



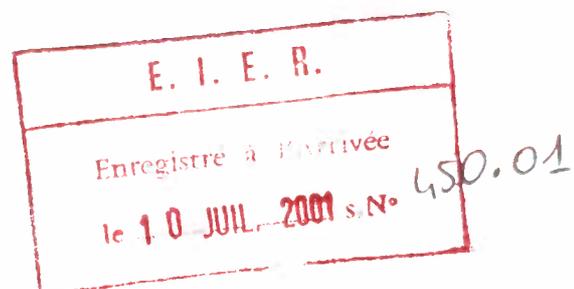
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 2001

Présenté par :

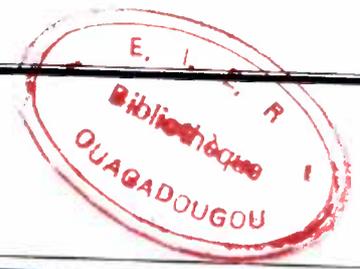
TABODOUM Pierre

Entrepôt frigorifique à usage de stockage de poisson

MENTION :



Encadrement
B. SY
Y. COULIBALY



DEDICACE

A mon feu père Léon NEYO,

A ma mère SYALA BEBADOUM, toi qui a pu faire tout ce qu'une mère puisse faire à son enfant;

A ma feue grande sœur Bernadette NERAMBAYE, toi qui était le pilier de mes études;

A ma grande sœur NOUBA NGARNABAY Elisabeth,

A tous mes frères et sœurs, ce mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de Conception vous est particulièrement dédié.

A Maguy NIGRI, Sophie FERRANT et Brigitte CAFFI, vous qui m'avez apporté un appui financier pour la réussite dans ma formation d'ingénieur je vous dédie ce mémoire.

A ma chérie DJEUFO Cathy Lady, toi qui es toujours à mes côtés je te dédie ce mémoire

A mes amis ALLADOUMBAYE Emmanuel, FADOUL Younouss, Moussa OUTEL, vous qui avez contribué vaillamment à ma réussite, je vous dédie également ce mémoire.

Remerciements

Ces travaux de fin d'études n'auraient pu être fait sans le concours de certaines personnes. Ainsi nous attachons du prix à ces quelques lignes à travers lesquelles nous voulons traduire notre sincère gratitude à toutes ces personnes.
Je tiens à remercier:

M Babacar SY;

M Yézouma COULIBALY;

M Ouedraogo OUSSEINI

Pour leur pleine disponibilité et le Concours de leurs compétences.

Je remercie sincèrement les agents de la direction des Pêches qui m'ont réservé un accueil chaleureux pendant les enquêtes et une large collaboration.

Mes remerciements vont au corps professoral de l'EIER qui a assuré la formation d'ingénieur pendant les trois années.

Je témoigne aussi toute ma reconnaissance à tous mes compatriotes de l'EIER et de l'ETSHER et à toute la 30^{ème} promotion de l'EIER.

LISTES DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1: températures extérieures et intérieures des chambres	39
Tableau 2: coefficient de transmission des parois	40
Tableau 3 et 4: épaisseur des parois	40
Tableau 5: caractéristiques de la saumure	54
Tableau 6: bilan journalier et puissance frigorifique	55
Tableau 7: Puissance frigorifique de chaque chambre froide	58
Tableaux 8 et 9: Caractéristiques des différents point du cycle du fluide	56, 58
Tableaux 10, 11, 12: caractéristiques des groupes à condensation à air	62, 63
Tableaux 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19: caractéristiques des évaporateur	65, 66, 67, 68
Tableau 20 : Puissance frigorifique des chambres froides	69
Tableau 21: Puissance absorbée	69
Tableau 22: caractéristiques des groupes à eau	69
Tableaux 23, 24: Puissances frigorifique et absorbée	71
Tableaux 25, 26: caractéristiques des climatiseurs	72
Tableaux 28, 29 : caractéristiques des bouteilles d'aspiration et de liquide	73
Tableau 30 : caractéristiques de filtres déshydrateurs	74
Tableaux 31, 32 : caractéristiques de robinet électromagnétiques et	75
Tableaux 33: : caractéristiques de l'échangeur et voyant	76
Tableau 34: caractéristiques de pressostat HP – BP – Huile	77
Tableaux 35, 36, 37, 38, 38' puissances absorbées par différents récepteurs	80, 79
Tableau 39: caractéristiques du transformateur	82
Tableau 39': caractéristiques des batteries de compensation	84
Tableau 40: sections des conducteurs	85
Tableau 41 : caractéristiques du groupe électrogène	86
Tableau 42: récapitulatif des devis quantitatifs et estimatifs des chambres froides	89
Tableau 43: récapitulatif des devis quantitatifs et estimatifs de l'entrepôt	90
Tableau 44: devis quantitatif et estimatif (génie civil)	91
Tableau 45: devis quantitatif et estimatif (équipements frigorifiques et isolants)	92
Tableau 46: devis quantitatif et estimatif (équipements électriques)	93
Tableau 47: tableau des investissements et renouvellements	100
Tableau 48: tableau des amortissements	101
Tableau 59 : tableau des charges et produits de fonctionnement	102
Tableau 60: tableau des flux financiers prévisionnels	104

LISTES DES CARTES, PHOTOS , ET DES ANNEXES

Photo1 :	
Photo2 :	10
Photo3 :	11
Carte1 :Principales régions piscicoles du Burkina Faso	12
Carte2 : Variation saisonnière de la production	27
Carte3 : Principales pêcheries intérieures	28
Carte4 : Poissonneries et points de vente du frais	32
Figure : Schéma de canaux de distribution du poisson frais	33
Annexe1 : Plan de masse et plan de charge	31
Annexe2 : Fabrique de glace	
Annexe3 : Tracé du cycle	
Annexe4 : Note de calcul	
Annexe5 : Schéma unifilaire	
Annexe6 : Caractéristiques du transformateur et du groupe électrogène	
Annexe7 : Groupe de condensation à air	
Annexe8 : Choix d'un câble	
Annexe9 : Choix d'un disjoncteur, pouvoir de coupure	
Annexe10 : Exemple de fiche d'enquête	

LISTE DES ABREVIATIONS

- E.I.E.R : Ecole inter- Etats d'Ingénieurs de l'équipement rural,
SAREC: Société Africaine pour la Recherche de l'Eau et du Confort,
P.A.O: Potentiel d'Action sur l'Ozone,
P.A.E.S: Potentiel d'Action sur l'Effet de Serre.

CONTEXTE, OBJET DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

1- Contexte

Le poisson est une denrée alimentaire qui suscite un engouement populaire pour sa consommation à Ouagadougou. Ses sources d'approvisionnements sont les multiples réservoirs d'eau et les fleuves MOUHOUN et SOUROU. La collecte sur les pêcheries et la distribution urbaine sont assurés par quelques mareyeurs grossistes et de nombreux revendeurs ou détaillants. Presque la moitié de la production nationale est écoulee sur le marché urbain de Ouagadougou. Quelques poissonneries et kiosques de la place concentrés au centre ville délaissant les résidences périphériques sont les points de vente.

On assiste fréquemment à une rupture de stock

La vétusté des équipements de conservation du poisson et la vente à l'air libre ont une double conséquence:

créer les conditions favorables à l'altération de la qualité du poisson avec manque notoire d'hygiène,

le stockage de courte durée par les techniques frigorifiques artisanales ne permet pas d'assurer la régularité de la distribution du poisson dans le temps.

Au regard de tout ceci, les autorités publiques et municipales de la commune de Ouagadougou, sont en train de chercher les voies et moyens de doter les arrondissements périphériques d'un marché de gros équipé de chambres froides à usage collectif, où on peut se négocier le poisson, de rapprocher et d'offrir du poisson à la majorité des habitants de la commune.

C'est dans cette logique de la mise en place des infrastructures adéquates dans les arrondissements périphériques que la présente étude se place.

2- Objectifs

2-1 Objectif global

L'étude vise dans sa globalité à:

- Mettre régulièrement à la disposition des consommateurs des produits frais et de qualité à travers une meilleure organisation de la chaîne de froid.
- Contribuer à une meilleure couverture géographique de la distribution urbaine du poisson.

2-2 Objectifs spécifiques

- Conception (génie civil) d'un entrepôt spécifique destiné à la conservation du poisson d'eau et importé,
- Etude, dimensionnement et choix des équipements frigorifiques et électriques,
- Etude d'une fabrique glace,
- Analyse financière de l'entrepôt.

3- Méthodologie

Les grands axes méthodologiques empruntés pour la conduite de cette étude sont ceux décrits ci après:

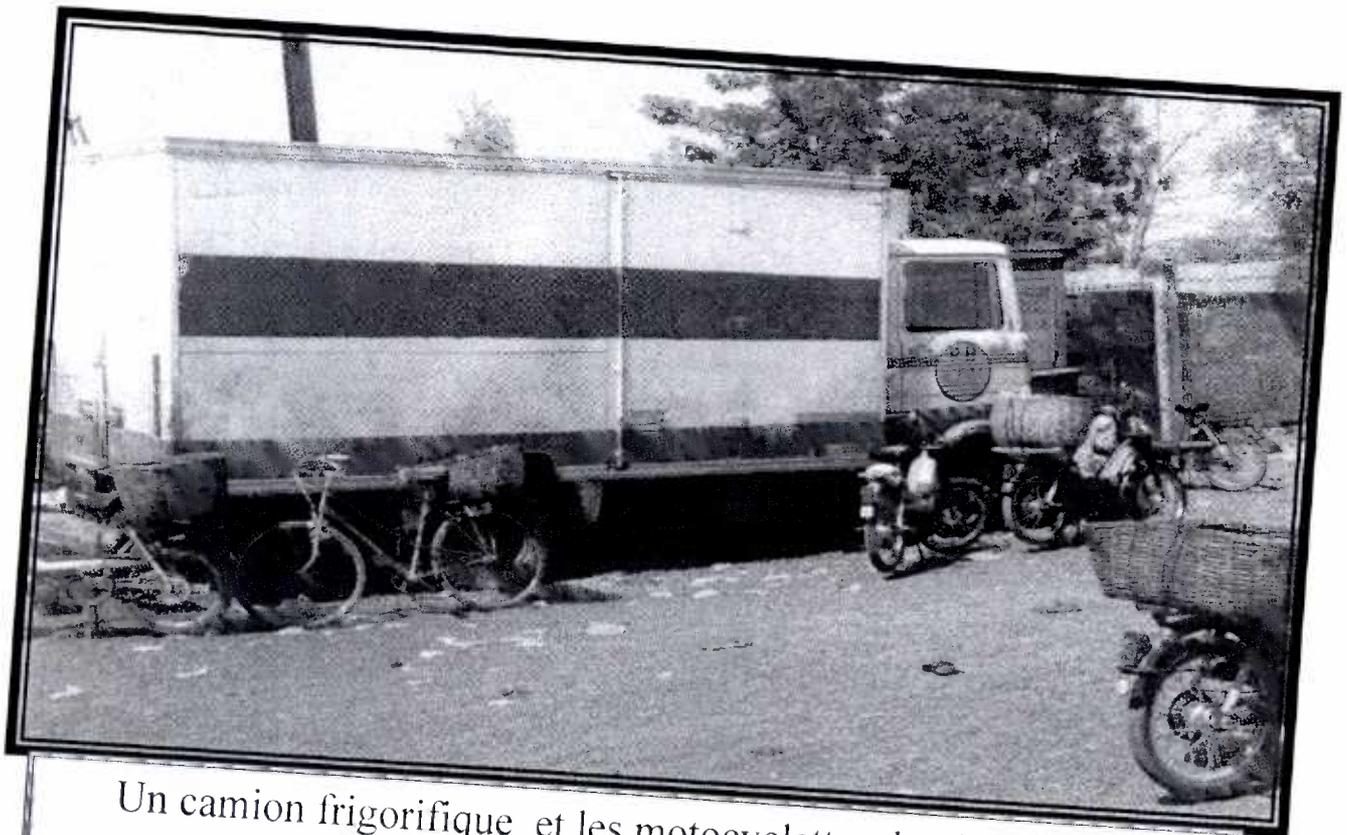
• La recherche documentaire

La recherche documentaire consiste à collecter dans la mesure du possible tout document, tout rapport ou toute donnée de base utile à une bonne réalité d'étude. Elle nous a conduit successivement:

- Au centre de documentation et d'information de l'EIER,
- Sur l'Internet,
- A la direction des Pêches,
- A la Brakina,
- Aux services techniques municipaux de Ouagadougou,
- Et surtout à la SAREC où mes travaux étaient suivis.

• L'Enquête sur le terrain

Elle est menée auprès des poissonniers de la place savoir le tonnage des chambres froides à Ouagadougou, les différents aspects concernant la commercialisation du poisson, les puissances installées et les difficultés d'ordre technique rencontrées. Elle nous a conduit à la direction des Pêches, aux services techniques municipaux pour avoir des données chiffrantes de la production annuelle au Burkina Faso et de connaître les différentes sources d'approvisionnement.



Un camion frigorifique et les motociclettes des femmes qui attendent du poisson, mai 2001



Poisson sous glace dans un congélateur, mai 2001



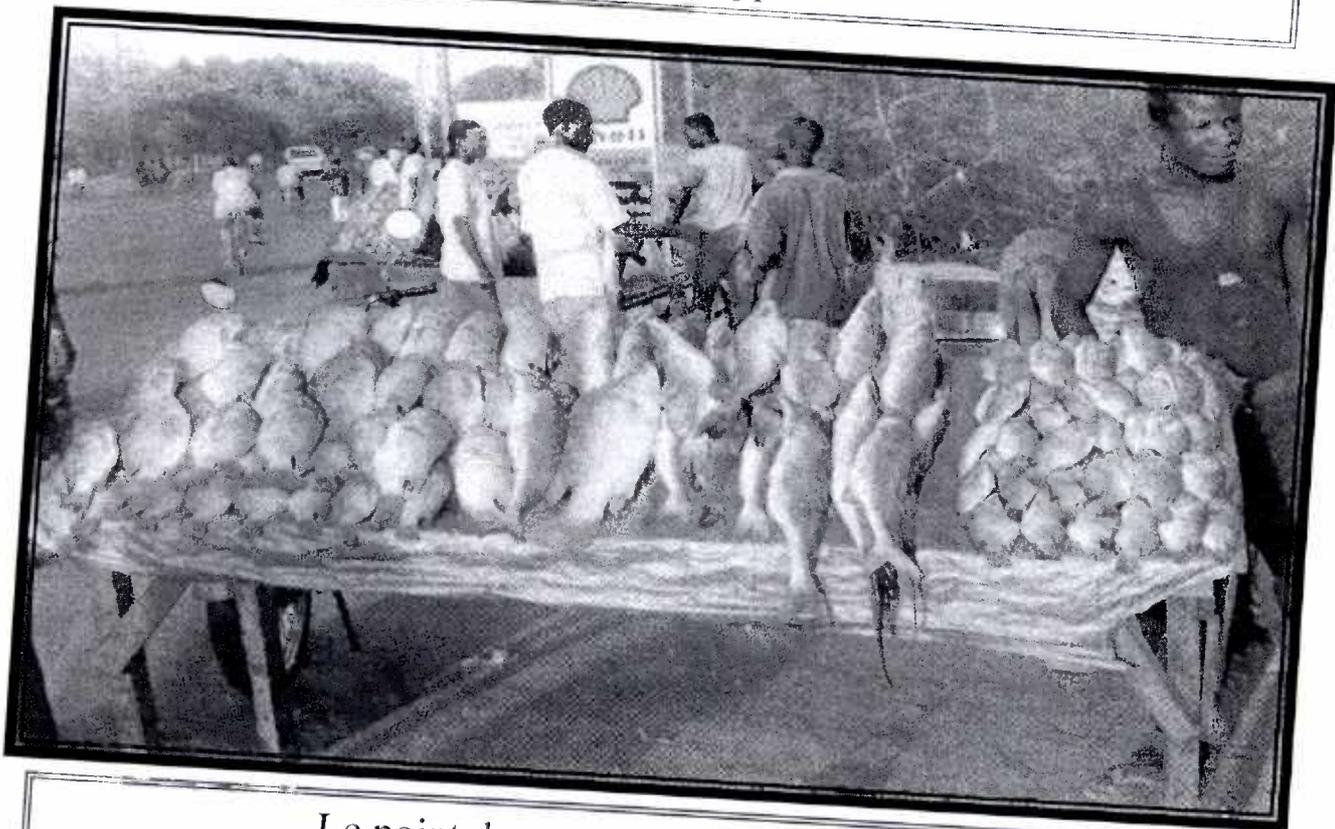
Nettoyage du poisson dans une ambiance favorable à son altération,
mai 2001



Un camion qui transporte une caisse isotherme à poisson,
mai 2001



Un congélateur à l'état complètement délabré,
mai 2001



Le point de vente exposé à l'air libre,
mai 2001

INTRODUCTION GENERALE

La conservation des denrées alimentaires est l'un des problèmes auxquels sont confrontés les pays en développement. Le Burkina Faso, un pays sahélien et enclavé, a besoin des techniques frigorifiques de conservation des produits pour contribuer à la sécurisation alimentaire de sa population.

Ce pays dispose d'importants réservoirs d'eau (barrages pérennes et de deux principales fleuves où la pêche y est pratiquée en toute saison avec une production de 8000 à 8500 tonnes de poisson – équivalent frais.

Or le poisson frais est une denrée très altérable. Pour maintenir sa qualité et sa "vie économique" pour une distribution intense et étalée dans le temps, le froid est indispensable. Mais, à Ouagadougou, les techniques frigorifiques de conservation de poisson provenant de la pêche artisanale demeurent rudimentaires et les équipements existants sont vétustes.

Afin d'améliorer les techniques de conservations du poisson frais par la chaîne de froid pour maintenir toutes ses qualités organoleptiques, la SAREC nous a proposé l'étude d'un entrepôt frigorifique. Cette étude qui porte sur le thème : "Entrepôt frigorifique à usage de stockage de poisson", s'inscrit dans le cadre de nos travaux de mémoire de fin de cycle d'ingénieur de l'EIER.

Il s'agira de faire une proposition technique et financière, à coût économique, d'un bâtiment équipé des installations frigorifiques pour le stockage des produits réfrigérés et congelés, la congélation du poisson frais et la fabrique de glace.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	4
REMERCIEMENTS.....	5
LISTES DES TABLEAUX.....	6
LISTES DES CARTES, PHOTOS , ET DES ANNEXES.....	7
LISTE DES ABREVIATIONS.....	7
CONTEXTE, OBJET DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE.....	8
INTRODUCTION GENERALE.....	13
SOMMAIRE.....	14
RESUME.....	17
PREMIERE PARTIE: GÉNÉRALITÉS.....	18
I PRESENTATION GENERALE DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU.....	19
I-1 CONTEXTE PHYSIQUE.....	19
I-2 CONTEXTE HUMAIN.....	19
II NOTIONS GENERALES.....	20
II-1 REFRIGERATION.....	20
II-2 CONGELATION DU POISSON.....	20
II-3 HYGIENE ET EMBALLAGE.....	21
II-4 FLUIDES FRIGORIGENES.....	21
II-3-1 <i>Fluide frigorigène R22</i>	22
II-3-2 <i>Fluide frigorigène R404A</i>	22
III -APERCU GENERAL DE L'ETUDE.....	23
III-1 UNITE DE CONDITIONNEMENT.....	23
III-2 UNITE DE REFRIGERATION ET DE STOCKAGE DE POISSONS REFIGERES.....	23
III-3 UNITE DE CONGELATION.....	24
III-4 UNITE DE STOCKAGE DE POISSONS CONGELES.....	24
III-5 UNITE DE FABRIQUE DE GLACE.....	24
IV LA PRODUCTION DOMESTIQUE DU POISSON AU BURKINA FASO.....	25
IV-1 PRINCIPALES REGIONS PISCICOLES DU BURKINA.....	25
IV-2 VARIATION SAISONNIERE DE LA PRODUCTION.....	25
IV-3 ESPECES CAPTUREES.....	26
IV-4 ENGINS DE PECHE.....	26

IV-5 CONTRAINTES	29
IV-6 EVOLUTION ET PERSPECTIVES	29
V CIRCUITS D'APPROVISIONNEMENT ET DE DISTRIBUTION DANS LA VILLE DE OUAGADOUGOU.....	29
V-1 CIRCUIT D'APPROVISIONNEMENT.....	29
V-2 CIRCUITS DE DISTRIBUTION	30
DEUXIEME PARTIE:ETUDES TECHNIQUES.....	34
I CONCEPTION DE L'ENTREPOT FRIGORIFIQUE.....	35
I-1 DESCRIPTION GENERALE.....	35
I-2 ISOLATION FRIGORIFIQUE DE L'ENTREPOT	37
II. DIMENSIONNEMENT DE L'ENTREPOT	45
II-1 UNITE DE STOCKAGE DE PRODUITS REFRIGERES	45
II-2 UNITE DE STOCKAGE DES PRODUITS CONGELES	46
II-3 TUNNEL DE CONGELATION.....	47
II-3- UNITE DE FABRIQUE DE GLACE	48
II-4 SALLE DE PREPARATION	49
III BILAN FRIGORIFIQUE.....	50
III-1 GENERALITES	50
III-2 CALCUL DES CHARGES THERMIQUES EXTERNES	51
III-2-1 Charge thermique par transmission à travers les parois	51
III-2-2 Charge thermique par renouvellement d'air	51
III-3 CALCUL DES CHARGES THERMIQUES INTERNES	52
III-3-1 Charge thermique due aux denrées entrantes.....	52
III-3-2 Charge thermique due aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs	53
III-3-3 Charge thermique due à l'éclairage.....	53
III-3-4 Charge thermique due aux personnes	53
III-3-5 Coefficient de service	53
III-4 BESOINS FRIGORIFIQUES POUR LA FABRICATION DE LA GLACE	54
III-5 PUISSANCE FRIGORIFIQUE THEORIQUE	55
III-6 ETUDE DU DIAGRAMME DU CYCLE	55
IV CHOIX DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES MACHINES FRIGORIFIQUES	61
IV-1 ALTERNATIVE:CONDENSATION A AIR	61
IV-1-2 Choix des groupes	61
IV-1-3 Choix des évaporateurs	64
IV-1-4 Puissance frigorifique réelle	69
IV-1-5 Puissance absorbée	69
IV-2 ALTERNATIVE:CONDENSATION A EAU	69
IV-2-1 Choix des groupes	69

IV-2-2 Choix de la tour de refroidissement	70
IV-2-3 Choix des évaporateurs	70
IV-2-4 Puissance frigorifique réelle	71
IV-2-5 Puissance absorbée	71
INCOHÉRENCE: LA PUISSANCE ABSORBÉE (111 kW) LE SYSTÈME À CONDENSATION À EAU EST SUPÉRIEURE À CELLE ABSORBÉE(94 kW) PAR LE SYSTÈME À CONDENSATION À AIR	71
IV-3 CHOIX DE SPLIT SYSTEM	72
V- CHOIX DES EQUIPEMENTS DE REGULATION	72
VI -ETUDES ELECTRIQUES.....	78
VI-1 RECEPTEURS.....	78
VI-2 ESTIMATIONS DES PUISSANCES INSTALLEES	79
VI-3 ESTIMATION DES PUISSANCES D'UTILISATION.....	80
VI-4 DETERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFO HTA/BT	82
VI-5 COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE	83
VI-6 LES CABLES ELECTRIQUES.....	84
VI-7 CHOIX DES DISJONCTEURS.....	86
VI-8 GROUPE ELECTROGENE	86
TROISIEME PARTIE: ANALYSE FINANCIERE.....	88
I-DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	91
II-EVALUATION FINANCIERE AVANT LA PRISE EN COMPTE DU SCHEMA DE FINANCEMENT	94
II-1 ANALYSE DES INVESTISSEMENTS	94
II-2 CHARGES D'EXPLOITATION	96
II-2-1 Matières et fournitures consommées	96
II-2-2 Frais de personnel.....	97
II-2-3 Frais généraux.....	97
II-2-4 Entretien	97
II-3 LA PRODUCTION	98
II-4 ANALYSE DES RÉSULTATS	105
CONCLUSION GENERALE.....	106
BIBLIOGRAPHIE	107

RESUME

La conservation du poisson constitue une réelle demande au Burkina Faso. Ce produit de la pêche concourt à la couverture des besoins en protéines animales dans ce pays. L'intérêt que revêt ces travaux de mémoire est le fait qu'ils puissent apporter des techniques modernes de conservation du poisson qui se fait d'une façon rudimentaire (par des congélateurs très vétustes).

La proposition technico-économique formulée dans cette étude, concerne des infrastructures frigorifiques de capacité d'une quarantaine de tonnes pour stocker le poisson dans des conditions requises pour conserver toutes ses qualités:

- Deux chambres froides à 0/+1 pour le stockage de poissons réfrigérés de capacité de 15 tonnes chacune,
- Une chambre froide à -25°C pour le stockage des produits congelés de capacité 15 tonnes,
- Un tunnel de congélation à -25°C pour congeler le poisson frais de capacité 3 tonnes,
- Une fabrique de glace de capacité journalière de 6 tonnes,
- Une réserve de glace de volume brut 44,30 m³,
- Un hall de conditionnement de volume intérieur 247,5 m³,

L'entrepôt se fera en maçonnerie traditionnelle et le polystyrène sera l'isolant thermique des parois, du plancher bas et du plafond. Il sera sous un hangar et entouré d'un mur monté en claustra.

L'installation frigorifique fonctionnant au R22 et R404A sera décentralisée et équipée de: 5 groupes de condensations à air et 6 évaporateurs dont deux pour la chambre de congélation.

L'installation électrique sera connectée à la ligne d'alimentation SONABEL, et sera munie d'un groupe électrogène de secours de 130 kVA. Il est prévu une cuve à fuel de 2000 l.

Les équipements d'extinction, sont des extincteurs mobiles à CO₂ et à poudre polyvalente ABC.

L'analyse financière de l'entrepôt montre que le projet est rentable.

PREMIERE PARTIE: GENERALITES

I PRESENTATION GENERALE DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU

I-1 CONTEXTE PHYSIQUE

La ville de Ouagadougou, capitale politique de Burkina Faso est située en zone sahélo-soudanienne à 12°20' de latitude Nord et 1°30' de longitude Est. Son amplitude moyenne est de 300m. L'ensemble constitue un vaste plateau (plateau mossi) dans la province de Kadiogo.

En 1955, elle était érigée en commune de Ouagadougou. Celle-ci est composée de cinq (5) arrondissements (Baskuy, Bogodogo, Boulmiougou, Nongremasson et Signoghin), trente (30) secteurs et dix sept (17) villages rattachés à la ville. La superficie urbaine est à 21930 ha. La superficie rurale est de 30250 ha, qui constituent des terres de réserves pour l'extension de la ville.

Le climat est de type nord-soudanien avec une seule saison humide qui s'étale de juin en septembre. La pluviométrie annuelle moyenne est de

De novembre en mars s'étend la saison sèche et humide, durant laquelle souffle l'harmattan, vent chaud et sec, originaire du Sahara, et qui se caractérise par une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit.

De mars en mai règne la chaleur et l'humidité. La température atteint son maximum à 41°C en fin mars ou au mois d'avril avec 35% d'humidité.

I-2 CONTEXTE HUMAIN

La population de Ouagadougou est estimée à 1 000 000 d'habitants environ. La répartition hommes, femmes est à peu près 48% et 52%. La population urbaine représente 95% de la population résidente, la population rurale est estimée à 5 % de la population résidente. Le taux de croissance est estimé à 9,8% an. La densité de la population est de 62449 habitants au km² en 1997.

La ville de Ouagadougou est un lieu de forte concentration d'hommes et d'activités commerciales.

Aussi des distorsions permanentes apparaissent-elles entre l'offre et la demande de biens et services. La demande y est très forte en raison de la forte croissance urbaine, celle-ci s'est traduite par une extension spatiale rapide et visiblement démesurée.

II NOTIONS GENERALES

II-1 REFRIGERATION

La réfrigération est un procédé qui permet à un produit de se maintenir artificiellement en dessous de la température ambiante, à la température pour sa conservation; et ce, en dessous de son point de congélation.

La température de conservation θ est telle que: $0 \leq \theta \leq 4^{\circ}\text{C}$.

L'abaissement de température ralentit plus ou moins les réactions biochimiques de la dégradation et la croissance bactérienne, mais les processus généraux de l'altération ne sont pas modifiés.

L'eau de constitution dans le produit n'est pas congelée.

La réfrigération des produits de la pêche permet de garder le poisson 15 jours au maximum à 0°C à une humidité relative de 90%, mais plus on s'éloigne du jour de la capture, plus la qualité organoleptique diminue.

II-2 CONGELATION DU POISSON

La congélation est un procédé qui consiste à abaisser la température du poisson à un niveau tel que les solutions qui constituent près des 4/5 du poisson se solidifient, le muscle devient rigide comme du bois.

Un processus de congélation spécialement conduit a pour but de préserver l'intégrité et la qualité du poisson et de réduire le plus possible les altérations physiques, biochimiques et microbiologiques au cours de la congélation et pendant la conservation ultérieure.

Les températures d'entreposage des denrées congelées sont comprises entre -10 et -30°C . Au-dessous de -10°C environ, le développement des germes bactériens est arrêté et celui des moisissures à partir de -18°C .

Pour préserver les qualités organoleptiques du poisson pendant 6 mois au moins, on le conservera à -25°C .

Quand la congélation est lente, les cristaux grossissent au point de former des aiguilles de plusieurs centimètres de long qui refoulent les autres constituants en fibres sèches étirées. Il peut apparaître à la décongélation une exsudation excessive qui traduit une

mauvaise réabsorption de l'eau et entraîne une certaine perte de substances alimentaires.

Dans la congélation rapide ou surgélation, la diffusion extracellulaire est nulle, les cristaux de glace sont de petite taille et leur effet sur l'exsudation est fortement réduit.

On envisagera le tunnel de congélation par l'azote liquide (baisse rapide de température): les denrées sont parcourues par un courant d'air aux environs de -30°C à -40°C à une vitesse de 3 m/s à 5 m/s.

Aussi est-il indispensable que, en amont de ces opérations, le poisson que l'on veut conserver soit *frais, sain* et de *qualité*.

II-3 HYGIENE ET EMBALLAGE

La contamination bactérienne de la chair de poisson est une cause principale de déperdition. C'est pourquoi le respect de l'hygiène est une condition sine qua non. Avant la réfrigération, le poisson frais devra être bien nettoyé à l'eau propre et bien disposé dans les casiers ajourés spéciaux en plastique, puis introduit dans la chambre de réfrigération. Les produits congelés seront protégés dans des emballages (en plastique doublé de carton) bien adaptés, étanches à la vapeur d'eau, peu perméables aux gaz, de qualité alimentaire et présentant une résistance mécanique suffisante aux chocs pendant les transferts et les manutentions.

II-4 FLUIDES FRIGORIGENES

Les fluides frigorigènes sont les vecteurs ou les agents de transport de l'énergie. Ils emmagasinent l'énergie à la source froide et la rejettent à la source chaude. La vaporisation et la condensation sont les 2 transformations de base du fluide dans le circuit frigorigène.

L'ensemble du circuit frigorigène de l'entrepôt sera alimenté par:

- le R22 pour les chambres positives ($0/+1^{\circ}\text{C}$), salle de préparation ($+20^{\circ}\text{C}$) et la réserve de glace ($-5/-3^{\circ}\text{C}$),
- le R404A pour les chambres de stockage de produits congelés (-25°C) et de congélation (-35°C), en raison de son taux de compression acceptable aux basses températures.

II-3-1 Fluide frigorigène R22

Le monochlorodifluorométhane (CHF_2Cl) est un fluide frigorigène pur disponible et très utilisé aux températures positives (climatisation), à P.A.O = 0,05 et P.A.E.S = 0,35. La température d'ébullition à la pression atmosphérique du R22 se situe à $-40,8^\circ\text{C}$. Sa température critique est de 96°C .

Sa production sera interdite à partir de décembre 2014, conformément aux clauses de la conférence de Copenhague. A l'échéance prochaine, le R22 sera récupéré dans un emballage spécial avec pour être détruit grâce à un poste de charge avec récupération qui sera prévu.

II-3-2 Fluide frigorigène R404A

C'est un mélange pseudo-azéotropique de type HFC (P.A.O = 0) destiné à remplacer le R502 de type CFC, voire le R22, HCFC, en attendant un prétendant officiel.

Sa composition est la suivante:

- R125: 44%,
- R143a: 52%,
- R134a: 4%.

La température d'ébullition normale de ce fluide frigorigène de substitution se situe à $-45,4^\circ\text{C}$ avec un glissement de température d'environ $0,9^\circ\text{C}$ à cette pression. Sa température critique est de 72°C .

L'huile de lubrification du compresseur recommandé est du type "ester".

III -APERCU GENERAL DE L'ETUDE

L'étude qui nous a été confiée dans le cadre du mémoire de fin d'étude concerne la conception rationnelle d'un entrepôt frigorifique à usage de stockage de poisson.

Cet entrepôt spécialisé sera composé de plusieurs unités:

- de conditionnement,
- de réfrigération et de stockage de poissons réfrigérés,
- de congélation du poisson,
- de stockage de poissons congelés,
- de fabrique de glace.

L'analyse et l'exploitation des données collectées auprès des poissonneries de la place, de la municipalité de Ouagadougou et de la direction des Pêches pendant nos enquêtes nous ont permis de revoir en hausse les tonnages des produits proposés par la SAREC. C'est ainsi qu'on est passé d'une seule chambre de stockage des produits réfrigérés de 5 tonnes à deux chambres de capacité 15 tonnes chacune, que la capacité de stockage des produits congelés est de 15 tonnes et celle de fabrique de glace est de 5 tonnes.

III-1 UNITE DE CONDITIONNEMENT

C'est une salle de préparation climatisée à 20°C, destinée:

- à la réception et au nettoyage et lavage des produits à conserver,
- avec une aire aménagée pour points de vente du poisson et de la glace,
- avec une aire aménagée pour bureau de comptabilité tenu par le responsable de l'entrepôt.

III-2 UNITE DE REFRIGERATION ET DE STOCKAGE DE POISSONS REFRIGERES

Deux chambres froides positives de capacité 15 tonnes chacune sont regroupées dans ladite unité.

L'ensemble de ces infrastructures permettra de conserver trente (30) tonnes de poissons frais à une température à environ 0/+1° et à une humidité relative de 90%. pendant 2 semaines, et d'assurer un ravitaillement régulier.

III-3 UNITE DE CONGELATION

Il s'agit d'un tunnel de congélation de capacité 3 tonnes. Le surplus (à la consommation) de la production piscicole domestique sera congelé dans un courant d'air à environ -25°C et à une vitesse v telle que: $3 \text{ m/s} \leq v \leq 5 \text{ m/s}$.

III-4 UNITE DE STOCKAGE DE POISSONS. CONGELES

C'est une chambre froide de capacité 15 tonnes. Elle sera destinée à entreposer du poisson congelé et importé à une température de -25°C et une humidité relative de 85% pendant une longue durée, et pour le distribuer dans les localités où le poisson reste une denrée rare d'une part, et d'autre part à Ouagadougou.

III-5 UNITE DE FABRIQUE DE GLACE

La glace est aussi une source de froid permettant de maintenir une denrée au frais pendant une durée quoique très courte.

Comme toute denrée périssable, le poisson peut garder son état physique durant plusieurs heures si l'on le met sous glace.

Ainsi, dans le cadre du présent projet, les besoins en glace seront assurés par une fabrique de glace de capacité 5 tonnes. Il sera produit de la glace en mouleaux de section carrée de 25 kg devant servir au glaçage du poisson réfrigéré hors chambres froides au cours des opérations de vente et à d'autres usages domestiques.

Les mouleaux en tôle d'acier galvanisée remplis d'eau potable (eau de ville) seront disposés dans une cuve à saumure en tôle d'acier noir contenant la solution aqueuse de chlorure de sodium.

La température d'évaporation sera à un point de consigne tel que la température de la saumure sera maintenue à -8°C , la glace sera formée à une température de -2°C .

La saumure sera refroidie par un échangeur/évaporateur R22. Sa circulation dans le bac de congélation est assurée par une pompe branché sur le circuit et un agitateur installé dans le bac.

Les pains de glace seront démoulés par trempage des mouleaux dans un bac de dégel où l'eau est maintenue à une température relativement élevée. Ils seront enfin disponibles dans la réserve de glace pour l'acheminement aux points d'utilisation.

IV LA PRODUCTION DOMESTIQUE DU POISSON AU BURKINA FASO

Sur la base de données statistiques disponibles et des estimations faites sur les pêcheries, la Direction des Pêches évalue la production annuelle en poisson entre 8000 et 8500 tonnes – équivalent frais. Le potentiel halieutique est chiffré entre 12000 et 12500 tonnes. Cette production est fortement régionalisée et saisonnée.

IV-1 PRINCIPALES REGIONS PISCICOLES DU BURKINA

Sur la carte de la pêche, on distingue trois zones à vocation piscicole marquée:

- la zone est et centre - est avec les réservoirs d'eau de la Kompienga, de la Tapoa, du Sirba, du Pendjari, d'Arly, de Bazéga, de Bagré, de Loumbila, du Sidi-Koankpenga.
- La zone nord – ouest du pays qui regroupe les petites pêcheries du fleuve Mouhoun et celle de Sourou.
- La zone sud – ouest caractérisée par de nombreuses petites retenues (mare aux hippopotames de Bala, la mare de Kou, les réservoirs de Douna, Moussougou, Niofila, Tourny) et une pêche pluviale sur les affluents du Mouhoun à hauteur de Séguéré, Bassora, Sikorola.

Voir carte 1 à la page 27

L'apport de la pêche fluviale de Sourou et des réservoirs de Kompienga et Bagré représente 1/3 de la production du pays. Celle-ci varie en fonction de la saison.

IV-2 VARIATION SAISONNIERE DE LA PRODUCTION

La production piscicole est saisonnée avec des pics maximaux de captures variant avec l'importance du réservoir; sur les grands réservoirs de Kompienga, Bagré, Tapoa, Comoé, la saison pluvieuse qui est celle des fraies, correspond aux pics de capture, alors que sur les petits et les systèmes fluviaux, les pics correspondent aux périodes d'étiages prononcés (fig.1 page 28) dans le système fluvial, la jonction entre la saison sèche et pluvieuse coïncide avec la remontée du poisson vers les zones du frayère ou d'alimentation. Le faible niveau des eaux est alors favorable à leur capture et explique pourquoi le pic de

production est observé au second trimestre pour ce système fluvial (fig. 1).
Les facteurs météorologiques comme les vents de harmattan, en provoquant des courants de fond soulèvent les filets maillants, les rendant aussi peu pêchants.
Aussi cette période (décembre en février) est-elle également peu favorable aux bonnes captures.

IV-3 ESPECES CAPTUREES

Les espèces suivantes sont les plus couramment rencontrées dans les pêcheries intérieures:

Oréochromis niloticus (tilapia), Clarias angillarus (silure), Lates niloticus (capitaine), Gymnarchus (Gymnarque), Hémisynodontis (Hélicoptère), Mormyrus (mormyre), Bagridae, (Mancharon), Auchénoglanis, Hétérotis, Synodontis, Hydrocynus, etc.

IV-4 ENGINES DE PECHEES

La pêche au Burkina Faso est une activité menée aussi bien par les professionnels (Burkinabé et Etrangers: Maliens et Nigériens) et non professionnels. Il suffit d'un permis (8000 FCFA pour les Burkinabé et 35000 FCFA pour les étrangers) à ces pêcheurs pour qu'ils puissent exercer dans n'importe quel fleuve et/ou réservoir d'eau au Burkina. Cette réglementation ne concerne pas la pêche à la ligne.

Les engins de pêches autorisés sont les suivants:

- les filets maillants ou dormants (engins passifs),
- les filets épervier (engins actifs),
- les nasses actives et passives,
- les palangres,

Dans le souci de préserver le patrimoine halieutique, un certain nombre de pratiques est prohibé:

- les palangres non apaquées sont interdites car ils peuvent blesser le poisson,
- le maillage est de 35 mm minimum de côté,
- la pêche par intoxication,
- le battage d'eau (pour stresser le poisson)
- du 15 juin à 31 août (période de reproduction) à 25m du berge (zone non profonde) la pêche n'est pas autorisée, mais elle est abondante en plein milieu du fleuve ou des réservoirs d'eau.

annexe I : Principales régions piscicoles du Burkina Faso

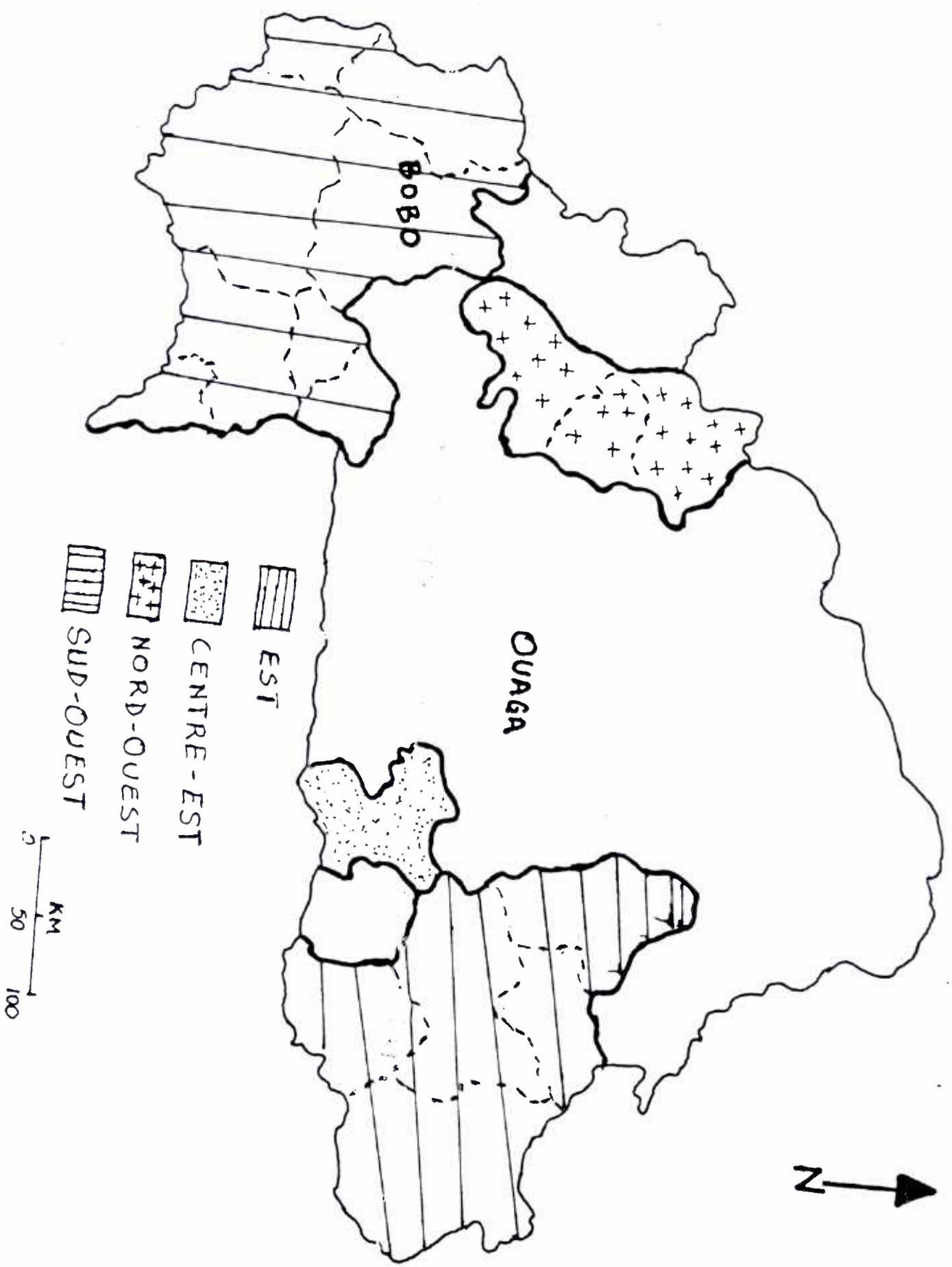
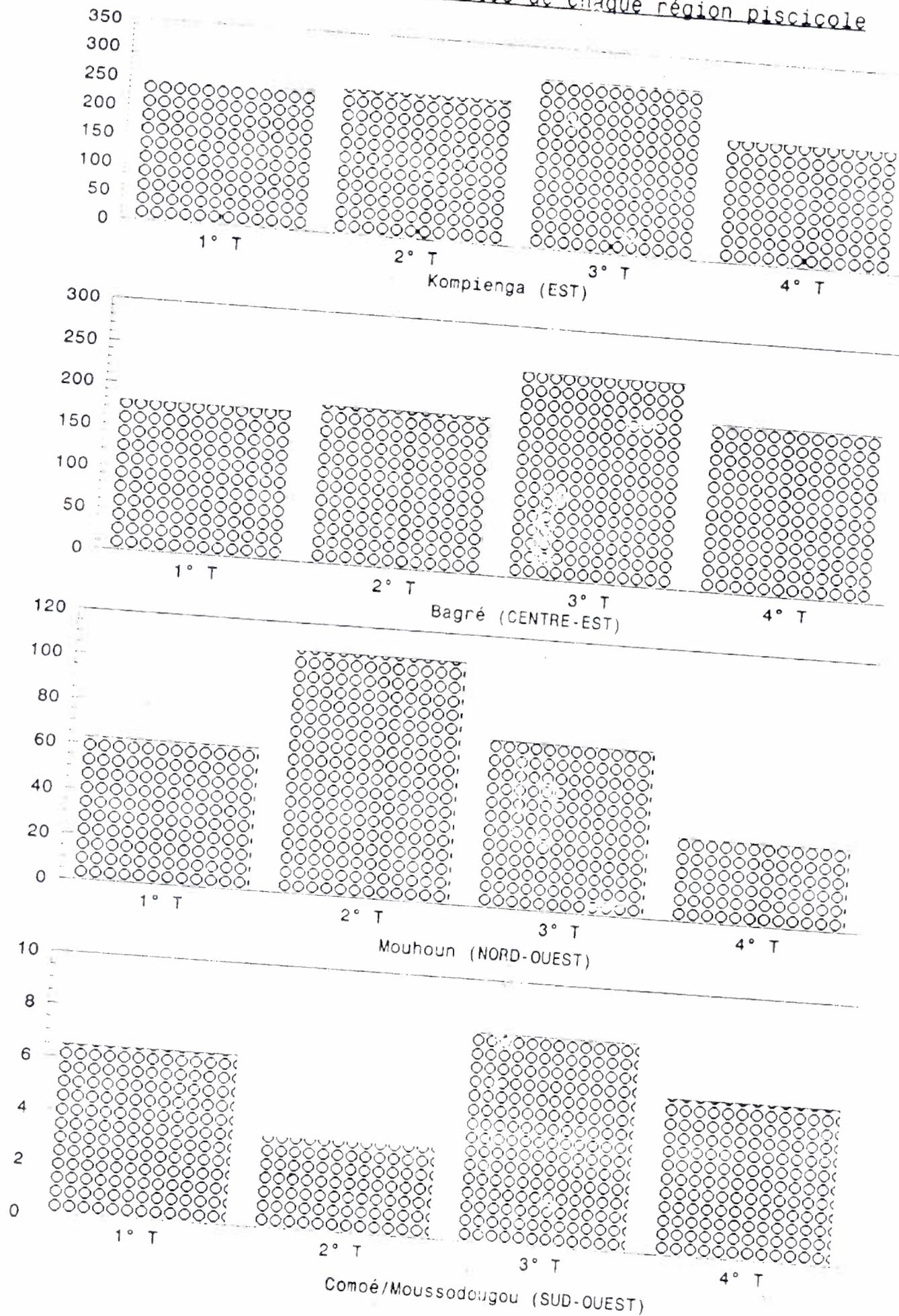


Figure 1: Variation saisonnière de la production en 1997 sur les principaux sites de chaque région piscicole



IV-5 CONTRAINTES

Les contraintes sont d'ordre écologique ou environnemental:

- les aléas climatiques (irrégularités et insuffisance des précipitations, les vents) sont responsables de la saisonnalité de la production,
- le réseau hydrographique très limité (Mouhoun, Sourou) et le nombre des réservoirs pérennes réduit constituent un facteur limitant.

IV-6 EVOLUTION ET PERSPECTIVES

L'Etat Burkinabé et d'autres intervenants dans le secteur de la pêche se fixent un objectif à atteindre, la production halieutique de 8500 tonnes devrait passer à 12500 dans un proche avenir.

C'est dans ce sens qu'une vulgarisation sur les empoissonnements dont le but est l'augmentation de la capacité des plans d'eau, est en vigueur dans le pays.

Ainsi, au niveau de la station d'aquaculture de BAZEGA, la Direction des Pêches entreprend une culture des alevins que l'on transpose dans bon nombre des réservoirs d'eau du Burkina. Ces alevins se reproduisent et/ou servent à l'embouchage des autres espèces halieutiques. Cependant, il faut remarquer la production de la pisciculture est négligeable devant à la production naturelle pendant les hautes eaux.

Par ailleurs, il y a un projet de formation des pêcheurs (8000 pêcheurs) aux techniques de professionnalisme.

V CIRCUITS D'APPROVISIONNEMENT ET DE DISTRIBUTION DANS LA VILLE DE OUAGADOUGOU

V-1 CIRCUIT D'APPROVISIONNEMENT

La consommation domestique du poisson pour la ville de Ouagadougou est estimée à 2555,1 tonnes – équivalent frais. Cette production en poisson d'eau douce provient des cinq régions d'importance inégale:

- la région de l'Est, contribue pour 69% grâce aux pêcheries de Kompienga, Tapoa, Arly, Pendjari, Sirba, Sidi-Konkpenga;

- la région du Centre contribue pour 19% par les apports des pêcheries sises aux environs de Ouagadougou (Loumbila, Nagbandé, Bazéga, Koubri) et à celle de Nazinga ouverte pendant la saison de chasse,
- la région du Centre – Est, représenté par les captures du lac de Bagré contribue à l'approvisionnement du marché de Ouagadougou à hauteur de 6,5%,
- la région du Nord – Ouest contribue pour 4% avec les pêcheries des fleuves du Mouhoun et du Sourou,
- enfin ces dernières années, la région du Sahel (Beli, Sitenga) participe à hauteur de 1,5%.

Voir la carte 2 page 32

Aussi faut-il remarquer que la plupart des pêcheries intérieures approvisionnant Ouagadougou présentent l'inconvénient d'être très éloignés: 300 – 500 km, et sont reliées par des pistes plus ou moins dégradées. La collecte et l'approvisionnement sont assurés par des mareyeurs à l'aide du véhicule bâché (pas en bon état en général) sur lequel est installée une caisse isotherme (en bois ou en métal calorifugé) ou du camion frigorifique.

Seulement, les besoins en glace sont assurés depuis Ouagadougou et les sorties de collecte peuvent durer 3 à 10 jours parfois 2 semaines; ce qui a une double conséquence, sur la régularité de l'approvisionnement et ensuite sur la qualité du poisson.

Il faut également retenir que l'approvisionnement de la commune de Ouagadougou par les pêcheries intérieures est appointé par les importations (poissons de la Mauritanie, et tout récemment de la Namibi) à hauteur de 22% du disponible (production domestique + importation) qui s'élève à 3388,737 tonnes.

Les consommations annuelles estimées au Burkina et à Ouagadougou en 1996 sont respectivement: 1,5 Kg/hbt/an et 3 Kg/hbt/an

V-2 CIRCUITS DE DISTRIBUTION

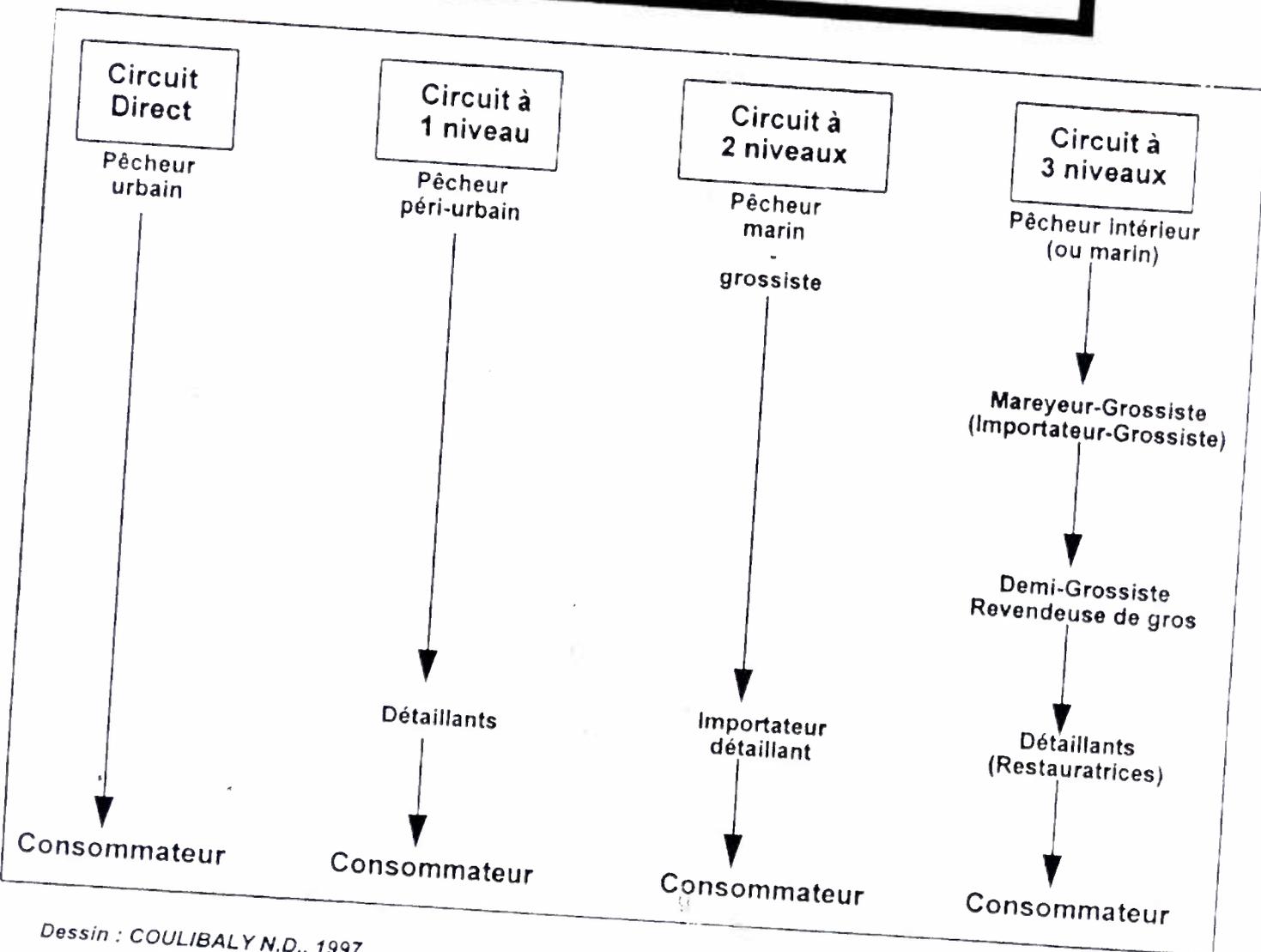
La commune de Ouagadougou est une ville horizontale s'étalant sur un rayon de 25 Km, donc une ville à grande extensibilité. Mais une mauvaise couverture géographique des points de distribution de poisson y est notable. Ces derniers étant focalisés dans les centres villes délaissent les résidences périphériques (voir carte3 page33).

La distribution est assurée par les mareyeurs – grossistes, demi – grossistes, revendeuses de gros, détaillants dans des poissonneries, des Kiosques ou à l'air libre. Les

poissons sont vendus dans 52% des cas dans des enceintes bien définies et équipées (maisonnette – kiosque) contre 48% des vendeurs de frais à l'air libre.

On compte 4 types de circuits de distribution du poisson frais (voir figure 4).

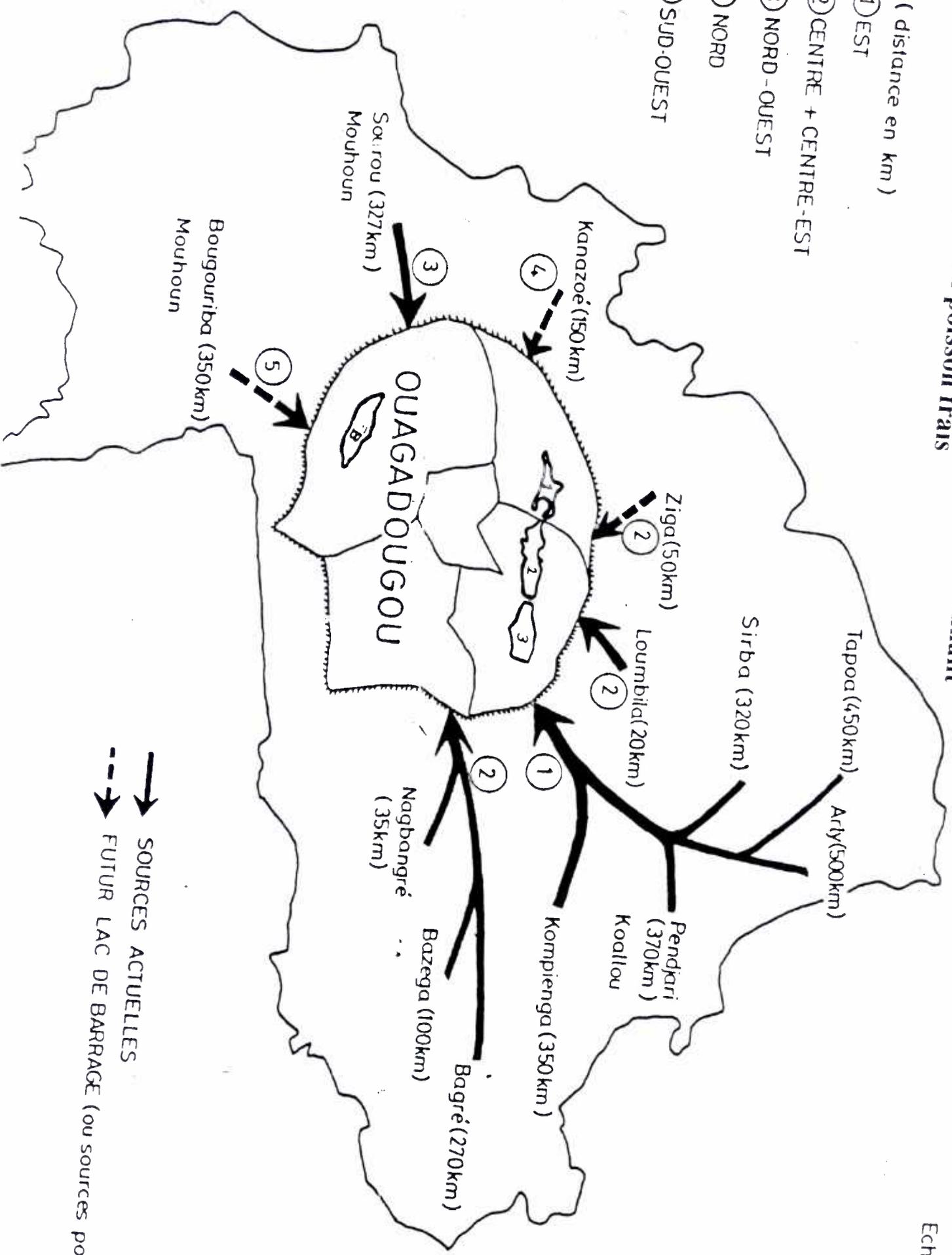
Fig. 4 Schéma de canaux de distribution du poisson frais



Principales pêcheries intérieures approvisionnant Ouagadougou en poisson frais

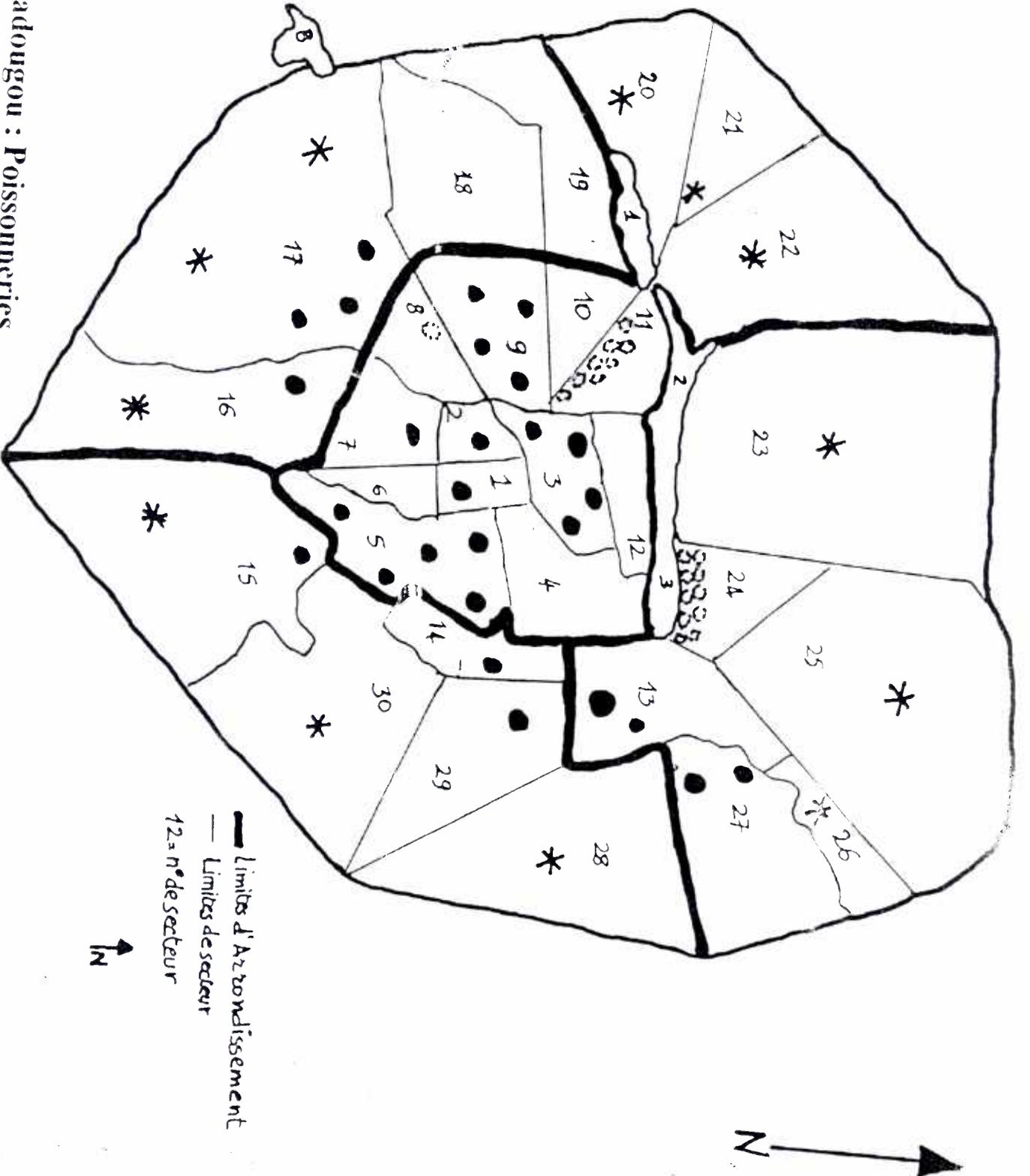
(distance en km)

- ① EST
- ② CENTRE + CENTRE-EST
- ③ NORD-OUEST
- ④ NORD
- ⑤ SUD-OUEST



Echelle : 1/350000

- SOURCES ACTUELLES
- - - - -> FUTUR LAC DE BARRAGE (ou sources potentielle)



● Poissonneries

— = Vente mobile ou à l'air libre

* Kiosques (à implanter)

— limites d'Arondissement
 — limites de secteur
 12 = n° de secteur



Carte 3 : Ville de Ouagadougou : Poissonneries et points de vente du frais

DEUXIEME PARTIE: ETUDES TECHNIQUES

I CONCEPTION DE L'ENTREPOT FRIGORIFIQUE

I-1 DESCRIPTION GENERALE

L'entrepôt frigorifique à usage de stockage de poisson sera un bâtiment à un seul niveau en maçonnerie traditionnelle. Ce bâtiment sera construit sous un hangar avec circulations fermées autour des chambres pour les protéger de l'isolation. C'est un ensemble de 2 chambres de stockage de produits réfrigérés, d'une chambre de produits congelés, d'un tunnel de congélation, d'une réserve de glace et d'une fabrique de glace. Il sera de préférence implanté sur un terrain plat, horizontal. Le terrain devra être suffisamment important pour permettre d'y prévoir des extensions ultérieures et y réserver une vaste cour afin de faciliter la manœuvrer des engins.

L'implantation du bâtiment devra être telle que le côté façade et/ou le côté où il y a plus d'ouvertures ne soit orienté ni vers l'est, ni vers l'ouest à cause de l'insolation qui est intense.

Le sol sur lequel sera monté l'entrepôt doit être capable de supporter des charges statiques de 5000 à 7500 Kg/m² et des charges dynamiques d'environ 3000 Kg/m².

Le mode de manutention est manuel.

I-1 1 Génie civil

Terrassement et mouvement des terres

Toutes les fouilles en trous, en tranchée, en rigole ou en excavation pour exécution des fondations et du vide sanitaire seront exécutées à la main par l'entreprise en charge du génie civil selon le respect des plans techniques. Toutes les terres inutiles seront évacuées aux charges publiques.

Fondation

a/ Béton de propreté

En dessous de tous les ouvrages en béton de fondation, il sera prévu un béton de propreté de 5 cm minimum d'épaisseur, ce béton sera dosé à 150 Kg/m³ de C.P.A.

b/ Gros béton

Pour la fondation, il sera prévu un béton dosé à 200 Kg/m³ de C.P.A 325.

Poteaux, longrines et poutres

Tous les poteaux, longrines et poutres seront en béton armé dosé à 350 Kg/m³ de CPA 325, les aciers utilisés seront de haute adhérence type FeE400 de diamètre 10mm et rassemblés par des cadres de diamètre 6mm en acier rond lisse.

Dalle de plancher haut

Le plancher haut sera une dalle pleine en béton armé dosé à 350 Kg/m³ de C.P.A coulée sur place, elle aura une épaisseur de 8cm et une bonne étanchéité. Elle devra être à même de supporter les charges permanentes et les surcharges d'exploitation auxquelles elle sera soumise lors de l'exploitation de l'entrepôt. Il est revêtu intérieurement par 2 couches d'isolants à joints croisés et d'un enduit grillagé.

Chânage horizontal

Il sera en béton armé dosé à 300Kg/m³ de C.P.A 325, les aciers seront en rond lisse. Sa longueur épousera celle des murs.

Mur en maçonnerie et cloisons de distribution

La maçonnerie sera réalisée en briques creuses de 15 cm d'épaisseur aussi bien pour les parois des extérieures de l'ensemble des chambres d'entreposage que pour les cloisons et la salle de préparation. Les murs ne seront pas porteurs, les joints seront bourrés pour éviter les ponts phoniques, ils seront de 1 cm d'épaisseur.

Revêtements

Les revêtements extérieur et intérieur seront en enduits de 2 cm à l'exception des parois Est et Sud de la salle de préparation dont les enduits sont de 2.5 cm. Les enduits extérieurs seront réalisés au mortier gras bâtard C.P.A 325 à 2 couches composées d'un crépi et d'une couche de finition. Le revêtement intérieur d'épaisseur 2 cm sera fait d'un enduit grillagé à mailles hexagones (mailles de 25 mm) fixé contre l'isolant par des étriers et recouvert par un enduit de ciment et d'une couche de peinture. Le plancher bas sera recouvert d'une dalle flottante et d'un carrelage.

Ouvertures

Les portes des chambres d'entreposage seront isothermes et munies chacune d'un rideau lanière: ;5 portes pivotantes,

Il y aura deux portes à deux battants pour la salle de préparation.

I-1-2 Hangar

L'ensemble de l'entrepôt sera à l'abri du rayonnement solaire direct, sous un hangar dont la charpente sera métallique et toiture classique à 2 pans avec couverture en tôle ondulée. Autour des chambres froides, un mur avec claustra sera monté sur une certaine hauteur.

Voir Le plan de masse à l'annexe I

I-2 ISOLATION FRIGORIFIQUE DE L'ENTREPOT

I-2-1 Introduction

Le froid est coûteux à produire, d'où la nécessité d'isoler les parois de locaux. A travers ces parois soumises à des différentes températures, il y a transfert de chaleur. Cette transmission s'effectue de trois façons:

- conduction à travers la paroi solide et opaque,
- convection par transport de chaleur,
- rayonnement.

L'isolant thermique est constitué par un gaz immobilisé dans une structure cellulaire. Il aura pour effet d'affaiblir le flux thermique qui traverse les parois et favoriser la production du froid. Le matériau constituant un tel isolant sera choisi en fonction de plusieurs facteurs:

pouvoir isolant ou coefficient de conductivité (λ): plus ce coefficient sera faible, c'est-à-dire proche de celui de l'air (0,020 w/m.k), plus ce matériau sera considéré comme un bon isolant.

- faible densité,
- imperméabilité à la vapeur d'eau et aux gaz,
- résistance mécanique,
- tenue au feu,
- stabilité dimensionnelle,
- facilités de mise en œuvre et d'approvisionnement,
- prix relativement bas, stabilité entre certaines limites de température,

- résistance aux solvants, rongeurs, insectes et autres sources de dégradation,
- Absence d'odeurs et toutes contre-indications hygiéniques
- Etc.

La mise en œuvre d'isolants de bonne qualité mal exécutée peut conduire à des échecs par suite:

- de l'humidification de l'isolation,
- de la formation de glace,
- de la pénétration de vapeur d'eau à la paroi.

I-2-2 Choix de l'isolant

Isolation des parois verticales

Pour la chambre froide en maçonnerie traditionnelle, l'isolant retenu est le polystyrène expansé auto-extinguible dont nous rappelons les principales caractéristiques:

- masse volumique: 20 Kg/m³,
- conductivité thermique (λ): 0,3 w/m°C,
- peu perméable,
- hygroscopie faible,
- bonnes propriétés mécaniques,
- n'entretient pas la combustion.

Calcul de l'épaisseur de l'isolant

La formule nous permettant de calculer l'épaisseur de l'isolant e est la suivante:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum_{j=1}^n \frac{e_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_i}}$$

avec: h_e et h_i sont respectivement les coefficients de convection interne et externe de l'air,

e_j : épaisseur de la paroi

λ_j : coefficient de conductivité thermique

L'isolant thermique est l'élément qui limite le plus les transferts de Chaleur, on peut considérer que la participation des autres constituants est négligeable dans une structure isotherme.

$$K \approx \frac{\lambda}{e}$$

$$\Rightarrow e \approx \frac{\lambda}{K} \quad (1)$$

La quantité de chaleur p échangée par m^2 d'une paroi séparant des milieux dont la température est θ_e et θ_i ($\theta_e > \theta_i$) est définie par:

$$p = K(\theta_e - \theta_i)$$

avec K : coefficient global de transfert de chaleur.

$$K = \frac{p}{\theta_e - \theta_i}$$

(1) devient alors:

$$e \approx \frac{(\theta_e - \theta_i)\lambda}{p}$$

Il est commode de fixer dans les cahiers des charges la quantité maximale de chaleur p , pour l'écart maximal $(\theta_e - \theta_i)$

Les flux économiques imposés par le Syndicat National de l'isolation de France, pour le plus chaud, 8 w/ m^2 pour les locaux en réfrigération et 7 à 8 w/ m^2 pour ceux en congélation. Pour nos calculs, nous considérons le flux économique 8 w/ m^2 dans les deux cas.

Application numérique:
Tableau N°1

Données	Unités	Ch6	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5
Température intérieure θ_i	°C	+20	0/+1	0/+1	-25	-25	-5
Température extérieure θ_e	°C	41	41	41	41	41	41
Température au sol	°C	30	30	30	41	41	41
Température au plafond	°C	41	41	41	41	41	41
Flux thermique ($K\Delta\theta$)	w/ m ²	8	8	8	8	8	8
Coefficient de conductivité	w/m°C	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Coefficient global d'échange thermique ($W/m^2.K$)

Tableau N°2

Désignation	Ch6	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5
Paroi Nord	0,80	0,20	0,20	0,18	0,15	0,12
Paroi Sud	0,38	0,27	0,40	0,35	0,12	0,12
Paroi Est	0,38	0,27	0,27	0,24	0,18	0,15
Paroi Ouest	0,80	0,20	0,27	0,24	0,12	0,11
Plancher haut	0,38	0,20	0,20	0,18	0,12	0,11
Plancher bas	0,38	0,27	0,27	0,18	0,12	0,11

Epaisseur de l'isolant (mm)

Tableau N°3

Désignation	Ch6	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5
Paroi Nord	40	150	150	200	250	170
Paroi Sud	80	110	80	250	250	90
Paroi Est	80	110	110	170	200	130
Paroi Ouest	40	150	110	250	270	130
Plancher haut	80	150	150	250	270	170
Plancher bas	80	110	110	250	270	170

Epaisseurs retenues

Tableau N°4

Désignation	Epaisseur (mm)
Chambre de stockage les produits réfrigérés	160=2x80
Chambre de stockage les produits congelés	260=2x130
Tunnel de congélation	260=2x130
Réserve de glace	160=2x80

D'où la nécessité d'acheter les plaques de 80 et 130 mm de polystyrène expansé auto-extinguible pour l'isolation.

Pour les murs mitoyens, il faut considérer le plus épais isolant des locaux voisins.

Les panneaux d'isolant sont posés à joints croisés sur un pare vapeur en flinkote et tenus par des agrafes et chevelures en fil de fer galvanisé et des allumettes en bois.

Voir schéma ci-après

I-2-3-1 Dimensions des portes pour chambre froide positive

1. Passage utile:
 - hauteur = 200cm
 - largeur = 100cm
2. Dimensions extérieures:
 - hauteur sur plancher = 210cm
 - largeur = 120cm
3. Dimensions d'encastrement:
 - largeur = 122cm
 - hauteur sur saillie = 211cm

4. Epaisseur = 100mm

Porte ferrée à droite

Habillage portes en polyester avec isolant en polyuréthane injecté.

I-2-3-2 Dimensions des portes pour les chambres négatives, réserve de glace.

1. Passage utile:
 - hauteur = 200cm
 - largeur = 100cm
2. Dimensions extérieures:
 - hauteur sur plancher = 210cm
 - largeur = 120cm
3. Dimensions d'encastrement:
 - largeur = 122cm
 - hauteur sur saillie = 211cm

4. Epaisseur = 100mm

Porte ferrée à droite

Habillage portes en polyester avec isolant en polyuréthane injecté.

I-2-4 Isolation des tuyauteries

Les tuyauteries parcourues par le frigorigène à basse température et les réservoirs également à basse température, sont isolés thermiquement.

L'isolation des circuits frigorifiques a pour rôle de limiter les déperditions et d'éviter le givrage et la condensation des tuyauteries. Celles-ci sont isolées par des manchons de type ARMAFLEX de 19 mm d'épaisseur.

I-2-5 Isolation du sol

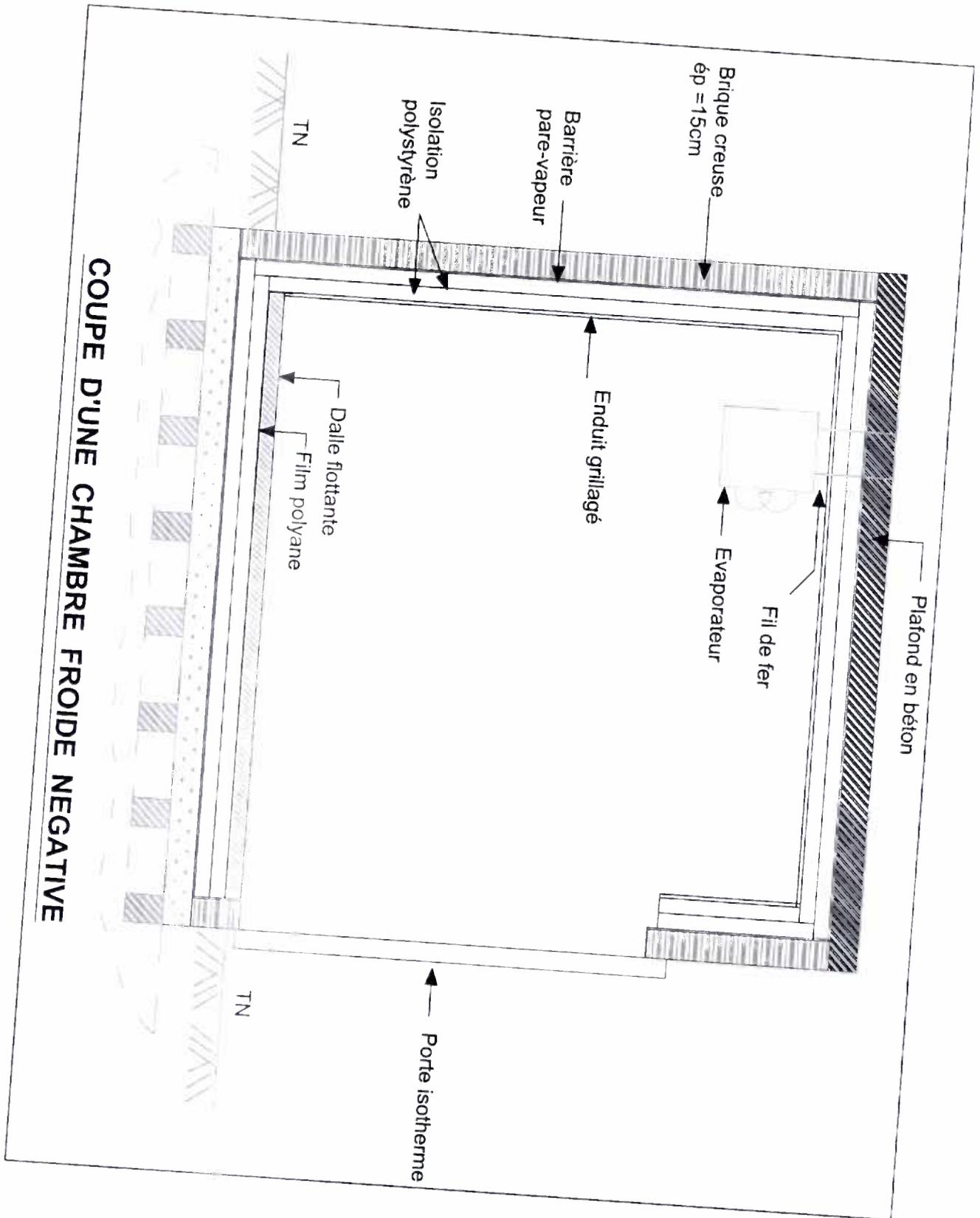
L'isolation du sol est constituée de panneaux isolants (polystyrène expansé) posés en deux couches à joints croisés sur un soubassement en béton et un écran d'étanchéité.

Une dalle flottante en béton armé avec chape d'usure est coulée sur l'isolant. L'armature comporte 2 couches superposées d'un grillage épais à mailles carrées (10 cm). L'épaisseur de la dalle est de 10 cm avec les 2 cm supérieurs durcis par un additif.

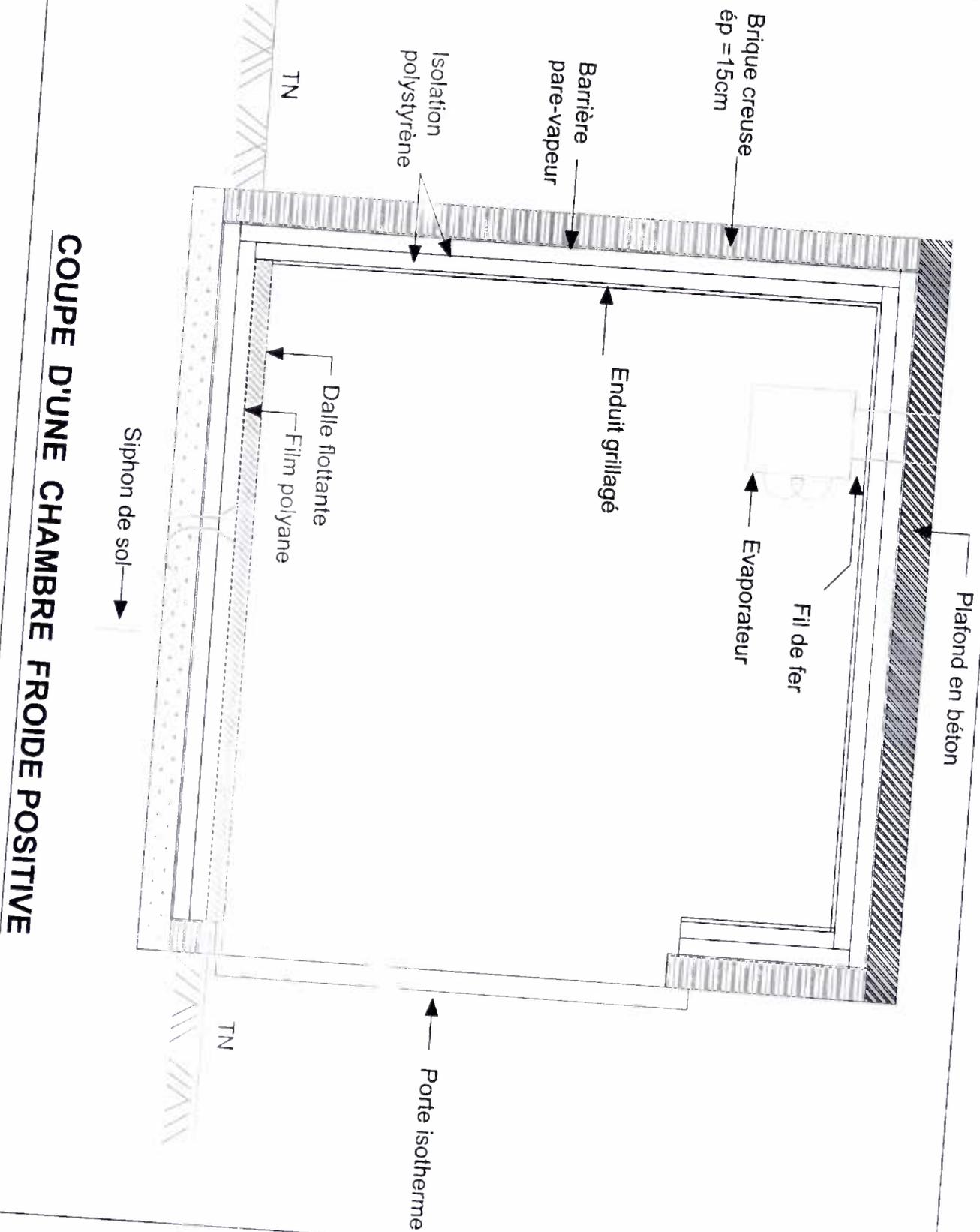
Pour la sécurité électrique, l'ossature métallique de l'armature des dalles du sol doit être mise à la terre.

Dans les chambres froides négatives où le sol est exposé à des risques de gel de l'eau qui ont pour conséquences le soulèvement de la dalle posée sur des terrains mal drainés à structure argileuse fine. La protection du sol contre le gel consiste à réaliser un vide sanitaire ventilé sous l'isolation:

- en enterrant, sous le béton de soubassement, des buses de ciment distantes de 0,5 m entre elles et débouchant librement à l'extérieur à leurs deux extrémités,
- ou en surélevant, au moyen de corps creux, le sol de la chambre froide d'une soixantaine de cm au-dessus du sol naturel.



COUPE D'UNE CHAMBRE FROIDE NEGATIVE



COUPE D'UNE CHAMBRE FROIDE POSITIVE

II. DIMENSIONNEMENT DE L'ENTREPOT

II-1 UNITE DE STOCKAGE DE PRODUITS REFRIGERES

II-1-1 Densité d'entreposage

Le produit à entreposer est du poisson frais mis sous glace.

Nous retenons les valeurs de densité d'entreposage suivantes:

- masse nette = 400 Kg/m^3
- masse brute = 320 Kg/m^3

II-1-2 Volume utile

Le volume utile est le volume occupé réellement par le tonnage défini de marchandises.

$$\text{Volume utile} = \frac{\text{tonnage des denrées périssables}}{\text{densité d'entreposage (masse nette)}}$$

Application numérique:

$$V_u = \frac{15}{400 \cdot 10^{-3}} = \frac{15}{0,4} = 37,50$$

$$V_u = 37,50 \text{ m}^3$$

II-1-3 Volume intérieur

C'est le volume utile majoré des volumes nécessaires pour la circulation de l'air, la manutention des charges, les installations frigorifique et des luminaires.

$$\text{Volume intérieur} = \frac{\text{tonnage des denrées périssables}}{\text{densité d'entreposage (masse brute)}}$$

Application numérique:

$$V_{\text{int}} = \frac{15}{320 \cdot 10^{-3}} = \frac{15}{0,32} = 46,88 \approx 47$$

$$V_{\text{int}} = 47 \text{ m}^3$$

En adoptant la hauteur et la largeur intérieures réelles égales à 3 m chacune, on obtient une longueur égale à 5,5 m ($47 \div 9 = 5,22 \approx 5,50 \text{ m}$)

En tenant compte de l'espace qui devra être réservé pour l'isolation, les dimensions brutes de la chambre sont:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Longueur} = 6,18\text{m} \\ \text{Largeur} = 3,68\text{ m} \\ \text{Hauteur} = 3,27\text{ m} \end{array} \right.$$

II-2 UNITE DE STOCKAGE DES PRODUITS CONGELES

II-2-1 Densité d'entreposage

Le produit à l'entreposer est du poisson congelé, en caisse. Ainsi les valeurs de densité d'entreposage sont les suivantes:

- masse nette = 400 Kg/m³
- masse brute = 320 Kg/m³

II-2-2 Volume utile

Le volume utile est le volume occupé réellement par le tonnage défini de marchandises.

$$\text{Volume utile} = \frac{\text{tonnage des denrées périssables}}{\text{densité d'entreposage (masse nette)}}$$

Application numérique:

$$V_u = \frac{15}{400 \cdot 10^{-3}} = \frac{15}{0,4} = 37,50$$

$$V_u = 37,50 \text{ m}^3$$

II-2-3 Volume intérieur

C'est le volume utile majoré des volumes nécessaires pour la circulation de l'air, la manutention des charges, les installations frigorifique et des luminaires.

$$\text{Volume intérieur} = \frac{\text{tonnage des denrées périssables}}{\text{densité d'entreposage (masse brute)}}$$

Application numérique:

$$V_{\text{int}} = \frac{15}{320 \cdot 10^{-3}} = \frac{15}{0,32} = 46,88 \approx 47$$

$$V_{\text{int}} = 47 \text{ m}^3$$

En adoptant la hauteur et la profondeur intérieures réelles égales à 3 m chacune, on obtient une largeur égale à 5,5 m ($47 \div 9 = 5,22 \approx 5,50$ m), ce qui donne un volume réel égal à $49,50 \text{ m}^3$

En tenant compte de l'espace qui devra être réservé pour l'isolation, les dimensions brutes de la chambre sont:

$$\begin{cases} \text{Longueur} = 6,38 \text{ m} \\ \text{Largeur} = 3,88 \text{ m} \\ \text{Hauteur} = 3,47 \text{ m} \end{cases}$$

II-3 TUNNEL DE CONGELATION

C'est une enceinte d'une capacité de congélation de 3 tonnes. Le produit à congeler est du poisson frais sous glace et en caisse.

Dans ces conditions, nous retenons les densités d'entreposage suivantes:

- masse nette = 400 Kg/m^3
- masse brute = 320 Kg/m^3

II-3-1 Volume utile

Le volume utile est le volume occupé réellement par le tonnage défini de marchandises.

$$\text{Volume utile} = \frac{\text{tonnage des denrées périssables}}{\text{densité d'entreposage (masse nette)}}$$

Application numérique:

$$V_u = \frac{3}{400 \cdot 10^{-3}} = \frac{3}{0,4} = 7,50$$

$$V_u = 7,50 \text{ m}^3$$

II-3-2 Volume intérieur

C'est le volume utile majoré des volumes nécessaires pour la circulation de l'air, la manutention des charges, les installations frigorifique et des luminaires.

$$\text{Volume intérieur} = \frac{\text{tonnage des denrées périssables}}{\text{densité d'entreposage (masse brute)}}$$

Application numérique:

$$V_{\text{int}} = \frac{3}{320 \cdot 10^{-3}} = \frac{3}{0,32} = 9,38 \approx 9,40$$

$$V_{\text{int}} = 9,40 \text{ m}^3$$

En adoptant la hauteur et la profondeur intérieures réelles égales à 3 m chacune, on prend une largeur égale à 2,4 m, ce qui donne un volume intérieur réel égal à 21,60 m³

En tenant compte de l'espace qui devra être réservé pour l'isolation, les dimensions brutes de la chambre sont:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Longueur} = 3,28 \text{ m} \\ \text{Largeur} = 3,88 \text{ m} \\ \text{Hauteur} = 3,37 \text{ m} \end{array} \right.$$

II-3- UNITE DE FABRIQUE DE GLACE

II-3-1 Dimensionnement du bac

La fabrique de glace sera commandée auprès du fabricant ZHENDRE en fonction du tonnage à produire par jour. Parmi les dimensions standard fournies par ce constructeur, il n'y a pas une fabrique glace de 5000 Kg par jour. Les dimensions les plus proches sont celles pour 4800 Kg et 6000 Kg par jour. Nous avons retenu la fabrique standard de 6000 Kg par jour. Voir annexe II

II-3-2 Dimensions de la réserve de glace.

La réserve de glace est un local de stockage de la glace qui n'est pas aussitôt consommée après sa fabrication. Elle a les dimensions intérieures suivantes:

Nous prenons un volume intérieur réel égal à 27 m³.

En tenant compte de l'espace qui devra être réservé pour l'isolation, les dimensions brutes de la réserve sont:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Longueur} = 3,68 \text{ m} \\ \text{Largeur} = 3,68 \text{ m} \\ \text{Hauteur} = 3,27 \text{ m} \end{array} \right.$$

II-4 SALLE DE PREPARATION

Elle est dimensionnée de manière à servir de SAS aux chambres froides, à faciliter les manutentions et autres activités liées à l'exploitation de ces chambres froides. Les dimensions constructives adoptées sont les suivantes:

- Longueur = 11,20 m
- Largeur = 7,77 m
- Hauteur = 3,10 m

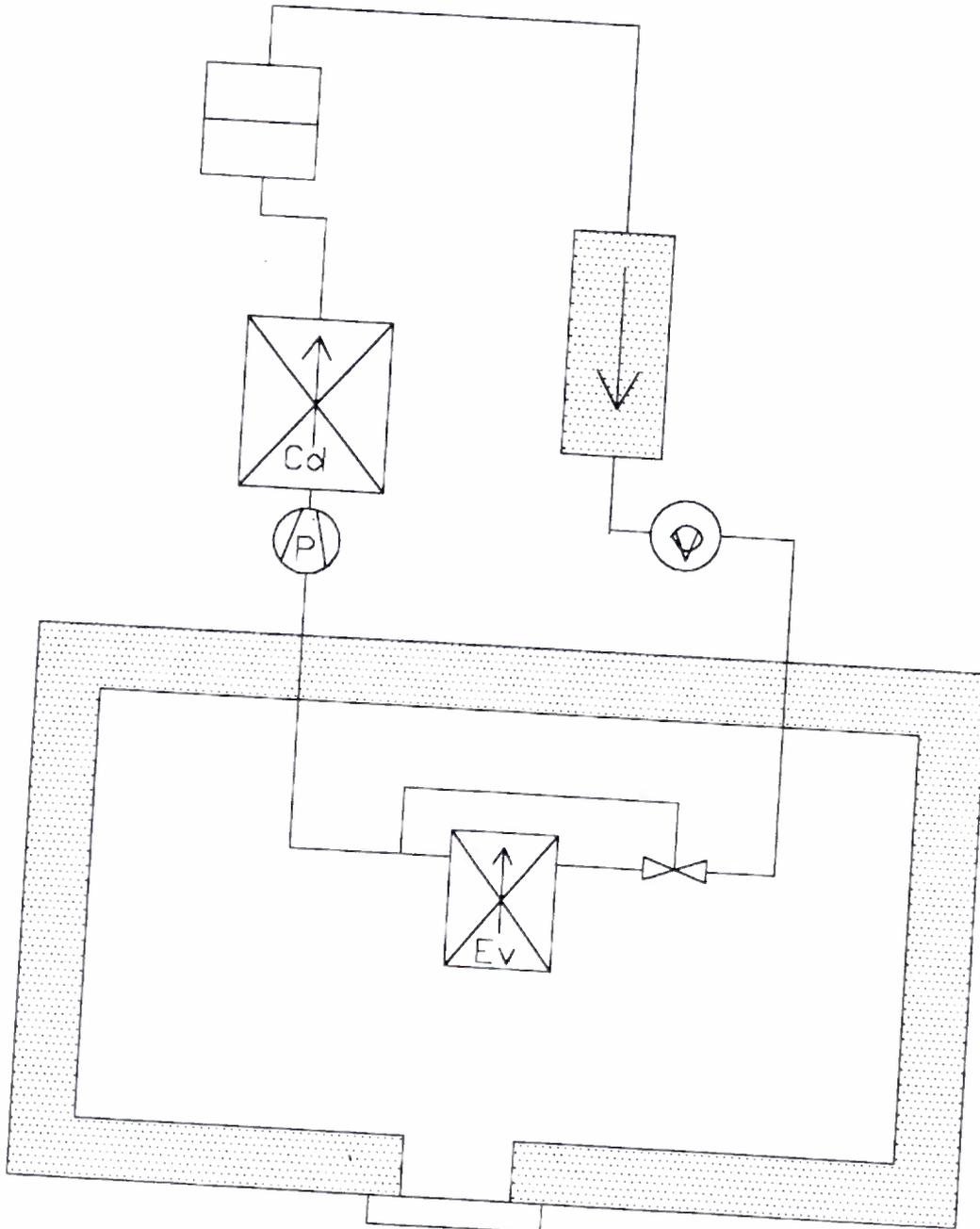


Schéma frigorifique d'une chambre froide

III BILAN FRIGORIFIQUE

III-1 GENERALITES

Le bilan frigorifique est à la base des calculs devant conduire au dimensionnement des composants d'une installation frigorifique. Il permet de déterminer la puissance frigorifique des frigorifères ainsi que les niveaux de puissance de la machinerie.

Nous allons procéder à la détermination des charges thermiques des différentes chambres froides, ces charges thermiques seront compensées par une production frigorifique correspondante.

Pour ce qui concerne notre bilan, elles se répartissent en deux grandes catégories: les charges thermiques externes et les charges thermiques internes

- La catégorie des charges thermiques externes comprend:
 - Charge thermique par transmission à travers les parois
 - Charge thermique par renouvellement d'air
- La catégorie des charges thermiques internes se subdivise elle-même en deux sous-catégories:
 - La sous-catégorie des charges dépendantes des produits entreposés et des évaporateurs, notamment:
 - charge thermique due aux denrées entrantes,
 - charge thermique due aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs,
 - charge thermique due aux résistances de dégivrage,
 - la sous-catégorie des charges indépendantes des produits entreposés et de l'installation frigorifique, à savoir:
 - charge thermique due à l'éclairage,
 - charge thermique due aux personnes.

III-2 CALCUL DES CHARGES THERMIQUES EXTERNES

III-2-1 Charge thermique par transmission à travers les parois

Par local, il sera procédé à un calcul pour les quatre parois verticales, le plancher haut et le plancher bas. La charge thermique par transmission à travers les parois (aperditions) est définie par:

$$Q_{tr} = 24 pS \text{ en kJ/24h}$$

avec:

S = surface globale de toutes les parois de la chambre froide en m^2 ,

P = $K\Delta\theta$ = pertes par unité de surface des parois ($p = 30 \text{ kJ/h.m}^2$, soit $P = 8 \text{ W/m}^2$)

III-2-2 Charge thermique par renouvellement d'air

Le renouvellement d'air se fait par transfert d'air chaud et humide à travers les parois isolées et au niveau de joints des portes, et surtout lors des entrées et sorties de marchandises. La quantité d'air neuf admise est chargée à son tour d'une certaine quantité de chaleur à évacuer.

Pour calculer les besoins frigorifiques, il est recommandé d'adopter un taux de renouvellement quotidien égal de l'ordre de 10 fois le volume V de la chambre vide. La quantité de chaleur, par m^3 d'air humide échangé, peut être estimée à $2 \text{ kJ/m}^3\text{°C}$.

D'où

$$Q_{re} = 10 v * 2(\theta_e - \theta_i) \quad (\text{kJ/24h})$$

avec:

θ_e = température extérieure (dans notre cas c'est la température de la salle de préparation)

θ_i = température intérieure.

III-3 CALCUL DES CHARGES THERMIQUES INTERNES

III-3-1 Charge thermique due aux denrées entrantes

La température des produits (poisson) introduits dans la chambre froide est presque toujours supérieure à celle de ladite chambre. La quantité de chaleur à extraire pour amener ces produits à la température requise d'entreposage est déterminée par la formule:

- **en congélation:**

$$Q_{de} = m \cdot C_1 (\theta_1 - \theta_2) + m \cdot L + m \cdot C_2 (\theta_2 - \theta_3) \quad (\text{kJ}/24\text{h})$$

avec:

m = masse de denrées introduites chaque jour en kg/J (elle représente 15% du tonnage entreposée.);

C1 = capacité thermique massique moyenne entre θ_1 et θ_2 de chaque type de denrée introduite en kJ/kg.K ($C_1=3,6$ kJ/kg.K pour le poisson avant congélation)

θ_1 = température initiale de la denrée introduite en °C,

θ_2 = température de congélation de la denrée introduite en °C,

L = chaleur latente de congélation de la denrée introduite en kJ/Kg (L=283 kJ/Kg pour le poisson),

C2 = capacité thermique massique moyenne entre θ_2 et θ_3 de chaque type de denrée introduite en kJ/kg.K ($C_2=3,6$ kJ/kg.K pour le poisson après congélation)

θ_3 = température d'entreposage des denrées en °C.

- **en réfrigération:**

$$Q_{de} = m \cdot C_1 (\theta_1 - \theta_2) \quad (\text{kJ}/24\text{h})$$

avec:

θ_2 = température d'entreposage des denrées en °C.

III-3-2 Charge thermique due aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs

Les chambres froides modernes sont toujours équipées des évaporateurs munis des ventilateurs pour assurer le brassage et la circulation efficaces de l'air. Le moteur électrique de ventilateur dégage de la chaleur dans l'enceinte à refroidir. C'est cette chaleur qui constitue la Charge thermique. L'évaluation des besoins frigorifiques dépend du nombre et du type des évaporateurs qui ne seront connus qu'une fois le bilan frigorifique établi.

III-3-3 Charge thermique due à l'éclairage

Les luminaires prévus dans les chambres froides pour l'éclairage, rayonnent l'énergie calorifique. Cette chaleur constitue la charge thermique à évacuer pour ces chambres dans les conditions d'entreposage requises.

III-3-4 Charge thermique due aux personnes

Dans les chambres froides, il y a un certain nombre de tâches telles que la manutention qui sont assurées par les personnes. Ces personnes en activité moyenne dégagent une quantité de chaleur par métabolisme.

III-3-5 Coefficient de service

Les charges thermiques dues :

- aux moteurs de ventilation,
- à l'éclairage,
- aux personnes,

sont comprises dans les pertes par service.

Nous adoptons un coefficient de service de:

- 15% lorsque le renouvellement est intégré dans les pertes par service,
- 5% le cas contraire,
- 10% exceptionnellement pour la réserve de glace où le service sera intense.

III-4 BESOINS FRIGORIFIQUES POUR LA FABRICATION DE LA GLACE

Ces besoins frigorifiques permettront:

- de refroidir la masse (m) d'eau douce (eau de la ville), à la température de +30°C et de chaleur massique $C_e = 4.19 \text{ kJ/Kg/K}$ dans les mouleaux jusqu'à 0°C,
- d'assurer la congélation de cette eau en lui retirant sa chaleur latente de congélation $L=335 \text{ kJ/Kg}$ (changement d'état) puis en sous – refroidissant la glace de capacité thermique massique $C_g=2,1 \text{ kJ/Kg/K}$, de 0°C jusqu'à -2°C de manière à pouvoir la conserver. Les besoins sont donc exprimés par:

$$m_e c_e \Delta\theta_e + m_e L + m_e c_g \Delta\theta_g = Q_f$$

Avec m_e = masse de l'eau,

$\Delta\theta_e$ = écart thermique eau de +30 à 0°C,

$\Delta\theta_g$ = écart thermique glace de 0 à -2°C,

Application numérique:

$$6000 * [4,19 * (30 - 0) + 335 + 2,1 * (0 + 2)] = 2789400 \text{ kJ} = Q_f$$

$$Q_f = 2789400 \text{ kJ}$$

Pertes supplémentaires

On majore ce bilan de 20% pour tenir compte des autres apports.

La saumure à base de solution chlorure de sodium NaCl utilisé à -8°C a les caractéristiques suivantes:

Tableau N°5

Point de congélation (°C)	-21,2
Masse volumique (Kg/dm ³) à 15°C	1,17
Teneur en sel en % de la masse de la solution	22,4
Masse de sel en % pour 100 Kg d'eau	29,0
Chaleur massique de la solution en KCal/Kg.K à -12°C	0,795

D'où le bilan journalier

Tableau N°6 (de résultats)

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5	FG
Apports par transmission (kJ/24h)	60480	60480	60480	33696	38880	
Apports par renouvellement (kJ/24h)	29700	29700	54450	28080	18900	
Apports dus aux denrées (kJ/24h)	162000	162000	76140	1262400	63000	2789400
Coefficient de service (%)	5	5	5	5	10	20
Pertes par service (kJ/24h)	12609	12609	9553,5	66208	12078	557880
Bilan maximal (kJ/24h)	264789	264789	200623	1390384	132858	3347280
Bilan maximal (W)	4600	4600	3500	24000	2300	58000
Bilan maximal (kCal/h)	3965,5	3965,5	3017,3	20689,7	1982,7	50000

III-5 PUISSANCE FRIGORIFIQUE THEORIQUE

La puissance totale des frigorifères installés dans une chambre froide est égale à son bilan thermique maximal divisé par le temps de fonctionnement t (en heure) quotidien de

fonctionnement de la machine:

$$P = \frac{B_M \text{ en kJ}}{t \cdot 3600} \quad (\text{kW})$$

Tableau N°7

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5	FG
Bilan maximal (kJ/24h)	264789	264789	200623	1331165	69336	3347280
Temps de fonctionnement (h)	16	16	16	16	16	16
Puissance frigorifique (kW)	4,60	4,60	3,50	23,00	2,30	58,00
TOTAL (kW)	96					

III-6 ETUDE DU DIAGRAMME DU CYCLE

Chaque local de l'entrepôt est équipé des installations frigorifiques fonctionnant au fluide frigorigène soit R22, soit R404A. Nous allons étudier les caractéristiques du diagramme du cycle de chacun de ces fluides pour deux installations choisies à titre d'exemple.

Les caractéristiques dimensionnelles

Tableau N°14

Dimension			Raccordement (fluide frigorigène)	
Long mm	Larg Mm	Haut mm	Entrée Pouce	Sortie pouce
1650	475	400	D1/2	1 1/8

> Pour la chambre de réserve de glace

- Puissance frigorifique recherchée = 2300 W
- Température d'entreposage = -5°C,
- $\Delta T = 8K$
- Fluide frigorigène = R22

D'où le choix de l'évaporateur cubique LUC C – pas d'ailette 6,35 mm dont nous présentons:

▪ Les caractéristiques techniques

Tableau N°15

Désignation		
Constructeur		FRIGA - BOHN
Code		0702513
Modèle		LUC 290 C
Puissance frigorifique Φ_0 en Watt		2356
Débit d'air m ³ /h		2267
Ventilation	Projection d'air m	12
	Nbre x diamètre	2x300
	Puissance unitaire W	38
	Intensité maximale unit A (1)	0,33
Résistance électrique (2) kW		3,00

(1): intensité en 230V mono

ventilateurs monophasés 230V/50 Hz – IP 54 classe F

(2) : résistances électriques : 380V/3/50hz

1^{ème} Cas : Chambre de stockage des produits réfrigérés

Pour maintenir le ambiance de conservation, la température est fixée à 0/+1. Pour tracer le cycle nous adoptons une surchauffe de 6°C et un sous-refroidissement de 6°C également. Nous choisissons :

- un évaporateur à air : $\Delta T = 7^\circ\text{C}$
 $T_{CF} = T_0 + \Delta T \Rightarrow T_0 = T_{CF} - \Delta T = 0 - 7 = -7^\circ\text{C}$ avec $T_0 =$ température d'évaporation
- un condenseur à air : $\Delta T = 15^\circ\text{C}$
 $T_k = T_a + \Delta T$ avec $T_a =$ température de l'air ambiant extérieur.
AN : $T_k = 41 + 15 = 56^\circ\text{C}$.

Le tracé du cycle est à l'annexe III

Caractéristiques des différents points du cycle

Tableau N°8

Caract Points	P (bar)	T (°C)	H (kJ/Kg)	x	V (dm ³ /kg)	S (kJ/Kg.k)
1	4	-1	407	1	60	
2	22,4	90	452	1		
3	22,4	50	263	0		
4	4	-7	263	0,35		
1'	4	-7		1		
2'	22,4	56		1		
3'	22,4	56		0		

Calcul des paramètres

Débit massique

$$\Phi_0 = m(h_1 - h_2) \Rightarrow m = \frac{\Phi_0}{h_1 - h_2}$$

$$\text{AN : } m = \frac{3,1 * 3600}{407 - 263} = 77,50 \text{ Kg/h}$$

Débit volume réel :

$$V_r = m \cdot V_1$$

$$\text{AN : } v_r = 77,50 * 0,060 = 4,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

Rendement volumétrique

$$\eta_v = 1 - 0,05 * \tau \quad \text{avec } \tau = \frac{P_{HP}}{P_{BP}} : \text{taux de compression}$$

$$\text{AN : } \eta_v = 1 - 0,05 * 5,6 = 0,72 \quad \text{avec } t = \frac{22,4}{4} = 5,6$$

Débit volume théorique

$$v_{th} = \frac{v_r}{\eta_v}$$

$$\text{AN : } v_{th} = \frac{4,65}{0,72} = 6,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

Puissance absorbée

$$P_{abs} = m \cdot \frac{h_2 - h_1}{\eta_m \cdot \eta_v}$$

AN :

$$P_{abs} = 77,50 * \frac{452 - 407}{0,9 * 0,72 * 3600} = 1,49 \approx 1,50 \quad \text{avec } 0,9 = \text{rendement mécanique}$$

$$P_{abs} = 1,50 \text{ kW}$$

Puissance du compresseur

$$P_m = \frac{P_{abs}}{0,8} = 1,25 \cdot P_{abs} \quad \text{avec } 0,8 = \text{rendement du moteur}$$

$$\text{AN : } P_m = 1,25 * 1,50 = 1,88 \approx 1,9$$

$$P_m = 1,90 \text{ kW}$$

Puissance calorifique

$$P_{cal} = m \cdot (h_2 - h_3)$$

$$\text{AN : } P_{cal} = 77,50 * \frac{452 - 263}{3600} = 4$$

$$P_{cal} = 4 \text{ kW}$$

Coefficient de performance théorique

$$COP_{th} = \frac{T_0}{T_k - T_0}$$

$$AN : COP_{th} = \frac{273 - 7}{56 + 7} = 4,22$$

2^{ème} cas: tunnel de congélation

La température à l'intérieur du tunnel est de -35°C . Pour tracer le cycle nous adoptons une surchauffe de 6°C et un sous-refroidissement de 6°C également. Nous choisissons :

➤ un évaporateur à air : $\Delta T = 7^\circ\text{C}$

$T_{CF} = T_0 + \Delta T \Rightarrow T_0 = T_{CF} - \Delta T = -35 - 7 = -42^\circ\text{C}$ avec $T_0 =$ température d'évaporation

➤ un condenseur à eau : $\Delta T = 5^\circ\text{C}$

$T_k = T_a + \Delta T$ avec $T_a =$ température de l'air ambiant extérieur.

$$AN : T_k = 41 + 5 = 46^\circ\text{C}.$$

Le tracé du cycle est à l'annexe III

Caractéristiques des différents points du cycle

Tableau N°9

Caract Points	P (bar)	T ($^\circ\text{C}$)	H (kJ/Kg)	x	V (m ³ /kg)	S (kJ/Kg.k)
1	1,3	-36	347,3	1	0,163	
2	21,5	65	409,1	1		
3	21,5	40	263,6	0		
4	1,3	-42	263,6	0,62		
1'	1,3	-42		1		
2'	21,5	46		1		
3'	21,5	46		0		

Calcul des paramètres

Débit massique

$$\Phi_0 = m(h_1 - h_2) \Rightarrow m = \frac{\Phi_0}{h_1 - h_2}$$

$$\text{AN : } m = \frac{10,5 \cdot 3600}{347,3 - 263,6} = 451,6 \text{ Kg/h}$$

Débit volume réel :

$$v_r = m \cdot v_1$$

$$\text{AN : } v_r = 451,6 \cdot 0,163 = 73,61 \text{ m}^3/\text{h}$$

Rendement volumétrique

$$\eta_v = 1 - 0,05 \cdot \tau \quad \text{avec } \tau = \frac{P_{HP}}{P_{BP}} : \text{taux de compression}$$

$$\text{AN : } \eta_v = 1 - 0,05 \cdot 16,54 = 0,17 \quad \text{avec } \tau = \frac{21,5}{1,9} = 16,54$$

Débit volume théorique

$$v_{th} = \frac{v_r}{\eta_v}$$

$$\text{AN : } v_{th} = \frac{73,61}{0,17} = 433 \text{ m}^3/\text{h}$$

Puissance absorbée

$$P_{abs} = m \cdot \frac{h_2 - h_1}{\eta_m \cdot \eta_v}$$

$$\text{AN : } P_{abs} = 451,6 \cdot \frac{409,1 - 347,3}{0,9 \cdot 0,17 \cdot 3600} = 50,67 \quad \text{avec } 0,9 = \text{rendement mécanique}$$

$$P_{abs} = 50,67 \text{ kW}$$

Puissance du compresseur

$$P_m = \frac{P_{abs}}{0,8} = 1,25 \cdot P_{abs} \quad \text{avec } 0,8 = \text{rendement du moteur}$$

$$\text{AN : } P_m = 1,25 \cdot 50,67 = 63,34$$

$$P_m = 63,34 \text{ kW}$$

Puissance calorifique

$$P_{cal} = m \cdot (h_2 - h_3)$$

$$\text{AN: } P_{cal} = 451,6 \cdot \frac{409,1 - 263,6}{3600} = 18,25$$

$$P_{cal} = 18,25 \text{ kW}$$

Coefficient de performance théorique

$$COP_{th} = \frac{T_n}{T_K - T_0}$$

$$\text{AN: } COP_{th} = \frac{273 - 42}{46 + 42} = 2,63$$

IV CHOIX DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES MACHINES FRIGORIFIQUES

GROUPE DE CONDENSATION

C'est un ensemble comprenant essentiellement le compresseur avec son moteur, le condenseur, le réservoir liquide.

Pour nos installations frigorifiques nous étudions deux types de groupes:

- groupes semi-hermétiques à condensation à air,
- groupes semi-hermétiques ou hermétiques accessibles à condensation à eau.

CRITERES DE SELECTION

Le choix du groupe à condensation à air ou à eau dépend des paramètres proposés par le constructeur, globalement, il suffit de:

- choisir un constructeur,
- connaître la puissance frigorifique,
- le type de fluide frigorigène,
- la température d'entreposage,
- les températures de saturation à l'aspiration et au refoulement.

IV-1 ALTERNATIVE:CONDENSATION A AIR

IV-1-2 Choix des groupes

A partir du bilan frigorifique établi précédemment, nous avons choisi, dans le catalogue Searle selon les chambres de conservation et les critères de choix, les groupes suivants :

➤ **Pour la chambre de stockage des produits réfrigérés**

- Puissance frigorifique recherchée = 4600 W
- Température d'entreposage = 0°C,
- Température d'évaporation: -8°C

➤ **Pour la chambre de réserve de glace**

- Puissance frigorifique recherchée = 2300 W
- Température d'entreposage = -5°C,

- Température d'évaporation: -13°C

➤ **Pour la chambre de stockage des produits congelés**

- Puissance frigorifique recherchée = 3500 W
- Température d'entreposage = -25°C ,
- Température d'évaporation: -31°C

D'où le choix des groupes semi-hermétiques à condensation à air chargé en huile ester pour le fluide frigorigène dont nous présentons:

▪ **Les caractéristiques techniques et dimensionnelles**

Tableau N°10

Désignation		Ch3 et Ch4	Ch5	Ch1	
Constructeur		PROFROID			
Modèle		GFR 300	GF 150	GFC 40Z	
Fluide frigorigène		R22	R22	R404A	
Température d'évaporation		-10°C	-15°C	-30°C	
Température extérieure		$+43^{\circ}\text{C}$			
Puissance frigorifique (kW)		5,35	2,22	3,43	
Condenseur	Débit d'air (m ³ /h)	3600	3900	4100	
	Nappes (nbre)	4	3	5	
	Tubes (nbre)	16	16	22	
	Longueur (mm)	820	820	820	
	Hélice Ø (mm)	355	355	355	
	Moteur (nbre)	2	2	2	
	Vitesse (tr/mn)	1500	1500	1500	
Compresseur (référence)		DKSJ 150	DLL301	DLSG 40X	
Raccordement frigorifique	Aspiration	1"1/8 S	5/8"S	1"1/8 S	
	Liquide	1/2 "V	3/8"V	1/2" V	
Alimentation 400V/3 ph/50Hz	Compresseur	i_d	48,0	18,5	65
		i_{max}	7,1	3,4	8,9
	Condenseur	i_d			
		i_{max}	0,4	0,4	0,4
Poids (Kg)		140	70	160	

S = Soudé, V = Vissé

➤ **Pour la fabrique de glace**

- Puissance frigorifique recherchée = 58000 W
- Température de prise = -2°C ,
- Fluide frigorigène = R22
- Température de la saumure = -8°C
- Température d'évaporation: -15°C

Le choix de la fabrique en barres démoulage mécanique est opéré en fonction de la production journalière. C'est un model équipé de compresseur ouvert dont nous présentons:

▪ **Les caractéristiques techniques**

Tableau N°11

Désignation	
Constructeur	ZHENDRE
Modèle FGM	2x3000-25
Production de glace Kg/jour	6000
Nombre de mouleaux	120
Capacité mouleaux en Kg	25
Type de compresseur	ouvert
CV	60,0
Puissance absorbée en kW	40,900
Colisage en m^3/kg	43,000/13000

➤ **Pour le tunnel de congélation**

- Puissance frigorifique recherchée = 23000 W
- Température d'entreposage = -25°C ,
- Fluide frigorigène = R404A
- Température d'évaporation = -31°C

▪ D'où le choix du groupe semi-hermétique à condensation à air chargé en huile ester pour le R404A dont nous présentons:

▪ **Les caractéristiques techniques**

Tableau N°12

Désignation	
Constructeur	COPELAND
Code	05 05 131 52
Modèle	Z9 D6DT 300X

Température air ambiant en °C		27
Puissance frigorifique Φ_0 en Watt		26530
Plage d'application		-50/-15
Dimension	Largeur en m	1596
	Profondeur en m	1125
	Hauteur en m	1252
Ventilation	Nombre	4
	Diamètre en mm	500
	Débit m ³ /s	5,41
Racod	Aspiration	21/8
	Liquide	7/8
Réservoir en kg		18
Poids net kg		457

(1): S = embout à souder

(2): T1 = Contact Thermostatique - T2 = Protection par thermistance

Le compresseur absorbe un courant de 55 A en 380 V

IV-1-3 Choix des évaporateurs

Nos installations frigorifiques seront équipées des évaporateurs à surchauffe, alimentés en fluide frigorigène par un détendeur thermostatique à égalisation de pression extérieure.

IV-1-2-1 Critères de sélection

Le choix d'un évaporateur dépend de la méthodologie proposée dans le catalogue du constructeur, il suffit de:

- choisir un constructeur,
- connaître la puissance frigorifique Φ_0 ,
- le type de fluide frigorigène
- l'écart entre T_0 et la température du médium à l'évaporateur T_m ,
- la température de condensation T_c ,
- la température d'évaporation T_0 .

IV-1-2-2 Choix

A partir du bilan frigorifique, nous avons sélectionné dans les catalogues Générale Frigorifique France, tome1 et Searle, les évaporateurs ci-dessous:

➤ **Pour la chambre de stockage des produits réfrigérés**

- Puissance frigorifique recherchée = 4600 W
- Température d'entreposage = 0°C,
- $\Delta T = 8K$
- Fluide frigorigène = R22

D'où le choix de l'évaporateur cubique LUC C – pas d'ailette 6,35 mm dont nous présentons:

▪ **Les caractéristiques techniques**

Tableau N°13

Désignation		
Constructeur		FRIGA - BOHN
Code		03 04 290 01
Modèle		LUC 645 C
Puissance frigorifique Φ_0 en Watt		3694
Surface d'échange en m ²		22,43
Volume circuit en dm ³		6
Débit d'air m ³ /h		3694
Ventilation	Projection d'air m	12
	Nbre x diamètre	2x300
	Puissance unitaire W	145
	Intensité maximale unit A (1)	0,65
Dégiv	Puissance totale en W (2)	5640
	Intensité totale en A (3)	8,5

(1):intensité en 220V monophasé

ventilateurs triphasés 400V/50 Hz – IP 54 classe F

(2) : résistances électriques : 380V/3/50hz

(3) intensité en 380V/3/50Hz

Les caractéristiques dimensionnelles

Tableau N°16

Dimension			Raccordement (fluide frigorigène)	
Long mm	Larg Mm	Haut mm	Entrée Pouce	Sortie pouce
966	357	400	D1/2	7/8

➤ **Pour la chambre de stockage des produits congelés**

- Puissance frigorifique recherchée = 3500 W
- Température d'entreposage = -25°C,
- $\Delta T = 6K$
- Fluide frigorigène = R404A

D'où le choix de l'évaporateur cubique LUC C – pas d'ailette 6,35 mm dont nous présentons:

▪ **Les caractéristiques techniques**

Tableau N°17

Désignation			
Constructeur			FRIGA - BOHN
Code			03 04 291 02
Modèle			LUC 835 C
Puissance frigorifique Φ_0 en Watt			6038
Surface d'échange		m ²	28,04
Volume circuit		dm ³	7,5
Débit d'air		m ³ /h	7093
Ventilation	Projection d'air	m	28
	Nbre x diamètre		2x400
	Puissance unitaire	W	360
	Intensité maxi unit	A (1)	1
Dégl vrage	Puissance totale	W	5640
	Intensité totale	A	8,5
Poids net		Kg	76

(1) : intensité en 400V triphasé,
ventilateurs triphasés 230-400V/50-60Hz-IP 54 classe

Les caractéristiques dimensionnelles

Tableau N°18

Dimension			Raccordement (fluide frigorigène)	
Long mm	Larg Mm	Haut mm	Entrée Pouce	Sortie pouce
1650	600	495	D7/8	11/8

➤ Pour le tunnel de congélation

- Puissance frigorifique recherchée = 25600 W
- Température d'entreposage = -25°C,
- $\Delta T = 6^\circ C$
- température d'évaporation = -31°C (= -25-6)
- Fluide frigorigène = R404A

Nous choisissons deux évaporateurs identiques de série IK..S – pas d'ailettes 9 m

Tableau N°19

Désignation			
Constructeur		FRIGA-BOHN	
Code		03 59 050 53	
Modèle		IK 9010 S	
Puissance frigorifique Φ_0	kW	15,09	
Surface d'échange	m ²	67,4	
Débit d'air	m ³ /h	17320	
Projection d'air (*)	m	68	
Ventilation	Nombre	1	
	Hélice \varnothing	mm	770
	Tension		230/400
	Puissance maximale	W	1600
	Intensité maximale	A	3,1

moteur triphasé-50Hz, - isolation classe F, 6 pôles

IV-1-4 Puissance frigorifique réelle

Le récapitulatif des toutes puissances frigorifiques fournies par les équipements choisis précédemment permet d'obtenir le tableau suivant:

Tableau N°20

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5	FG
Puissance frigorifique (kW)	5,35	5,35	3,50	26,53	2,22	58,00
TOTAL (kW)	100,95					

IV-1-5 Puissance absorbée

Egalement appelée puissance effective, c'est la puissance absorbée sur l'arbre du compresseur qui tient compte des divers frottements mécaniques des différentes pièces en mouvement et des forces d'inertie ainsi que du moment de giration et au niveau des moteurs des ventilateurs des évaporateurs.

Résultats obtenus

Tableau N°21

Désignation	Ch3 et Ch4	Ch1	Ch2	Ch5	FG
Puissance absorbée par les groupes (W)	4652,2x2	5712,3	30769,88	2473,37	40900
Puissance absorbée par l'évaporateur (W)	435x2	720	3200	129	
Puissance totale en watt	10174,4	6432,3	33969,88	2602	40900
Puissance totale en kW	10,20	6,15	33,97	2,60	40,90
TOTAL en KW	93,99				

IV-2 ALTERNATIVE:CONDENSATION A EAU

IV-2-1 Choix des groupes

A partir du bilan frigorifique établi précédemment, nous avons choisi, dans le catalogue Générale Frigorifique France, les groupes suivants:

Tableau N°22

Désignation	Ch3 et Ch4	Ch1	Ch2	FG	Ch5
Constructeur	G.F.F (Générale Frigorifique France)				
Code	32 02 210 46	32 2 274 13	32 28 269 12	32 02 248 84	32 02 210 46

Modèle	E180 LE 201	E180 LGS 40X	GE 6F - 40Y	E 1400 6DH 3500	E180 LE 201
Fluide frigorigène	R22	R404A	R404A	R22	R22
P ^{ce} recherchée Φ ₀	4600x2 W	3500 W	23000 W	58000 W	2200 W
P ^{ce} frigorifique Φ ₀	4860x2 W	3555 W	26100 W	59250 W	4860 W
P^{ce} frigo totale Φ₀	103485 W				
P ^{ce} nominale (ch)	2	4	40/30	35	2
Plage d'application	+12.5/-40	-20/-40	-5/-45	+12.5/-20	+12.5/-40
Ø ext OD	Aspiration	7/8	11/8	21/8	7/8
	Liquide	1/2	1/2	13/8	11/8
Longueur (mm)	900	900	1633	1650	900
Largeur (mm)	470	470	460	580	470
Hauteur (mm)	610	610	718/1015	844	610

IV-2-2 Choix de la tour de refroidissement

Le choix de la tour dépend des paramètres suivants et du fabricant judicieusement choisi:

- Puissance thermique à traiter

$$P_c = 1,3 * P_f$$

AN: $P_c = 1,3 * 103,5 = 134,55 \text{ kW}$ soit $P_c = 11599 \text{ KCal/h}$

- Débit d'eau correspondant

$$Q = \frac{P_c}{\Delta\theta} = \frac{134550}{5} = 26910 \text{ l/h}$$

$$Q = 26910 \text{ l/h}$$

- Air extérieur: 41°C et 35%
- Température du bulbe humide 29°C

IV-2-3 Choix des évaporateurs

Les évaporateurs seront les mêmes que l'on a sélectionnés précédemment pour l'alternative à air.

IV-2-4 Puissance frigorifique réelle

Le récapitulatif des toutes puissances frigorifiques fournies par les équipements choisis précédemment permet d'obtenir le tableau suivant:

Tableau N°23

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5	FG
Puissance frigorifique (W)	4860	4860	3555	26100	4860	59250
TOTAL (kW)	103,50					

IV-2-5 Puissance absorbée

Résultats obtenus

Tableau N°24

Désignation	Ch3 et Ch4	Ch1	Ch2	Ch5	FG
Puissance absorbée par les groupes (W)	3188,88x2	4979	43637	3588	40525
Puissance absorbée par l'évaporateur (W)	435x2	720	3200	129	
Puissance totale en watt	7247,76	5699	46837	3717	40525
Puissance totale en kW	7,25	5,70	46,84	3,70	40,50
Sous-TOTAL en kW	103,99				
P^{ce} absorbée par la tour d'eau (KW)	7				
TOTAL en kW	110,99 ≈ 111				

Incohérence: la puissance absorbée (111 kW) le système à condensation à eau est supérieure à celle absorbée (94 kW) par le système à condensation à air.

Pour la suite nous retenons l'alternative à condensation à air.

IV-3 CHOIX DE SPLIT SYSTEM

Pour la salle de préparation, le bilan frigorifique est évalué à 12303 W. Afin de pouvoir fournir la puissance frigorifique correspondante, nous optons pour trois fenêtres de puissance frigorifique 5270 W chacun.

IV-3-1 Choix

Dans le catalogue Cofriset 2000, nous avons choisi le climatiseur SAMSUNG dont nous présentons:

les caractéristiques techniques

Tableau N°25

Code		019316
Model		AW-1808 ^E WC 18Zv
Puissance froid	kW	5,27
Puissance absorbée froid	kW	1,80
Intensité nominale froid	A	9
Débit air	m ³ /h	660

les caractéristiques dimensionnelles

Tableau N°26

Longxhautxprof (mm)		Poids Kg		Raccords flare	
intérieur	extérieur	int	ext	gaz	liquide
1050x298x180	787x620x320	13	58/58	5/8	1/4

V- CHOIX DES EQUIPEMENTS DE REGULATION

V-1 Détendeurs

Les détendeurs sont des dispositifs qui ont pour rôle d'injecter à l'évaporateur la quantité de fluide frigorigène nécessaire pour absorber l'apport calorifique en provenance du milieu à refroidir. Nos installations frigorifiques seront équipées de détendeurs thermostatiques à égalisation de pression extérieure.

Critères de sélection

Pour sélectionner un détendeur thermostatique, il faut:

- Choisir un constructeur,
- Connaître:
 - La puissance frigorifique Φ_0 ,
 - Le fluide frigorigène,
 - La température d'évaporation,
 - La perte de charge réelle dans le détendeur,
 - Le nombre de sections de l'évaporateur.

Choix

Tableau N°27

Désignation	Ch3et Ch4	Ch5	Ch1	Ch2
Constructeur	ALCO CONTROLS			
Code	1104421		1004438	
Modèle	TIE-HW		TIE-SAD-20	
Raccord	3/8Fix1/2FI		3/8Fix1/2 ODF	
MOP°C	-		-20	

V-2 Bouteille d'aspiration

Elle a pour rôle d'éviter l'aspiration éventuelle de fluide frigorigène non vaporisé par le compresseur. La bouteille anti-liquide est disposée entre l'évaporateur et le compresseur, à proximité du compresseur. Elle doit avoir une capacité au moins égale à 50% de la charge totale du système en fluide frigorigène.

Choix

Tableau N°28

Désignation	Ch1	Ch2
Constructeur	Carly	
Code	0532521	0532541
Modèle	LCY 89 S	LCY/M 3621S
racco	Liquide	
rds	Gaz	
	1"1/8	2"5/8
Haut (mm)	535	700

V-3 Bouteille accumulatrice de liquide

Situé après le condenseur, dans le circuit frigorifique, le réservoir de liquide permet:

- D'assurer une alimentation de l'organe de détente en liquide quelque soit le régime de fonctionnement,
- De stocker le fluide frigorifique en cas de mise à l'arrêt de l'installation ou de réparation.

Sa capacité doit être au moins égale au volume du liquide dans le circuit majorer de 30%.

Choix

Tableau N°29

Désignation	Ch3etCh4	Ch5	Ch1	Ch2
Constructeur	Carly			
Code	0571060	0571020	0571060	0571200
Modèle	RLV CY 60	RLV CY 25	RLV CY 60	RLV CY 150
Volume en litre	5,8	2,5	5,8	20,9
Raccord vanne	1/2 SAE	3/8 SAE	1/2 SAE	7/8 ODF
Dimension (mm)	Ø	121	152,4	219,1
	haut	416	304	704

V-4 Filtres déshydrateurs

L'humidité est à la base de plusieurs ennuis rencontrés dans les installations frigorifiques, notamment:

- Formation de givre dans les orifices des régulateurs,
- Corrosions entraînant des complications et de réactions chimiques néfastes,
- Décomposition de l'huile de refroidissement en boue ou cire,
- Formation d'oxydes de fer et de cuivre qui se détachent et se déposent plus loin dans le circuit,
- Formation d'acides dégradant l'huile et le fluide frigorigène et attaquant les enroulements du moteur du compresseur.

Placé sur la ligne liquide, le déshydrateur a pour rôle de maintenir à un niveau acceptable la teneur en eau du fluide frigorigène contenu dans le circuit frigorifique.

Aussi permet-il de fixer les produits acides et autres produits qui apparaissent lors des diverses réactions nuisibles d'une part, et d'autre part de filtrer le fluide frigorigène.

Critères de sélection

Pour sélectionner un déshydrateur, il faut connaître:

- la quantité maximale d'eau que peut fixer le déshydrateur (à une température donnée),
- la chute de pression pour un débit donné
- Choisir un fabricant.

Choix

Tableau N°30

Désignation		Ch3 etCh4	Ch1	Ch2	Ch5
Constructeur		CARLY			
Code		21 06 040 73			
Raccord		1/2 SAE			
Øxlongueur (mm)		53x161			
Capacité en gramme d'eau	R22	14,0			
	R404A	15,5			

V-5 Robinet électromagnétique

C'est un appareil commandé électriquement, au moyen d'une bobine électromagnétique Il est le plus souvent installé sur la conduite de liquide et permet d'ouvrir et de fermer un circuit contenant un fluide.

Le type de vanne solénoïde retenu pour nos installations frigorifiques, est l'électrovanne à commande directe.

Choix

Tableau N°31

Désignation	Ch5	Ch3 etCh4	Ch1	CH2
Constructeur	Castel			
Code	1111210	1111220	1111330	
Modèle	1020/3	1070/4	1078/7	
Bobine	HM2 9100RA2			
Diamètre	3/8 Flare	1/2 Flare	7/8 ODF	
Kv – m ³ /h	0,23	2,2	5,11	

V-6 Voyant

Il permet de visualiser l'état du fluide dans la conduite sur laquelle il est disposé.

Choix

Tableau N°32

Désignation	Ch3 et Ch4	Ch1	Ch2	Ch5
Constructeur	DANFOS			
Code	20 09 014 47			
Type	SGI 16-MM			
Code DANFOS	14 - 0024			
Raccord (pouce)	5/8			
Encombrement hublot Mm	37			
Poids g	104			
	400			

V-7 Echangeur de chaleur liquide - vapeur

Il assure l'échange de chaleur entre le liquide se dirigeant vers l'évaporateur et les vapeurs issues de ce dernier en direction du compresseur.

L'échangeur de chaleur est disposé à la proximité de l'évaporateur.

Choix

Tableau N°33

Désignation		Ch1	Ch2
Constructeur		FRIGA-BOHN	
Code		03 12 006 54	
Type		300 H	
Raccord	Liquide	5/8	
	ODF	aspiration	
Dimension mm	Longueur	13/8	
	∅	362	
		41	

V-8 PRESSOSTATS HP – BP - HUILE

Ce sont des dispositifs de protections contre une pression de condensation excessive. Leur rôle principal est de réguler la pression du circuit sur lequel ils sont connectés par

action sur des organes de variation du volume aspiré des compresseurs.

Le pressostat haute pression arrête, directement, le compresseur si la pression dans le circuit haute pression dépasse la valeur de pression préréglée. Le pressostat basse pression arrête, à son tour, le compresseur lorsque la pression d'aspiration est inférieure à la pression prédéterminée. Enfin le pressostat différentiel d'huile mesure en permanence la différence de pression existant entre la pression du circuit de lubrification et la pression dans le carter du compresseur.

Choix

Tableau N°34

Code	Type	Code DANFOSS	Plage bar	spécification	
Pressostats commerciaux – KP – IP 33					
20 06 116 49	KP 1	60-11103	-0,9 à 7	Réarmement BP manuel raccord	1/4"SAE
20 06 107 50	KP 5	60-1173	8 à 28	Réarmement HP manuel raccord	1/4"SAE
1160339	120 sec – plage (BP) = 1/12 bar – diff = 0,3/4,5 bar				

VI -ETUDES ELECTRIQUES

Dans cette partie, on déterminera, dans un premier temps, l'appareillage électrique indispensable pour le bon fonctionnement de l'entrepôt frigorifique, la puissance électrique à installer et en fonction de celle-ci prévoir un transformateur de puissance HTA/BT. Nous envisagerons les possibilités d'installer une ou plusieurs batteries de condensateurs pour compenser la consommation de l'énergie réactive et ainsi minimiser la facturation supplémentaire.

Comme toute installation électrique est souvent endommagée par une surcharge du transformateur, les courts-circuits etc, et aussi constituant une menace de danger pour les personnes, nous étudierons et choisirons un dispositif de protection pour les récepteurs et les conducteurs que nous dimensionnons.

En outre la source d'alimentation est la SONABEL. En prévision à toute coupure d'électricité provenant de celle-ci, il y aura un groupe électrogène de secours qui prendra le relais. Ce groupe sera alimenté en carburant contenu dans une cuve de fuel.

VI-1 RECEPTEURS

Les récepteurs de circuit de l'entrepôt frigorifique sont:

- les compresseurs des groupes de condensation,
- les moteurs des ventilateurs des groupes de condensation,
- les moteurs des ventilateurs des évaporateurs,
- les résistances de dégivrage dans les chambres froides aux basses températures,
- les climatiseurs dans la salle de préparation,
- les prises de courant,
- et les luminaires.

VI-2 ESTIMATIONS DES PUISSANCES INSTALLEES

Au dimensionnement d'une installation, on prend $\cos\phi = 0,85$.

- Puissances absorbées par les compresseurs

Tableau N35°

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5
Formule	$\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$				
$\cos\phi$	0,85				
Intensité (A)	7,1		8,9	3,4	91
Tension (V)	400				
Puissance (W)	4181		5241	2002	53589,65

- Puissances absorbées par les ventilateurs des condenseurs

Tableau N°36

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch5	Ch2
Formule	$\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$				
$\cos\phi$	0,85				
Intensité (A)	2x0,4				
Tension (V)					4x1,4
Puissance (W)	471				3298

- Puissance absorbée par les ventilateurs des évaporateurs

Tableau N°67

Désignation	Ch3	Ch4	Ch1	Ch2	Ch5
Puissance (W)	2x360	2x360	2x360	1420	2x38
P ^{ce} totale (W)	720	720	720	1420	76

- Puissance absorbée par les résistances de dégivrage

Tableau N°38

Désignation	CR1	CR2	CN (-5°C)	CN(-25°)	CN(-35°C)
Puissance (W)	5640	5640	3000		12820

• **Puissance absorbée par les luminaires**

Tableau N°

Désignation	CN(-5°C)	CP(0/+1)	CN(-5°C)	CN(-25°C)	SP(+20°C)	Eclairage ext
Nature	Lampe Chambery			Lampe Runsis	Lampe Duo	Lampe simple
Nombre	2	2x2	2	2	8	11
P ^{ce} unitaire (W)	58	58	58	58	80	
P ^{ce} par local (W)	116	232	116	116	704	780

• **Puissance absorbée par les prises**

Nous installons quatre (4) prises de type 2P+T de 16 A avec un coefficient d'utilisation $K_u = 0,1 + 0,9/N = 0,1 + 0,9/4 = 0,325$.

La puissance installée des prises est: $P = 4 * UI \cos \varphi * K_u$

$$AN : P = 4 * 400 * 16 * 0,85 * 0,325 = 7072W$$

• **Puissance absorbée par la fabrique glace.**

La fabrique de glace absorbe une puissance de 40,9 kW (valeur donnée par le fabricant).

A partir de toutes ces puissances sur un schéma unifilaire, nous établissons un tableau général TGBT des récepteurs à alimenter (voir annexe 5). Ce tableau permet de:

- Limiter les conséquences d'un défaut au seul circuit concerné,
- Faciliter la recherche d'un défaut,
- Permettre les opérations d'entretien sur un circuit sans couper toute l'installation.

VI-3 ESTIMATION DES PUISSANCES D'UTILISATION

La puissance globale d'utilisation permet d'estimer la puissance de la source. Son estimation demande une bonne connaissance de 2 facteurs:

- Le facteur d'utilisation maximale K_u d'un récepteur,
- Le facteur de simultanéité d'un groupe de récepteurs K_s .

Récepteurs		Niveaux d'utilisation			1 ^{er} niveau		2 ^{ème} niveau	
		P ^{ce} inst (kW)	Coef. Ku	P ^{ce} d'utilisation (kW)	Coef. Ks	P ^{ce} d'utilisation (kW)	Coef. Ks	P ^{ce} d'utilisation (kW)
Ch1	Compresseur	5,24	0,75	3,93	0,8	7,24	0,7	75,15
	Ventilateur cond	0,47		0,35				
	Ventilateur évapo	0,72		0,54				
	Résistances élect	5,64		04,23				
Ch2	Compresseur	30,77	0,75	23,08	0,8	26,96		
	Ventilateur cond	3,2		2,4				
	Ventilateur évapo	3,2		2,4				
	Résistances élect	7,76		5,82				
Ch3	Compresseur	4,20	0,75	3,15	0,8	6,62		
	Ventilateur cond	0,47		0,35				
	Ventilateur évapo	0,72		0,54				
	Résistances élect	5,64		4,23				
Ch4	Compresseur	4,20	0,75	3,15	0,8	6,62		
	Ventilateur cond	0,47		0,35				
	Ventilateur évapo	0,72		0,54				
	Résistances élect	5,64		4,23				
Ch5	Compresseur	2,00	0,75	1,50	0,8	3,33		
	Ventilateur cond	0,47		0,35				
	Ventilateur évapo	0,076		0,06				
	Résistances élect	3,00		2,25				
Eclairage	Fabrique de glace	40,90	1	40,90	1	40,90		
	Salle de préparat	0,64	1	0,64	0,7	1,40		
	Ch3	0,116		0,116				
	Ch4	0,116		0,116				
	Ch5	0,116		0,116				
	Ch1	0,116		0,116				
	Ch1	0,116		0,116				
	extérieur	0,78	0,78					
	Split1	2,50	0,75	1,88	0,9	0,9		
Split2	2,50	1,88						
Split3	2,50	1,88						
Prise de courant	7,00	1	7,00	1	7,00			

La puissance d'utilisation globale est : $P_u = 75,15 \text{ kW}$

VI-4 DETERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFO HTA/BT

La puissance du transformateur HTA/BT est une fonction de la puissance d'utilisation globale. On la détermine en tenant compte:

- du $\text{COS}\varphi$ moyen estimé de l'installation ($\text{COS}\varphi = 0,85$),
- d'un coefficient K_a (supérieur à 1) en prévision des extensions.

$$P_{TR} = K_a * \frac{P_u}{\text{COS}\varphi}$$

Application numérique:

$K_a = 1,40$ (augmentation prévisible de 40%)

$$P_{TR} = 1,4 * \frac{75,15}{0,85} = 123,78 = 124$$

$$P_{TR} = 124 \text{ kVA}$$

Choix

On sélectionne dans le catalogue de ALSTOM un transformateur immergé ayant les caractéristiques suivantes:

Désignation	160 kVA
Puissance assignée	460 W
Pertes à vide	2350 W
Pertes dues à la charge (1)	3330 W
Tension de court-circuit (1) U_{cc}	4,5%
Courant assigné I_n	225,3 A
Courant de court-circuit I_{cc}	5633 A
Courant à vide I_0	2,0 %
Puissance réactive à vide	3,2 kVar
à compenser à pleine charge	9,1 kVar
Chutes de tension $\text{cos}\varphi = 1$	1,54%
A pleine charge $\text{cos}\varphi = 0,8$	3,43%

Rendements en % (1)	cosφ = 1	Charge 50%	98,71
		Charge 75%	98,54
		Charge 100%	98,27
	cosφ = 0,8	Charge 50%	98,39
		Charge 75%	98,18
		Charge 100%	97,85
Puissance acoustique			62 LWA dB(A)

Conformément aux normes en vigueur, les pertes dues à la charge et donc les rendements, sont garantis à la température de référence de 75°C

VI-5 COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE

Le cosφ moyen du transformateur est de 0,8. L'objectif de la compensation de le ramener à la valeur cosφ' = 0,95 afin de:

- diminuer l'énergie réactive Q,
- augmenter la puissance active disponible au secondaire du transformateur,
- diminuer les pertes actives,
- supprimer les pénalités

La compensation automatique par batteries des condensateurs est l'option retenue.

V-5-1 Détermination de la puissance des batteries à installer

La puissance apparente au 2^{ème} niveau de l'installation est $S_{tot}=124$ kVA.

La puissance active est $P_{tot}= 124 \times 0,8 = 99,20$ kW

La puissance des batteries est: $Q_c = P_{tot} \times (\tan\phi - \tan\phi') = 99,2 \times (0,75 - 0,33) = 41,66$ kVar.
≈ 42 kVar

Le rapport $Q_c / S_{tot} = 0,34$ donc l'hypothèse de la compensation automatique est bien vérifiée.

Choix

Dans le catalogue MERLIN GERIN , on choisit les condenseurs BT ,Rectimat, Type H da caractéristiques:

Puissance Kvar 400V	Régulation	Réalisation	Référence
50	5x10	module	52191

VI-6 LES CABLES ELECTRIQUES

Le câblage électrique des équipements frigorifiques et électriques sera assuré par les conducteurs à 3 âme en cuivre et protégés par une enveloppe isolante au polyéthylène réticulé chimiquement (PRC).

Détermination des sections

La section nominale de l'âme du conducteur est déterminée en fonction du courant maximum admissible I_z . Ce courant dépend de plusieurs paramètres:

- constitution du câble,
- température ambiante (40°C dans notre cas): $K_3=0,91$,
- mode de pose (directes dans les caniveaux fermés): $K_1=,95$,
- influence des circuits voisins (effet de proximité): K_2 voir note de calcul en annexe.

Le calcul des charges nous recommande les câbles de la série U-1000 R2V pour une chute de tension admissible de 5%.(Norme C 15-100).

Voir note de calcul en annexe pour détail.

Choix

Dans le polycopié "TECHNOLOGIE ELECTRIQUE" de l'EIER, on a sélectionné en fonction des charges les différentes sections:

Tableau N°40

Tronçon	Section (mm ²)
Transformateur - TGBT	120
TGBT – coffrets individuels	1,5; 4; 6; 10;25;50;
Coffrets individuels - récepteurs	1,5; 2,5; 4; 10

Pour détail voir annexe 4

Pour la protection des personnes contre les contacts indirects, il est prévu une câblette de terre de 29 mm² et une barrette de terre.

VI-7 CHOIX DES DISJONCTEURS

Les calibres des disjoncteurs sont déterminés à partir du courant de base ou de service, tandis que les pouvoirs de coupure (pdc) des disjoncteurs sont obtenus à partir des courants de courts-circuits Icc

Le Icc de chaque tronçon s'obtient en fonction de la section du câble, de sa longueur et du Icc en amont à partir des abaques (page 101) du polycopié "TECHNOLOGIE ELECTRIQUE" de l'EIER. Les résultats obtenus sont dressés sur le tableau page 88.

VI-8 GROUPE ELECTROGENE

Un groupe électrogène de puissance 130 kVA est choisi dans la série JD des groupes de AMAN. Ses caractéristiques sont dressées dans le tableau suivant:

Type	JS 130 S	
50 Hz- 400/230V	KVA $\cos\phi=0,8$	130
	kWm	116,6
	Cons	20
Type moteur	6068 T PWT	
Cyl	6L	
Alésage en mm	106	
Course en mm	127	
Cyl	6,8	
Alternateur 60Hz- 440/254V		LS
	KVA $\cos\phi=0,8$	145
	kWm	126,5
	Cons	23,7
Dimension Et poids	Lxlxh	2,41x0,91x1,74
	poids	1435
	réservoir	300

Une cuve à fuel est prévue pour le stock de carburant.

Tableau N° : Calcul et choix des disjoncteurs compacts et différentiels

Tronçon/disjonct	Ib A	Long m	Section mm ²	K1	K2	K3	K	Iz A	Iadm A	Δu/u ≈5%	Icc A	DISJONCTEUR						
												Type	Pdc KA	calibre A	Réglage A	référence		
L0/D0	225,3	50	120	0,95	1													
L1/D1	8,9	15	6	0,95	0,5	0,91	0,86	261,98	1200	Bon	5,63	NS250N	36	250	12,5-250	31650		
L2/D2	59,5	50	50	0,95	0,5	0,91	0,43	37,58	260	Bon	2,9	C60N	10	10	0,5-63	24598		
L3/D3	14,72	20	4	0,95	0,5	0,91	0,43	138,5	1700	Bon	5	NS100N	25	100	12,5-100	29650		
L4/D4	14,72	20	4	0,95	0,5	0,91	0,43	34,23	127	Bon	1,8	C60N	10	16	0,5-63	24602		
L5/D5	7,54	15	1,5	0,95	0,5	0,91	0,43	34,23	127	Bon	1,8	C60N	10	16	0,5-63	24602		
L6/D6	69,5	50	50	0,95	0,5	0,91	0,43	17,53	64	Bon	1,1	C60N	10	10	0,5-63	24602		
L7/D7	6,07	10	1,5	0,95	0,5	0,91	0,43	161,6	1560	Bon	4,5	NS100H	10	80	50-125	27275		
L8/D8	32,4	10	10	0,95	0,5	0,91	0,43	14,12	95	Bon	1,3	C60N	10	10	0,5-63	24601		
L9/D9	20,80	10	10	0,95	0,5	0,91	0,43	75,35	630	Bon	4,5	C60N	10	40	0,5-63	24606		
				0,95	0,5	0,91	0,43	47,67	630	Bon	4,5	C60N	10	25	0,5-63	24604		

TROISIEME PARTIE: ANALYSE FINANCIERE