

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

NDIOUR Mamadou Moustapha
ANNEE 1993-1994

AVANT-PROJET DE RENOVATION
DU PARC D'EQUIPEMENTS
FRIGORIFIQUES DE L'UCOBAM

Mention : **BIEN**

Encadrement

T. DJIAKO

E. I. E. R.
Enregistré à l'Arrivée le 23 JUIN 1994, N°

230/94

DEDICACE

TRAVAILLER

REUSSIR

SERVIR

*** A Allah, le tout puissant**

*** A mon père SEYBATOU NDIOUR ,et à tous les hommes qui sombrent dans les ténèbres**

*** A ma mère NDEYE FATOU NDIAYE ,et à toutes les femmes qui fagotent le bois**

*** A mes frères et soeurs ,et à toute la jeunesse du tiers monde**

*** A celle qui aura l'exaltante mission de partager mes joies et peines**

je dédie ce mémoire.

REMERCIEMENTS

L'accomplissement de ce travail a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui j'exprime ma profonde gratitude.

Ainsi, je remercie:

- Monsieur THOMAS DJAKO, professeur à l'EIER et mon maître de mémoire pour sa disponibilité et ses conseils pratiques pour l'élaboration de ce document
- Monsieur IBRAHIM BAMBARA, frigoriste à l'UCOBAM pour son accueil chaleureux et sa disponibilité tout au long de ce mémoire
- Monsieur IBRAHIMA DIENG, ingénieur à la CFPI (Cellule de Formation Professionnelle à l'Ingénierie) de l'EIER pour ses conseils tant précieux .

SOMMAIRE

pages

RESUME.....	1
INTRODUCTION.....	2

Préambule

1. PRESENTATION DE L'UCOBAM.....	3
2. POSITION DU PROBLEME.....	3
3. APPROCHE DE SOLUTION.....	4

Chapitre I: ETAT DES LIEUX

I.1 INVENTAIRE DU MATERIEL.....	5
I.2 MODE DE GESTION DES EQUIPEMENTS.....	9
I.3 ETAT DU MATERIEL.....	9

Chapitre II: PROPOSITIONS POUR LA RENOVATION

II.1 CONDITIONNEMENT DES PRODUITS A 25°C AU NIVEAU DU COMPLEXE I.....	12
II.2 RENFORCEMENT DU SYSTEME DE RE- FROIDISSEMENT DU COMPLEXE I.....	13
II.3 REMPLACEMENT DU SYSTEME DE REFROIDIS- SEMENT ET DES MACHINES DU COMPLEXE II.....	13
II.4 DIMENSIONNEMENT DES NOUVEAUX EQUIPEMENTS A METTRE EN PLACE.....	14
II.5 CHOIX TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS.....	20

Chapitre III: IMPACT DU PROJET ET RECOMMANDATIONS

III.1 ETUDE D'IMPACT DU PROJET.....	22
III.2 RECOMMANDATIONS.....	22

CONCLUSION.....	25
-----------------	----

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

L'Union des Coopératives Agricoles et maraîchers du Burkina (UCOBAM) est située près de la zone de fret de l'aéroport de Ouagadougou. Elle est chargée de l'achat de certains produits frais (haricots verts, mangues, bananes, pommes de terre, oignons...) dont elle assure la conservation et l'écoulement sur le marché extérieur ou local. Elle dispose à cet effet de deux complexes de réfrigération (I et II) d'une capacité d'environ 10000 m³.

Après un diagnostic mené l'année dernière par Ibrahima DIENG à l'occasion de son mémoire de fin d'études (FI3/EIER), il ressort que l'UCOBAM est confrontée à des problèmes de plusieurs ordres à savoir:

- la vétusté des installations qui rend l'entretien difficile par manque de pièces de rechange, ce qui est à l'origine de la mise hors service de nombreuses machines;
- le sous-dimensionnement des équipements et les mauvaises conditions d'entreposage qui sont à l'origine des pertes de produits par assèchement ou flétrissement pour les haricots verts et pourrissement pour les autres durant certaines périodes de pointe;
- les nombreuses déperditions thermiques au niveau de l'unité II dues à une faible épaisseur d'isolation et à une construction sous hangar métallique des chambres froides.

A cela s'ajoute la dévaluation du franc CFA dont la conséquence immédiate est le doublement du coût des frets et la baisse (en valeur) du prix de vente des produits entreposés. En outre, l'UCOBAM souhaite disposer au niveau de l'unité II d'une chambre à température négative pour la conservation de la viande. Cependant les chambres de cette unité qui, jadis étaient destinées à la réfrigération des fruits et légumes ne sont pas préparées pour la congélation.

Face à tous ces problèmes, nous avons d'abord mené une étude de l'état des lieux en vue de savoir parmi les équipements existants ceux qui peuvent encore être utilisés dans le cadre de la rénovation, ensuite, fait des propositions pour la rénovation du parc. Il s'agit notamment:

- du conditionnement des produits à 25°C au niveau du complexe I pour améliorer leur qualité et aussi réduire la demande frigorifique;
- du renforcement du système de refroidissement du complexe I pour faire face au sous-dimensionnement des machines et ainsi éviter les pertes de produits entreposés;
- enfin, du remplacement du système de refroidissement et des machines du complexe II par la mise en place d'un groupe à vis fonctionnant à l'ammoniac (le refroidissement des chambres étant fait par détente indirecte à partir de l'eau glycolée).

Outre ces propositions de solutions, nous avons fait des recommandations pour la maintenance en vue de prévenir tous les petits incidents fonctionnels pouvant survenir aux installations frigorifiques.

INTRODUCTION

Comparativement aux autres moyens de conservation, les entrepôts frigorifiques jouent un rôle primordial dans la conservation des denrées périssables; ils permettent de prolonger la durée de vie des produits tout en contribuant de manière très efficace à la limitation des pertes post-récolte. C'est ainsi que pour la conservation de ses produits (haricots verts, pommes de terre, mangues, bananes, oignons...) l'Union des Coopératives Agricoles et Maraîchers du Burkina (UCOBAM) dispose de deux complexes de conservation et de réfrigération d'une capacité totale d'entreposage d'environ 10000m³ réparti dans dix chambres froides, deux salles de conditionnement et un tunnel.

Aujourd'hui, l'UCOBAM se trouve confrontée à de nombreux problèmes techniques ayant déjà fait l'objet, l'an dernier, d'un mémoire de fin d'études (EIER/FI3) soutenu par Ibrahima DIENG. Il s'agit essentiellement:

- de la vétusté des installations qui rend l'entretien difficile par manque de pièces de rechange;

- de la mise hors service de nombreux équipements;

- des pertes de produits entreposés (par assèchement, flétrissement ou pourrissement) durant certaines périodes de pointe;

- des déperditions thermiques au niveau de l'unité II dues à une faible épaisseur d'isolation.

Il se pose également le problème d'utilisation du R12, fluide condamné à terme par le protocole de Montréal sur la couche d'ozone terrestre.

Ainsi, le bilan thermique du parc a été fait et les résultats comparés aux capacités des machines ont montré un sous-dimensionnement notoire de ces dernières. Des propositions de solution ont été faites à savoir: le renouvellement des équipements et des recommandations pour la maintenance.

Il apparaissait alors la nécessité d'une rénovation du parc d'équipements frigorifiques qui fait l'objet du présent mémoire. Pour mener à bien ce travail nous nous proposons de faire:

- une étude de l'état des lieux qui comportera trois parties: l'inventaire du matériel existant, le mode de gestion des équipements, et l'état du matériel;

- des propositions de solution pour la rénovation du parc qui consisteront d'une part pour le complexe I, au conditionnement des produits à 25°C avant leur entrée dans les chambres I, II, III, et IV (voir annexe I) et au renforcement du système de refroidissement actuellement en place, d'autre part pour le complexe II, au remplacement du système de refroidissement et des machines ainsi qu'au sous-dimensionnement et au choix technologique des nouveaux équipements à mettre en place;

- une étude d'impact du projet;

- enfin, des recommandations sur l'entreposage des produits et la maintenance préventive des équipements frigorifiques.

PREAMBULE

1. PRESENTATION DE L'UCOBAM

Située à proximité de la zone de fret de l'aéroport de Ouagadougou, l'Union des Coopératives Agricoles Maraîchers du Burkina (UCOBAM) est une structure qui s'occupe de l'achat, du conditionnement, de la conservation et de l'écoulement sur le marché extérieur ou local de certains produits frais (haricots verts, pommes de terre, mangues, bananes, oignons...). Elle dispose à cet effet de deux complexes (I et II) de conditionnement et de réfrigération d'une capacité totale d'environ 10000 m³, répartie dans dix chambres froides de volume unitaire variant entre 110 et 600 m³, deux salles de conditionnement de volumes 1514 m³ et 4454 m³ et un tunnel (SAS d'air) de volume 868 m³ (voir plan de masse en annexe 0).

Les installations sont vétustes, âgées de près d'une vingtaine d'années. Trois des cinq chambres que compte le complexe II sont hors service et les autres chambres ne fonctionnent qu'avec une seule des deux machines installées au début. De même, de nombreux équipements sont en panne (certains ventilateurs d'évaporateurs, tours de refroidissement, pompes à eau...)

L'UCOBAM se trouve aussi confrontée à un problème d'insuffisance de la production frigorifique, car les machines sont sous-dimensionnées. De même l'humidité relative requise (90%) n'est pas satisfaite dans les chambres froides. Ceci, ajouté aux mauvaises conditions d'entreposage fait que dans certaines périodes de pointe les pertes de produits par assèchement ou flétrissement pour les haricots verts et pourrissement pour les autres peuvent atteindre jusqu'à 50% du tonnage entreposé. Enfin, l'unité II présente de nombreuses déperditions thermiques dues à une faible épaisseur d'isolation et à une construction sous hangar métallique des chambres froides.

Ainsi, compte tenu de la mise hors service de nombreuses machines, la société fait ses commandes de produits au niveau des agriculteurs en fonction de la disponibilité des chambres froides et des possibilités de fret que lui offre la compagnie AIR AFRIQUE.

2. POSITION DU PROBLEME

L'UCOBAM fait face à de nombreux problèmes à savoir :

- la vétusté des installations;
- la mise hors service de nombreux compresseurs (onze des quatorze compresseurs que compte le complexe II sont hors service et un des compresseurs du complexe I est en panne);
- la défaillance technique de plusieurs équipements (certains moto-ventilateurs d'évaporateurs, un des deux tours de refroidissement du complexe II, et plusieurs pompes à eau);
- le sous-dimensionnement des machines, ce qui explique leur mauvaise prestation;
- les pertes de produits entreposés;
- les nombreuses déperditions thermiques au niveau de l'unité II.

A cela s'ajoute la dévaluation du franc CFA qui a comme conséquence: le doublement du coût des frets et la baisse (en valeur) du prix de vente des produits entreposés.

L'UCOBAM est aujourd'hui intéressée par une étude d'avant-projet en vue de la rénovation de son parc d'équipements frigorifiques. Elle souhaite disposer au niveau de l'unité II d'une chambre à température négative pour la conservation de la viande. Cependant, il se trouve que les chambres de l'unité II qui, jadis étaient destinées à la réfrigération des fruits et légumes ne sont pas préparées pour la congélation (épaisseur d'isolation faible, pas de vide sanitaire ni de réseau de chauffage sous la dalle).

Compte tenu de tous ces problèmes, il s'agit de procéder à une rénovation du parc d'équipements frigorifiques en utilisant au mieux (dans la mesure du possible) les équipements actuellement en place.

3. APPROCHE DE SOLUTION

En vue de pallier aux divers problèmes de l'UCOBAM, nous envisageons de:

- procéder à une étude du conditionnement des produits à 25°C au niveau du complexe I pour améliorer la qualité des produits conservés et aussi réduire leur demande frigorifique dans les chambres froides; ceci nécessitera l'isolation des parois de la salle de conditionnement et la construction d'une nouvelle salle des machines qui sera équipée par les machines récupérées au niveau du complexe II;

- renforcer le système de refroidissement du complexe I pour faire face au sous-dimensionnement des machines et ainsi éviter les pertes de produits entreposés;

- changer le système de refroidissement du complexe II en mettant en place un groupe à vis pouvant fonctionner à l'amoniac; le refroidissement des chambres se faisant par détente indirecte en utilisant de l'eau glycolée;

- enfin prévoir pour la chambre à température négative (-6°C) un vide sanitaire ou un réseau de chauffage sous la dalle avant l'isolant pour éviter la congélation du sol qui pourrait détruire les fondations.

CHAPITRE I

ETAT DES LIEUX

CHAPITRE I

L'étude de l'état des lieux comporte trois parties à savoir: l'inventaire du matériel existant, le mode de gestion des équipements et l'état du matériel.

I.1 INVENTAIRE DU MATERIEL EXISTANT

Chacun des deux complexes (I et II) comprend cinq chambres numérotées de I à V (voir plan de masse en annexe 0) dont les dimensions sont données ci-dessous(voir tableau n°1). Toutes les chambres sont à température positive (5°C). L'isolation est en polystyrène expansé pour les chambres de l'unité I et en panneaux de polyuréthane pour celles de l'unité II. Les chambres I, II, III, et IV sont équipées de systèmes frigorifiques identiques, composés d'un évaporateur à air forcé, d'un compresseur ouvert, d'un détendeur thermostatique à égalisation externe de pression, d'un condenseur multitubulaire à eau et d'éléments annexes (déshydrateur, voyant liquide, robinets manuels...); le refroidissement des condenseurs est assuré par deux tours de refroidissement et la circulation de l'eau se fait à l'aide de trois pompes à eau. La chambre V de l'unité II dispose de sa propre tour de refroidissement tandis que les chambres de l'unité I sont équipées de deux systèmes frigorifiques identiques à ceux des chambres I, II, III, et IV de l'unité II. Cependant pour la chambre I de l'unité II, le circuit frigorifique comporte un séparateur d'huile. Deux tours de refroidissement alimentées par deux pompes à eau assurent le refroidissement des condenseurs du complexe II qui fonctionne au R22 (le complexe I fonctionnant au R12).

Le dégivrage se fait manuellement par arrêt des compresseurs. Il est à ventilation naturelle pour les chambres de l'unité II, à ventilation forcée pour les chambres de I à IV de l'unité I, et par résistance électrique pour la chambre V. Des thermostats d'ambiance et des pressostats assurent la régulation et la sécurité de fonctionnement.

Sur le terrain, nous avons pu relever d'une part, les dimensions des salles de conditionnement, des chambres froides et du tunnel, d'autre part le nombre, le type, l'âge, les caractéristiques et la puissance des différents types d'équipements que nous allons présenter ci-dessous sous forme de tableaux de synthèse.

Tableau n° 1: Dimensions des enceintes frigorifiques du complexe I

Désignation	Dimensions intérieures longueur x largeur x hauteur(m)	Volume (m ³)	Température(°C)
ch I	7,23 x3,74 x4,3	116	5
ch I	7,23 x3,74 x4,3	116	5
ch III	7,6 x7,23 x4,3	240	5
ch IV	7,6 x7,23 x4,3	240	5
ch V	19,15 x5,15 x4,3	414	5
Salle de conditionnement	25,40 x13,80 x4,3	1514	38

Tableau n°2: Dimensions des enceintes frigorifiques du complexe II

Désignation	Dimensions intérieures longueur x largeur x hauteur(m)	Volume (m ³)	Température(°C)
ch I	14,65 x9,6 x4,18	588	5
ch I	14,65 x9,6 x4,18	588	5
ch III	14,65 x9,6 x4,18	588	5
ch IV	14,65 x9,6 x4,18	588	5
ch V	14,65 x9,6 x4,18	588	5
Hall de conditionnement	48,20 x22,00x4,18	4454	20
Tunnel	48,20 x 6,00 x3,00	868	20

La température de la salle de conditionnement de complexe I (38°C environ) est très élevée car les produits entrent à la température ambiante. Cette température peut atteindre 42°C durant les mois d'Avril et Mai. Ainsi, un conditionnement de cette salle s'avère nécessaire pour réduire la demande frigorifique aux niveau des chambres de conservation.

Tableau n°3:récapitulatif des équipements

Unité I: fluide R12

Equipements	Nombre/chambra	Nombre totale	Puissance unitaire	Année d'acquisition	Caractéristiques & type
Compresseur	2 pour ch V 1 pour les autres	6	11 kw	1973(ch IV et V) 1985 pour les autres	Groupe ouvert BOCK D7440/380v type AM5 1450tr/mn 11kw
Condenseur	" "	6	-	1973	Condenseur multitu-bulaire à eau type ROLLER
Evaporateur	" "	6	-	1973	Evaporateur à air forcé 3 ventilateurs FRIGA BOHN
Détendeur	" "	6	-	" " "	Thermostatique à égalisa-externe de pression DANFOSS
Tour de refroidissement	1 pour chV 2 pour les 4 autres	3	-	1973	BAC (Baltimore Air Coil) NV International
Déshydrateur	" "	6	-	1992	Solid Score Catch all filter dried
Pompes à eau	1 pour chV 3 pour les autres	4	3 à 4 kw	1985 pour ch 1973 pour les autres	SALMSON
Distributeur de ligne	2 pour chV 1 pour les autres	6	-	1973	-
Robinet(eau) manuelle	8 pour chV 15 pour les autres	23	-	1973	-
Vanne magnétique	2 pour chV pour les autres	6	-	1973	-
Clapet de retenu	1 pour ch 3 pour les 4 autres	4	-	1973	-
Robinet manuelle(fluide)	2 pour chV 1 pour les autres	6	-	1973	-
Voyant Liquide	" "	6	-	1973	Henry MI 3 DRI VUE
Isolant	" "	-	-	1973	Polystyrène expansé
Thermostat	1 par chambre	5	-	1973	-

Unité II Fluide R22

Tableau n°4: récapitulatif des équipements**Unité II: fluide R22**

Equipements	Nombre/enceinte	Nombre total	Puissance unitaire	Année acquisition	Caractéristiques & types
Compresseurs	2	14	P=22Kw pour ch I ----- P=11 W pour les autres	1978	ch I groupe ouvert(6 cylindres) type CB 1600 moteur Sever type ZK 180I-45 T ----- Groupe ouvert type CC COMEF moteur Sever N° ZK 160M-4TI
Evaporateur	2	14	-	1978	à air forcé FRIGA BOHN
Condenseur	2	14	-	1978	Type CEG FRIGA BOHN
Distributeur de liquide	2	14	-	1978	-
Tube à égalisation de pression	2	14	-	1978	-
Vanne(fluide)manuelle	2	4	-	1978	-
Voyant liquide	2	14	-	1978	-
Tour de refroidissement	2 pour l'ensemble des chambres	2	-	1978	POLACEL
Pompes à eau	2 pour l'ensemble des chambres	2	P=4 Kw	1978	P=4 KW Q=50 m ³ /h)
Clapet	2 pour l'ensemble des chambres	2	-	1978	-
Vanne(eau) manuelle	4 pour l'ensemble des chambres	4	-	1978	-
Séparateur d'huile	2 pour ch I 4 pour les autres	2	-	1978	-
Détendeur	2	14	-	1978	Thermostatique à égalisation externe de pression SPORLAN
Désydrateur	2	14	-	1992	-
Isolant	-	-	-	1978	Panneaux polyuréthane d'épaisseur 8 cm en sandwich entre deux plaques en aluminium
Pressostat HP	2	14	-	1978	
Pressostat BP	2	14	-	1978	
Thermostat		5	-	1978	

A l'aide de ces tableaux nous établissons sous forme d'histogrammes des corrélations entre le nombre et le type de matériel d'une part, et d'autre part entre l'âge et le type de matériel.

COMPLEXE I

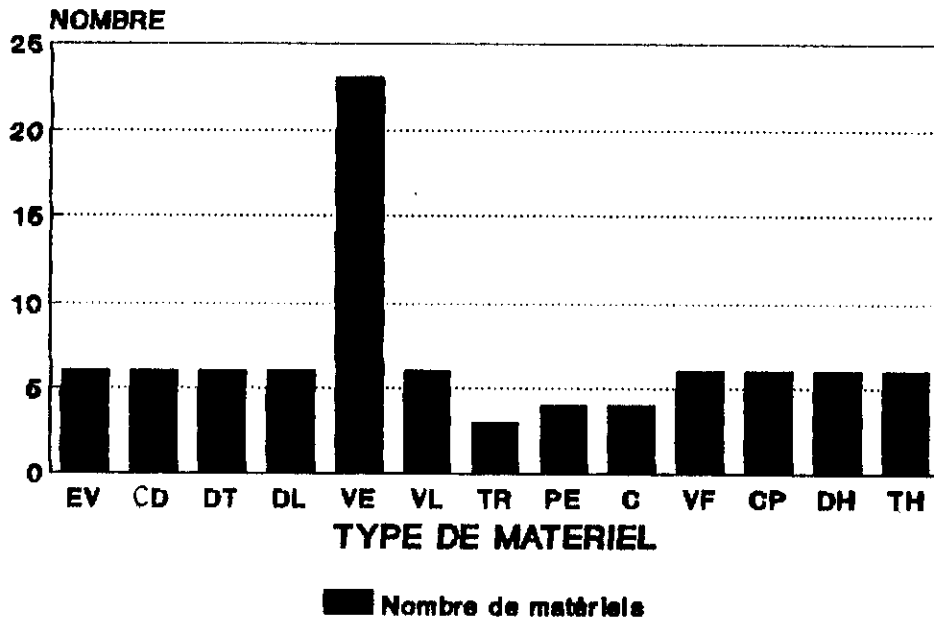


Figure n°1

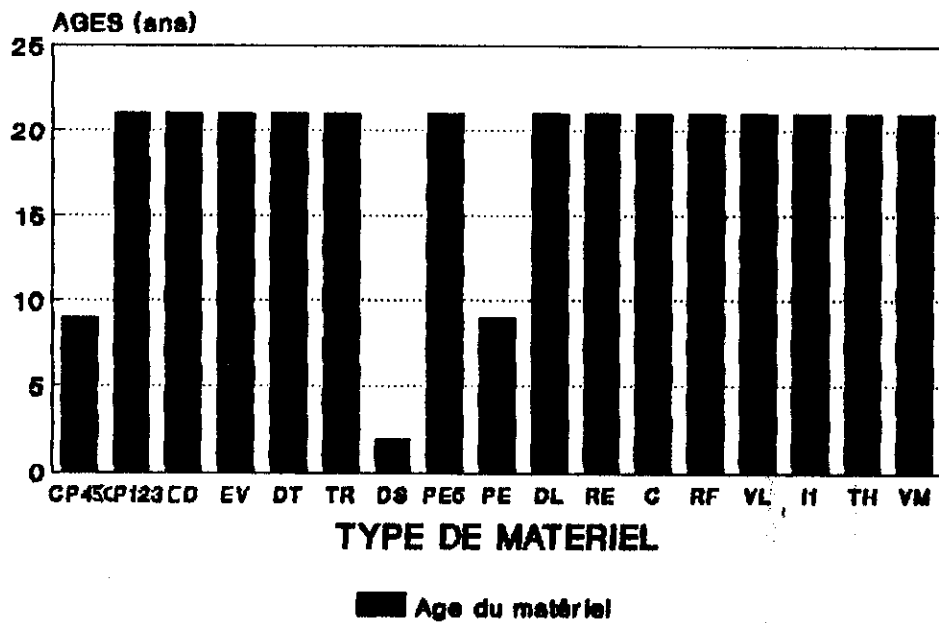


Figure n°2

COMPLEXE II

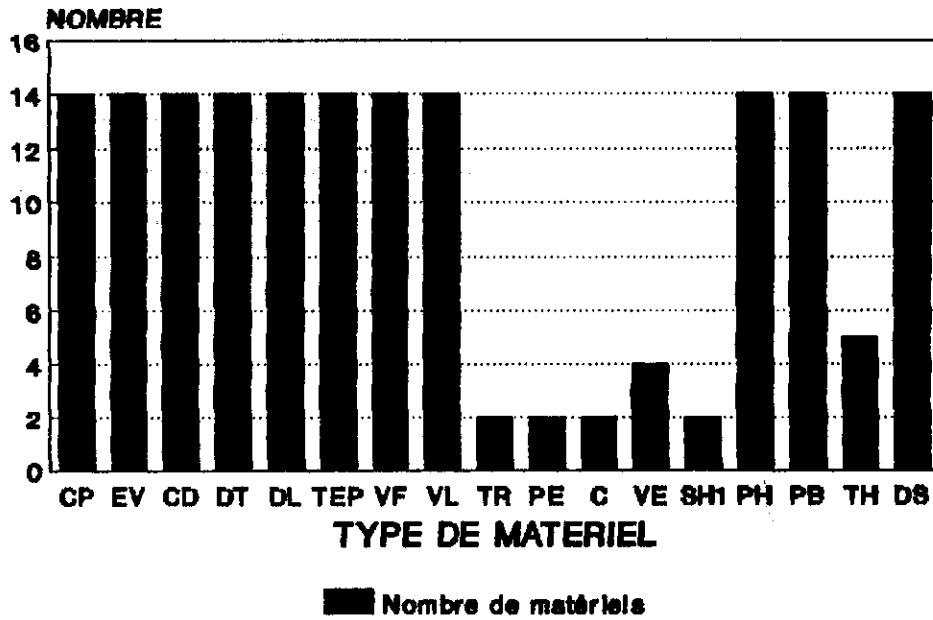


Figure n°3

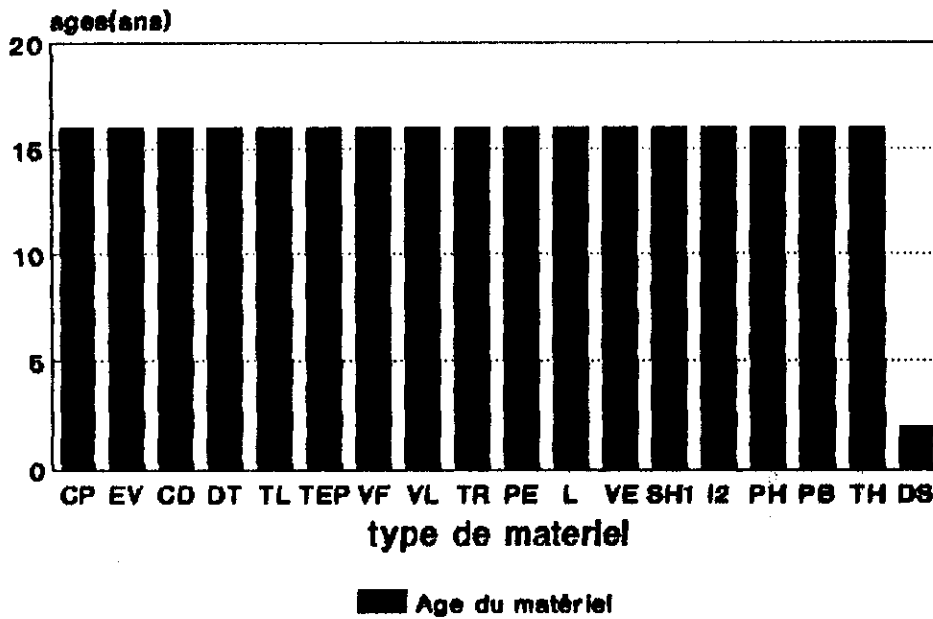


Figure n°4

Nomenclature

EV: évaporateur air forcé	TR: tour de refroidissement d'eau
CP: compresseur ouvert	PE: pompe à eau
CP123: compresseurs des chambres I, II et III-complexe I-	SH1: séparateur d'huile ch I-complexe
CP45: compresseur des chambres IV et V-complexe I	I1: isolant polystyrène expansé
CD :condenseur multitubulaire à eau	I2: isolant en polyuréthane
DT: Détendeur thermostatique à égalisation externe de pression	PH: pressostat haute pression
DL: distributeur de liquide	PB: pressostat basse pression
TEP: tube à égalisation de pression	TH: thermostat
VF: vanne manuelle (fluide)	DS: déshydrateur
VE: vanne manuelle (eau)	C: clapet
VL: voyant liquide	VM: vanne magnétique
PE5: pompe à eau ch V-complexe I-	

Après une analyse des histogrammes, il ressort que les équipements sont vétustes, âgés en général de 21 ans pour le complexe I et 16 ans pour le complexe II. En effet, excepté les déshydrateurs, les pompes à eau, ainsi que les compresseurs des chambres I, II et III de l'unité I qui ont été renouvelés en 1985, les équipements sont tous amortis.

I.2 MODE DE GESTION DES EQUIPEMENTS

L'entretien des chambres froides, assuré par un frigoriste se limite au nettoyage des chambres froides et salles de conditionnement, à un contrôle périodique de la température et de l'humidité relative, ainsi qu'à la vérification de la pression de condensation. Comme nous pouvons donc le constater, il n'y a pas d'entretien poussé du matériel et les interventions n'ont généralement lieu que lorsqu'il y a panne. En outre, les machines qui tombent en panne par suite de cassure d'arbre ou de segment, d'usure de piston ou de fuite sur les garnitures d'étanchéité sont utilisés comme source de pièces de rechange.

Cette façon de gérer a entraîné la mise hors service de nombreuses machines; il aurait fallu disposer d'un stock suffisant de pièces de rechange au moment de l'achat des machines. L'entretien des équipements devrait donc passer par une gestion plus rigoureuse. En effet, il faudrait la création d'une cellule chargée de gérer les stocks; c'est à dire s'occupant de l'achat du matériel, de l'approvisionnement en pièces de rechange, de la réparation des équipements et de la maintenance préventive. Aussi un suivi régulier des équipements à l'aide de fiches de suivi où l'on pourra noter les températures, humidités relatives, pressions... s'impose pour contrôler la performance des machines.

I.3 ETAT DU MATERIEL

La majeure partie des équipements frigorifiques de l'UCOBAM est déjà amortie et demeure dans un état médiocre.

Pour l'unité I, l'état du matériel est passable, mais cependant il faut noter que le compresseur de la chambre IV est en panne par suite de fuite de fluide frigorigène. Parmi les quatre pompes à eau installées dans cette unité, une seule est en bon état; quant aux trois tours de refroidissement, elles sont toutes dans un état médiocre.

En ce qui concerne le complexe II, les équipements vieux de seize ans sont déjà amortis et demeurent dans un mauvais état. En effet, la salle des machines abrite quatorze compresseurs dont onze sont en panne par suite de manque de pièces de rechange. Ces compresseurs n'étant d'ailleurs plus fabriqués depuis 1978, date à laquelle ils ont été achetés, il n'est pas étonnant que l'UCOBAM ait toutes ces dernières années rencontré des difficultés de trouver des pièces de rechange. En outre, une seule des deux tours de refroidissement du complexe II fonctionne et une des deux pompes à eau est hors service.

Sur le terrain, nous avons pu déceler les anomalies de fonctionnement de certains équipements. Ainsi à l'aide de tableaux de synthèse, nous résumons ci-dessous l'état des différents équipements frigorifiques.

COMPLEXE I

Tableau n°5 Etats des équipements du circuit frigorifique

Désignation	Moto-compresseur	Moto-ventilo en marche	Sape	Peinture	Isolant Polystyrène	Détendeur	Condenseur	Élément annexes
Ch I	Bon état	2/3	Bonne	Sale	Faible épaisseur (8cm)	Bon état	Bon état à nettoyer	Bon état
Ch II	Bon état	2/3	Bonne	Sale	" "	" "	" "	" "
Ch III	Bon état	2/3	Passable	" "	" "	" "	" "	" "
Ch IV	Médiocr	3/3	Passable	" "	" "	" "	" "	" "
Ch V	Passable	8/8 (2*4/4)	Mauvaise	" "	" "	" "	" "	" "

Tableau n°6: état des pompes et réfrigérants atmosphériques

Désignation	Moto-pompe 1	Moto-pompe 2	Moto-pompe 3	Moto-pompe 4	Réfrigérant atmosph. 1 et 2	Réfrigérant atmosph. 3
Etat	Turbine défectueuse, accouplement endommagé-presse-étoupe fuyante	Presse-étoupe fuyante accouplement défectueux	Bon état	Presse-étoupe fuyante Mauvaise étanchéité d'huile	Etat médiocre	Etat médiocre

COMPEXE II

Tableau n°7: état des équipements du système frigorifique

Désignation	Moto-compre- seur en marche	Moto- ventilo en mar- che	Sape	Peinture	Isolant polysty- rène	Déten- deur	Conden- seur	Elément annexes
Ch I	Passable	8/8	bonne	à laver	faible é- paisseur (8cm)	bon état	bon état	bon état
Ch II	déposé	6/8	bonne	à laver	" "	" "	" "	" "
Ch III	1 déposé 1 mau- vais état	8/8	" "	" "	" "	" "	" "	" "
Ch IV	" "	6/8	" "	" "	" "	" "	" "	" "
ChV	1 passable 1 mau- vais état	6/8	" "	" "	" "	" "	" "	" "
Tunnel	1 déposé 1 mau- vais état	0/8	" "	" "	" "	" "	" "	" "
Hall	mauvais état	0/8	" "	" "	" "	" "	" "	" "

Tableau n°8: état des pompes et réfrigérants atmosphériques

Désignation	Pompe à eau (n°5)	Pompes à eau (n°6)	Réfrigérant at- mosph.(n°1)	Réfrigérant at- mosph.(n°2)	Pompes à huile
Etat	Passable	Déposé	Bon état à détartrer	Mauvais état	Défectueuses

L'analyse de ces tableaux montre que trois des cinq chambres de l'unité II sont hors service, et sur les cinq chambres de l'unité I seules trois fonctionnent bien. En outre, il ressort de cette analyse que dans l'ensemble l'état du matériel est très mauvais.

Ainsi donc, en vue de récupérer les chambres hors service et d'améliorer la qualité des produits conservés, il est plus que nécessaire de procéder à une rénovation du parc d'équipements frigorifiques.

CHAPITRE II

PROPOSITIONS POUR LA RENOVATION

CHAPITRE II

Au niveau du complexe I, compte tenu de l'entrée des produits dans les chambres froides à la température ambiante et du sous-dimensionnement des machines, nous allons procéder d'une part à l'étude du conditionnement des produits à 25°C avant leur entrée dans les chambres, et d'autre part, au renforcement du système de refroidissement actuellement en place. Cependant, pour le complexe II, en vue de faire face à la vétusté des installations qui rend l'entretien difficile et qui est à l'origine de la mise hors service de la quasi-totalité des machines, nous allons procéder au changement du système de refroidissement et des machines. La production de froid sera effectuée par détente indirecte à partir de l'eau glycolée.

La réalisation de ce travail nécessite au préalable le choix des fluides frigorigènes, le dimensionnement des nouvelles machines à mettre en place et le choix des différents équipements du système frigorifique.

Actuellement, on tend vers la suppression des CFC (Fluides chlorofluorés) qui seront remplacés par l'ammoniac (NH₃) ou les HCFC (fluides chlorofluorés avec liaison d'hydrogène) à cause de leur action destructive de la couche d'ozone terrestre. Egalement, on tend vers les groupes à vis à cause de leur facilité de maintenance et leur souplesse de fonctionnement.

Le complexe I fonctionne au R12 qui sera interdit en Europe dès Janvier 1995. Cependant, en Afrique, les vieux équipements pourront continuer à l'utiliser pendant une dizaine d'années encore; mais, il faudrait se procurer d'un stock suffisant pour éviter tout manque de fluide sur le marché. Ainsi, dans une première phase du projet (10 ans), l'état du matériel étant passable pour le complexe I, nous prévoyons de renforcer le système de refroidissement tout en continuant d'utiliser le R12. Dans la seconde phase du projet, le R12 sera remplacé par le R22. De même, on utilisera le R22 pour la salle de conditionnement du complexe I.

En raison de sa production spécifique volumétrique très importante, de sa conformité aux dispositions du protocole de Montréal sur la couche d'ozone terrestre, mais surtout de son bas prix et de sa disponibilité sur le marché, l'ammoniac (R717) de formule chimique NH₃ (qui reste actuellement le fluide le plus utilisé dans les installations industrielles), sera choisi comme fluide frigorigène pour le complexe II.

II.1 ETUDE DU CONDITIONNEMENT DES PRODUITS A 25°C POUR LE COMPLEXE I

Au niveau du complexe I, les produits entrent à la température ambiante qui peut atteindre 42°C durant les mois d'Avril et Mai. Ainsi, en vue de réduire la demande frigorifique des chambres froides, un conditionnement des produits à 25°C s'avère nécessaire. Cependant, nous signalons que la chambre V n'est pas concernée, car étant éloignée des autres, toute tentative de conditionnement des produits y entrant conduirait à des prix exorbitants (Voir annexe I).

Le conditionnement des produits nécessitera l'isolation des parois de la salle, l'achat de portes pour les ouvertures n'en disposant pas et l'isolation des portes pour limiter les entrées d'air chaud. Le sol sera en béton d'épaisseur 50mm et le plafond en béton armé avec isolation.

En raison de sa facilité de mise en oeuvre, de sa résistance à l'eau et surtout aux chocs, le polystyrène expansé est choisi comme isolant. En outre, nous signalons que les employés de bureau devront passer par la porte de derrière (coté magasin) afin d'éviter les déperditions dues aux sorties et entrées dans la salle. Aussi, il sera construit une salle des machines pour abriter les nouveaux équipements. Nous donnons en annexe VI.1, le schéma frigorifique du système de refroidissement.

II.2 RENFORCEMENT DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DES CHAMBRES FROIDES DE L'UNITE II

En vue de faire face aux pannes de certains équipements, au sous-dimensionnement des machines, mais aussi, dans le souci d'améliorer la qualité des produits conservés et ainsi éviter les pertes de produits par assèchement ou flétrissement pour les haricots verts et pourrissement pour les autres produits, nous allons renforcer le système de refroidissement actuellement en place. En effet, les puissances requises étant de loin supérieures aux puissances installées, il est nécessaire que d'autres machines viennent en appoint. Dans la suite, nous procéderons au dimensionnement et au choix des équipements à mettre en place. Cependant, il faut signaler que la mise en place de nouveaux équipements dans la salle des machines N°1 nécessitera un agrandissement de celle-ci car cette dernière est trop petite pour contenir toutes les machines. (voir annexe 0).

En outre, l'épaisseur d'isolation étant faible (8cm), nous procéderons à son renforcement. Aussi, dans la seconde phase du projet (vers 2004) le R12 sera remplacé par le R22, il suffira de changer les détendeurs et les huiles et de nettoyer le circuit.

Par ailleurs, vu le mauvais état des pompes 1,2 et 4, il est indispensable de procéder à leur réparation (ou au besoin les changer) en remplaçant les joints et les accouplements. De même, afin de limiter les pertes d'eau dans les tours de refroidissement, on changera les tôles qui sont actuellement percées et rouillées.

II.3 REMPLACEMENT DU SYSTEME FRIGORIFIQUE ET DES MACHINES DU COMPLEXE II

Dans le but de faire face à la vétusté des équipements et à la mise hors service de plusieurs machines, il sera procédé à un changement du système de refroidissement et par conséquent des machines.

Le mode de refroidissement se fera par détente indirecte en utilisant de l'eau glycolée. Le circuit frigorifique sera composé d'un compresseur à vis qui fonctionnera à l'ammoniac, d'un séparateur de liquide, d'un détendeur à flotteur, d'un condenseur multitubulaire à eau, d'un réservoir à eau glycolée, d'évaporateurs refroidisseurs d'air-type serpentins-, ainsi que des éléments annexes tels que: séparateur d'huile, voyant liquide, pompes à vis, vannes manuelles, déshydrateur...(voir annexe VI.2). Le refroidissement du condenseur sera assuré par une des deux tours de refroidissement (tour N°1 en bon état). Cependant, il sera procédé à un détartrage de la tour de refroidissement.

Le circuit d'eau glycolée sera fermé (eau recyclée). De l'eau glycolée refroidie à -11°C , est utilisée pour refroidir la chambre à température négative (-6°C) puis, elle retourne au réservoir (à quatre compartiments) d'où elle partira pour refroidir les chambres à température positive ($+5^{\circ}\text{C}$). Le même processus se répète pour le refroidissement du tunnel et de la salle de conditionnement; enfin l'eau glycolée retourne au réservoir d'où elle partira pour être refroidie de nouveau à -11°C par l'évaporateur multitubulaire.

Par ailleurs, pour éviter les nombreuses déperditions thermiques causées par le hangar métallique, le toit sera en béton armé avec isolation (polyuréthane expansé) et les parois en parpaings de 15cm et seront isolées en polyuréthane expansé. Pour la chambre à température négative (-6°C), il sera construit un vide sanitaire ou un réseau de chauffage sous la dalle avant l'isolant pour éviter la congélation du sol qui pourrait détruire les fondations.

Ci-dessous nous allons procéder au dimensionnement et au choix des divers équipements à mettre en place.

II.4 DIMENSIONNEMENT DES NOUVEAUX EQUIPEMENTS A METTRE EN PLACE.

II.4.1 Détermination des épaisseurs d'isolant

l'épaisseur d'isolant a été estimée approximativement par la formule: $EP = \frac{Ti + Tex}{2}$, où Ti

et Tex sont les températures intérieure et extérieure à l'enceinte à refroidir.

Cette formule est valable pour le polystyrène, elle surestime un peu l'épaisseur d'isolant pour le polyuréthane (cas du complexe II).

Ainsi, nous avons:

- Pour les chambres à température positive des complexes I et II: $ep = 175\text{mm}$
- Pour la salle de conditionnement du complexe I: $ep = 75\text{mm}$
- pour la chambre à température négative du complexe II: $ep = 230\text{mm}$
- Pour le hall de conditionnement et le tunnel du complexe II: $ep = 100\text{mm}$

NB. C'est la chambre III qui est choisie comme chambre à température négative (-6°C) destinée à la conservation de la viande.

II.4.2 Bilan thermique

Le bilan thermique est fait à l'aide d'un logiciel de dimensionnement appelé COFRISSET. Ce logiciel performant et très convivial permet de déterminer la puissance horaire nécessaire à l'installation frigorifique.

Les paramètres de saisie sont: la référence du client, le type de marchandise, les longueur, largeur et hauteur intérieures, la nature de l'isolant des parois, l'épaisseur d'isolation, le type de sol, les températures intérieure et extérieure de la chambre, le service de la chambre, le mouvement de la marchandise par 24 heures, la masse de marchandise stockée, la température d'entrée des produits, le temps de traitement, le temps de fonctionnement des compresseurs et enfin les apports supplémentaires.

Le bilan est établi sur une durée de 24 heures, sur la base des produits entreposés (haricots verts, pommes de terre, bananes, viande ...) selon les conditions climatiques de la ville de Ouagadougou.

Les valeurs des différents termes du bilan sont données en annexe III.

Ci-dessous, nous donnons les productions frigorifiques maximales (ϕ_o) trouvées; nous avons retenu celle de la banane qui est maximale, donc plus contraignante.

COMPLEXE I

-Machines de la salle de conditionnement : $\phi_o = 22100 \text{ KW} = 19030 \text{ fg/h}$

NB Le bilan thermique fait en 1993 (mémoire de Ibrahima DIENG[1]) avait donné les résultats suivants:

Puissances requises:

- Chambre I et II; $\phi_o = 45240 \text{ fg/h} = 53\text{kW}$
- Chambre III et IV; $\phi_o = 87758 \text{ fg/h} = 102\text{kW}$
- Chambre V; $\phi_o = 152900 \text{ fg/h} = 178 \text{ kW}$

Les puissances installées étant de 11 kW pour les chambres de I à IV et de 22kW pour la chambre V, les machines devant renforcer le système de réfrigération auront les puissances suivantes:

- Chambre I et II ; $\phi_o = 42\text{kW}$
- Chambre III et IV; $\phi_o = 91\text{kW}$
- chambre V; $\phi_o = 134200\text{fg/h} = 156 \text{ kW}$

COMPLEXE II

- Hall de conditionnement; $\dot{Q}_0 = 55488 \text{ w} = 47789 \text{ fg/h}$
- Chambre I, II, IV, et V à température positive(+5); $\dot{Q}_0 = 57162 \text{ w} = 49231 \text{ fg/h}$
- Chambre III à température négative (-6°C); $\dot{Q}_0 = 65087 \text{ w} = 56056 \text{ fg/h}$
- Tunnel $\dot{Q}_0 = 19334 \text{ w} = 16652 \text{ fg/h}$

Au niveau du complexe II, on prévoit un seul compresseur à vis, donc la production frigorifique à considérer est la somme des différentes productions frigorifiques, soit $\dot{Q}_0 = 317421 \text{ fg/h} = 369 \text{ kw}$.

De même, pour le complexe I, nous prévoyons de mettre:

- pour les chambres I et II, un compresseur de puissance minimale 42 kw
- pour les chambres III et IV deux compresseurs ayant chacune une puissance minimale de $\dot{Q}_0 = 91/2 = 46 \text{ kw}$.
- pour la chambre V trois compresseurs ayant chacun une puissance minimale de $\dot{Q}_0/3 = 156/3 = 52 \text{ kw}$

Ainsi, les calculs de dimensionnement seront faits sur la base de ces productions frigorifiques.

II.4.3 Etude du fonctionnement théorique des machines

1) Tracé du cycle frigorifique

Le tracé du cycle frigorifique dépend des conditions climatiques et d'exploitation des enceintes à refroidir. Il nécessite la connaissance des températures d'évaporation et de condensation des fluides frigorigènes.

-température d'évaporation (T0)

COMPLEXE I

Les évaporateurs seront à air forcé

Si DT est la différence entre la température du médium à refroidir (Tmed) et la température d'évaporation (T0)

on a; $T_0 = T_{med} - DT$

DT est fonction de l'humidité relative(HR) et elle est égale à 10°C pour HR = 70%; DT = 5°C pour HR = 90%;

La salle de conditionnement du complexe I étant à 25°C (HR = 70%) on a $T_0 = 15^\circ\text{c}$

Pour les chambres froides à +5°C, (HR = 90%) on a $T_0 = 0^\circ\text{c}$

COMPLEXE II

Nous avons un évaporateur multitubulaire à eau. Le médium à refroidir est de l'eau glycolée

DT varie de +5°C à +8°C, on fixe DT = 5°C

Compte tenu du fait que l'humidité relative dans la chambre III (-6°C) est de 90%, on a $T_{med} = -6-5 = -11^\circ\text{c}$ d'où $T_0 = -16^\circ\text{c}$

-température de condensation(Tk)

On a des condenseurs multitubulaires à eau refroidis par des réfrigérants atmosphériques
Température d'approche = 5°C.

En considérant un écart de température entre le condenseur et le médium DT = 6°C et un échauffement de l'eau au condenseur de 5°C, on obtient:

$$T_k = \frac{T_{set} + T_{sec}}{2} + 6$$

avec $T_{set} = T_h + 5$ $T_{sec} = T_{set} + 5$

Avec une température sèche de 40°C et une humidité relative moyenne à ouagadougou de 35%, nous aurons d'après le diagramme psychrométrique de l'air humide une température humide

$T_h = 26.5^\circ\text{C}$ d'où $T_{set} = 31.5^\circ\text{C}$ $T_{sec} = 36.5^\circ\text{C}$ et $T_k = 40^\circ\text{C}$

En résumé, nous avons:

- pour la salle de conditionnement du complexe I: $T_0 = 15^\circ\text{C}$
- pour les chambres froides de l'unité I: $T_0 = 0^\circ\text{C}$
- pour le complexe II: $T_0 = -16^\circ\text{C}$
- une température de condensation: $T_k = 40^\circ\text{C}$

Pour le fonctionnement des machines, nous considérons une surchauffe de 5°C à l'aspiration du compresseur et un sous-refroidissement de 5°C à l'extérieur du condenseur.

Ainsi, le cycle est tracé pour les fluides R22 (salle de conditionnement du complexe I), R717 (complexe II) et R12 (les chambres froides du complexe I), voir annexes IV

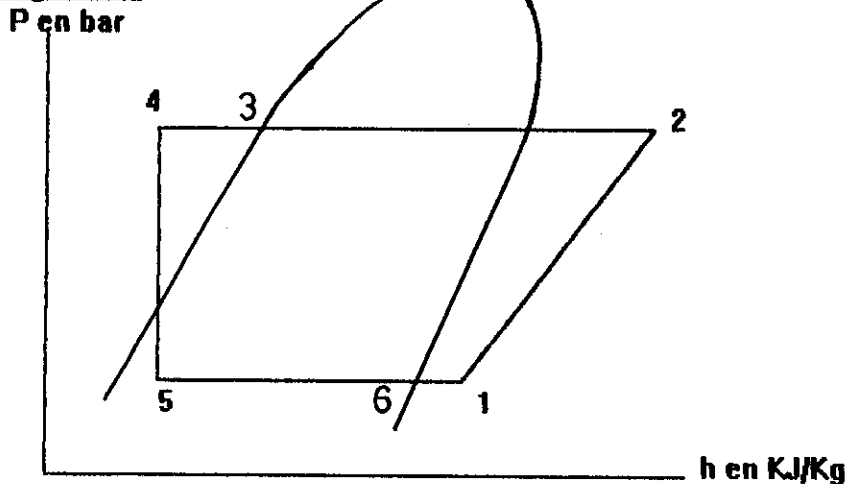
Ci-dessous, nous donnons les caractéristiques des différents points du cycle.

tableau n°9: caractéristiques des différents points du cycle

point s caract	Température °C			Pression (bars)			Enthalpie (kj/kg)			volume massique dm ³ /kg		
	R12	R22	R717	R12	R22	R717	R12	R22	R717	R12	R22	R717
1	5	20	-11	3.13	7.8	2.5	358	415	1680	58	32	550
2	52	55	+128	9.7	15.5	16	376	431	1970	21.5	17.2	120
3	40	40	40	9.7	15.5	16	240	250	600	-	-	-
4	35	35	35	9.7	15.5	16	234	246	550	-	-	-
5	0	15	-16	3.13	7.8	2.5	234	246	550	-	-	-
6	0	15	-16	3.13	7.8	2.5	352	411	1665	-	-	-

2) Calcul des grandeurs thermophysiques

Figure n°5



.débit mase du fluide (m)

Pour fournir la production frigorifique, la machine doit mobiliser un débit masse fluide donné par la relation:

$$m = \frac{\Phi_0}{h_6 - h_5}$$

$$m = \frac{\Phi_0(\text{fg/h}) \times 4.18}{(h_6 - h_5) \times 3600} \quad h \text{ en kJ/kg}$$

. débit volume théorique (Vth)

Il est donné par la relation $V_{th} = m \times V_1 / \eta_v$ avec $\eta_v = 1 - 0.05 \times \text{HP/BP}$

V_1 et η_v représentent respectivement le volume massique du fluide à l'aspiration du compresseur et le rendement volumétrique

. Puissance absorbée par le compresseur (Pabs)

$$P_{abs} = \frac{m \times (h_2 - h_1)}{\eta_i \times \eta_m} \quad \eta_i = \eta_v$$

η_m est donné par le constructeur ($0.85 \leq \eta_m \leq 0.9$)

η_i et η_m représentent respectivement les rendements indiqué et mécanique

.Puissance du moteur (Pm)

$$P_m = 1.25 \times P_{abs}$$

. Production calorifique du condenseur (Pk)

L'application du premier principe de la thermodynamique donne:

$$P_k - P_{abs} + \Phi_0$$

d'où $P_k (\text{fg/h}) = 860 \times P_{abs} (\text{kW}) + \Phi_0 (\text{fg/h})$

.Coefficient de performance réel (COPr)

$$\text{COPr} = \Phi_0 / P_m$$

Les résultats des calculs sont donnée en annexe V.

3) détermination des tuyauteries

* tuyauterie d'eau

. débit de refroidissement d'un condenseur

On a $P_k = m_e \times C_e \times D\theta$ d'où $m_e = P_k / C_e / D\theta$

m_e = débit d'eau en kg/s

C_e = chaleur massique de l'eau ; on prend $C_e = 4.18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$

$D\theta$ = échauffement de l'eau , on prend $D\theta = 5^\circ\text{C}$

$$q_e = m_e / \rho \quad q_e = \frac{P_k (\text{kW}) \times 3600}{5 \times C_e (\text{kJ/kg}^\circ\text{C}) \times 1000}$$

Diamètre d'un tuyau alimentant un condenseur (d)

La conservation du débit s'écrit: $q = v \times s = v \times \pi \times d^2/4$
 En prenant une vitesse moyenne de l'eau égale à 1m/s, on a

$$d = \left(\frac{4 \times q \text{ (m}^3\text{/h)}}{\pi \times 3600} \right)^{1/2}$$

Diamètre de la tuyauterie de refoulement de la pompe (D)

le débit de refoulement est $Q = \Sigma q$

Σq est la somme des débits des différents condenseurs alimentés par la pompe;

$$Q = v \times \pi \times D^2/4$$

$$D = (4 \times Q \text{ (m}^3\text{/h)})/(\pi \times 3600))^{1/2}$$

Puissance absorbée par pompe à eau (P)

Elle est donnée par la formule $P = \rho \times Q \times g \times H/\eta$

H et η sont respectivement la hauteur manométrique et le rendement de la pompe. On peut considérer un rendement $\eta = 80\%$

$H = J_t + H_g$ avec $H_g =$ hauteur géométrique de la pompe. On peut prendre $H_g = 2.5\text{m}$ et J_t pertes de charge totale.

Les pertes de charge linéaires sont données par la formule de Manning strickler

$$\text{On a } J = \frac{10.29 * Q^2 * L}{K S^2 * D^{16/3}}$$

où k_s est le coefficient de rugosité $K_s = 80$ (canalisation en fonte neuve) et L la longueur de conduite de refoulement.

Compte tenu du fait que les conduites sont vendues en longueur de 6m nous estimons $L = 24\text{m}$.

$$\text{Ainsi, } J = \frac{0.04 * Q^2}{D^{16/3}}$$

En majorant les pertes de charge singulières à 10% des pertes de charges linéaires, on obtient: $J_t = 1,1J$

$$\text{D'où } H = 2,50 + \frac{0,044 * Q^2}{D^{16/3}}$$

$$\text{et } P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot \left(H = 2,50 + \frac{0,044 * Q^2}{D^{16/3}} \right) / 0,8 \quad Q \text{ en m}^3\text{/s, } P \text{ en W}$$

A l'aide du tableau suivant, nous donnons la valeur des paramètres ci dessus

Tableau N°10: caractéristiques des tuyauterie

Désignation	Nbre de condenseur	Débit qe(m3/h)	Débit Q(m3/h)	Diamètre(mm)		Diamètre(m)		Hauteur mano. H(m)	Puissance P(W)
				d	DN	D	DN		
Salle de conditionnement unité I	1	4.27	4.27	39	60	39	60	2.7	65
Unité I Ch I à IV	6	8.68 pour Ch I et II 9.4 pour Ch III et IV	54.96	55 pour ch I et II 78 pour Ch III et IV	60 80	139	150	2.75	515
Ch V	3	10.75	32.25	62	60	107	100	5.00	358
Unité II	1	90.46	90.46	179	200	179	200	2.76	850

DN représente le diamètre nominal.

***tuyauterie de fluide frigorigène**

La détermination des tuyauteries d'une installation se fait à partir d'abaques. Ces abaques permettent de déterminer graphiquement les dimensions des tuyauteries pour une installation de puissance frigorifique donnée compte tenu des conditions de fonctionnement. Elles donnent aussi des facteurs de corrections pour les lectures faites.

Par ailleurs, la machine frigorifique étant considérée comme parfaite nous négligerons les pertes de charge.

FLUIDE R12

Tableau N° 11: diamètres des tuyauteries

Désignation	tuyauterie d'aspiration	tuyauterie de refoulement	tuyauterie liquide (reservoir-détendeur)
Chambres I et II	dmin = 48mm DN = 50mm	dmin = 35mm DN = 40mm	dmin = 22mm DN = 20mm
Chambre III et IV	dmin = 49mm DN = 50mm	dmin = 37mm DN = 40mm	dmin = 33mm DN = 40
Chambre V	dmin = 52mm DN = 50	dmin = 38mm DN = 40mm	dmin = 34mm DN = 50mm

Les tuyauteries seront en cuivre.

FLUIDE R22 (salle de conditionnement du complexe I)

- *tuyauterie d'aspiration $d_{min} = 32mm$ DN = 40mm
 - *tuyauterie de refoulement $d_{min} = 23mm$ DN = 20mm
 - * tuyauterie liquide $d_{min} = 15mm$ DN = 15mm
- Les tuyauteries seront en cuivre.

FLUIDE R717 (complexe II)

$$\dot{Q}_0 = 369 \text{ Kw}$$

- *tuyauterie d'aspiration $d_{min} = 69mm$ DN = 80mm
- *tuyauterie de refoulement $d_{min} = 49mm$ DN = 50mm
- * tuyauterie liquide $d_{min} = 26mm$ DN = 20mm

L'ammoniac attaquant le cuivre et ses alliages, les tuyauteries seront en acier.

II.5 CHOIX TECHNOLOGIQUES DES EQUIPEMENTS

Il s'agit pour les différents équipements de donner le type et les caractéristiques techniques.

COMPLEXE I

. Equipements de la salle de conditionnement

$$\dot{Q}_0 = 22097 \text{ w} = 22 \text{ kw} \quad T = 25^\circ\text{c} \quad HR = 70\% \quad T_0 = 15^\circ\text{c} \quad T_k = 40^\circ\text{c}$$

FLUIDE R22 $\dot{Q}_k = 19031 \text{ fg/h}$

Le système de refroidissement par détente directe sera composé de:

- deux évaporateurs refroidisseurs d'air à convection forcée placés dos à dos au milieu de la salle.
- deux détendeurs thermostatiques à égalisation externe de pression
- d'un compresseur ouvert de puissance minimum 22 kw
- d'un condenseur multitubulaire à eau pouvant évacuer une puissance calorifique de 21308 kcal/h
- d'un séparateur d'huile
- d'un manomètre basse pression (BP)
- d'un manomètre haute pression (HP)
- d'un thermostat
- d'une tour de refroidissement d'eau
- d'une pompe à eau ayant au minimum les caractéristiques: $P = 65 \text{ W}$, $Q = 4.27 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 2.7\text{m}$
- des éléments annexes constitués d'un déshydrateur, d'un voyant liquide, de cinq(5) robinets manuels(fluides), de deux vannes manuelles (eau) de deux vannes magnétiques et de deux robinets à pression constante.

Voir schéma frigorifique en annexe VI.1.

NB. Sur les quatorze compresseurs de l'unité II, il y a trois qui fonctionnent. Il s'agit des deux compresseurs de la chambre I ayant chacun une puissance de 22 kw et un des deux compresseurs de la chambre V, de puissance 11kw. L'état de ces groupes (compresseur-condenseur) étant assez bon, nous allons les utiliser pour la salle de conditionnement du complexe I. La production frigorifique requise au niveau de la salle de conditionnement est de 22 kw, donc on pourra installer l'un des deux groupes de 22 Kw, les autres servant de relais en cas de panne .

En outre, les tours de refroidissement du complexe II seront réparées et utilisées pour refroidir la salle. Aussi, nous utiliserons deux des quatre évaporateurs dos à dos (ainsi que leur détendeur correspondant) du hall de conditionnement du complexe I. On procédera de même pour le séparateur d'huile de la chambre I.

Par ailleurs, le dégivrage des évaporateurs sera à ventilation forcée; quant à la régulation et la sécurité de fonctionnement, elles sont assurées par les pressostats et le thermostat.

. Equipements pour le renforcement du système de refroidissement des chambres froides

Pour les machines devant renforcer le système de refroidissement, le circuit frigorifique est identique à celui qui est actuellement en place. Ainsi, pour le renforcement du système de refroidissement des chambres froides, nous aurons comme équipements:

-neuf (9)groupes ouverts Bock (2 pour les chambres I et II, 4 pour les chambres III et IV et 3 pour la chambre V)

- neuf(9) détendeurs thermostatiques à égalisation externe de pression;

- neuf pressostats (HP, BP, HBP), thermostats;

- une pompe à eau de caractéristiques au moins égales à: $P = 515 \text{ w}$, $Q = 55 \text{ m}^3/\text{h}$,

$H = 2,75\text{m}$

- une pompe à eau de caractéristiques au moins égales à: $P = 358 \text{ w}$, $Q = 33 \text{ m}^3/\text{h}$,

$H = 5\text{m}$

- une tour de refroidissement

- d'éléments annexes (chacun étant au nombre de neuf) : déshydrateur, voyant liquide, distributeur de liquide, vanne manuelle (fluide), vanne à pression constante.

Les modes de fonctionnement sont identiques à ceux qui sont actuellement en place.

.Equipements du complexe II

$\Phi_0 = 369 \text{ kw}$

$\Phi_k = 452317 \text{ fg/h}$

Le système de refroidissement sera composé de:

- un compresseur à vis de puissance minimale 369 kw

- un condenseur multitubulaire à eau pouvant évacuer une puissance calorifique de 452317 kcal/h

-un évaporateur multitubulaire refroidisseur de liquide;

- un détendeur à flotteur;

- un pressostat HP, un pressostat BP et un pressostat combiné HBP;

- un thermostat d'ambiance et un thermostat de liquide;

- la tour de refroidissement N°1 (en bon état) du complexe II;

- la pompe à eau N° 5 du complexe II

- un réservoir d'eau glycolée à quatre compartiments;

- quatre pompes à vis d'eau glycolée;

- seize évaporateurs refroidisseurs d'air noyés-type serpent (deux pour chaque chambre, deux pour le tunnel et quatre pour le hall);

plusieurs éléments annexes constitués de: trois vannes manuelles (fluide), un déshydrateur, trois vannes manuelles (eau), un clapet (eau), douze vannes (eau glycolée), quatre clapets (eau glycolée).

Le mode de dégivrage sera par résistance électrique noyée dans l'évaporateur pour la chambre III à température négative (-6°C) et à ventilation forcée pour les autres enceintes.

Les pressostats et le thermostat assureront la régulation et la sécurité de fonctionnement.

CHAPITRE III

IMPACT DU PROJET ET RECOMMANDATIONS

CHAPITRE III

III.1 ETUDE D'IMPACT DU PROJET

Faute d'informations financières sur certains équipements frigorifiques (prix des groupes Bock, compresseurs à vis...), nous nous limitons à une étude d'impact du projet.

A l'UCOBAM, sur les dix chambres froides, quatre sont hors service et les autres ne fonctionnent pas bien. Ainsi jusque là, la société faisait ses commandes de produits au niveau des agriculteurs en fonction des capacités disponibles et des possibilités de fret que lui offre la compagnie AIR AFRIQUE. Maintenant, avec ce projet de rénovation, les machines auront une bonne prestation et les chambres hors service seront récupérées. Cependant, pour que l'UCOBAM puisse tirer profit de cette nouvelle situation à savoir l'augmentation de la capacité de stockage, il va falloir que les chambres travaillent dans les conditions de pleine exploitation et que les produits conservés soient écoulés (il ne suffit pas seulement de remplir les chambres froides). Mais l'écoulement des produits nécessite d'une part, l'élargissement de la clientèle aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du pays (pays de la sous région, Asie, Europe, ...), d'autre part une multiplication des possibilités de fret en vue de permettre une exportation rapide des produits, surtout ceux qui sont arrivés à terme de conservation.

L'adoption de ces précautions permettra sans doute à la société non seulement d'éviter les pertes de produits entreposés et d'améliorer la qualité des produits conservés, mais aussi d'accroître sa productivité et ce faisant son chiffre d'affaire. En effet, avec la dévaluation du franc CFA, vu le doublement du coût des frets et la baisse en valeur (sur le marché intérieur) du prix de vente des produits conservés, seul un accroissement des quantités exportées peut permettre de tirer un grand profit.

III.2 RECOMMANDATIONS

Elles concernent l'entreposage des produits et la maintenance préventive des divers équipements.

A l'UCOBAM, les produits souffrent de mauvaises conditions d'entreposage. En effet, les chambres froides sont le plus souvent surchargées, ce qui fait que les produits qui se trouvent en bas ne sont pas suffisamment refroidis. Ainsi, on note des pertes par assèchement ou flétrissement pour les haricots verts et pourrissement pour les mangues, bananes et pommes de terre. Ceci, ajouté à l'absence d'une politique d'entretien poussé explique la mauvaise prestation des machines et les "petites pannes" de certains équipements (tour de refroidissement, moto-ventilateurs d'évaporateurs, pompe à eau, ...). Pourtant, il suffirait d'un programme de maintenance bien établi pour prévenir tous les petits incidents fonctionnels pouvant survenir aux équipements frigorifiques.

En vue d'une bonne exploitation frigorifique, nous proposons les recommandations suivantes.

III.3.1 Recommandation sur l'entreposage des produits

L'entreposage des denrées périssables nécessite l'observation des règles suivantes :

- éviter de trop charger les chambres froides: la quantité de produits à entreposer doit être inférieure à 50 % du volume de la chambre ;
- entreposer les produits en palettes afin de permettre une bonne aération ;

- laisser environ 0,5 m entre les batteries d'évaporation et la partie supérieure des lots de denrées afin de ne pas contrarier le mouvement de l'air ;
- séparer les marchandises des parois et laisser un espace entre les lots ;
- emballer les produits pour éviter les pertes de poids, ainsi les légumes seront emballés en sac, les fruits en caisse et les viandes en vrac ;
- procéder au nettoyage des chambres froides et salle de conditionnement tous les mois.

III.3.2 Recommandation pour la maintenance préventive

En vue d'éviter les défaillances du système de refroidissement, de limiter les consommations en eau et énergie, de prévenir les petites pannes éventuelles et ainsi éviter un amortissement prématuré des équipements, nous proposons le programme de maintenance suivant:

1)- Compresseur

- procéder au graissage régulier du moteur d'entraînement après un certain temps de fonctionnement (donné par le fabricant) ;
- remplacer les pièces usées ;
- contrôler régulièrement le niveau d'huile ;
- contrôler la température de fin de compression et la tension des courroies ;
- vérifier bien que le retour d'huile se fait correctement.

2)- Evaporateur

- contrôler régulièrement le degré d'encrassement et la surchauffe ;
- vérifier que le dégivrage se fait bien.

3)- Condenseur

- vérifier la pression de condensation ;
- contrôler régulièrement le degré d'encrassement.

4)- Tour de refroidissement

- nettoyer le bac chaque semaine ;
- contrôler l'état des pompes à eau (vérification de leur étanchéité) ;
- analyser régulièrement la qualité de l'eau de refroidissement, au besoin la traiter. En effet, l'eau du réseau de Ouagadougou n'est pas agressive, mais le ventilateur de la tour de refroidissement, en l'aérant diminue son pH et par conséquent l'eau peut devenir agressive. Une telle eau, si elle n'est pas traitée, peut entraîner la formation de tartre sur les parois du bac. (Pour le traitement de l'eau, on pourra utiliser la chaux pour neutraliser le CO₂ agressif).

5)- Détendeurs (organe de détente)

- contrôler régulièrement leur degré d'encrassement, au besoin les changer;
- contrôler l'humidité dans le fluide; cette humidité pouvant provoquer une obturation des organes de détente.

6)- Circuit d'eau glycolée

- vérifier l'étanchéité des pompes à vis ;
- contrôler régulièrement la qualité de l'eau glycolée, la durée de congélation pourra être réduite en jouant sur la concentration.

7)- Thermostat

- un contrôle régulier s'impose, car toute défaillance du thermostat (température mal réglée, arrêt du thermostat) peut entraîner un fonctionnement sans arrêt du compresseur et donc une consommation excessive en eau et énergie.

N.B. La disponibilité des pièces de rechange est la base de tout travail d'entretien et de réparation. En outre, pour un bon déroulement des opérations de maintenance et d'entretien, il est nécessaire de disposer de fiches de suivi des appareils où l'on pourra noter les types d'interventions faites, les relevés de température, de pression, d'humidité relative, etc. Nous avons présenté en annexe VII le résumé des causes des différentes pannes.

CONCLUSION

Au terme de ce rapport, il ressort que les propositions pour la rénovation du parc que nous avons faites à savoir :

- le conditionnement des produits à 25 °C au niveau du complexe I pour améliorer leur qualité et réduire la demande frigorifique;
- le renforcement du système de refroidissement des chambres froides du complexe I pour faire face au sous-dimensionnement des machines et ainsi éviter les pertes de produits entreposés;
- le remplacement du système de refroidissement et des machines du complexe II pour faire face à la vétusté des équipements;

permettront de pallier à tous les problèmes techniques dont souffre l'UCOBAM. Cependant, pour une exploitation frigorifique optimale et durable, le programme de maintenance préventive que nous avons établi doit être rigoureusement suivi afin d'éviter un vieillissement précoce des installations qui peut remettre en cause leur rentabilité. En outre, avec ce projet, l'UCOBAM parviendra à augmenter sa capacité de stockage, il lui appartiendra donc, pour en tirer profit, d'élargir sa clientèle et de multiplier ses possibilités de fret pour un écoulement correct de ses produits.

Si toutes ces dispositions sont prises, nous avons l'espoir que la société pourra arriver à augmenter sa productivité et par conséquent son chiffre d'affaire.

BIBLIOGRAPHIE

1. DIENG Ibrahima: Mémoire de fin d'études (EIER/FI3), Juin 1993
-Recherche de solutions pratiques liées à l'exploitation frigorifique des chambres froides de l'UCOBAM
2. I.I.F (Institut International du Froid)
-Les techniques du froid dans les pays chauds-1976-
3. RAPIN Pierre
-Formulaire du froid 9^{ème} édition Dunod-1992-
4. BERNIER Jacques
-Itinéraire du frigoriste
5. RPF (Revue Pratique du Froid) numéro 765-Janvier 1993-
-Entrepôts Frigorifiques-responsabilité dans la construction
-Groupe PYC-édition
6. RPF (Revue Pratique du Froid) numéro 684-24 Avril 1993-
-L'isolation des entrepôts et grandes chambres froides
-Groupe PYC-édition
7. RGF (Revue Générale du Froid) numéro 2-Mars 1990-
-Fruits et Légumes
-Groupe PYC-édition
8. RAPIN Pierre J. et JACQUARD P.
-Installations frigorifiques (Tome I) -1992-
-Groupe PYC-édition
9. RAPIN Pierre J. et JACQUARD P.
-Installations frigorifiques (Tome II)-1992-
-Groupe PYC-édition
10. DJIAKO Thomas
-Cours photocopié de production de froid (EIER)-1992-
11. COULIBALY Yézouma
-Cours photocopié de thermodynamique (EIER)-1989-

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 0: Plan de masse

Annexe I: Vue en plan des unités frigorifiques de l'UCOBAM

Annexe II: Schémas frigorifiques des machines actuellement en place

Annexe III: Résultats du bilan thermique

Annexe IV: Cycles frigorifiques des nouvelles machines

Annexe V: Caractéristiques théoriques des nouvelles machines

Annexe VI: Schémas frigorifiques des nouvelles machines

Annexe VII: Résumé des pannes courantes