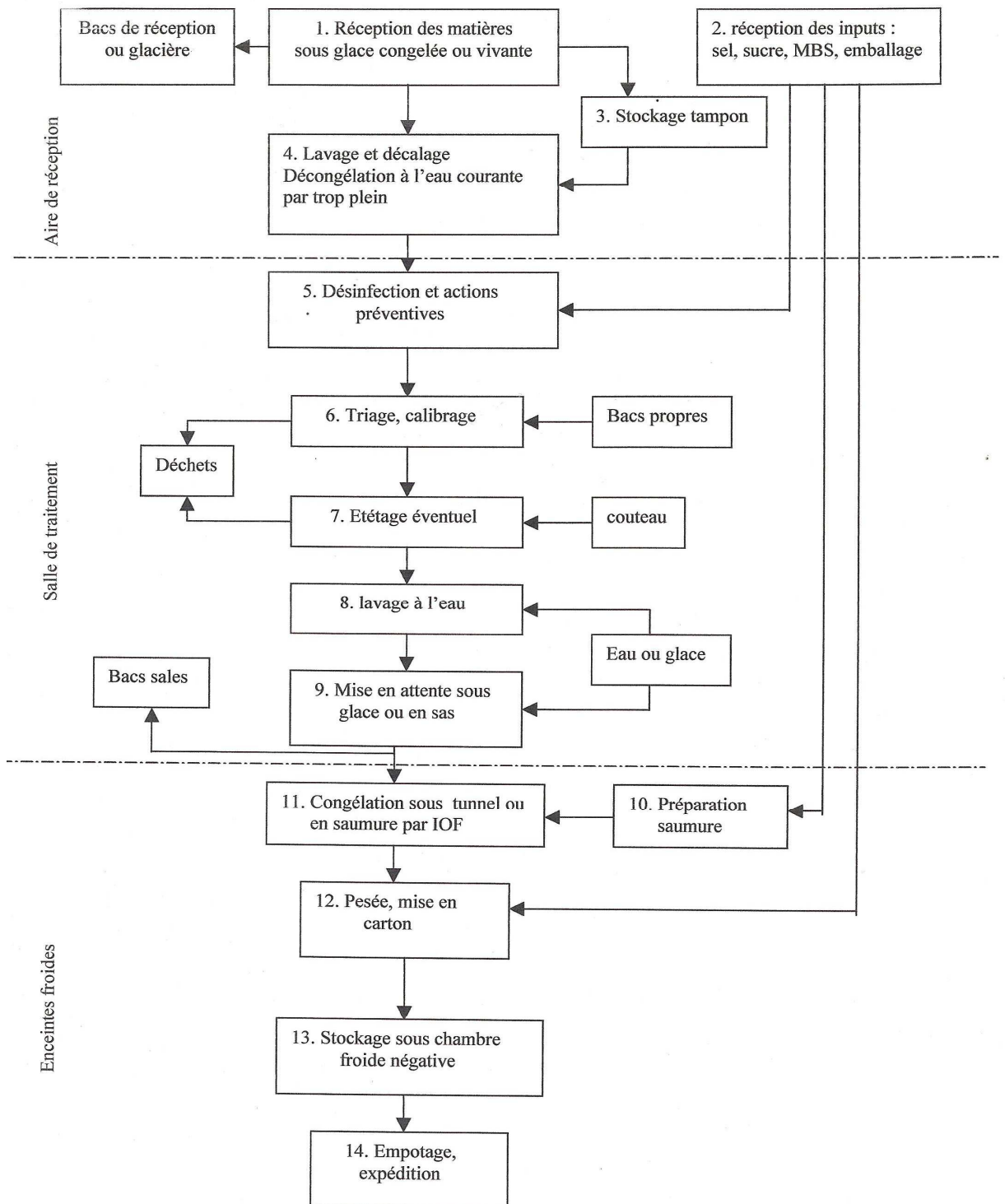
CHAPITRE III - GUIDE HACCP

III.1 - Présentation du manuel

Le concept HACCP est une démarche qui permet d'identifier les dangers spécifiques en fonction de la fréquence, de la sévérité et d'établir les procédés de maîtrise et surveillance. Une structure documentaire est demandée aux professionnels pour définir la mise en place de ce système. Le manuel doit prévoir :

- L'engagement de la direction qui définit également la politique de gestion de l'entreprise en matière de sécurité alimentaire.
- L'équipe HACCP (la responsabilité de chaque membre) et le champ (d'étude
- La description du produit et son utilisation attendue.
- Le diagramme de fabrication pré semé de manière la plus détaillé possible et validé.
- Le tableau d'analyse des dangers qui fait figurer les mesures préventives
- Le plan de maîtrise HACCP (combinaison entre le tableau d'analyse des dangers et le tableau de maîtrise HACCP)
- Les procédures: documents qui décrivent qui fait quoi et avec qui en matière d'exécution, de vérification et éventuellement d'approbation d'une tâche ou d'un groupe de tâches.
 - Formalisation des mesures préventives
 - Formalisation des méthodes de surveillance
 - Formalisation des actions correctives
- Les instructions de travail, modes opératoires (documents qui précisent où, quand et comment sont exécutées, vérifiées et éventuellement approuvées les tâches), spécifications techniques ou technologiques pour l'autocontrôle.
- Les modalités d'enregistrement des résultats du système d'autocontrôle.
- Les procédures d'examen et de traitement des non-conformités (non-satisfaction aux exigences spécifiées) et des actions correctives.
- Traçabilité du produit
- Maîtrise du système documentaire : diffusion des documents HACCP
- Maintien du système HACCP par les procédures de vérification du système HACCP

III.2 Plan HACCP



PARTIE III
SUGGESTIONS TECHNIQUES

CHAPITRE. I - PROPOSITION DF. NORME.

I.1 - Les exigences

A - Implantation de l'Usine de l'Etablissement

- Accès facile et endroit idoine
- Qualité de l'eau
- Environnement sain

B - Cahier des charges

- Contrat (papiers administratifs...)
- Dimension et capacité de l'usine
- Puissance effective à utiliser (source à préciser)

C - Source d'alimentation (alimentation principale et source de sécurité)

- Pour les installations sur les hautes terres : JIRAMA, groupe électrogène, onduleur
- Pour les installations sur les côtes: JIRAMA, groupe électrogène, source autonome (énergies renouvelables), plaques solaires

D - Installations frigorifiques :

- Production du froid capable de répondre aux normes
- Respect et exécution des cahiers des charges (prix et autres demandes techniques)
- Maîtrise de la température (système de régulation adéquat)
- Quantité de production envisagée (selon capacité de la chambre)
- Contrôle des techniciens nationaux et internationaux

E - Conditions de stockage et entreposage :

- Produits emballés :

- o Respect des conditions de température et de matière d'emballage
- o Qualité et présentation des produits
- o Durée (péremption)

- Produits non emballés :
 - o Respect des accrochages
 - o Respect des empilements
 - o Durée (péremption)

F - Contrôles et analyses

- - Contrôles et analyses des dangers (techniques)
- - Impact de la variation brusque de la température sur les denrées conservées.
- - Emballage défaillant
- - Contrôles administratifs et inspections internationales avant expédition

G -. Transports et expédition

- Transport (terrestre, aérien, maritime) : recours à la maîtrise de la température
- Expédition (terrestre, aérien, maritime) : recours à la maîtrise de la température, de la qualité, de la durée et de l'empilement.

A r arrivée :

- Conditions de stockage et d'entreposage
- Techniques de congélation et de réfrigération (température, durée)

H --Applications courantes (quelques exemples de denrées alimentaires) :

- Viandes (bœuf porc...)
- Produits halieutiques (poissons, crustacés...)
- Fruits et légumes
- Produits laitiers

I - Isolation thermique: système de régulation adéquat

- Régulation haute température.
- Régulation basse température.
- Utilisation des appareils adaptés
- Logiciel de bilan thermique
- Utilisation des abaques.

I.2 – Détail des exigences

I.2.1 - Implantation de l'Usine ou de l'Etablissement

A/ - Accès facile et endroit idoine

Référence: normes relatives aux infrastructures et aux équipements d'un établissement agréé par la CEE et DSV - DACSS.

a- Facilité de remplacement de rétablissement

b- Clôture et abords: sécurité goudronnage gazonnage cadre paysage

c- Conceptions: locaux sociaux vestiaires...

d - Aménagements: dimension hygiène. Éclairage

e - Équipements: lave-mains traitement d'eau

eau → glace (obligatoire) → évacuation des eaux usées

f - Entretien physique des locaux et matériels

f1 - Entretien permanent des locaux et matériels => sans dégradation

f2 - Toilette, douche...

f3 - Locaux de travail (présentation de la salle)

- Sas de réception pour les matières premières
- Salle frigorifique d'attente pour stocker les matières premières
- Salle de préparation des opérations: triage calibrage. Décorticage
- Tunnel de congélation
- Salle de conditionnement et d'emballage
- Salle de stockage des emballages et de conditionnement : armoire...
- Silo à glace
- Salle de lavage des bacs : partie I partie II. partie III...
- Sas d'expédition des produits finis: juste à la sortie de la chambre froide
- Salle de stockage des produits des produits chimiques : partie I. partie II partie III...
- Laboratoire d'autocontrôle situé à proximité immédiate
- Local de stockage des déchets de préférence réfrigérés pour éviter la pollution

B/- Conception des locaux :

Respect des deux principes essentiels de l'hygiène :

- Principe de la marche en avant qui interdit à toute denrée ou matériel ou personnel un retour en arrière dans le processus de fabrication ou par rapport aux circuits des matières et des déchets
- Principe de séparation entre le secteur souillé et le secteur propre.

C/ - Code de l'eau: eau potable (code n°80/778/CEE)

I.2.2 - Cahier de charges conçu par l'importateur

D'après les analyses des documents existants, ce cahier de charge ne diffère guère de celui présenté par la direction DSV.

I.2.3 - Source d'alimentation: Alimentation principale et source de sécurité

1 - Pour les installations sur les hautes terres (hauts plateaux) :

- Source principale: JIRAMA (hydroélectrique. thermique)
- - Source de sécurité: groupe électrogène. onduleur

2 - Pour les installations sur les côtes.

- Source principale : JIRAMA (hydroélectrique, thermique)
- Source de sécurité : groupe électrogène, plaque solaire, utilisation des énergies renouvelables.

I.3 - Conditions de stockage et d'entreposage

1 – Produits emballés :

- Condition : matie à Utiliser...
- Conditions de température : stockage. Expédition
- Présentation du produit : sac et autres conditionnements
- Durée: date de péremption et consommation

2 - Produits non emballés:

- Respect des accrochages : nombre au m² (1/2 ou quartier...)
- Condition de température: stockage. Expédition
- Respect des empilements: séparation des produits/produits (porc, bœuf mouton...)
- Durée: péremption et consommation

- Contrôles et analyses partielles suivant HACCP

I.3.1 - Contrôles et analyses finaux

- Contrôles et analyses des dangers: système HACCP \Rightarrow solutions techniques adéquates
- Contrôles de la maîtrise de la température de stockage et d'expédition
- Contrôles des emballages pour éviter les oxydations et autres phénomènes
- Contrôles administratifs: salubrité et hygiène
- Contrôle par les inspecteurs nationaux et internationaux (agents CEL..) avant expédition

I.3.2 - Transports et expéditions

1 - Transports:

- Transport terrestre: contrôle et vérification des véhicules frigorifiques, des wagons ou tunnels de transports \Rightarrow maîtrise de la température ;
- Transport aérien: contrôle et vérification des chambres de stockage \Rightarrow maîtrise de la température ;
- Transport maritime (cas le plus fréquent) : tunnel de transbordement parfait du point de vue infrastructure et au niveau de la température exigée par la conservation (congélation et réfrigération)

2 – Expéditions

2 1-Au départ

- Qualité des emballages : contrôles ;
- Qualité de présentation : conditionnement exigé, affichette de package ;
- Contrôle des empilements ou accrochages ;
- Durée: date de péremption, durée de stockage.

2.2 – A l'arrivée (destination du produit) :

- Condition de stockage et d'entreposage
- Condition de température durant les transactions: tunnel, wagon...
- Technique de congélation et de réfrigération pour les consommateurs
- Durée de conservation à la température du locale de transit.

I.4 - Principes à adapter pour les installations frigorifiques

1 - Production du froid:

- Répondre aux normes en respectant les cahiers des charges ;
- Utilisation et choix des fluides frigorigènes les plus récents pour la protection de l'ozone (dépourvu de chlore HFC, R 410A, R 407C)
- Maîtrise de la température et autres demandes techniques: système de régulation adéquat.

2 - Quantité de production envisagée: suivant le besoin et la capacité de la chambre

3 - Quantité et qualité des produits finis: respect de la salubrité

4 - Contrôle et analyse par' les techniciens responsables nationaux et internationaux (partiels suivant HACCP)

5 - Optimisation des systèmes de régulation des chambres froides avec utilisation des appareillages modernes.

a - Régulation de la chambre:

- homogénéisation de la température => maîtrise de l'humidité relative
- contrôle permanent: utilisation des systèmes de contrôle perfectionnés

b - Régulation des appareils :

- divers appareillages
- balance numérique pour ne pas surcharger les empilements dans les stockages
- logiciel de bilan thermique

c- Amélioration de la sécurité électrique

- Tableau de bord ou armoire de commande
- Affichage numérique
- Avertissements sonores ou voyants lumineux

6- Analyses

Laboratoires de référence : analyse des produits à chaque expédition

- IPM : analyse microbiologiques
- CNRE : analyse physico-chimiques
- INSTN : analyse de détection des métaux lourds

7- Proposition de chambre:

Après une bonne isolation thermique, voici la chambre froide proposée

a - Empilement acceptable:

L'empilement des denrées doit respecter la hauteur inter étal afin que:

- les hygromètres puissent détecter l'humidité relative inter étal ;
- les thermomètres puissent détecter la température inter étal.

L'un de ces deux détections commande un voyant lumineux correspondant à un étal " i ", et qui informe le surveillant ou le superviseur qu'il y a surcharge ou manque de charge cet étal " i ". Une surcharge ou manque de charge correspondant à un étal a une influence sur la température ambiante de la chambre. La variation de celle-ci change la température au cœur des denrées à conserver selon le processus choisi (congélation ou réfrigération). Le changement de la température au cœur des denrées peut provoquer leur insalubrité. Or l'objectif de ce mémoire est de maîtriser les paramètres cités ci-dessus, pour respecter les demandes relatives à la norme.

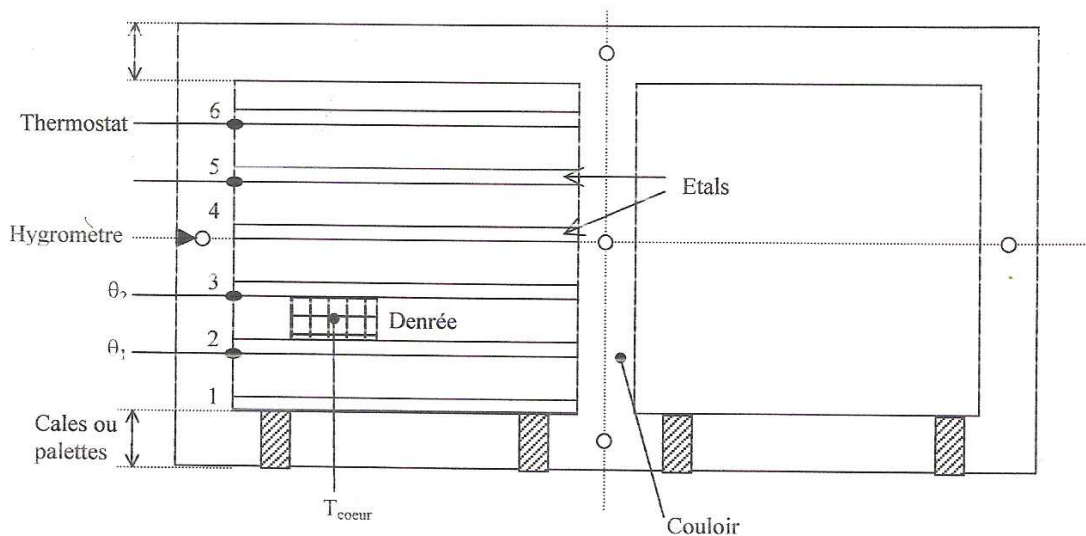


Fig 6: Schéma en coupe d'une chambre froide

$\theta_{\text{réf}}$: température de référence (thermomètre enregistreur + hygromètre)

θ_i : température au niveau des étagères ($i = 1, 2, 3, \dots$) : température superficielle du bloc

T : température au cœur

1, 2, 3, ... : étagères

b - Accrochage acceptable: nombre / m² de la surface du sol

Nature	Nombre
Demi bœufs	2
Quartiers	3 à5
Porcs entiers	2à3
Demi porcs	4 à"6
Veaux	3à4
Moutons	4à6

Tableau 8 : Capacité surfacique d'une chambre froide pour les accrochages".

Source: R. Planck - Utilisation du froid

C'est le même principe qu'avant mais il diffère des étals. Le but est d'obtenir une circulation d'air parfaite pendant un processus (congélation ou réfrigération).

Remarque :

On travaille toujours dans le cadre du respect des cahiers de charges surtout pour :

- les autres circonstances mensuelles (analyse mensuelle)
- les autres circonstances annuelles (analyse annuelle).

En pratique, la durée de la conservation après obtention de la température au cœur est donnée par le tableau suivant:

Produits		Point de congel. (°C)	Temp. De conserv. (°C)	Humidité relative (%)	Durée de conserv	Temp pour coonserv (°C)	Humidité relative (%)	Durée de conserv	
VIANDES	Agneau	-1.7	0 à +1	85 à 90	1 à 2 sem	- 18	90	6 à 8 mois	
	Bœuf(gras)	-2.2	0 à -1	85 à 90	1 à 5 sem	- 15	90 à 95	6 à 9 mois	
	Bœuf(maigre)	-1.7	0 à -1	85 à 90	1 à 5 sem	- 15	90 à 95	6 à 9 mois	
	Porc	-2.2	-1.5	85 à 90	1 à 2 sem	- 18	90 à 95	4 à 6 mois	
	Volaille	-2.8	0	85 à 90	1 sem	- 18	90 à 95	6 à 8 mois	
	Jambon	-2.8	0 à -2	80	1 à 6 mois	-	-	-	
	Charcuterie	-3.3	-1 à +2	80	1 à 6 mois	-	-	-	
	Veau	-1.7	0 à -1	90	1 à 3 sem	-	-	-	
FRUITS	Ananas	-1.5	7	85 à 90	2 à 4 sem	-	-	-	
	Oranges	-2.2	0 à +1	85 à 90	1 à 4 mois	-	-	-	
	Bananes	-2.2	+14 à +16	90	1 à 2 sem	-	-	-	
	Cerises	-2.2	0 à -1	85 à 90	1 à 4 sem	- 18	-	1 année	
	Fraises	-1.1	0	85 à 90	1 à 5 jours	- 18	-	1 année	
	Citrons	-2.2	+9 à +10	85 à 90	6 à 8 sem	-	-	-	
	Mandarines	-2.2	+4 à +7	85 à 90	3 à 6 sem	-	-	-	
	Pommes	-2	-1 à +3	85 à 90	2 à 5 mois	-	-	-	
	Poires	-1.9	0 à -1	85 à 90	1 à 6 mois	-	-	-	
	Pêches	-1.5	-1 à +1	85 à 90	1 à 4 sem	- 16	-	1 année	
	Pamplemousses	-2	0 à +10	85 à 90	4 à 6 sem	-	-	-	
	Prunes	-2.2	0	85 à 90	3 à 4 sem	- 18	-	1 année	
	Raisin	-3	0 à -1	85 à 90	3 à 4 sem	-	-	-	
	PRODUITS LACTES	Beurre	-	0	85 à 90	1 à 2 mois	- 18	80 à 85	6 à 13 mois
		Fromage	-	4	Variable	Variable	-	-	-
Lait		-0.6	0.5	-	1 sem	-	-	-	
POISSONS ET CRUSTACES	Poissons fumés	-	+4 à +10	50 à 60	6 à 8 mois	-	-	-	
	Poissons gras	-2.2	0 à -1.5	90	1 sem	-	-	-	
	Poissons maigres	-1.5	0 à -1	90	2 sem	- 18	90	12 mois	
	Poissons salés	-	+4 à +10	90	10- 12 mois	-	-	-	
	Crustacés	-2.2	0.5	90 à 85	1 sem	- 18	90	12 mois	
	Huîtres	-2.8	0 à +2	85 à 90	1 à 5 jours	-	-	-	
LEGUMES	Asperges	-1.2	0	90 à 95	2 à 3 sem	- 18	-	6 à 12 mois	
	Artichauts	-1.7	0	90 à 95	3 à 4 mois	- 18	-	6 à 12 mois	
	Carottes	-1.4	0	90	1 à 2 sem	- 18	-	6 à 12 mois	
	Choux-fleurs	-0.5	0	85 à 90	2 à 3 sem	-	-	-	
	Concombres	-0.8	+7 à +10	90 à 95	1 à 2 sem	-	-	-	
	Oignons	-1.1	0 à -3	70 à 75	6 mois	-	-	-	
	Haricots frais	-1.2	+4 à +7	85 à 90	8- 10 jours	-	-	-	
	Haricots secs	-	+2 à +5	70	6 mois	-	-	-	
	Champignons	-1	0 à +1	85 à 90	3 à 5 jours	-	-	-	
	Laitues	-0.5	0	90 à 95	1 à 3 sem	-	-	-	
	Pommes de terres	-1.7	+4.5 à +10	85 à 90	4 à 6 mois	-	-	-	
	Poids frais	-1.1	0 à -0.5	85 à 90	1 à 2 sem	- 18	-	6 à 12 mois	
	Poids secs	-	+2 à +5	70	6 mois	-	-	-	
	Tomates mûres	-0.5	+7 à +10	85 à 90	2 à 7 jours	-	-	-	
	Tomates vertes	-1.5	+11 à +13	85 à 90	3 à 5 sem	-	-	-	
	Céleris	-1.3	0 à -0.5	90 à 95	1 à 4 mois	-	-	-	
	Epinards	-0.2	0 à -0.5	90 à 95	2 à 6 sem	- 18	-	6 à 12 mois	

Tableau 9 : Durée de conservation des différentes denrées.

Source : R.PLANCK – Utilisation du froid

CHAPITRE II: PROPOSITION D'UNE INSTALLATION FRIGORIFIQUE ET CONNEXE

II.1 - Proposition

Cette proposition est une synthèse de combinaison de plusieurs installations frigorifiques qui sont déjà existes. Mais à cause de l'introduction des systèmes de contrôles en vogue actuellement, les schémas fluidique et électrique doivent être changés pour devenir adéquat à la nouvelle proposition de chambre.

II.2 - Circuit fluidique

D'après ce qu'on a dit précédemment nous allons proposer ici un schéma fluidique qui est adéquat à l'utilisation des deux fluides frigorigènes qui sont les plus récents actuellement (R 407C et R 410A, fluides Hydro fluorocarbures)

Le schéma fluidique après est simple à réaliser selon la demande des établissements ou des usines (Essai pratique chez SICOCEAN Ivato Antananarivo) ; mais avant d'avoir le schéma, voici quelques éléments conseillés :

Fonctionnement de quelques nouveaux éléments proposés

NRD : vanne à a pression différentielle (retour bouteille).

Elle commence à s'ouvrir quand la chute de presse à son passage est de 1.4bar et elle est grande ouverte quand la chute de pression est de 3bar (fig9)

KVR : vanne de régulation de la pression de condensation (sonie bouteille).

Il s'ouvre à pression d'entrée croissante, c'est à dire à pression de condensation croissante. L'augmentation de la pression du ressort (2) par l'intermédiaire d'une tige (1). En tournant ceci dans le sens horaire, elle fait augmenter la pression d'ouverture qui est la pression de condensation. (fig 7)

NRC : clapet anti-retour.

Il empêche à l'arrêt du compresseur, que le fluide frigorigène des évaporateurs des chambres à +8 et +5°C ne vienne à se condenser dans l'évaporateur le plus froid de la chambre à 0°C. Il protège aussi contre toute condensation du fluide frigorigène dans le séparateur d'huile et le carter du compresseur si, lors des arrêts de l'installation. ses composants deviennent plus froids que le condenseur.(fig 10)

KVL : régulateur de démarrage.

Il s'ouvre lorsque la pression chute du côté de la vanne par exemple chute de pression en amont du compresseur. Le régulateur commencera à réguler à une pression plus élevée du côté sortie de la vanne quand la tension du ressort (2) augmente en tournant la tige de réglage (1) dans le sens des aiguilles d'une montre.

Le système [NRD, KVR, NRV, KVL), suivant leurs positions respectives selon le schéma fluide, est utile pour maintenir une pression de condensation constante de suffisamment élevée dans la bouteille et dans le condenseur à air quand la température extérieure est très basse.

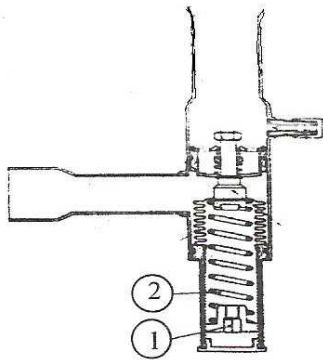


Fig 7 : Régulateur de pression de condensation

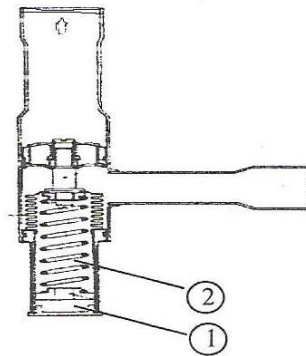


Fig 8 : Régulateur de démarrage (KVL)

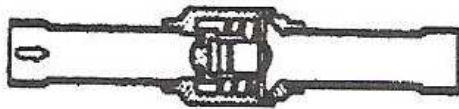


Fig 9 : Vanne à pression différentielle (NRD)

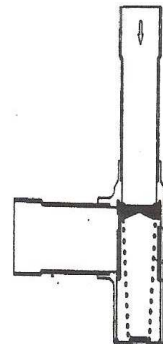


Fig 10 : Clapet de retenue (NRV)

Source : Manuel DANFOSS

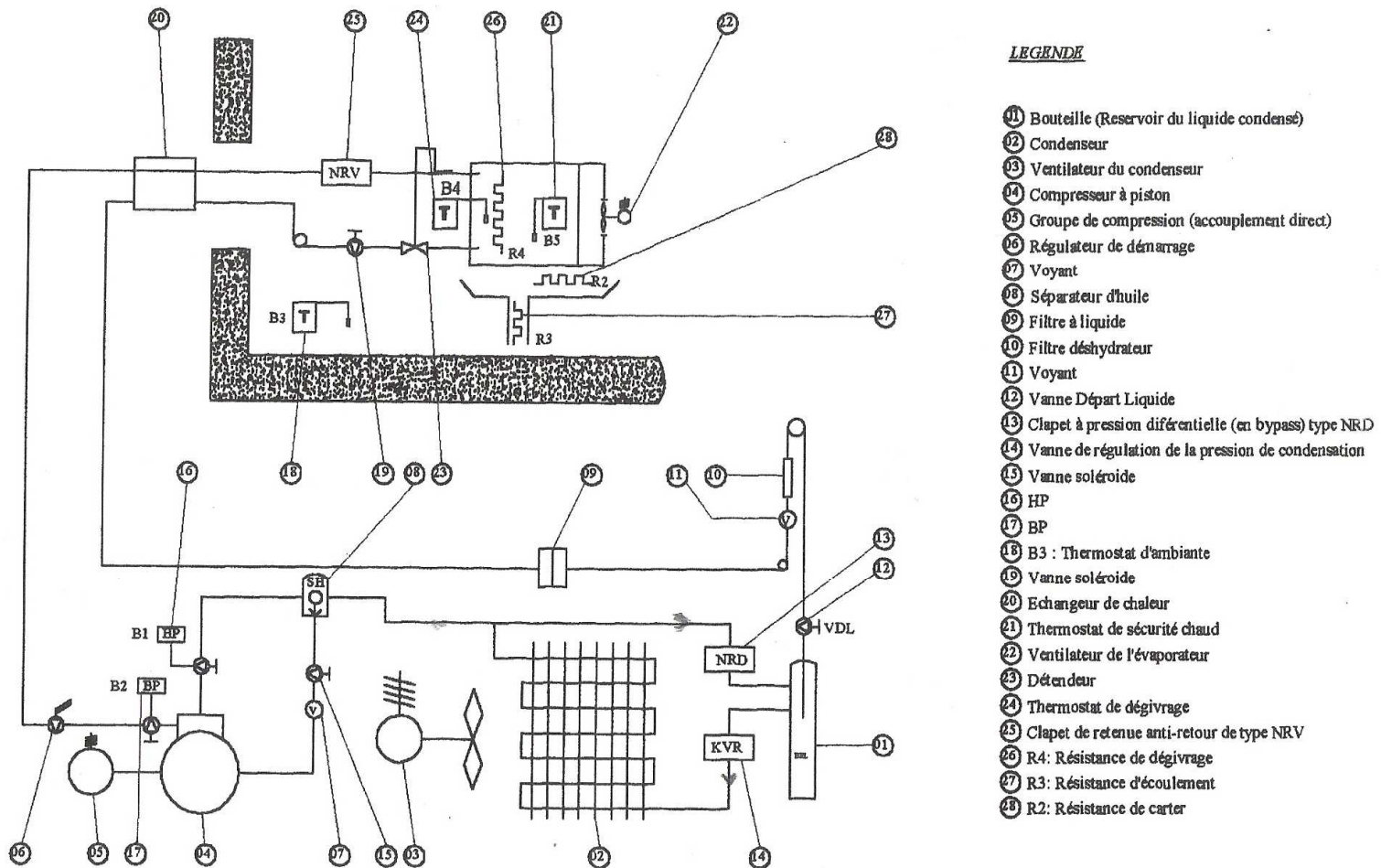


Fig 11: Circuit fluide de l'installation frigorifique proposée

II.3 Circuit électrique

Pour assurer cette proposition de circuit fluide, le schéma électrique qui lui est adéquat est représenté comme suit :

II.3.1 Circuit de commande

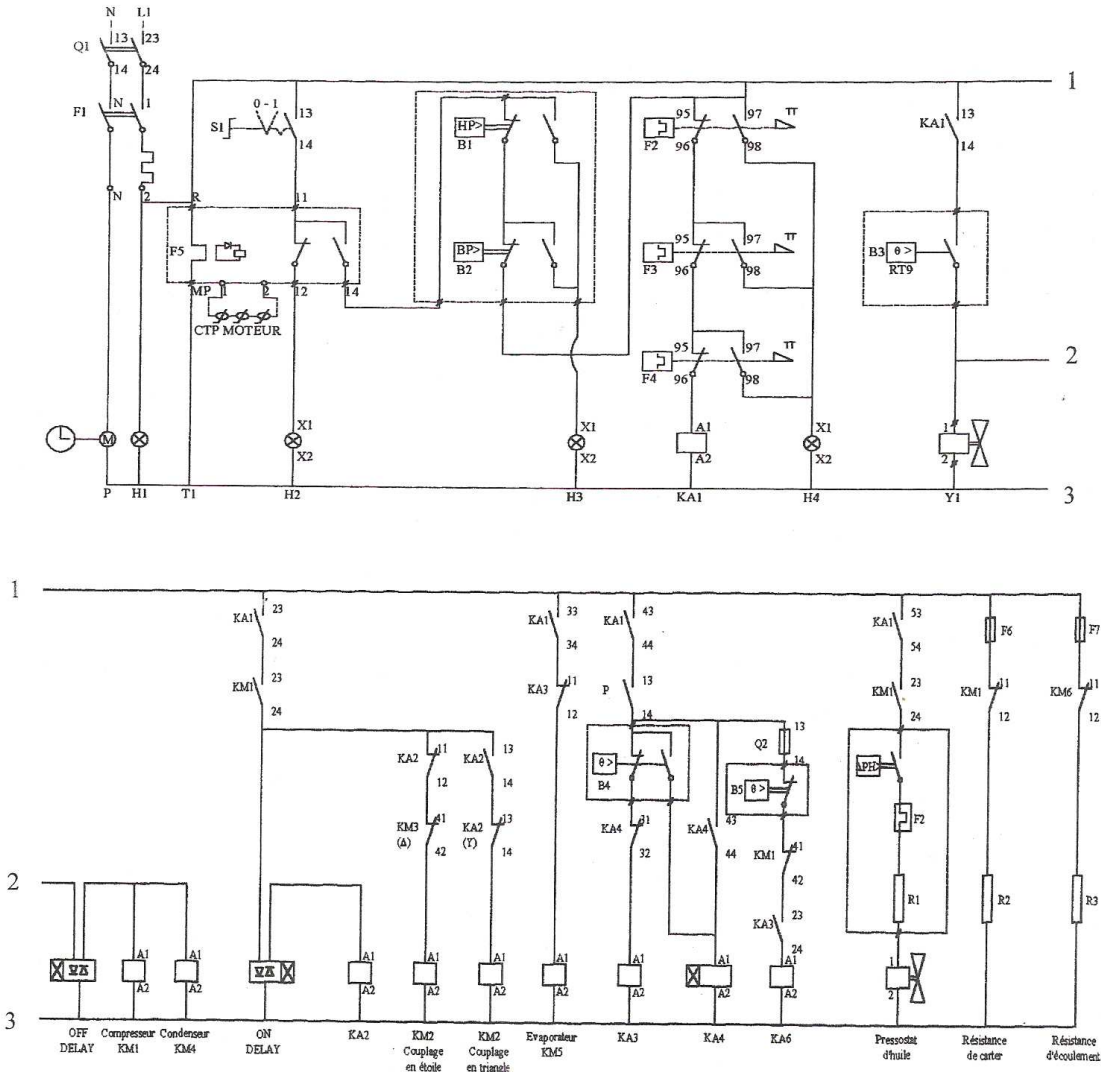


Fig 12: Circuit de commande de l'installation frigorifique proposée système pump down et dégivrage par résistances électriques

II.3.2 - Circuit de puissance

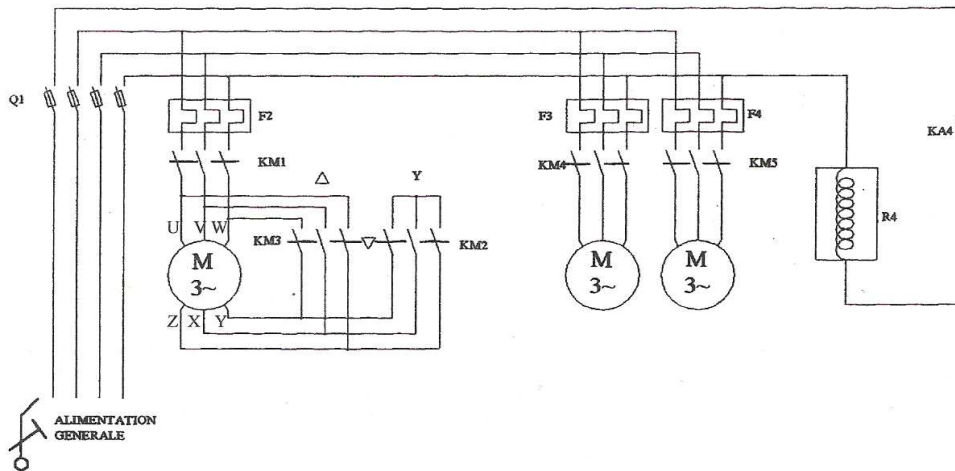


Fig 13: Circuit de puissance de l'installation frigorifique
Système pump down et dégivrage par résistances électrique

II.3.3 - Légende

N/ L 1 : alimentation du circuit de commande entre phase et neutre

Q 1 : contacts de pré coupure du sectionneur à fusibles du circuit de commande

F1: disjoncteur magnétothermique unipolaire + neutre (1 pôle protégé et 1 pole coupé) assurant la protection du circuit de commande,

P : pendule de dégivrage

F5 : protection intégrale "boîtier KRIWAN"

T1 : Transformateur de tension f220/27V eff) du relais KRIW AN

S1 : auxiliaire manuel à commande rotative, arrêt de l'installation.

H1 : Voyant lumineux signalisation de la présence de tension dans le circuit de commande

H2 : Voyant lumineux, signalisation du défaut du relais KRIWAN

B1 – B 2 : pressostat combiné.

H3 : Voyant lumineux signalisation du défaut du pressostat combiné

F2, F3 ; F4 : relais thermique des moteurs du moto compresseur, des motoventillateurs de l'évaporateur et du condenseur.

KA1 : bobine du relais d'automatisme de la ligne de sécurité.

H4 : voyant lumineux signalisation du défaut du relais thermique

Y1 : robinet électromagnétique liquide

Y2 : robinet électromagnétique retour d'huile

B3 : thermostat de régulation

KM1 : bobine du contacteur du moto compresseur

KM2 : bobine du contacteur du couplage étoile

KM3 : bobine du contacteur du couplage triangle

KA2 : bobine du contacteur du couplage étoile triangle

KM5 : bobine du contacteur du motoventillateurs du condenseur

KM4 : bobine du contacteur du motoventillateurs de l'évaporateur

KA3 : bobine du contacteur de la fin de dégivrage

B4 : thermostat de dégivrage

B5 : thermostat de sécurité chaud

KA4 : organe de commande du relais d'automatisme utilisé pour la commande de dégivrage

Δ PH : pressostat différentiel d'huile

F6 : bilame qui déclenche l'arrêt du groupe en cas où le pressostat différentiel ne s'ouvre pas avant 45 secondes

R1 : cette résistance chauffe le bilame F2

R3 : résistance de carter du compresseur

R3 : résistance d'écoulement de condensat

KM6 : bobine du contacteur de la résistance R3

F7 : fusible de protection de la résistance d'écoulement

CHAPITRE III – PROGRAMMATION ET RESULTATS

III.1 Base de calcul

A Pour la réfrigération des denrées à conserver

Connaissant les dimensions exactes d'installation frigorifique comprenant des denrées de dimensions et de propriétés thermiques également déterminées, pour une température d'ambiance, une température initiale et une température finale à cœur déterminé, on doit être en mesure de calculer la durée du refroidissement répondant à toutes ces conditions. Le calcul exact de cette durée rencontre des difficultés sérieuses ; mais en négligeant certains détails secondaires, on peut cependant schématiquement effectuer des calculs suffisamment approchés quand on est en présence, pour des denrées, de corps ayant des formes géométriques définies et régulières, par exemple des sphères, cylindres de longueurs finies et des parallélépipèdes. Ces derniers cas se rencontrent, par exemple, dans les emballages de beurres ou pour des denrées empaquetées régulièrement. Mais le plus souvent, la forme des denrées est tout à fait irrégulière, comme par exemple dans les quartiers de bétail, la volaille ou les poissons. On doit chercher alors dans chaque cas, à trouver la forme géométrique la plus rapprochée et à déterminer le pourcentage de divergence de la valeur calculée. Le même pourcentage peut alors, avec une approximation, suffisante, être admis pour d'autres objets analogues.

Adoptons les notations suivantes :

t température en °C

t_0 température de la chambre froide

t_i température initiale des denrées

t_f température finale au cœur des denrées

t_m température moyenne des denrées

τ temps en heures

τ_f temps de refroidissement total

X, Y, Z coordonnées courantes

X, Y, Z dimensions principales des denrées (en mètres)

λ, c, γ coefficient de conductibilité, chaleur et poids spécifiques des denrées

$a = \lambda / c\gamma$ diffusivité thermique

$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ coefficient de convection à la surface des denrées

$\theta = t - t_0$

$$\theta_i = t_i - t_0$$

$$\theta_f = t_f - t_0$$

$$\theta_m = t_m - t_0$$

Dans le cas du flux à une direction, la répartition de la température à l'intérieur du corps en fonction de l'abscisse x et de la dimension X (voir figure 14 ci- après) est obtenue à partir de la résolution analytique de R. Planck par décomposition en deux produits de fonctions (exponentielle et une fonction f qui dépend de la forme du corps) et nous avons :

$$\theta = \theta_i C \left[\exp(-\mu^2 at / X^2) \right] f(\mu x / X)$$

f représente les fonctions suivantes :

- pour la sphère, $\frac{\sin(\mu x / X)}{(\mu x / X)}$

- pour le cylindre de longueur infinie, $J_0(\mu x / X)$ avec J_0 la fonction de Bessel

- pour la plaque de dimension infinie, $\cos(\mu x / X)$

C facteur de produit des constantes d'intégration

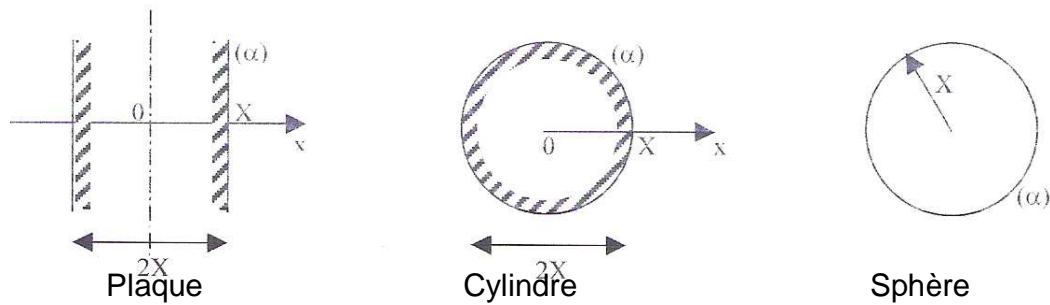


Fig 14: Différentes formes de produits

Quand la température au cœur ($x = 0$) est atteinte ($t = t_f$), le temps de réfrigération τ_f est obtenu par :

$$\theta_f = \theta_i C [\exp(-\mu^2 a \tau_f / X^2)] f(0) \quad (3)$$

Quelles que soient les formes, $f(0) = 1$ car $j_0(0) = 1$ (cylindre) ; $\text{sincard}(0) = 1$ (sphère) et $\cos(0) = 1$ (plaque)

Nous avons donc :

$$\theta_f = \theta_i C [\exp(-\mu^2 a \tau_f / X^2)] \quad (4)$$

En tirant le temps, nous avons :

$$\tau_f = \frac{X^2}{a} \cdot \frac{\ln(\theta_i / \theta_f) + \ln C}{\mu^2} \quad (5)$$

Les grandeurs μ^2 et C dépendent des conditions de transmission de chaleur à la surface :

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=x_1} = - \frac{\alpha}{\lambda} (\theta)_{x=x_1} \tag{6}$$

et des conditions initiales :

$$(\theta)_{x=0} = \theta_a \tag{7}$$

La grandeur de μ^2 dépend du nombre sans dimensions $\alpha_x X/\lambda$. Ces deux grandeurs sont données par les courbes et le tableau ci-après.

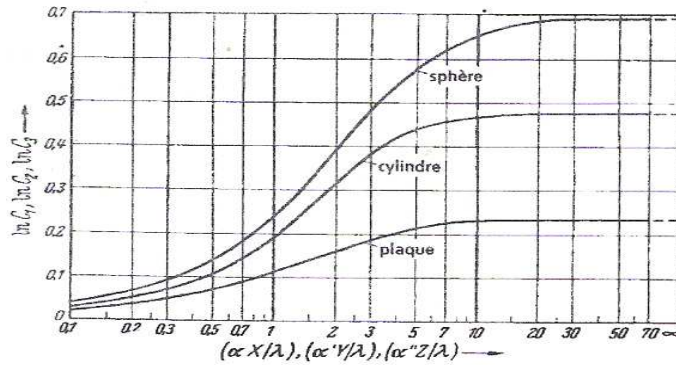


Fig 15: Courbe donnant les coefficients C_1, C_2, C_3

Source : R.PLANCK, Utilisation du froid

Nombre caractéristiques $\alpha X/\lambda$ ou $\alpha Y/\lambda$ ou $\alpha Z/\lambda$	$\mu^2, \nu^2, \text{ ou } \chi^2$ pour		
	Plaques	Cylindres	Sphères
0,00	0	0	0
0,01	0,010 0	0,019 9	0,029 9
0,02	0,019 9	0,040 0	0,058 6
0,05	0,049 3	0,098 6	0,058 6
0,07	0,068 3	0,140	0,215
0,10	0,096 7	0,195	0,294
0,15	0,142	0,291	0,463
0,20	0,187	0,381	0,576
0,30	0,273	0,558	0,842
0,50	0,426	0,885	1,36
0,70	0,563	1,18	1,83
1,0	0,741	1,58	2,47
1,5	0,977	2,16	3,36
2,0	1,164	2,56	4,12
3,0	1,42	3,19	5,23
5,0	1,73	3,96	6,60
7,0	1,89	4,39	7,03
10	2,04	4,75	8,04
15	2,17	5,10	8,60
20	2,24	5,24	8,91
30	2,31	5,39	9,20
50	2,36	5,56	9,48
	2,47	5,78	9,87

Tableau 10 : Tableau donnant les coefficients μ^2, χ^2, K^2 – source : R.Planck, Utilisation du froid

Comme on le voit, la durée de réfrigération est essentiellement proportionnelle au carré de la demi-épaisseur de la forme considérée et au logarithme du rapport des températures.

Pour les flux poly dimensionnels, on doit prendre les formes représentées sur les figures suivantes

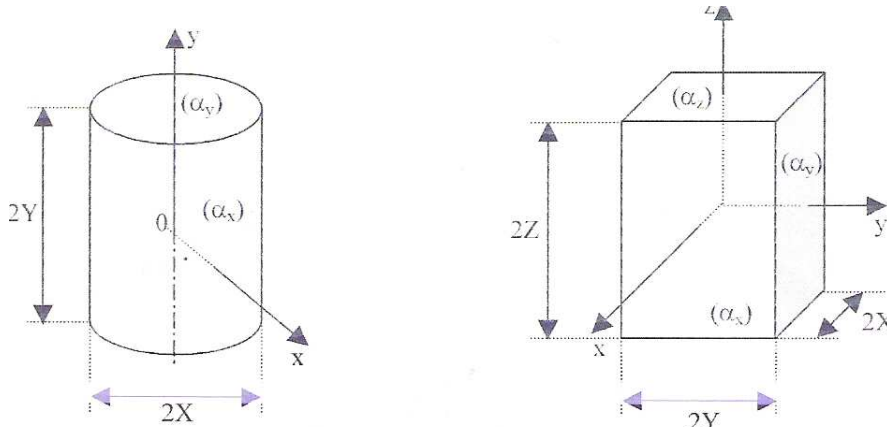


Fig 16: Forme géométrique des denrées à conserver

Formes géométriques des denrées à conserver

D'après les mêmes démarches analytiques utilisées par R. Planck, pour les formes finies (deux ou trois dimensions), nous avons la préparation de la température à l'intérieur du corps en fonction des variables x,y,z et des dimensions X,Y,Z comme suit :

$$\theta = \theta_i C \cdot \exp[-a\tau / X^2 (\mu^2 + (X/Y)^2 v^2 + (X/Z)^2 k^2)] \cdot f(\mu x/X, v y/Y, k z/Z) \quad (8)$$

Dans laquelle les fonctions f sont :

- pour le cylindre de longueur finie : $j_0(\mu x/X) \cdot \cos(v y/Y)$
- pour le parallélépipède : $\cos(\mu x/X) \cdot \cos(v y/Y) \cdot \cos(k z/Z)$

Le facteur C est le produit des constantes C_1, C_2, C_3 des solutions monodimensionnelles (sur les mêmes courbes précédemment) et les coefficients μ^2, v^2, k^2 sont obtenues sur le même tableau. Pour atteindre la température t_f au cœur ($x = 0, y = 0, z = 0$), il faut un temps de réfrigération τ_f donné par :

$$\tau_f = \frac{X^2}{a} \cdot \frac{\ln(\theta_i / \theta_f) + \ln C_1 + \ln C_2 + \ln C_3}{\mu^2 + (X/Y)^2 v^2 + (X/Y)^2 k^2} \quad (9)$$

Car $f(0,0,0) = 1$

B- Pour la congélation des denrées à conserver

Le calcul de durée de congélation s'établit d'abord d'après le procédé employé. On admet en outre que les marchandises sont déjà refroidies juste au-dessus du point de solidification, au voisinage duquel la totalité de la chaleur de congélation, a été évacuée ; on admet en outre que les denrées ont une forme géométrique simple (parallélépipède, cylindre

ou sphère), ce qu'on rencontre dans presque tous les emballages de produits à congeler. On admet également que les objets soumis à la congélation sont homogènes et isotopes et que le calcul est établi en adoptant une valeur moyenne constante pour le coefficient de conductibilité ;

On étudiera d'abord les denrées non empaquetées.

a/- Flux de chaleur monodimensionnel :

Si la chaleur n'est retirée que des deux surfaces opposées d'un parallélépipède, on se trouve dans le cas d'un flux calorifique monodimensionnel. On rencontre ce cas dans les appareils de congélation à plateaux multiples. Si on désigne par :

α [Kcal/m².h.°C] le coefficient de convection de chaleur entre la surface de la denrée et le fluide frigorigène

λ [Kcal/m h °C] le coefficient de conductibilité des denrées congelées

$\theta = t_g - t_0$ [°C] la différence moyenne entre la température de congélation t_g des denrées et la température t_0 de vaporisation du fluide frigorigène utilisé.

S [m²] la surface des produits intéressés à la transmission de chaleur

ρ [Kcal/m³] le besoin de froid des denrées rapporté à 1 m³ à l'état congelé,

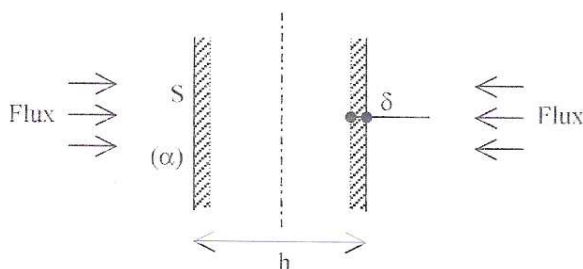
W [Kcal] la quantité de chaleur à extraire

t [h] le temps,

t_0 [h] la durée de congélation totale,

δ [m] l'épaisseur de la couche congelée formée,

h [m] la hauteur de l'objet congelé entre les surfaces refroidies.



La quantité de chaleur est donnée par :

$$Dw = K.S.\theta.dt \quad (10)$$

$$\text{Avec } K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}}$$

En outre, on admet que le coefficient de convection, entre la couche congelée et le noyau non encore congelé, est infiniment grand et qu'à cette limite il n'existe absolument aucune différence de température ; D'autre part, on a la relation calorimétrique :

$$Dw = \rho.S.d\delta \quad (11)$$

Ici, on admet que la denrée est déjà refroidie jusqu'à sa température de congélation. L'égalité de ces deux équations nous donne :

$$dt = \frac{\rho}{\theta} \times \frac{1}{K} d\delta = \frac{\rho}{\theta} \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \right) d\delta \quad (12)$$

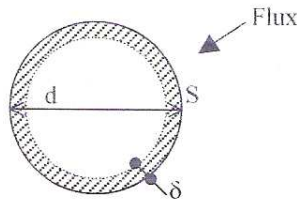
L'intégration :

$$\int_0^0 dt = \frac{\rho}{\theta} \times \int_0^{\frac{h}{2}} \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \right) d\delta \quad (13)$$

Nous conduisons à la durée de congélation totale qui s'écrit :

$$t_0 = \frac{\rho}{8\lambda\theta} h \left(h + 4 \frac{\lambda}{\alpha} \right) = \frac{\rho}{\theta} \left(\frac{h}{2\alpha} + \frac{h^2}{8\lambda} \right) \quad (14)$$

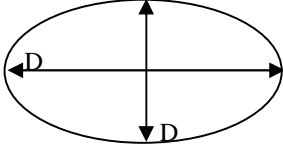
Pour des très grandes valeurs de α , par exemple dans le cas d'un échange de chaleur avec un médium volatil, le terme linéaire en h peut être négligé vis-à-vis du terme en h^2 . La durée de congélation est alors proportionnelle au carré de l'épaisseur de la denrée. Dans le même sens, on trouve pour un corps cylindrique de section circulaire de diamètre d quand la chaleur est transmise seulement au pourtour :



$$t_0 = \frac{\rho}{\theta} \left(\frac{d}{4\alpha} + \frac{d^2}{16\lambda} \right) \quad (15)$$

Un cylindre de diamètre $d = h$ gèle ainsi deux fois plus vite qu'une plaque de hauteur h . Si la section du corps cylindrique n'est pas circulaire mais elliptique ou ovale, par exemple

dans le cas de tous les poissons ronds, et si on désigne les axes principaux par d_1 et d_2 (voir figure ci-après) on doit prendre pour d :

$$d = \frac{2d_1d_2}{d_1 + d_2}$$

(16)

De même, on trouve pour un corps circulaire de diamètre d :

$$t_0 = \frac{d}{\theta} \left(\frac{d}{6\alpha} + \frac{d^2}{24\lambda} \right)$$
(17)

Une sphère de diamètre $d = h$ congèle trois fois aussi vite qu'une plaque de hauteur h .

b/- Flux de chaleur bidimensionnel :

Si la chaleur est extraire des quatre surfaces d'un parallélépipède dont les deux surfaces sont opposées, le calcul peut se faire en admettant que le flux de chaleurs est constamment perpendiculaire à la surface.

De sorte que, sur les quatre faces, des couches congelées de même épaisseur δ se forment ; en négligeant le flux de chaleur dans les angles. Si l est la longueur, b la largeur et h la hauteur du parallélépipède, avec la condition $l > b > h$, et si la production de chaleur a lieu sur deux faces $l \times b \times h$, on trouve pour la durée de congélation :

$$t_0 = \frac{\rho}{\theta} \left(\frac{bh}{2\alpha(b+h)} + \frac{1}{\lambda} \left[\frac{bh}{16} - \frac{(b-h)^2}{32} \ln\left(\frac{b+h}{b-h}\right) \right] \right)$$
(18)

Pour chaque valeur du rapport $\beta = b/h > 1$, on peut mettre cette équation sous la forme :

$$t_0 = \frac{\rho}{\theta} \left(M \frac{h}{\alpha} + N \frac{h^2}{\lambda} \right)$$
(19)

Après développement et par identification, nous avons les expressions de M et de N en fonction de β afin de simplifier comme suit :

$$M = \frac{\beta}{2(\beta+1)} \quad \text{et} \quad N = \frac{\beta}{16} - \frac{(b-1)^2}{32} \ln\left(\frac{\beta+1}{\beta-1}\right)$$
(20)

c/- Flux de chaleur tridimensionnel :

Si la chaleur se dégage des six surfaces d'un parallélépipède, le calcul pour la recherche de la durée de congélation, avec l'hypothèse $1 > b > h$, est sensiblement plus compliqué. Le résultat peut toutefois se mettre sous une forme simple :

$$t_0 = \frac{\rho}{\theta} \left(P \frac{h}{\alpha} + R \frac{h^2}{\lambda} \right) \quad (21)$$

Où P et R sont obtenus comme précédemment par développement et identification. Ils sont fonctions des rapports :

$$\beta_1 = 1/h \geq 1 \text{ et } \beta_2 = b/h \geq 1$$

Si nous posons de nouveau $1 > b > h$, on trouve :

$$P = \frac{\beta_1 \beta_2}{2(\beta_1 \beta_2 + \beta_1 \beta_2)} \quad (22)$$

et

$$R = \frac{(m-1)(\beta_1 - m)(\beta_2 - m) \ln \frac{m}{m-1} - (n-1)(\beta_1 - n)(\beta_2 - n) \ln \frac{n}{n-1}}{8k} + \frac{1}{72} (2\beta_1 + 2\beta_2 - 1) \quad (23)$$

Où m, n et k dépendent de β_1 et β_2 de qui ont pour but de simplifier les écritures des expressions dans la suite de notre études et ils sont donnés par les relations suivantes :

$$k = \sqrt{(\beta_1 + \beta_2)(\beta_1 - 1) + (\beta_2 - 1)^2}$$

$$m = \frac{1}{3} (\beta_1 + \beta_2 + 1 + k)$$

$$n = \frac{1}{3} (\beta_1 + \beta_2 + 1 - k)$$

Dans le cas particulier de cubes où $1=b=h$ et où $\beta_1 = \beta_2$, on tire des équations (21,22,23)

$$t_0 = \frac{\rho}{\theta} \left(\frac{h}{6\alpha} + \frac{h^2}{24\lambda} \right) \quad (24)$$

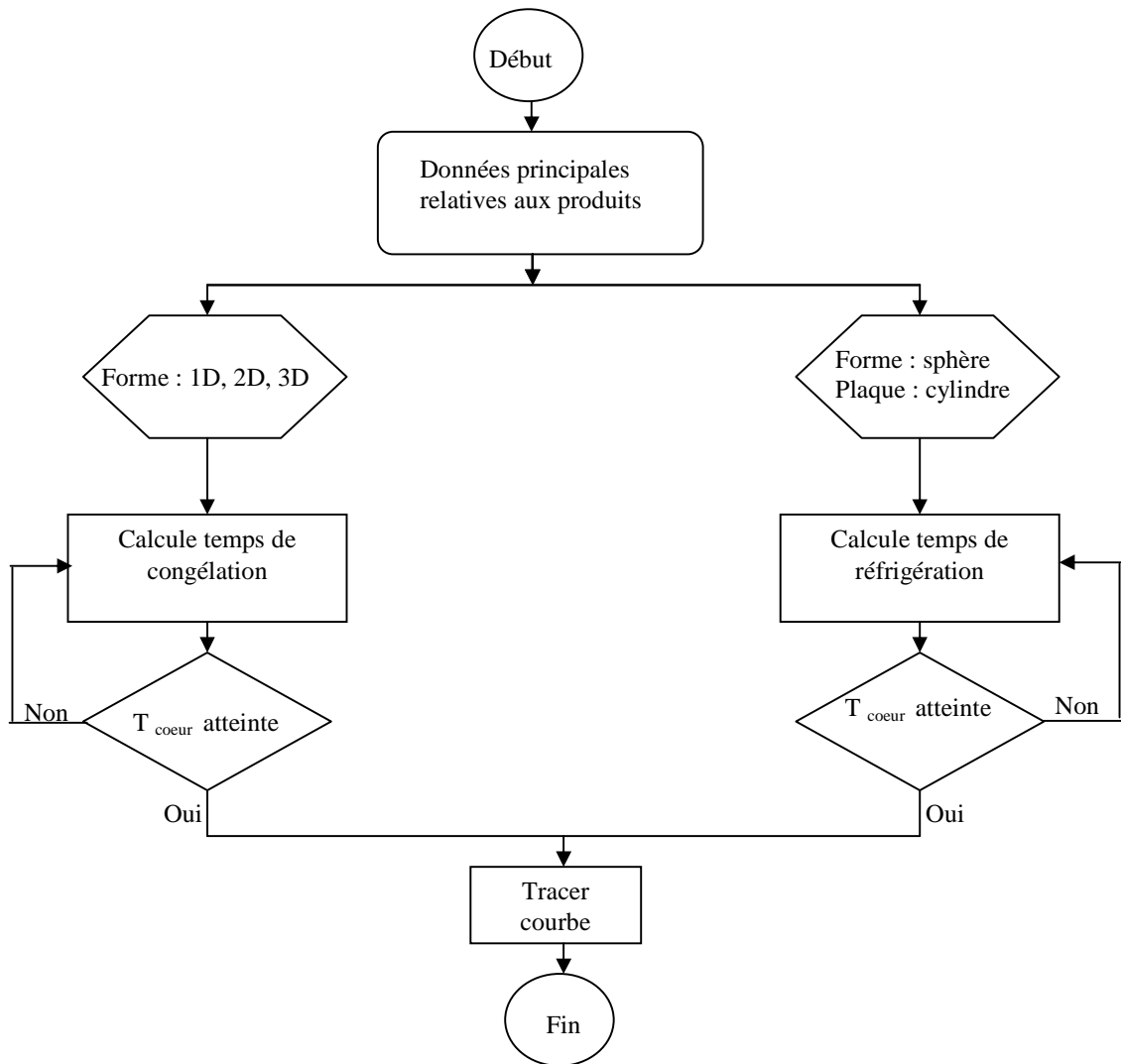
La durée de congélation est la même que pour une sphère de diamètre $d=h$. Dans le cas particulier où $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ et $1=b$, on aura :

$$P = \frac{\beta}{2(\beta+2)} \quad \text{et} \quad R = -\frac{(\beta-1)^2}{54} \ln \frac{\beta+2}{\beta-1} + \frac{4\beta-1}{72} \quad (25)$$

Dans le cas particulier où β_1 est quelconque, mais où $\beta_2=1$ et $b=h$, on tire l'équation (25) :

$$P = \frac{\beta}{2(\beta+2)} \quad \text{et} \quad R = -\frac{(\beta-1)^2}{54} \ln \frac{\beta+2}{\beta-1} + \frac{4\beta-1}{72} \quad (26)$$

III.2 Organigramme de résolution



III 3 Résultats et interprétations

Les résultats dépendent de plusieurs paramètres à savoir les caractéristiques physiques et biologiques, la température initiale, la température ambiante de la chambre froide, les températures au cœur de congélation et de réfrigération ainsi que les dimensions et formes du produit à traiter. Ces résultats sont obtenus à partir de la programmation en langage PASCAL 7.0 selon l'organigramme ci-dessus (voir listing en document annexe).

Pour la congélation, nous avons pris comme exemple la chair de poisson qui nous permet d'obtenir les trois courbes suivantes. Les paramètres correspondants sont :

- conductivité thermique = 1,15 kcal/h°C
- besoin en froid par m³ des denrées p= 60000kcal/m³
- poids spécifique = 1000kg/m³
- coefficient de convection = 30kcal/m². h°C
- température initiale du produit 22°C(ti)
- température de congélation – 1°C (tg)
- température ambiante de la chambre – 20°C (to)

Le temps de congélation est proportionnel à la dimension du produit. Pour les transferts unidimensionnels, d'après les hypothèses citées auparavant, le temps de congélation d'un produit sous forme de plaque est inférieur à celui d'une forme cylindrique

dont lui-même inférieur à celui d'une forme sphérique (figure 17)

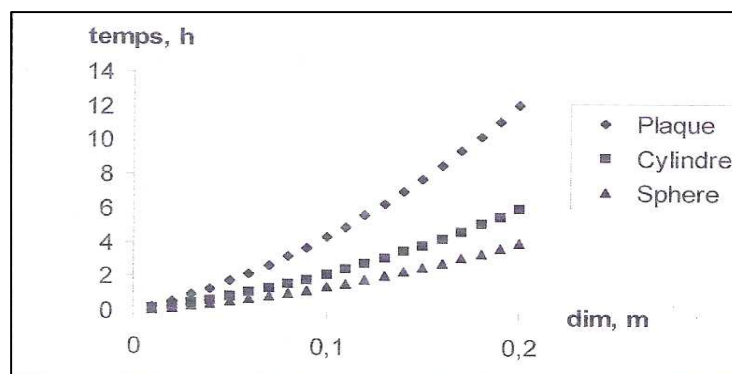


Fig 17: Congélation unidimensionnelle (poisson)

Lorsque la chaleur est extraite de quatre faces opposées, nous avons les répartitions bidimensionnelles suivantes (figure 18). Les courbes sont proportionnelles aux côtés. Le temps de congélation décale vers le haut en fonction de la hauteur considérée.

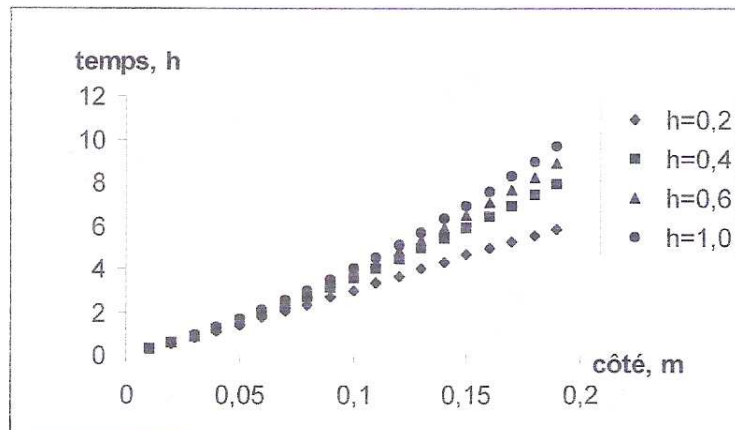


Fig 18: Congélation bidimensionnelle (poisson)

Pour une congélation sur les six faces, nous avons un échange tridimensionnel dont les courbes de temps sont données par la figure 19. Nous avons pris à titre d'exemple une longueur de 0,5m. Comme précédemment, les courbes se décalent vers le haut en fonction de la hauteur mais elles varient peu avec la largeur.

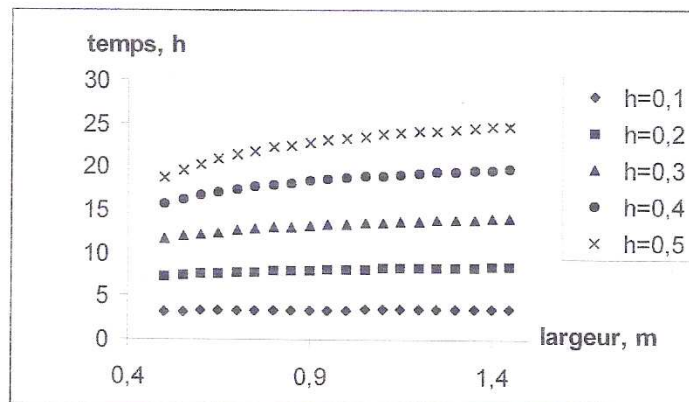


Fig 19: Congélation tridimensionnelle (poisson)

Pour la réfrigération, nous avons pris deux exemples tels que beurre et pièce de bœuf. Le temps de réfrigération est toujours proportionnel aux dimensions, mais les pentes varient selon les formes de denrées ainsi que la façon dont se produit l'échange thermique.

Pour le beurre, le paramètre correspondant sont :

- conductivité thermique = 0,12kcal/ m/h°C
- chaleur spécifique C = 0,55kcal/ kg°C
- coefficient de convection = 8kcal/m² .h°C
- poids spécifique = 950kg/m³

- température initiale du produit 22°C (t_i)
- température finale 3° C (t_f)
- température ambiante de la chambre – 3°C (t_o)

Sur la figure 20, on voit que les formes géométriques influent sur le temps de réfrigération (cylindre de longueur infinie, plaque infinie, sphère)

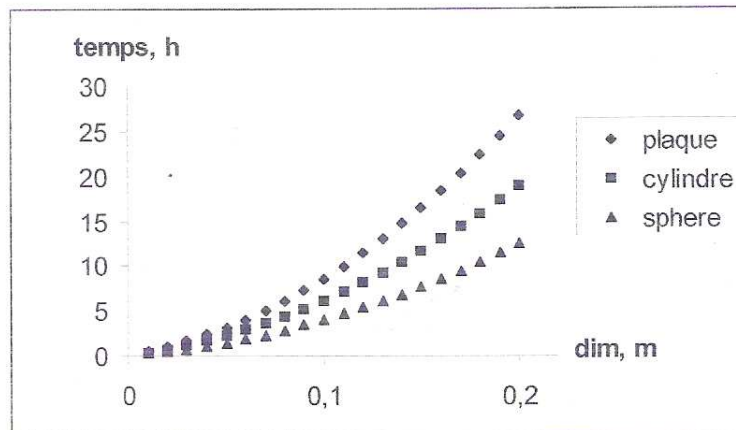


Fig 20: Réfrigération unidimensionnelle (beurre)

Pour une beurre cylindrique de la hauteur h et de diamètre bien définie, plus la hauteur augmente, plus le temps croît (figure 21). Nous avons à peu près la même répartition pour les formes parallélépipédiques de dimensions bien définies en fixant une longueur de 0,2 m (figure 22)

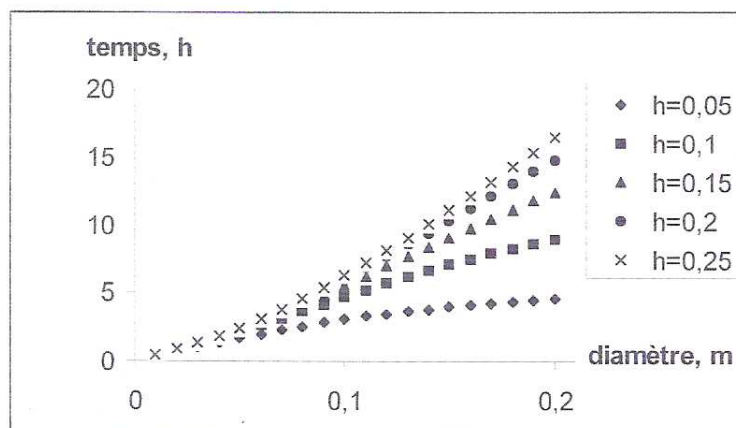


Fig 21: Réfrigération cylindre fini (beurre)

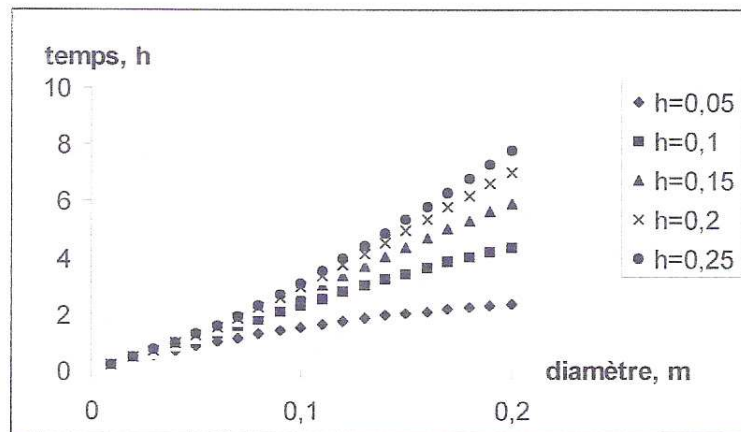


Fig 22: Réfrigération parallélépipède fini (beurre)

Pour le bœuf, les paramètres correspondants sont :

- conductivité thermique = 0,43 kcal/m.h°C
- coefficient de convection = 20,6kcal/m².h°C
- diffusivité thermique a =0,00048m². h°C
- température initiale du produit 22°C (ti)
- température finale 3°C (tf)
- température ambiante de la chambre – 5°C (to)

Les trois figures suivantes représentent le temps de congélation du bœuf. Les courbes ont la même allure que celle pour le cas de beurre mais la réfrigération se fait plus vite (figure 223,24,25)

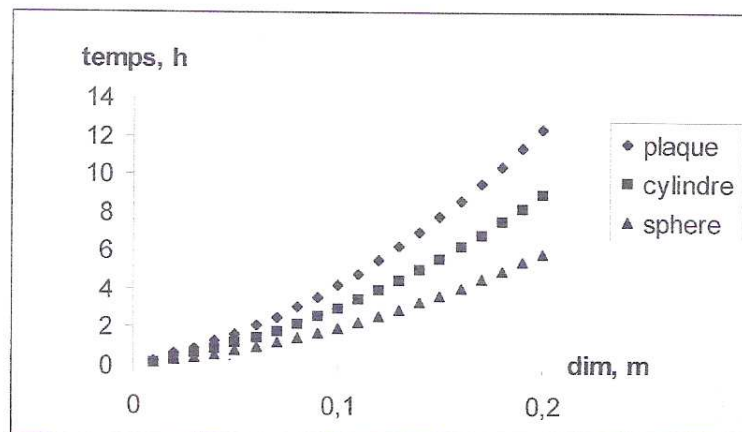


Fig 23: Réfrigération unidimensionnelle (bœuf)

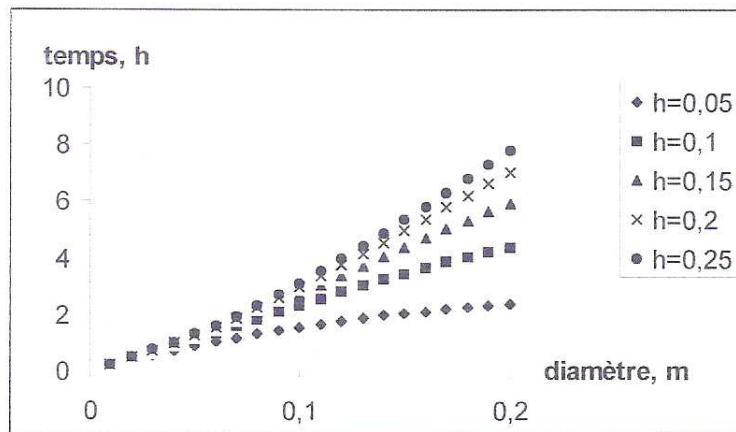


Fig 24: Réfrigération cylindre fini (bœuf)

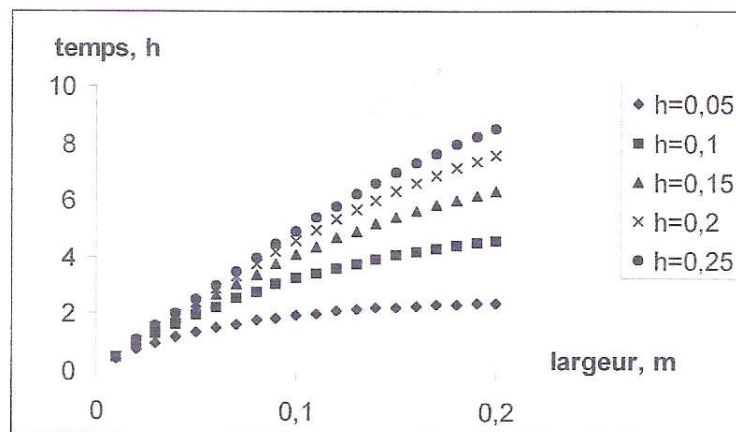


Fig 25: Réfrigération parallélépipède finie (bœuf)

II.4 Suggestion pratiques

Les exemples ont montré que :

- pour obtenir un meilleur temps de refroidissement, la forme la plus conseillée est la sphère c'est à dire les denrées doivent prendre une forme de boule ou plus proche d'une sphère.
- Il faut aussi bien respecter la distance inter- étales avec leurs charges correspondantes.
- Il faut aussi respecter la fréquence O/F (ouverture/fermeture) car celle-ci est déjà dictée par les constructeurs pour minimiser les pertes de puissance pour une chambre donnée et des influences sur les températures.
- Il faut garder l'homogénéité des denrées à conserver c'est à dire une chambre donnée correspond uniquement à une même type de denrées.

- Il faut bien maintenir constante la température d'une chambre selon les propositions techniques que nous avons citées précédemment afin d'obtenir une meilleure température au cœur.

CONCLUSION GENERALE

D'après les usines et les établissements que nous avons visités nous avons constaté que le respect des normes est insatisfaisant. Les facteurs d'insatisfaction sont très variés mais le plus prépondérant est l'insuffisance des systèmes de contrôles sur le plan sanitaire aussi bien que technique. C'est pour cette raison que nous avons choisi ce mémoire comme document technique pour les utilisateurs concernés.

Afin de se baigner dans l'ère de la mondialisation, nous devons tenir compte de l'évolution technologique actuelle qui ne cesse pas varier selon le besoin de la demande

Ce mémoire nous a permis de dégager les points suivants :

- Etudes de normes existantes
- Essai de prépositives de noms conforme à la réalité et à l'évolutions de la technologie
- Proposition technique : schéma fluidique, schéma électrique de commande et de Puissance

Une exemple d'application de cette recherche à titre d'essai a été réalisé à la Société industrielle SICOCEAN. Le résultat a été satisfaisant. Ainsi, nous pensons que dans le cadre de la nouvelle politique de développement de Madagascar, une information-formation est envisageable pour les frigoristes malagasy.

BIBLIOGRAPHIE

1- RUDOLF PLANCK

L'utilisation du froid dans les industries alimentaires

1976 DUNOD

2- J.KUPRIANOFF

Les procédés auxiliaires pour la conservation par le froid des denrées périssables

1973 DUNOD

3-EDUARD KALLERT

Les viandes, volume 1

1987 DUNOD

4. GEORG KAESS

Les œuf, volume 2

1987 DUNOD

5- K.F. LEOPOLD

Lait et produits laitier, volume 3

1987 DUNOD

6- A. MONVOISIN

La conservation par le froid denrées périssables

1989 DUNOD

7- A. MONVOISIN

Alcool et distillerie

1989 DUNOD

8- A. MONVOISIN

Le lait et les produits dérivés

1989 DUNOD

9- P. LERAILEZ

Législation et normes professionnelles

1955 AFNOR

10- MIRONNEAU

Frigoriste

1993 Bibliothèque professionnelle- technologie et Industrie- France

11- MIRONNEAU

la microbiologie et l'agro-alimentaire

1993 Bibliothèque professionnelle- technologie et Industrie- France

12-UNION EUROPEENNE (FED-STABEX)

SECURITE SANITAIRE des produits alimentaires

1997 DACSS et DSV Ampandrianomby Antananarivo

13- DANFOSS

Automatisation DES installations frigorifiques commerciales

2001 Manuel

14. DANFOSS

Les fluides frigorigènes conseillés

2002 Manuel

15. A. H.RANAIVOSON

L'électricité et le froid

2001 ITF

16 MINISTERE DES COMMERCEs

Livre de normalisation

1840 à 1999 ISO

17- DUMINIL

Production de froid et échanges THERMIQUE 5Cours I.F.F.I°

1973 Antony France

18. W. POHLMANN

Formulaire du frigoriste

1973 5me édition DUNOD

19. A.GAC

Dispositif expérimental de mesure de la puissance thermique des échangeurs froids

1966 Extrait de la Générale du Froid n° 11

20. A.GAC

A propos de la transmission de la chaleur dans les caisses d'engins de transport de denrées périssables

1967 Extrait de la Revue Générale du Froid n°1

21. A.GAC

Définition et justification des critères thermiques des engins de transport à température dirigée

1970 Extrait de la Revue Générale du froid n°3

22- A.GAC

L'agrément des engins de transport de denrées périssables

1973 Extrait de la Revue Générale du Froid n° 7

23- A.GAC

Automatisme des systèmes frigorifiques (AFF)
1974 Supplément à la Revue Générale du Froid

24 J.LARBOUILLAT

Utilité et réalisation pratique des essais des installations frigorifiques
1964 Extrait de la Revue Générale du Froid, °5

25. J ; LARBOUILLAT

Projet De protocole des essais des installations frigorifiques effectuées pour le service
du Génie Rural
1973 Parc de Tourvoie- 92160-Antony

26- DEUSTCHER KALTTECHNISCHER VEREM

Règles sur machines frigorifiques
1973 Institut International du froid – 5^{ème} édition

27 PATIN

Entrepôts, Abattoirs et transports frigorifiques
1973 Antony France

28. Circulaire DARS

Protocole et Cahier des prescriptions technique pour les refroidisseurs
1974 SE 2/C/745003

29- LOIS ET BASES LEGISLATIVES

Transport de denrées périssables- Conditions d'hygiène
1974. JO. Mars

30- DESMARTINS

Cours du froid
1975 ENITRIS

31 A. RAJAABELISON

Mise en place du système HACCP
2002 (Octobre)°Mémoire à l'ESSA

32-P. KAUFFMANN

Histoire de la mondialisation
2000 Economie du monde

33- C.R.R.RAMINOSOA

Cour de transfert de chaleur
1997 Université Nord de Madagascar (ESP)

34-P.JACQUARD et S.SANDRE

Régulation numérique
1994 PYC édition

35. N.J.RANDRIAMIADANARIVO

Conception D'une logiciel de dépiégeage des pannes des installations frigorifiques
2000 Docteur FREEZE

36. O.R. RAJAONAH

Optimisation de régulation des chambres froides à MADAGASCAR
2000 Mémoire ESPA

La mise œuvre d'une nouvelle technologie adéquate pour les installations frigorifique n'est pas encore bien maîtrisé à Madagascar.

C'est dans cette perspective d'approche que nous avons conçue le présent mémoire ciblant tout système de chambre froide évolué ou non. Nous jugeons utile et nécessaire que notre recherche serve un modèle guide et référence à la normalisation des chambres froides et les denrées qu'elles conservent. Ceci a pour but de rendre compétitif sur marché international notre produit. Plus tard un logiciel de conception complètera notre étude en la matière.

Auteur : : Monsieur RAFOMANANA Edouard Auguste

Encadreur : : Monsieur RANAIVOSON ANDRIAMBALA Hariniaina

Titre : **CONTRIBUTION A LA MISE EN PLACE DE LA NORMALISATION
DE LA PRODUCTION DU FROID POUR LA CONSERVATION DES
DENREES ALIMENTAIRES PERISSABLES**

Nombre de pages : 76

Nombre de figures: 25

Nombre de tableau: 10

Mots clés : Froid, réfrigération, congélation, thermique, thermodynamique.
Législation, norme, normalisation.
Denrées, sanitaire, agroalimentaire
Mondialisation, globalisation

Adresse de l'auteur : Lot NQP ter Bis Andohanimandriseza Antananarivo II

Téléphone : 020 22 696 30 (HB) ou 032 42 251 16

