

DI - MOIRE DE FIN D'ETUDES

ETUDE D'UNE CHAMBRE FROIDE
DE STOCKAGE DE LEGUMES SUR UN PERIMETRE ISOLE

Par NGAMENI Emmanuel

E. I. E. R.
Enregistré à l'arrivée
le _____ 02/83

Sous la direction de MM.

J.P. LOREAU

D. GLEMET

J'exprime toute ma gratitude à Messieurs
J.P. LOREAU Professeur de freid à l'EIER
D. GLEMET Directeur des Etudes à l'EIER
pour leur dévouement et leur conseils.

Je remercie également Monsieur DUBOIS
professeur à l'EIER pour ses conseils, ainsi que
Madame PARE qui a assuré la frappe de cet ouvrage.

DEDICACE

A toute ma famille :

Ce que je suis, c'est grâce à vous.

A tous mes amis et camarades.

INTRODUCTION

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale les applications du froid se sont répandues dans les domaines les plus inattendus et dans presque tous les secteurs de l'économie. Le froid joue un rôle essentiel dans la sauvegarde des ressources alimentaires. L'entreposage des denrées périssables a pour objectifs :

- de réduire les pertes de ces denrées,
- de préserver leur état sanitaire,
- de prolonger la période de distribution et de consommation en l'état,
- et en conséquence de favoriser les échanges commerciaux.

Notre travail se porte sur l'étude d'une chambre froide de stockage de légumes sur un périmètre isolé. Application à KONGOUSSI ville de la Haute-Volta où la culture des haricots verts est très importante.

Plan de l'étude :

- A. Les bâtiments
 - B. L'installation frigorifique
 - C. La production d'énergie
 - D. Le calcul économique.
-

1) Situation avant -

KONGOUSSI, ville de la Haute-Volta, se trouve dans le Centre Nord et à 112 Km de Ouagadougou. L'UVOCAM installée à Ouagadougou est le principal acheteur des légumes produits par les coopératives la SCOOBAM et la COOMAKO de Kongoussi. La récolte des haricots verts s'étale à peu près sur 4 mois c'est à dire de Décembre à la première semaine du mois d'Avril. Elle a lieu tous les 2 jours. De ce fait, le transport des légumes de Kongoussi à Ouagadougou par camion a aussi lieu tous les 2 jours. En période d'activité intense, ces coopératives participent à l'évacuation des légumes avec leurs camions ou des camions loués à des particuliers de telle sorte qu'il n'est jamais resté de produits non transportés à Kongoussi. Les producteurs vendent le kg de haricots verts type extra fin à 200 F et le type fin à 175 F. Les légumes sont triés calibrés, emballés en carton de 4,5 Kg puis pesés depuis le lieu de production.

Arrivés à l'UVOCAM, ils sont d'abord soumis à un contrôle, puis repesés et conservés dans des chambres froides entre 2 et 4 jours avant d'être exportés vers l'Europe suivant la disponibilité des avions, les 2 coopératives sont indépendantes.

Statistiques de production des 2 Coopératives :

Campagne 1982/1983.

SCOOBAM

Exercice 1981/1982 : Production totale : 724,85 t de haricots verts

Campagne 1982/1983

Mois	4 - 31 Déc.	Janvier	Février	Mars	1er - 8 Avril
Quanté/ton	131,452	319,548	309,969	226,109	6,298

Total production 1982/1983 993,376 t de haricots verts

COOMAKO

Exercice 1981/1982 production totale : 270 t de haricots verts

Campagne 1982/1983

Surface exploitée 44 ha. Semis du 12 Octobre 1982 au 9 Janvier 1983.

Mois	11 - 31 Déc.	Janvier	Février	Mars	1 ^{ère} à 7 Avril
Quanté (tonnes)	13,83	62,7825	74,882	52,1245	0,777

Production totale : 204,3965 tonnes de haricots verts.

Quantité de haricots verts achetés par l'UVOCAM 1982/1983
202,202 tonnes.

Location des camions

1 camion PTC 4 tonnes est loué à 37 000 F CFA par voyage

___ " ___ 7 tonnes ___ " ___ à 45 000 F CFA par voyage

___ " ___ 10 tonnes ___ " ___ à 51 000 F CFA par voyage

nous entendons par voyage un aller simple.

Durant la campagne 1982/1983, le prix de revient d'un Kg de haricots verts transporté était de 12 FCFA.

2) On peut se poser la question suivante :

est-ce qu'une chambre froide est nécessaire à Kengoussi ?

Analysons le cas de la COOMAKO qui a une faible production de haricots verts.

Nous savons que cette coopérative doit évacuer tous les 2 jours ses denrées à l'UVOCAM. Nous remarquons qu'en début de campagne la production de haricots verts est très faible. La coopérative n'ayant pas une possibilité de conservation, elle doit évacuer rapidement ses légumes à Ouagadougou afin qu'ils ne se périssent pas. Elle dépense plus pour transporter peu. Si elle possédait une chambre froide, elle en stockerait progressivement en attendant d'avoir une quantité suffisante pour le déplacement d'un camion (8 à 10 tonnes par exemple) ___ la durée pratique de conservation de haricots verts va de 1 à 2 semaines pour une température de conservation de 7°C. pour une H.R. de 95% ___ Cela lui permettrait de réduire le nombre de déplacements des camions à tous les 4 jours voire des fois tous les 6 jours au lieu de tous les 2 jours comme d'habitude et quel que soit la quantité transportée.

Les haricots verts récoltés depuis l'aube doivent attendre pendant 7 à 10 heures de temps dans des conditions climatiques très défavorables (moindre février - avril : la température varie entre 30 et 38°C à l'ombre) que les camions s'emmenent pour les transporter. Ainsi les produits commencent par se faner. Au cours du transport, les légumes qui ont déjà passé pas mal de temps à l'air libre, subissent des chocs climatiques. Ce qui provoque le rejet d'une certaine quantité de la récolte au niveau de l'UVOCAM lors de l'épé-

ration vérification. Les rejets de haricots verts se situent à plusieurs niveaux :

- perte au niveau des paysans pour attente trop longue entre la récolte et la réception de son produit
- perte au niveau de la coopérative due au transport des denrées dans des conditions de températures défavorables et en coût pour des petites quantités transportées.
- perte au niveau de l'UVOCAM due à l'attente trop longue des camions devant l'entrepot de l'UVOCAM avant le déchargement.

Ces pertes ont été chiffrées à 5 tonnes de haricots verts durant la campagne 82/83. C'est assez élevé.

Face à cette situation, la construction d'une chambre froide à Kongoussi semble nécessaire. Les aspects économiques nous fournirent plus de renseignements sur l'utilité ou la non utilité d'une chambre froide à Kongoussi.

A/ BATIMENTS

1) RÔLE et type de station légumière

La station légumière a pour but :

- de réceptionner les légumes ; haricots verts principale production du périmètre de Kongoussi.
- de les conditionner conformément aux règles de la normalisation
- de les conserver jusqu'au moment de leur expédition.

2) Organisation générale de la chaîne de la récolte,
stockage et conditionnement des légumes

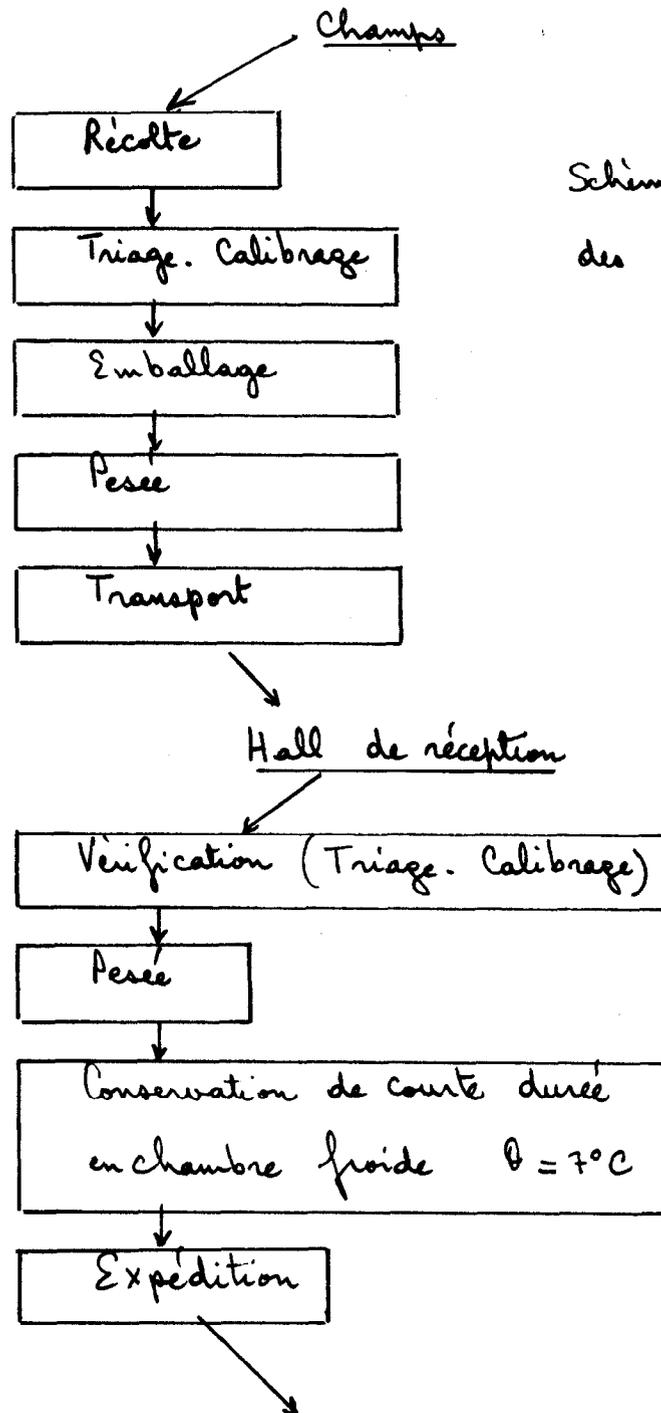


Schéma de principe
des opérations.

L'organisation de la production de légumes est conçue en fonction des performances de la station.

Pour remplir ces tâches, la station légumière comprendra :

- installations techniques
 - . un hall de réception (vérification, pesée)
 - . une chambre froide
 - . un dépôt d'emballages
- bureau administratif pour la gestion de l'affaire
- services sociaux : vestiaires - sanitaires
- aménagement des abords, voirie et réseaux divers -

Cette station est installée :

- dans la zone de production
- en terrain plat
- sur sol sain
- elle sera bien desservie par route
- elle sera à proximité d'une alimentation en eau

3) Conception de l'entrepôt frigorifique

Nous avons un entrepôt à un seul niveau.

Le bâtiment est un support et un abri pour l'isolation qui constitue en fait l'élément essentiel de l'entrepôt frigorifique. Nous allons comparer deux types de construction : construction classique (isolation traditionnelle) et construction en panneaux préfabriqués (panneaux sandwich).

Dimensionnement du local frigorifique

Cette chambre est conçue pour stocker 10 tonnes de haricots verts. Ceci pour une introduction journalière de 5 tonnes. La durée de conservation étant de 2 jours, nous allons déterminer les dimensions de la chambre froide par plan de palettisation.

Chargement de la chambre froide de conservation

Les emballages (carton) des légumes étant fragiles, il n'y aura pas de superposition des palettes.

Par Palette					Nombre de piles	Tonnage	Densité de stockage par m ³ brut
Carton	Palette	nombre de caisses	Poids net	Hauteur			
30x40 x 20 (4 Kg)	100x120x15	100	400Kg	1,70m	25	10 T	37 Kg

Hauteur

Elle dépend du mode de manutention qui est manuelle dans le cas présent et de la benne circulation de l'air.

Prenons une hauteur $h = 3 \text{ m}$

Surface du sol

Le plan de palettisation nous permet de déterminer la surface du sol.

Considérons : espace entre palette de $100 \times 120 \times 15$

0,9 espace entre pareis et palette 0,20 m

nous avons alors une chambre de $10\text{m} \times 9\text{m}$

soit une surface du sol de 90 m^2

volume de la chambre froide $10\text{m} \times 9\text{m} \times 3\text{m} = 270 \text{ m}^3$.

I/ Isolation traditionnelle

a) Sol.

Ordre des opérations -

- 1) Coulage d'une forme en béton maigre (béton de fend) 10 cm d'épaisseur
- 2) Application de l'écran antivapeur constitué par deux couches de flinkote

Il ne faut pas considérer l'étanchéité à la vapeur d'eau comme des étanchéités à l'eau dans le sens où on l'entend en bâtiment.

3) Isolation

L'isolant : polystyrène expansé. épaisseur totale 10cm

l'isolant est posé en deux couches à joints croisés.

Le sol est isolé en dernier lieu pour ne pas être détérioré. Les panneaux de pourteur du sol sont posés avant de procéder à la mise en place des panneaux verticaux de façon que les premiers panneaux latéraux reposent sur le premier panneau du sol.

4) La face supérieure de l'isolation posée est recouverte d'un écran pare-vapeur (flinkote) destiné à éviter l'humidification de l'isolant par l'eau du mortier de dallage, de lavage. Cet écran sera relevé verticalement le long des murs sur une hauteur de 30 cm.

5) Une dalle de répartition de charge, réalisée en béton armé de 10cm d'épaisseur est coulé sur l'isolant.

Cette dalle est terminée par une chape bien lissée.

b) Parois verticales

Ordre des opérations

1) Maçonnerie : utilisation des agglomérations de 15 x 20 x 40.

2) Barrière de vapeur -

matériau utilisé : le Flinkote
application en deux couches -

3) Isolation

- fixation aux parois maçonnées par collage et attaches.

Il convient de fixer par précaution l'isolant au mur pour la première couche par des "chevelus : fil de fer galvanisé" et des barettes de torsion si on n'est pas sûr du collage. Ces attaches métalliques se trouveront sur les lignes de joints des panneaux. Pour la deuxième couche, mise en place suivant les mêmes principes. Les deux couches sont reliées par des chevilles en bois enfoncées obliquement (en général 4 par panneau de 0,5m sur 1,00m). Les attaches métalliques sont prévues tous les 50 cm. Il ressort que ces attaches métalliques sont sans inconvénients car ils constituent des ponts thermiques non négligeables.

4) Revêtement de protection

L'isolation des parois verticales sera protégée contre les chocs à l'aide d'un enduit ciment (20 mm d'épaisseur) armé par un grillage à grandes mailles crampillonné sur le polystyrène. Voir fig. 2

c) Plafond suspendu

Nous réaliserons un plafond isolé par dessous. La pose d'isolation sera sous chevronnage.

Ordre des opérations -

Solivage - banière de vapeur réalisée par dessus l'isolant - Les attaches seront des chevelus pour les deux couches. On tiendra compte des dispositifs de joints de retrait au raccordement avec les parois.

- Revêtement de la face inférieure de l'isolation par une couche de peinture blanche. Voir fig. 3.

Porte isothermique -

Porte battante

Elle est calorifugée en concordance avec l'isolation des parois sur lesquelles elle s'applique

dimension de la porte : 210 x 140 (cm)

II. Isolation intégrée

Panneaux préfabriqués (Panneaux sandwich). Les panneaux sont produits par l'injection de mousse de polyuréthane in situ entre deux feuilles de tôle nervurées.

Ces panneaux ont une excellente résistance mécanique et un meilleur aspect.

On supprime le support constitué par le bâtiment pour le remplacer par les panneaux préfabriqués. L'isolation constitue dans ce cas l'élément essentiel de l'entrepôt frigorifique.

Le sol est isolé suivant la méthode traditionnelle, étudiée précédemment.

Au plafond les panneaux sont suspendus à l'ossature externe.

La fixation des panneaux verticaux au sol se fait à partir des longrines.

Le raccordement des panneaux est résolu par injection du polyuréthane avec couvre-joints. Les joints servent à assurer le bon positionnement et la continuité de l'isolation et aussi la continuité de la barrière de vapeur.

Porte isothermique (Porte battante) dimension 210 x 140.

Isolation traditionnelle

On utilise des panneaux de 0,5 x 1 m.

La chambre froide classique est isolée en polystyrène expansé.

$$\lambda = 0,03 \text{ Kcal/h.m}^{\circ}\text{c.}$$

Quantité d'isolant nécessaire.

- épaisseur de l'isolation (e)

- volume de l'isolation (v)

- écart de température $\Delta\theta$

- Sol : $\Delta\theta = 26^{\circ}\text{C}$; e = 10 cm

$$V_1 = 9 \times 10 \times 0,10 = 9 \text{ m}^3$$

plafond $\Delta\theta = 41^\circ\text{C}$; $e = 15 \text{ cm}$ $V_2 = 9 \times 10 \times 0,15 = 13,5 \text{ m}^3$

murs 1 et 2 (Ouest et Sud) $\Delta\theta = 36^\circ\text{C}$; $E = 14 \text{ cm}$ $V_3 = 2 \times 3 \times 10 \times 0,14 = 8,4 \text{ m}^3$

murs 3 et 4 (ou Est et Nord) $\Delta\theta = 31^\circ\text{C}$; $e = 12 \text{ cm}$ $V_4 = 2 \times 3 \times 9 \times 0,12 = 6,48 \text{ m}^3$

soit au total un volume d'isolant $V = 37,38 \text{ m}^3$

Prix du m^3 de polystyrène départ usine d'Abidjan : 27.000 FCFA

Coût de l'isolation : $27000 \times 37,38 = 1009260 \text{ FCFA}$ (en hors taxe)

Prix du flinkote (pare-vapeur)

Prix d'un fût 100.000 FCFA (fût de 200 Kg environ)

Prix des 3 fûts de flinkote : 300 000 FCFA

Porte isothermique = 2828,52 FF = 141 426 FCFA

type Lehet

dimension 210 x 140 cm

Construction traditionnelle

Coût du bâtiment : 89971 869

ISOLATION (+flinkote) 1 309 260

Porte isothermique 1411426

voir annexe 1

1 450 686

Total 4 422 555 F CFA = 88 451,10 FF

Chambre froide démontable (panneaux sandwich)

dimension 9 x 10 x 3 m isolation 14 cm d'épaisseur

Reçu telex Prix approximatif = 200 000 FF

Nous remarquons que la construction classique revient moins chère en coût par rapport à la chambre froide démontable.

Nous pouvons expliquer ce coût très élevé de la chambre froide démontable par la façon de fabrication des panneaux propre à l'entreprise ZHENDRE et aussi par l'épaisseur de l'isolant qui est très importante par rapport à celle que nous avons calculée.

Nous considérons alors dans la suite de l'étude la construction traditionnelle.

B/ INSTALLATION FRIGORIFIQUE

Le bilan frigorifique est à la base des calculs que l'installation doit effectuer, dans le but de déterminer les caractéristiques du matériel à fournir et des dispositions à adopter pour réaliser une installation correcte.

1) Besoins en froid de l'entrepôt

Dans le cadre de cette étude, les éléments du bilan frigorifique sont les suivants :

- besoins pour refroidissement des denrées (haricots verts)
- besoins pour refroidissement des emballages
- chaleur de respiration des produits
- déperditions par les parois
- chaleur de renouvellement d'air
- chaleur dégagée par les ventilateurs et les pompes
- chaleur due à la circulation du personnel y travaillant
- chaleur due à l'éclairage
- les incalculables

Examinons en détail les éléments intervenant dans l'établissement du bilan frigorifique.

Refroidissement des légumes -

$$Q_1 = M C_R (\theta_1 - \theta_2)$$

M = masse de la denrée introduite par jour en Kg

θ_1, θ_2 : respectivement température d'entrée et de conservation du produit en °C.

C_R : chaleur massique du produit en Kcal/Kg.

- Refroidissement des emballages.

$$Q_2 = M_e c_e (\theta'_1 - \theta_2)$$

M_e = masse d'emballage introduite par jour en Kg.

c_e = chaleur massique de l'emballage en Kcal/Kg°C

θ'_1 = température d'introduction de l'emballage en °C

θ_2 = température de conservation du produit en °C.

Chaleur de respiration des produits

$$Q_{31} = M \frac{L_{r1} + L_{r2}}{2} \text{ respiration au cours du refroidissement}$$

$$Q_{32} = (M_t - M) \text{ respiration du stock à la température de conservation}$$

$$Q_3 = Q_{31} + Q_{32}$$

L_{r1} = chaleur de respiration à la température d'introduction en Kcal/t.
24h

M_t = masse du stock

Déperdition par les parois

(murs, plafond et sol).

$$Q_4 = \sum_i k_i \cdot \Delta\theta_i \cdot S_i \quad i = \text{indice de la paroi}$$

K_i = coefficient de transmission thermique de la paroi considérée en Kcal/m²h.

S_i = surface de la paroi en m²

$\Delta\theta_i$ = différence de température entre la face extérieure de la paroi et la face intérieure.

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{e_1}{\lambda_1}}$$

e_1 = épaisseur d'isolant de la paroi

λ_1 = coefficient de conductivité thermique du ou des matériaux (x) constituant la paroi.

h_1 = coefficient d'échange superficiel externe en Kcal/m².h

h_2 = coefficient d'échange superficiel interne

Si les épaisseurs d'isolants ne sont pas imposées, on considère en pratique le flux thermique $\phi = K_i \cdot \Delta\theta_i$

constant pour toutes les parois.

Chaleur de renouvellement d'air

$$Q_S = n \frac{V}{V_2} (H_1 - H_2)$$

n = nombre de renouvellement par jour

V = volume de la chambre

V₂ = volume massique de l'air intérieur m³/Kg

H₁ = enthalpie de l'air extérieur en Kcal/Kg

H₂ = enthalpie de l'air intérieur en Kcal/Kg

Pour le renouvellement d'air dû à l'ouverture des portes on a la formule approximative de Vassegue

$$n = \frac{0,02 t^n S_p}{\sqrt{V}}$$

tⁿ = durée d'ouverture de la porte en seconde

S_p = surface des portes en m²

V = volume de la chambre en m³

Le nombre de renouvellement d'air dépend des denrées. Des tables appropriées permettent d'avoir la valeur de n - Il peut arriver que le renouvellement d'air par ouverture des portes soit suffisant.

Equivalent thermique du travail des ventilateurs et des pompes

Ventilateurs

$$Q_6 = n_v \cdot 860 P_v t$$

N_v = nombre de ventilateurs

P_v = puissance d'un ventilateur en Kw

t = nombre d'heures de fonctionnement par jour

$$P_v = 0,5 \frac{vZ}{3600} 736,10^3 \quad Z = \text{taux de brassage}$$

$$Q_6 = 316,48 \cdot N_v \frac{t}{3600} \quad (\text{Kcal})$$

$$\text{Pompes } Q_7 = \sum 860 \cdot P_i t_i \quad (\text{Kcal})$$

P_i = puissance de la pompe en Kw.

t_i = nombre d'heures de fonctionnement par jour.

Chaleur due à la circulation du personnel

$$Q_8 = N_h \times C_h \times t_h \times 24$$

N_h : nombre d'individus travaillant dans la salle

t_h : temps de séjour du personnel dans la salle

C_h : chaleur horaire dégagée par individu
en Kcal/h. Q_8 en Kcal.

Chaleur due à l'éclairage

$$Q_q = 860 P t' \quad (\text{Kcal})$$

P = puissance totale des lampes en Kw

t' = nombre d'heures de fonctionnement des lampes

incalculables $Q_{10} = \frac{\alpha}{100} (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9)$

α en pourcentage.

$$\text{Bilan} \quad Q' = \sum_{i=1}^{10} Q_i$$

Puissance frigorifique $Q = \frac{Q'}{T}$

T = temps de marche (en heure) du compresseur par jour.

Remarques :

Concernant l'écart de température $\Delta\theta = \theta_e - \theta_i$ de part et d'autre de la paroi, on prend pour température extérieure la moyenne des températures maxima journalières du mois le plus chaud.

Pour le plafond on prend en général $\theta_e + 10^\circ\text{C}$

Pour les murs exposés au soleil on prend en général

$$\theta_e + 5^\circ\text{C}$$

Valeur admise pour h.

paroi en contact avec l'air extérieur : $h = 20 \text{ Kcal/h m}^2\text{C}$

paroi interne peu ventilée $h = 10 \text{ Kcal/h m}^2\text{C}$

Nous avons utilisé le programme établi par Monsieur Wega qui permet de calculer sur ordinateur le bilan frigorifique d'un entrepôt

frigerifique.

Notes sur les données

Une période est une durée pendant laquelle la nature des données reste inchangée.

Les données sont introduites sous forme de data. La machine utilisée est le APPLE III.

VOIR annexe 2

Caractéristique de la chambre froide

L'entrepôt doit pouvoir conserver :

10 tonnes de haricots verts

introduction quotidienne 5 tonnes de haricots verts à la température extérieure 38°C avec un degré hygrométrique X = 40 %.

Dimensionnement du local

longueur (L) 10m

largeur (l) 9m hauteur (h) 3m.

2) Isolant

Isolation traditionnelle : constituée par des panneaux de polystyrène $\lambda = 0,03 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$.

3) Refroidissement : réfrigération

Nous admettons que le flux thermique à travers les parois est 8 Kcal/h.m^2 .

température de conservation 7°C

humidité relative 95 %

Détermination de l'écart de température entre les deux faces d'une paroi :

ϑ_{ext} : température à l'extérieur de la chambre

ϑ_{int} : température à l'intérieur de la chambre.

Repérage des parois	L m	l m	h m	ext °C	int °C	°C
1	10		3	43	7	36
2		9	3	43	7	36
3		9	3	38	7	31
4	10		3	38	7	31
Sol	10	9		33	7	26
Plafond	10	9		48	7	41

Système de refroidissement

Refroidissement par détente directe du fluide frigorigène le fluide frigorigène circule directement dans les évaporateurs-refroidisseurs. L'avantage est de supprimer les pompes de circulation de fluide.

L'alimentation par injection directe se fera au moyen de détendeurs thermostatiques précédés d'un robinet d'arrêt automatique.

Caractéristiques de l'installation

- Durée de marche journalière des compresseurs 18 heures. Ceci nous permet de satisfaire aux pointes d'introduction de légumes plus importantes sans toutefois dépasser l'introduction journalière globale.

Puissance frigorifique : $Q_f = 30629,3$ Kcal/h.

Utilisons les symboles suivants :

θ_{ev} = température d'évaporation

θ_{ch} = température de conservation

$\psi = 95$ % (humidité relative)

$\Delta\theta$ = différence de température entre le fluide réfrigérant et la chambre. $\Delta\theta = 4^\circ\text{C}$.

$\theta_{ev} = \theta_{ch} - \Delta\theta$ $\theta_{ev} = 3^\circ\text{C}$

Nous choisissons un condenseur à eau avec tour de refroidissement car l'eau étant chère et rare, nous évitons un condenseur à eau perdue.

Une caractéristique importante des tours de refroidissement est l'approche a $3^{\circ}\text{C} < a < 7^{\circ}\text{C}$

choisissons $a = 5^{\circ}\text{C}$

Signification des symboles suivants :

θ_{st} = température sortie d'eau de la tour

θ_{sc} = température sortie d'eau du condenseur

θ_{cd} = température de condensation

θ_m = température moyenne de médium de refroidissement.

$$\Delta\theta_{cd} = \theta_{cd} - \theta_m.$$

$$\theta_{st} = a + \theta_h.$$

θ_h = température de l'air humide saturée

Pour les condenseurs à refroidissement par l'eau :

$$\Delta\theta_{cd} = 5^{\circ}\text{C} \text{ à } 8^{\circ}\text{C}$$

échauffement de l'eau au condenseur. $\Delta\theta_e = 6^{\circ}\text{C}$.

Sur le diagramme psychrométrique à partir de $\theta_{ext} = 38^{\circ}\text{C}$ et $\chi = 40\%$ nous avons $\theta_h = 26^{\circ}\text{C}$.

$$\theta_m = \frac{\theta_{st} + \theta_{sc}}{2} = \frac{\theta_{st} + \theta_{sc} + \Delta\theta_e}{2}$$

$$\theta_{st} = 26 + 5 = 31^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_m = \frac{31 + 31 + 6}{2} = 34^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_{cd} = \theta_m + \Delta\theta_{cd} = 34 + 6 = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{cd} = 40^{\circ}\text{C}.$$

Choix du fluide

L'ammoniac coûte relativement moins cher mais il présente les inconvénients suivants :

- fluide irrespirable
- mélange air ammoniac s'enflamme et explose violemment.

Il présente une insécurité pour le personnel. Il attaque le cuivre et tous ses alliages. température d'ébullition $\theta_{eb} = - 34^{\circ}\text{C}$.

Le réfrigérant R22.

C'est un fluide frigorigène dit de sécurité - son effet toxique est presque nul. Il est ininflammable et inexplorable. Il n'est pas corrosif. Il est très stable aux températures usuelles d'utilisation. Le réfrigérant R12 a presque les mêmes caractéristiques que le R22 mais présente l'avantage d'être moins cher que ce dernier. De plus nous avons une chambre positive. Nous choisissons le fluide frigorigène R12.

Détermination du cycle et tableau de valeurs

Nous avons un cycle à un étage. $\theta_{ev} = 3^{\circ}\text{C}$.

surchauffe des vapeurs dans la canalisation d'aspiration $S' = 4^{\circ}\text{C}$
surchauffe des vapeurs à l'évaporateur $S = 4^{\circ}\text{C}$.

$$\theta_{cd} = 40^{\circ}\text{C}.$$

échauffement de l'eau dans le condenseur 6°C . $\Delta\theta_{cd} = 6^{\circ}\text{C}$.

sous

sous refroidissement du liquide dans le condenseur $S_r = 4^{\circ}\text{C}$.

Nous l'estimons nul dans la conduite liquide

$$\theta_5 = \theta_{ev} = 3^{\circ}\text{C} \quad \theta_6 = \theta_{ev} + s = 3 + 4 = 7^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_1 = s' + \theta_6 = 4 + 7 = 11^{\circ}\text{C} \quad \theta_3 = \theta_{cd} - s_r = 40 - 4 = 36^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_4 = \theta_3 = 36^{\circ}$$

Lecture des valeurs sur le diagramme de Mollier fig. 5
1, log p pour le R12

état	(°C)	H(Kcal/Kg)	P(Kg/cm ²)	(m ³ /Kg)
1	11	138,7	3,5	0,056
2	55	143,4	9,75	0,020
3	36	108,5	9,75	
4	36	108,5	9,75	
5	7	138,1	3,5	

Pression de condensation $P_{cd} = 9,75 \text{ Kg/cm}^2$

Pression d'évaporation $P_{ev} = 3,5 \text{ Kg/cm}^2$

masse de fluide frigorigène circulant dans l'installation

$$M_{ff} = \frac{Q_f}{H_6 - H_5}$$

$$M_{ff} = \frac{30629,3}{138,1 - 108,5} = 1034,80 \text{ Kg/h.}$$

Débit volume de fluide frigorigène en circulation -

$$V_{ff} = M_{ff} \cdot v_1 \quad V_{ff} = 1034,80 \times 0,056 = 57,95 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Coefficient de performance frigorifique suivant un cycle de Carnot.

$$\varepsilon_c = \frac{T_o}{T - T_o} \quad T_o = 273 + 3 = 276 \text{ K} \quad T = 273 + 40 = 313 \text{ K}$$

$$\varepsilon_c = \frac{276}{313 - 276} = 7,46$$

Le calcul de la puissance sur l'arbre de compresseur se fait suivant la formule

$W_{cy} = \frac{M_{ff}(H_2 - H_1)}{860 \eta_i \eta_m}$ où η_i et η_m désignent respectivement le rendement indiqué et le rendement mécanique.

η_m dépend du type de compresseur sélectionné.

I. - INSTALLATION UNIQUE

Choix de l'évaporateur

puissance frigorifique calculée $Q_f = 30\ 629,3 \text{ Kcal/h}$ $\Delta\theta = 4^\circ\text{C.}$

$$Q = K S \cdot \Delta\theta.$$

Le catalogue Cefriset nous donne pour $\Delta\theta = 7^\circ\text{C.}$

$$Q = 30\ 629,3 \times \frac{7}{4} = 53\ 601,27 \text{ fg/h.}$$

Nous choisissons 2 évaporateurs identiques à air forcé Centarde type

$\Delta F 240F$

projection d'air à 14m — 4 ventilateurs.

(utilisation d'un détendeur avec égalisation de pression).
On installera un évaporateur à chaque bout de la chambre.
Le dégivrage sera par arrêt de l'installation.

Choix du groupe (compresseur et condenseur)

Ce choix est fonction de $\theta_{ev} = 3^{\circ}\text{C}$ et de $Q_r = 30\ 629,3\text{fg/h}$

$\theta_{cd} = 45^{\circ}\text{C}$. Puissance frigorifique $\text{fg/h} = P.W \times 0,86$
nous choisissons dans le catalogue D W M COPELAND/COMEP le groupe ouvert à condensation à eau
type E600 - 4 sc68 entraîné par un moteur triphasé 220/380 v. puissance motrice 11 Kw
nombre de cylindres 14 - Vitesse maxi. 1450 t/min

Calcul du taux de compression

$$Z = \frac{P_{cd}}{P_{ev}} = \frac{9,75}{3,5} = 2,78 \rightarrow \eta_v = 0,81$$

$$\eta_i \approx \eta_v = 0,81$$

Quantité de chaleur évacuée au condenseur Q_{cd}

$$Q_{cd} = Q + P \quad (\text{Watts}) \quad Q \text{ fg/h} = P_i w + 0,86$$

Q = production frigorifique brute du compresseur en watts

P = puissance mécanique nécessaire par la compression du fluide en watts

La quantité de chaleur échangée au condenseur s'écrit aussi

$$Q_{cd} = M_{ff} (H_2 - H_3)$$

$$Q_{cd} = 1034,80 (143,4 - 108,5) = 36114,52 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{cd} = \frac{36114,52}{0,86} = 41\ 994 \text{ W.}$$

$$Q_{cd} > Q$$

Débit d'eau au condenseur.

$$Q_{cd} = M_{eau} \times \Delta\theta_{eau} \quad M_{eau} = \frac{Q_{cd}}{\Delta\theta_{eau}}$$

$$M_{eau} = \frac{36114,52}{6} = 6019 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Nous avons une petite installation. Nous nous servons des formules suivantes qui prennent en compte la vitesse d'écoulement du fluide afin de déterminer le diamètre des conduites.

Les tuyauteries de notre installation seront en cuivre car nous avons un fluide chloréfluoré.

Formule à utiliser $w = \frac{Q_v}{S}$

Q_v étant le débit masse de fluide frigorigène

S : section de la canalisation

nous choisissons des vitesses w convenables qui permettront de limiter les pertes de charge.

Canalisation d'aspiration

Calcul du diamètre intérieur de la conduite.

$V_a = V_{ff} = 57,95 \text{ m}^3/\text{h}$. Vitesse d'aspiration $w_a = 10 \text{ m/s}$

$$S_a = \frac{V_a}{w_a} \quad S_a = \pi \frac{d^2}{4} \quad d = \sqrt{\frac{4S_a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{V_a}{w_a}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 57,95}{3600 \times 10}} = 4,5 \text{ cm} = 45 \text{ mm}$$

Diamètre canalisation de refoulement

La conduite de refoulement est dimensionnée par le fabricant du groupe.

Diamètre canalisation du liquide frigorigène (entre bouteille de liquide et détendeur)

Calcul du débit de volume du liquide en circulation.

$V_e = m v_e$ où v_e est le volume spécifique du fluide frigorigène à la température $\theta_4 = 36^\circ\text{C}$

$$\theta_4 = 36^\circ\text{C} \quad v_e = 0,7874 \text{ l/Kg.}$$

$$V_e = m v_e = 1034,80 \times 0,7874 \times 10^{-3} = 10^{-3} \times 814,8 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$0,5 \text{ m/s} < w_e < 1,25 \text{ m/s}$$

fixons $w_e = 1 \text{ m/s}$ (vitesse du liquide)

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{V_e}{\omega_p}} \quad d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{814,8 \times 10^{-3}}{3\,600}} = 1,70 \text{ cm} = 17 \text{ mm.}$$

tube cuivre (dimensions retenues)
(écrous)

	aspiration	liquide
longueur (en m)	18	18
Diamètre extér.	2" 1/8	3/4"
Poids au m/Kg	9,057	0,505
épaisseur (mm)	2,105	1

Nous venons d'étudier le cas d'une machine frigorifique unique (en type centralisé) - Les frigorigènes sont alimentés en parallèle à partir d'une même conduite de fluide frigorigène et toutes les conduites de vapeurs débouchent sur un même tuyau commun d'aspiration. On a un groupe cc de condensation à eau. Les évaporateurs sont alimentés par injection directe (détendeurs thermostatiques).

fig. 4.

Liste du matériel

nombre	appareil	marque	type	Caractéristique
1	groupe	DWN COPELAND/COMEF	E 600.4CC68 MJPP.160MH	1450t/mn. 15CV
1	moteur 220/380V			
2	évaporateurs	CONTARDO	DF 2h0F	$\Delta t = 7^{\circ}C$
2	Détendeurs avec égalisation pression externe	Flica	TM x B10	à visser ou à bras
1	deshydrateur	Danfoss	DCR 0487	à souder
1	voyant	Danfoss	SGL 225	à bras
1	Vanne électromagnétique bobine VEM	Danfoss	EV R20 Série EVR20	AP = 21 bars
1	thermostat	Danfoss	KP62*	plage de réglage (-30) - 15
1	pressostat HP	Danfoss	KP5	
1	pressostat BP	Danfoss	KP4	
1	Vanne automatique à eau.	Danfoss	KA WVFx15	
1	VPC	Danfoss	CPP 35	

+ 1 tour de refroidissement aéro réfrigérant Baltimore type V x T10

Puissance rejection 55900 Kcal/H

Le distributeur de liquide est livré avec l'évaporateur.

II. - INSTALLATION MONOBLOC

Examinons maintenant le cas où la machine frigorifique de la station pourra être du type monobloc.

Dans ce cas, nous aurons 2 installations monoblocs autonomes, chacune comprenant un motocompresseur, un condenseur, un évaporateur. Ces installations monoblocs de puissance frigorifique 15 314,65 fg/h (chacune) sont à fluide halogéné (R12) et à injection directe (alimentation des évaporateurs par détendeur thermostatique). Leur condenseur est à eau avec une même tour de refroidissement. Ces 2 installations ont pour but de refroidir une même chambre. Le cycle établi précédemment reste valable.

Déterminons la masse du fluide circulant dans l'installation

$$M_{ff} = \frac{Q'_f}{H_6 - H_6} = Q'_f = 15314,65 \text{ fg/h} -$$

$$M_{ff} = \frac{15\,314,65}{138,1 - 108,5} = 517,40 \text{ Kg/h.}$$

Débit volume de fluide frigorigène en circulation

$$V_{ff} = M_{ff} \cdot v_1 \quad V_{ff} = 517,40 \times 0,056 = 28,97 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Choix de l'évaporateur

$$Q'_f = 15\,314,65 \text{ fg/h} \quad \Delta\theta = 4^\circ\text{C.}$$

Le catalogue Cofriset donne pour $\Delta t = 10^\circ\text{C}$

$$Q = 15\,314,65 \times \frac{10}{4} = 38286,62 \text{ Kcal}$$

nous choisissons un évaporateur à air forcé marque centarde type DF 240F
Projection de l'air 14m. — 4 ventilateurs.

dégivrage par arrêt de l'installation.

Choix du compresseur

Ce choix est fonction de $\theta_{ev} = 3^\circ\text{C}$ et de $Q_f = 15314,65 \text{ fg/h}$

$$\theta_{cd} = 40^\circ\text{C.}$$

$$Q = 15\,314,65 \text{ fg/h} = 17\,807,73 \text{ W.}$$

Nous choisissons dans le catalogue DWM COPELAND/COMEF le groupe ouvert cc condensation à eau type E200 - 2cc63 accouplement direct - vitesse 1450 t/min
Puissance motrice 5,5 Kw = 7,7 CV.

Détermination de la quantité de chaleur échangée au condenseur.

$$Q_{cd} = M_{fr} (H_2 - H_3)$$

$$Q_{cd} = 517,40(143,4 - 108,5) = 18057,26 \text{ Kcal/h}$$

Détermination du débit d'eau au condenseur.

$$Q_{cd} = M_{eau} \cdot \Delta\theta_{eau} \quad M_{eau} = \frac{Q_{cd}}{\Delta\theta_{eau}} =$$

$$M_{eau} = \frac{18\ 057,26}{6} = 3009 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Dimensionnement des canalisations

Canalisation d'aspiration -

Calcul du diamètre intérieur.

$$V_a = 28,97 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$S_a = \frac{V_a}{w_a} \quad w_a = 10 \text{ m/s}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 S_a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 V_a}{\pi w_a}} \quad d = \sqrt{\frac{4 \times 28,97}{10 \times \pi \times 3600}} = 32 \text{ mm}$$

Diamètre canalisation de refoulement dimensionné avec le groupe.

Diamètre canalisation du liquide frigorigène (entre bouteille du liquide et détenteur)

$$V_e = m v_e \quad v_e = 0,7874 \text{ l/Kg} \quad \text{à } \theta_4 = 36^\circ\text{C}.$$

$$V_e = 517,40 \times 0,7874 \times 10^{-3} = 407,40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$0,5 \text{ m/s} < w_e < 1,25 \text{ m/s}$$

$$\text{fixons } w_e \text{ à } 1 \text{ m/s.} \quad d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{V_e}{w_e}} \quad d = \sqrt{\frac{4 \times 407,4 \times 10^{-3}}{\pi \times 3600}} = 12 \text{ mm}$$

tube cuivre (écrou) (dimension retenue)

	aspiration	liquide
longueur en m.	8	8
Diamètre extérieur	1" 3/8	5/8"
masse au m/Kg.	1,537	0,416
épaisseur /mm	2,65	1

Sélection du matériel pour chaque installation monobloc

nombre	appareil	Marque	Type	Caractéristiques
1	groupe CC moteur triphasé 220/380	DWN Copeland COMEF	MEVA	7,5 CV
1	évaporateur	CONTARDO	DF 240F	$\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$
	Détendeur thermostatique avec égalisateur de pression externe	Danfoss	TEF 5-5	
1	Deshydrateur	Danfoss	DX 165	à visser
1	voyant	Danfoss	SGL 155	à braser
1	VEM Bobine VEM	Danfoss	EVR 15	
1	thermostat	Danfoss	KP62	
1	Pressostat HP	Danfoss	KP5	
1	Pressostat BP	Danfoss	KP1	
1	V.P.C	Danfoss	CPP 35	à braser
	Vanne automatique à eau	Danfoss	WCFX	

+ * Une tour de refroidissement Aéro Réfrigérant Baltimore Type V x T10
Puissance réjection 55900 Kcal/H
Le distributeur de liquide est livré avec l'évaporateur.

Avantage des installations monoblocs

- Il y a d'abord la sécurité : en cas de panne d'une des deux installations, l'autre continue à fonctionner.
- Il y a le côté économique qui n'est pas négligeable ; en début de campagne de haricots verts la production est faible (environ 4 à 5t tous les 2 jours) Dans ce cas on met en marche une seule installation.

Rôles appareillage automatique

- le détendeur thermostatique règle l'injection de liquide dans l'évaporateur afin que la surchauffe soit maintenue à une faible valeur constante.
- le pressostat basse pression coupe le courant à une pression d'aspiration décroissante
- le pressostat haute pression coupe le courant à une pression de condensation croissante
- le voyant sert à indiquer une teneur en humidité trop grande du fluide frigorigène et un manque de fluide frigorigène liquide au détendeur thermostatique.
- la vanne solénoïde interrompt le passage du fluide frigorigène lors de l'arrêt de l'installation.
- la vanne automatique à eau s'ouvre à une pression de condensation croissante.
- la vanne à pression constante (V P C) empêche que la pression d'évaporation ne descende en dessous de la valeur de consigne.
- le déshydrateur a pour rôle d'absorber l'humidité excédentaire.

C/

PRODUCTION D'ENERGIE

La ville de Kengeoussi ne bénéficie pas de courant électrique, nous allons installer, pour le fonctionnement de notre machinerie frigorifique, un groupe électrogène qui sera destiné à transformer l'énergie mécanique en énergie électrique grâce à l'alternateur et entraîné par un moteur thermique diesel.

Combustible utilisé : le gasoil.

1er cas : Installation unique

Calcul de la puissance du groupe électrique.

$$P_{\text{groupe}} (\text{KVA}) = \frac{P_{\text{moteur}} (\text{KW})}{\cos \varphi} \approx \frac{P_{\text{moteur}}}{0,85}$$

Puissance du moteur $P = 11 \text{ Kw}$.

$$P_{\text{groupe}} = \frac{11}{0,85} = 12,94 \text{ KVA}$$

Nous majorons cette puissance de 25 % pour garder une marge de sécurité avec les moteurs électriques.

$$P = 12,94 \times 1,25 = 16,17 \text{ KVA}$$

Nous choisissons un groupe électrogène de puissance 15 KVA

2è cas installation monobloc

Puissance du groupe électrogène :

$$P = \frac{P_{\text{moteur}}}{0,85} \quad P_{\text{moteur}} = 5,5 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{groupe}} = \frac{5,5}{0,85} = 6,47 \text{ KVA}$$

majorons cette valeur de 25 % pour garder une marge de sécurité avec les moteurs électriques.

$$P_{\text{groupe}} = 6,47 \times 1,25 = 8 \text{ KVA}$$

Nous choisissons un groupe électrogène de puissance 8 K V A.

E A U

La ville ne dispose pas d'un réseau d'adduction d'eau potable nous alimenterons la tour de refroidissement à partir d'un puits. Il faudra alors prévoir une pompe immergée pour le ^{refoulement} remplissage de l'eau et un adoucisseur d'eau car la qualité chimique de l'eau d'un puits est souvent douteuse.

Par souci d'économie et d'encombrement, nous choisirons :

- 1) si l'en veut réaliser une installation unique on choisira un groupe électrogène de 20 KVA Diesel qui servira en même temps pour la marche du compresseur et le pompage de l'eau.
- 2) Si c'est plutôt l'installation type monobloc que l'en préfère, on choisira alors un groupe électrogène de 13 KVA. Diesel.

D/

CALCUL ECONOMIQUE

L'aspect économique de l'utilisation du froid entraîne l'analyse du coût du froid et un examen de la rentabilité des équipements frigorifiques.

Calcul Coût investissement équipement frigorifique

I 1^{er} cas : installation unique

Nombre	Désignation	Marque	Type	Prix hors taxes	
				P.U FF	Prix Total F.F
1	groupe	COMEF	E600-4CC68	15194	15194,00
1	Moteur Triphasé 220/380 (15CV)		MJPP-160M4	3416,41	3416,41
2	évaporateurs	Coutardo	DF240F	8500	17000,00
2	Détendeur thermo- statique avec égalisateur pression externe.	Flica	TMX B10	435,64	871,28
1	Déshydrateur	Danfoss	DCR04P7	85,62	85,62
1	Voyant	Danfoss	SGL22	137,77	137,77
1	Corps VEM	Danfoss	EVR20	371,59	371,59
1	bobine VEM	Danfoss	EVR3/25 220	70,92	70,92
1	VPC	Danfoss	CPP35	792,09	792,09
1	Thermostat	Danfoss	KP62	157,18	157,18
1	Pressostat HP	Danfoss	KP5	139,44	139,44
1	Pressostat BP	Danfoss	KP1	139,44	139,44
1	Vanne automatique à eau.	Danfoss	WVFx15	279,60	279,60
			Sous Total (1)		38655,34 FF
			Raccords 5% de (1)		1932,77 FF
			Total.		40588,11 FF

Coût tuyauterie : (Prix hors taxe)

Tube cuivre ϕ est le symbole du diamètre
 18 m de ϕ 2"1/8 372,52 x 18 = 6705,36 FF.
 18 m de ϕ 3/4 61,62 x 18 = 1109,16 FF
 isolation des circuits frigorifiques
 isolant choisi : isolant simple type armaflex.
 ϕ tuyauterie 3/4" $\phi_{ext.}$ armaflex 37 mm épaisseur 9 mm
 longueur isolant 13 m coût : 14,75 F/ml x 13m = 191,75 FF

ϕ tuyauterie 2"1/8 $\phi_{ext.}$ armaflex 78 mm ép. 10 mm
 Coût : 18m x 64,24 F/ml = 1156,32

Coût tuyauterie = 6705,36 + 1109,16 + 191,75 + 1156,32 = 9162,59 FF.

Tour de refroidissement

Aère réfrigérant Baltimore type V x T10
 fonctionnement bulbe humide : 27 DGC
 eau : 32/38 DGC - Approche : 5 D G C
 ventilation hélicoïde - puissance rejection 55900 Kcal/h
 Prix hors taxe 15020 FF.

Stock pièces détachées

Désignation	Prix hors taxe FF	Désignation	Prix hors taxe FF
ensemble bielle piston	378	1 ventilateur type DF	124,74
villabrequin complet	1 260	1 bobine VEM	70,92
lot d'outillage	525,01	1 déshydrateur détendeur	85,62
plaque à clapet complet	609	Thermostatique	871,28
joint de cylindre	18,29		
jointure relative	630,01		
dispositif centrifuge pour le moteur	400		

Coût total pièces détachées = 4972,87 FF

Coût total machinerie frigorifique (prix hors taxe)

C = 40588,11 + 41 + 9162,59 + 15020 + 4972,87 = 69 743,57 FF

= 3 487 179 FCFA

b) Equipement électromécanique

Coût du groupe électrogène de puissance 20 KVA.

Coût : 100 000 F CFA par KVA installé

Soit pour 20 KVA

Prix total : 100 000 x 20 = 2 000 000 F CFA

armoire de commande : 200 000 F CFA

Total : 2 200 000 F CFA.

c) Equipement approvisionnement en eau pour la tour de refroidissement (puits + pompe immergée + canalisation).

Coût = 1 100 000 F CFA

d) Montant des investissements = Coût machinerie frigorifique + coût équipement électromécanique + Coût équipement approvisionnement en eau.

Si nous tenons compte de la taxe douanière sur nos équipements nous aurons : dans le cas des bâtiments + isolation

taxe douanière 41 % environ

coût bâtiment + isolation devient

$$4422555 + 4422555 \times 0,41 = 6235803 \text{ F CFA}$$

dans le cas de la machinerie frigorifique, avec une taxe douanière d'environ 42 %, le coût s'élève à :

$$3487179 + 3487179 \times 0,42 = 4951795 \text{ F CFA.}$$

Montant total des investissements = 6 235 803 + 4 951 795 + 2 200 000 + 1 100 000 = 14 487 598 F CFA.

Montant des investissements : 14 487 598 F CFA.

1) Nous calculerons l'amortissement comptable - Il consiste à porter chaque année en amortissement la quantité $\frac{I}{n}$, où I est le coût total de l'immobilisation et n une durée de vie théorique. Il est à remarquer qu'aucun calcul d'actualisation n'est pris en compte. L'amortissement correspond à la somme supplémentaire entrant dans le bilan pour tenir compte de la détérioration des installations.

Désignation	Coût investissement FCFA		Amortissement FCFA		Entretien FCFA
Bâtiment + isolation	6 235 803	20ans	311 790	0,5%	31 179
Machinerie frigorifique	4 951 795	5ans	990 359	3 %	148 554
équipement réseau d'eau de refroidissement	1 100 000	5ans	220 000	3 %	33 000
Equipement électroméca- nique	2 200 000	5ans	440 000	3 %	66 000

Total : 1 962 149

278 733

charge fixes = amortissement + entretien

7) Charges proportionnelles

Consommation d'énergie -

temps de fonctionnement des compresseurs 18 h/j

on a un groupe électrogène 20 K V A Diesel qui consomme 41/h
de gas-oil coûte

1 litre de gas oil coûte 247 FCFA à Kongoussi.

Consommation énergétique journalière 72 l.

Supposons que la COOMAKO récolte du 10 décembre au 9 Avril.

Si le compresseur et la pompe fonctionnent normalement pendant 120
jours, nous aurons une consommation énergétique totale de 8640l de
gasoil. Ce qui représente une dépense de

$8\ 640 \times 247 = 2\ 134\ 080$ FCFA.

Ajoutons à ce coût 10% pour huile et graisse = 213 408 FCFA

Coût énergétique global :

$2134080 + 213408 = 2\ 347\ 488$ FCFA

fluide R12 (13 Kg) = 18 000 FCFA.

g) Frais d'exploitation = coût énergétique + entretien
+ amortissement + fluide frigorifique.

Frais d'exploitation = $2\ 347\ 488 + 1\ 962\ 149 + 2\ 78733 + 18\ 000$
= 4 606 370 FCFA

h) Considérons 270 t de haricots verts stockés pendant la même période (10 déc. au 9 Avril) car la production est très faible en début et en fin de campagne. La répartition des 270t sur 120 jours nous donne en moyenne un stockage de 2,25 tonnes par jour soit 10 tonnes tous les 4 jours.

Le coût du stockage au tonne est : $\frac{4\ 606\ 370}{270} = 17\ 060$ FCFA

soit environ 17 FCFA/Kg.

Si le camion se déplace tous les 4 jours au lieu de tous les 2 jours nous aurons durant la campagne 30 déplacements pour un camion de 10 tonnes, soit une dépense totale en transport de $30 \times 51\ 000 = 1\ 530\ 000$ FCFA

Prix de revient au Kg de légumes transportés : $\frac{1\ 530\ 000}{270\ 000} = 6$ FCFA.

mais au paravant, sans chambre froide, le prix de revient au kilogramme de légumes transportés est pour un déplacement de camion tous les 2 jours :

$$\frac{60 \text{ voyages} \times 51\ 000}{270\ 000} = 12 \text{ F CFA}$$

Le coût de vente des légumes est réparti comme suit :

haricots verts type extrafin	200	F CFA
-"- type fin	175	F CFA
-"- type bobby	125	F CFA
	<hr/>	
	500	F CFA
Prix moyen :	$\frac{500}{3} =$	165 F CFA

Avec une chambre, l'en gagne 6 F.

1) Incidence : $17 \text{ F} - 6 \text{ F} = 11 \text{ F CFA/Kg}$

Il y a plus value -

Ces frais supplémentaires de 11 FCFA représentent 18 tonnes de haricots verts durant la campagne

$$\frac{11 \times 270.000}{165} = 18\ 000 \text{ Kg} = 18 \text{ tonnes.}$$

Cette incidence (11 FCFA/Kg) n'est pas très élevée. Il arrive des fois que la Coopérative enregistre des pertes énormes : un changement de haricots verts périt parfois au cours du transport ; le paysan ne verra plus une partie de sa production se faner parce qu'il attend vraiment qu'un camion vienne transporter ses légumes.

Il n'est pas prévu l'utilisation de la chambre le reste de l'année. Donc le coût de stockage voire l'incidence serait bien plus bas pour une utilisation rationnelle de la chambre toute l'année. Remarquons que le coût du stockage diminue quand le tonnage stocké augmente.

Le transport de haricots verts se fera de préférence avec un engin isotherme ou en hivernage pendant la nuit avec un camion car la température est généralement voisine de 13°C.

Remarquons que le coût de stockage comprend ici : l'amortissement, les frais d'entretien et la consommation énergétique. Les autres frais de fonctionnement ne sont pas inclus ; personnel, gestion. Le coût du terrain et de sa viabilité n'est pas compris dans le montant des investissements.

2°. Voyons ce que devient le coût du stockage si nous prenons en compte l'amortissement financier. Il s'agit d'un simple remboursement de dette, ce remboursement pouvant être étalé sur une durée indépendante de la durée de vie de l'équipement. Le coût de l'emprunt est calculé sur la base du coût d'investissement et est fonction du taux d'intérêt de l'emprunt et de la durée d'utilisation des installations.

Si le taux d'intérêt est de $i\%$ et la durée de vie de n années, le coût annuel de l'emprunt (annuités) est :

$$a = \frac{i}{1 - \left(\frac{1}{1+i}\right)^n} \text{ en \% du capital investi.}$$

Pour $n = 20$ ans et $i = 6\%$ $a = 8,72\%$

$n = 5$ ans et $i = 6\%$ $a = 23,74\%$

Désignation	Capital investi F CFA	Amortissement		Entretien	
			F CFA		F CFA
Bâtiment + isolation	6 235 803	20ans	543 762	0,5%	31 179
Machinerie frigorifique	4 951 795	5ans	1 175 556	3 %	148 554
Equipement réseau d'eau et de refroidissement	1 100 000	5ans	261 140	3 %	33 000
Equipement électro- mécanique	2 200 000	5ans	522 280	3 %	66 000
			Total : 2.502.738		278 733

L'amortissement est un peu plus élevé.

Consommation énergétique

Coût énergétique calculé précédemment : 2 347 488 F CFA

13 Kg de fluide frigorigène : 18 000 F CFA

Coût d'exploitation = coût énergétique + entretien + coût de l'emprunt
(amortissement et intérêts)

frais d'exploitation = 2 347 488 + 278 733 + 2 502 738 + 18 000

= 5 146 959 F CFA.

Avec les mêmes données que précédemment, déterminons le coût du stockage au tonne de haricots verts :

$$\frac{5\ 146\ 959}{270} = 19\ 062\ \text{F CFA}$$

Soit coût du stockage au Kg : 19 F CFA

Prix de revient au Kg de légumes transportés : 6 F CFA

Frais supplémentaire sur les dépenses du producteur

$$19\ \text{F} - 6\ \text{F} = 13\ \text{F CFA.}$$

Par rapport au calcul précédent, nous avons une différence de 2 FCFA/Kg
Ce qui représente durant la campagne $\frac{2 \times 270}{165} = 3,27$ tonnes de
haricots verts.

Le problème est de savoir si le maître d'ouvrage peut se passer d'un emprunt ?

Il lui est possible de placer le capital qui pourra lui rapporter et avoir recours à un emprunt. Mais le coût de stockage au tonne est légèrement élevé.

II. - 2^e cas:

Calculons le coût de la machinerie frigorifique d'une installation monobloc (groupes individuels).

nombre	Désignation	Marque	Type	Prix total hors taxe FF
1	groupe	COMEF	E200-2CC63	8308,65
1	moteur triphasé 220/380V		7,5CV MEVA	2127,62
1	évaporateur	CONTARDO	DF 240F	8500
1	Deshydrateur	Danfoss	Dx 165	54,24
1	Détendeur avec égalisateur pression	Danfoss	TEF5-5	352,25
1	Corps VEM	Danfoss	EVR 15	266,81
1	bobine VEM	Danfoss	EVR 3/25 220V	70,92
1	VPC	Danfoss	CPP 35	792,09
1	Voyant	Danfoss	SGL 155	80,56
1	Thermostat	Danfoss	KP62	157,18
1	Pressostat HP	Danfoss	KP5	139,44
1	Pressostat AP	Danfoss	KP1	139,44
1	vanne automatique à eau.	Danfoss	WCFx15	279,6.
				21268,80 FF
			Raccord 590	1063,44
			Total	22332,24 FF

Tuyauterie : tube de cuivre écroui.

Ø 1³/₈ 8m Prix : 188,68 x 8 = 1 509,44 FF

Ø 5/8 8m Prix : 51,94 x 8 = 415,52 FF

Isolation circuit frigorifique
isolant souple type armaflex.

Ø tuyauterie 5/8" Ø extérieur armaflex 35 mm ép. 9mm
coût : 4m x 11,89F/ml = 45,56 FF

Ø tuyauterie 1³/₈ Ø_{ext} armaflex 56mm ép. 9,5mm
longueur 8m. Coût 8 x 21,98 = 175,84 FF

tuyauterie (tube +° isolation = 2 146,36 FF.

Coût total pour les 2 installations :

$$C = (22 332,24 + 2 146,36) \times 2 = 48 957,20 \text{ FF.}$$

Les 2 installations fonctionnent avec la même tour de refroidissement :

Aère réfrigérant Baltimore type v x T10

fonctionnement bulbe humide : 27 DGC

eau : 32/38 DGC Approche : 5 DGC

ventilation hélicoïde Puissance rejection 55 900 Kcal/h.

Prix hors taxe : 15 020 FF.

Prenons pour coût des pièces de rechange la valeur 4 972,87 FF.

Coût de la machinerie frigorifique pour les 2 installations :

$$48 957,20 + 15 020 + 4 972,87 = 68 950,07 \text{ FF} = 3 447 503,50 \text{ FCFA.}$$

b) Equipement électromécanique

2 groupes électrogènes 13 KVA diesel chacun

100 000 F CFA par KVA installé.

$$\text{Coût} = 2 \times 100 000 \times 13 = 2 600 000 \text{ FCFA}$$

Armoire de commande

200 000 FCFA par moteur

$$\text{Coût} : 200 000 \times 2 = 400 000 \text{ F CFA.}$$

$$\text{Coût équipement électromécanique} : 2 600 000 + 400 000 = 3 000 000 \text{ F}$$

c) Coût équipement réseau d'eau de refroidissement (pompe + puits + canalisation) : 1 100 000 F CFA.

d) Montant total des investissements = coût bâtiment (isolation) + coût machinerie frigorifique + coût équipement électromécanique + coût équipement réseau d'eau de refroidissement.

En tenant compte de la taxe douanière sur la machinerie frigorifique qui est de 42% environ, nous avons le coût de la machinerie frigorifique qui est de $3\,447\,503,5 + 3\,447\,503,5 \times 42\% = 4\,895\,455$ FCFA
 Montant total des investissements = $6\,235\,803 + 4\,895\,455 + 3\,000\,000 + 1\,100\,000 + 15\,231\,258$ F CFA.

e) Calcul du coût du froid -

Prenons en compte l'amortissement financier, qui est basé sur les annuités à payer, comprenant les intérêts des emprunts et le remboursement du capital. Il faut noter que cet amortissement est élevé. Prenons les valeurs déterminées précédemment.

n = 20 ans i = 6% a = 8,72 %

n = 5 ans i = 6% a = 23,74 %

Désignation	Capital investi F CFA	Annuités			Entretien
		n	a	i	
Bâtiment + isolation	6 235 803	20ans	543 762	0,5%	31 179
Machinerie fri- gorifique	4 895 455	5ans	1 162 181	3 %	148 554
Equipement réseau d'eau de refroidis- sment	1 100 000	5ans	262 140	3 %	33 000
Equipement élec- tromécanique	3 000 000	5ans	712 200	3 %	66 000

Total 2 679 283

278 733

7) Consommation

Energie : Groupe électrogène 13 KVA diesel consomme 31/h.
soit $3 \times 18 = 54$ l/jour (pour 18 heures de fonctionnement des compresseurs).

Soit pour les 2 installations et pendant la campagne
 $120 \times 54 \times 2 = 12\ 960$ l.

Nous supposons que les 2 installations fonctionnent simultanément mais en réalité ce n'est pas le cas en début et en fin de campagne où la récolte étant faible, on économisera de l'énergie en ne faisant fonctionner qu'une seule installation.

1 l de gasoil à Kongoussi coûte 247 F CFA
coût consommation énergétique : $247 \times 12\ 960 = 3\ 201\ 120$ FCF.
ajoutons 10% pour huiles et graisses = 320 112 FCF.
Total : 3 521 232
fluide frigorigène : R12 (26Kg) 36 000.
Coût consommation totale = 3 557 232 F CFA

g) Les dépenses d'exploitation comprennent :

- les amortissements (amortissement financier)
- les consommations : énergie (gasoil), fluide
- l'entretien des équipements.

Dépenses d'exploitation = $2\ 679\ 283 + 278\ 733 + 3\ 557\ 232 = 6\ 515\ 248$ F

h) Calculons le coût du stockage au tonne avec les mêmes considérations qu'en I).

Coût du stockage = $\frac{6\ 515\ 248}{270} = 24\ 130$ F CFA

Soit au kilogramme 24,13 FCFA

Coût du froid très élevé par rapport à l'installation type unique.
L'installation type individuel a ses avantages et ses inconvénients.

avantages :

- sécurité en cas de panne c'est à dire en cas d'arrêt accidentel d'un des 2 groupes, l'autre continue à fonctionner
- simplicité des circuits
- suppression d'une grande partie des tuyauteries de liaison,

inconvenients

- surdimensionnement de la puissance des compresseurs
- rendement de l'ensemble moins élevé
- frais d'exploitation très élevés.

Conclusion : L'étude comparative nous montre que le système installation unique est conseillé car son coût de froid est inférieur à celui du système type monobloc puisque à l'heure actuelle on cherche le prix annuel de revient d'une chambre froide pour un investissement minimal pour l'équipement frigorifique.

Les analyses de rentabilités de la chambre froide ne sont pas seulement liées à des considérations économiques mais aussi à des considérations sociales. Il peut arriver que la construction d'une chambre froide soit indispensable sans qu'on tienne trop compte de rentabilité parce qu'on veut sauvegarder des denrées périssables jugées essentielles à l'équilibre alimentaire de l'homme.

Métré estimatif - Calcul économique de la construction classique.

Désignation des ouvrages	Unité	quantité	Prix hors taxe			
			Fourniture FCFA	Main d'œuvre FCFA	Vente FCFA	Vente totale FCFA
<u>Béton</u>						
- béton de propreté dosé à 150kg CPA/m ³	m ³	9,6	17526	1771	19297	185257
- béton de semelle dosé à 300kg CPA/m ³	m ³	4,70	23061	1328	21879	102831
- béton de dallage et de chaînage dosé à 350kg CPA/m ³	m ³	14,80	28448	1771	30219	447241
- maçonnerie d'agglomérés de ciment creux bordés au mortier de ciment 15x20x40	m ²	140,70	2863	861	3724	523967
- enduit extérieur ordinaire en mortier	m ²	148,96	610	665	1275	189924
- enduit intérieur (20mm d'épaisseur)	m ²	114	962	1053	2015	229710
- Revêtement de la dalle - chape parfaitement lissée en ciment ordinaire	m ²	90	863	103	966	86940

métré estimatif (suite)

Désignation des ouvrages	unité	quantité	Prix hors taxe			
			Fourniture F.C.F.A	Main d'œuvre F.C.F.A	Vente F.C.F.A	Vente totale F.C.F.A
<u>Fourniture du fer</u>						
à béton genre tor						
φ 6	Kg	234,40	520		520	121888
φ 8	Kg	89,20	492		492	43887
φ 10	Kg	72,44	462		462	33467
<u>couverture</u>						
Chevrons en bois						
52x105 mm	ml	85			700	59500
- cornière 20x20x3	kg	77,72			670	52072
- cornière 35x35x3,5	kg	136,90			670	91723
- IPN 80	kg	367,71				
- couverture en élément autoportant aluminium de 6/10 ^e y compris prix des pannes IPN 80	m ²	95,79	5011	144	5155	493798
- fil de fer galvanisé pour fixation des panneaux isolants (polystyrène)	kg	10			3950	39500

Total : 2701699

imprévu (10%)
et divers 270170

Total 2971869 F.C.F.A

DONNÉES A INTRODUIRE

1^{er} cas Isolation traditionnelle
 l'isolant utilisé est constitué par des panneaux de polystyrène caractéristique $\lambda = 0,03 \text{ Kcal/h m}^\circ\text{C}$

DATA	Variable	Désignation	Valeur	Unité
			1	
	N4	nombre de période	20	Kcal/m ² h ^o c
	N1	Coeff. d'échange sup externe de paroi	10	
	N2	interne	10	"-"
	L1	longueur de la salle	9	m
	L2	largeur de la salle	3	m
	H	hauteur de la salle	1	m
DATA	IMP	I M P (*)	19,5	Kcal/kg
	IMP	enthalpie de l'air extérieur	4	
	NV	nombre de ventilateur	25	
	Z	Taux de brassage		
	TV	Temps de ventilation	20	heure
	NP	nombre de pompe		Kcal
	CH	chaleur/h dégagée par un individu	350	Kcal/h
	NH	nombre du personnel	6	
DATA	TH	Temps de séjour de personnel en h	3	heure
	P	puissance lampes (puissance totale)	0,45	kw
	L'	temps en h de fonct. des lampes	3	heure
	α	Coeff. d'incalculable	10	
	SP	surface de porte	2,1	m ²
	L"	durée en s d'ouverture des portes	2700	s
DATA		nombre d'heure de marche des ventilateurs par jour	18	
		C O N T 1	-1	
		conductivité thermique		
DATA	λi	MUR 1	0,03	Kcal/m ² m ^o C
		MUR 2	0,03	"-"
		MUR 3	0,03	"-"
		MUR 4	0,03	"-"
		SOL	0,03	"-"
		PLAFOND	0,03	"-"

* Imp = 0 si émissivité imposée sinon IMP ≠ 0

DONNÉES A INTRODUIRE

2^e cas Isolation intégrée
 l'isolant utilisé est constitué par des panneaux Sandwich
 préfabriqués caractéristique : $\lambda = 0,022 \text{ Kcal/h.m}^\circ\text{C}$: Polyuréthane

DATA	Variable	Désignation	Valeur	Unité
1 DATA	N1	nombre de période	1	
	h1	Coeff. d'échange sup externe de paroi	20	Kcal/m ² h°C
	h2	----- interne ----->	10	"
	L1	longueur de la salle	10	m
	L2	largeur de la salle	9	m
	H	hauteur de la salle	3	m
	IMP	I M P (*)	1	
	h1	enthalpie de l'air extérieur	19,5	Kcal/kg
	NV	nombre de ventilateur	4	
	Z	Taux de brassage	25	
1 DATA	TV	Temps de ventilation	20	heure
	NP	nombre de pompe		Kcal
	CH	chaleur/h dégagée par un individu	350	Kcal/h
	NH	nombre du personnel	6	
	TH	Temps de séjour de personnel en h	3	heure
	P	puissance lampes (puissance totale)	0,45	kw
	L'	temps en h de fonct. des lampes	3	heure
	α	Coeff. d'incalculable	10	
	SP	surface de porte	3	m ²
	1 DATA	t"	durée en s d'ouverture des portes	2700
nombre d'heure de marche des ventilateurs par jour			18	
CONT 1			-1	
1 DATA	λ_i	conductivité thermique		
		MUR 1	0,022	Kcal/h.m°C
		MUR 2	0,022	"
		MUR 3	0,022	"
		MUR 4	0,022	"
		SOL	0,022	"
		PLAFOND	0,022	"

"
"
"
"
"
"

Nombre de produit pour chaque
période :

Période 1

----- 1 -----

Serie
de
DATA

N₂

Nombre de renouvellement d'air
pour chaque période

Période 1

----- 5 -----

Serie
de
DATA

N₁

ECART DE TEMPERATURE ENTRE LES FACES DES PAROIS

200

7

L'unité est le °C

DATA	Période	MUR 1	MUR 2	MUR 3	MUR 4	SOL	PLAFOND
Série de DATA	1	36	36	31	31	26	41

2^e TEST DE CONTROLE

A introduire après l'introduction des données précédentes.

DATA	Variabes	Désignation	Valeur	Unité
1 DATA	CONT 2	2 ^e constante de contrôle	1 000	

Température d'introduction des emballages.période N°

Vous devez remplir N° exemplaire de ce type ; N° étant le nombre de période.

DATA	Variable	Désignation	Valeur	Unité				
<p>Serie de DATA</p>	<p><i>0217</i></p>	<p>Température d'introduction des emballages</p> <table border="1" data-bbox="663 708 1066 813"> <thead> <tr> <th data-bbox="663 708 747 766">N°</th> <th data-bbox="747 708 1066 766">denrées (en ordre)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="663 766 747 813">1</td> <td data-bbox="747 766 1066 813"><i>haricots verts</i></td> </tr> </tbody> </table>	N°	denrées (en ordre)	1	<i>haricots verts</i>	<p><u>38</u></p>	
N°	denrées (en ordre)							
1	<i>haricots verts</i>							

FLUX ET EPAISSEURS D'ISOLANTS

Ne remplir cet imprimé qu'après avoir rempli tous les imprimés concernant la température des emballages.

Le flux ϕ n'est à donner que si les épaisseurs ne sont pas imposées.

Ne pas oublier d'introduire CONT 3 (-1)

DATA	Variable	Désignation	Valeur	Unité
1 DATA	CONT 3	3è constante de contrôle	- 1	
1 DATA		flux thermique	<u>8</u>	Kcal/M ² h°C
1 DATA	ep	épaisseurs d'isolants imposées		
		MUR 1	-----	m
		MUR 2	-----	"
		MUR 3	-----	"
		MUR 4	-----	"
		SOL	-----	"
		PLAFOND	-----	"

4110 DATA 1,20,10,10,9,3,1,17.5,4,25
 4120 DATA 20,0,350,6,3,0.45,3,10,3
 4130 DATA 2700,18,-1
 4140 DATA 0.022,0.022,0.022,0.022,0.022,0.022
 4150 DATA 0
 4160 DATA 0
 4170 DATA 1
 4180 DATA 5
 4190 DATA 0.704
 4200 DATA 5.3
 4210 DATA 7
 4220 DATA 36,36,31,31,26,41
 4230 DATA 1000
 4240 DATA 33
 4250 DATA 33
 4260 DATA 0.91,0.35,0,0,5000,1250,10000
 4270 DATA 11900,2500,0,0
 4280 DATA -1
 4290 DATA 8

Polyurethane

4110 DATA 1,20,10,10,9,3,1,17.5,4,25
 4120 DATA 20,0,350,6,3,0.45,3,10,3
 4130 DATA 2700,18,-1
 4140 DATA 0.03,0.03,0.03,0.03,0.03,0.03
 4150 DATA 0
 4160 DATA 0
 4170 DATA 1
 4180 DATA 5
 4190 DATA 0.704
 4200 DATA 5.3
 4210 DATA 7
 4220 DATA 36,36,31,31,26,41
 4230 DATA 1000
 4240 DATA 33
 4250 DATA 33
 4260 DATA 0.91,0.35,0,0,5000,1250,10000
 4270 DATA 11900,2500,0,0
 4280 DATA -1
 4290 DATA 8

polystyrene

Panneaux
préfabriqués

EPAISSEURS D'ISOLANTS

MUR1	0.076 M
MUR2	0.076 M
MUR3	0.082 M
MUR4	0.082 M
SOL	0.082 M
PLAFOND	0.082 M

COEFFICIENTS DE TRANSMISSION THERMIQUE

MUR1	0.22	KCAL/H/M2/DC
MUR2	0.22	KCAL/H/M2/DC
MUR3	0.26	KCAL/H/M2/DC
MUR4	0.26	KCAL/H/M2/DC
SOL	0.31	KCAL/H/M2/DC
PLAFOND	0.20	KCAL/H/M2/DC

PERIODE 1

LE RENEUVELLEMENT D'AIR PAR LA PORTE EST SUFFISANT

BESOINS DE LA PERIODE 1

REFROIDISSEMENT DES DENREES	141050.0	KCAL/J
REFROIDISSEMENT DES EMBALLAGES	13562.5	KCAL/J
RESPIRATION	48500.0	KCAL/J
FERMENTATION	0.0	KCAL/J
DEPERDITION PAR LES PAROIS	56448.0	KCAL/J
RENEUVELLEMENT D'AIR	41813.5	KCAL/J
PUMPER	0.0	KCAL/J
PERSONNEL	151200.0	KCAL/J
ECLAIRAGE	1161.0	KCAL/J
VENTILATEURS	47472.0	KCAL/J
INSTRUMENTS	50120.7	KCAL/J

TOTAL 551328.0 KCAL/J

POISSANCE FRIGORIFERE 30629.3 KCAL/H

EMBAISSEURS D'ISOLANTS

MUR1	0.131 M
MUR2	0.131 M
MUR3	0.112 M
MUR4	0.112 M
SOL	0.073 M
PLAFOND	0.147 M

*isolation
traditionnelle*

COEFFICIENTS DE TRANSMISSION THERMIQUE

MUR1	0.722 KCAL/H/M2/UC
MUR2	0.722 KCAL/H/M2/UC
MUR3	0.76 KCAL/H/M2/UC
MUR4	0.76 KCAL/H/M2/UC
SOL	0.81 KCAL/H/M2/UC
PLAFOND	0.20 KCAL/H/M2/UC

PERIODE 1

LE RENOUVELLEMENT D'AIR PAR LA PORTE EST SUFFISANT

BESOINS DE LA PERIODE:

REFROIDISSEMENT DES DENREES	191050.0 KCAL/J
REFROIDISSEMENT DES EMBALLAGES	13582.5 KCAL/J
RESPIRATION	48500.0 KCAL/J
FERMENTATION	0.0 KCAL/J
DEPERDITION PAR LES PAROIS	56448.0 KCAL/J
RENOUVELLEMENT D'AIR	41813.5 KCAL/J
PUMPES	0.0 KCAL/J
PERSONNEL	151200.0 KCAL/J
ECLAIRAGE	1161.0 KCAL/J
VENTILATEURS	47472.0 KCAL/J
INCALCULABLES	50120.7 KCAL/J
TOTAL	551328.0 KCAL/J

PUISSANCE FRIGORIFIQUE	30629.3 KCAL/H
------------------------	----------------

échelle :
1 m = 1,5 cm

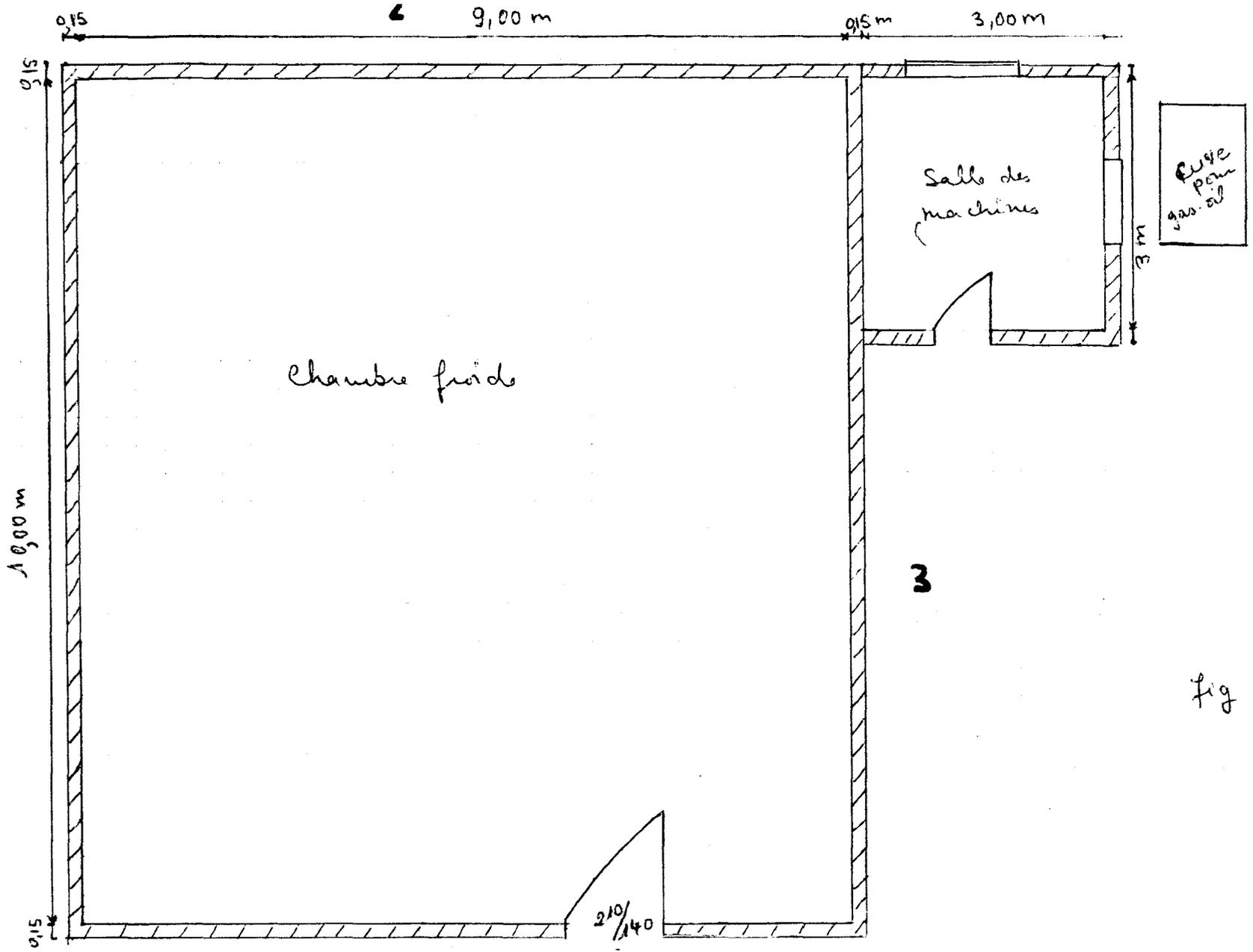


Fig 1

Vue en plan de la chambre froide

Route

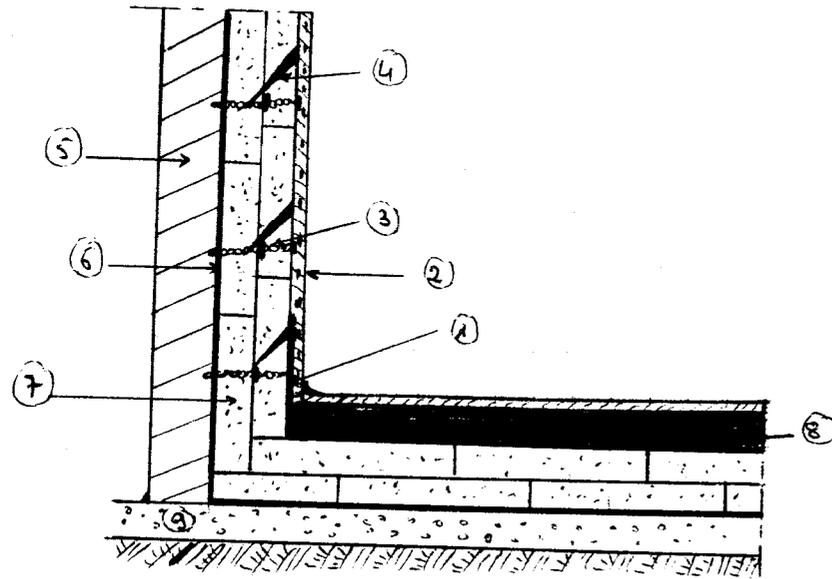


fig. 2

Isolation sol et paroi verticale (construction traditionnelle)

- ① écran par-vapeur et son retour vertical
- 2 - enduit ciment grillagé
- 3 - attache métallique et barrette
- 4 - cheville en bois dur
- 5 - maçonnerie (aggloméré 15x20x40)
- 6 - écran - par vapeur (flinkote)
- 7 - isolant (polystyrène).
- ⑧ dallage
- ⑨ béton de fond.

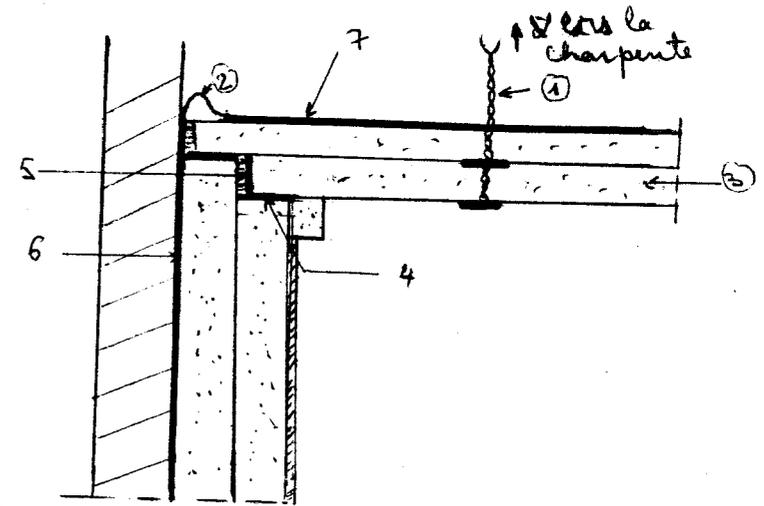


fig 3

Isolation plafond suspendu.

- 1 - attache métallique
- 2 - soufflet^{de} par-vapeur.
- 3 - isolant (polystyrène)
- 4 - mastic plastique
- 5 - joints précomprimés
- 6 et 7 écran par-vapeur.

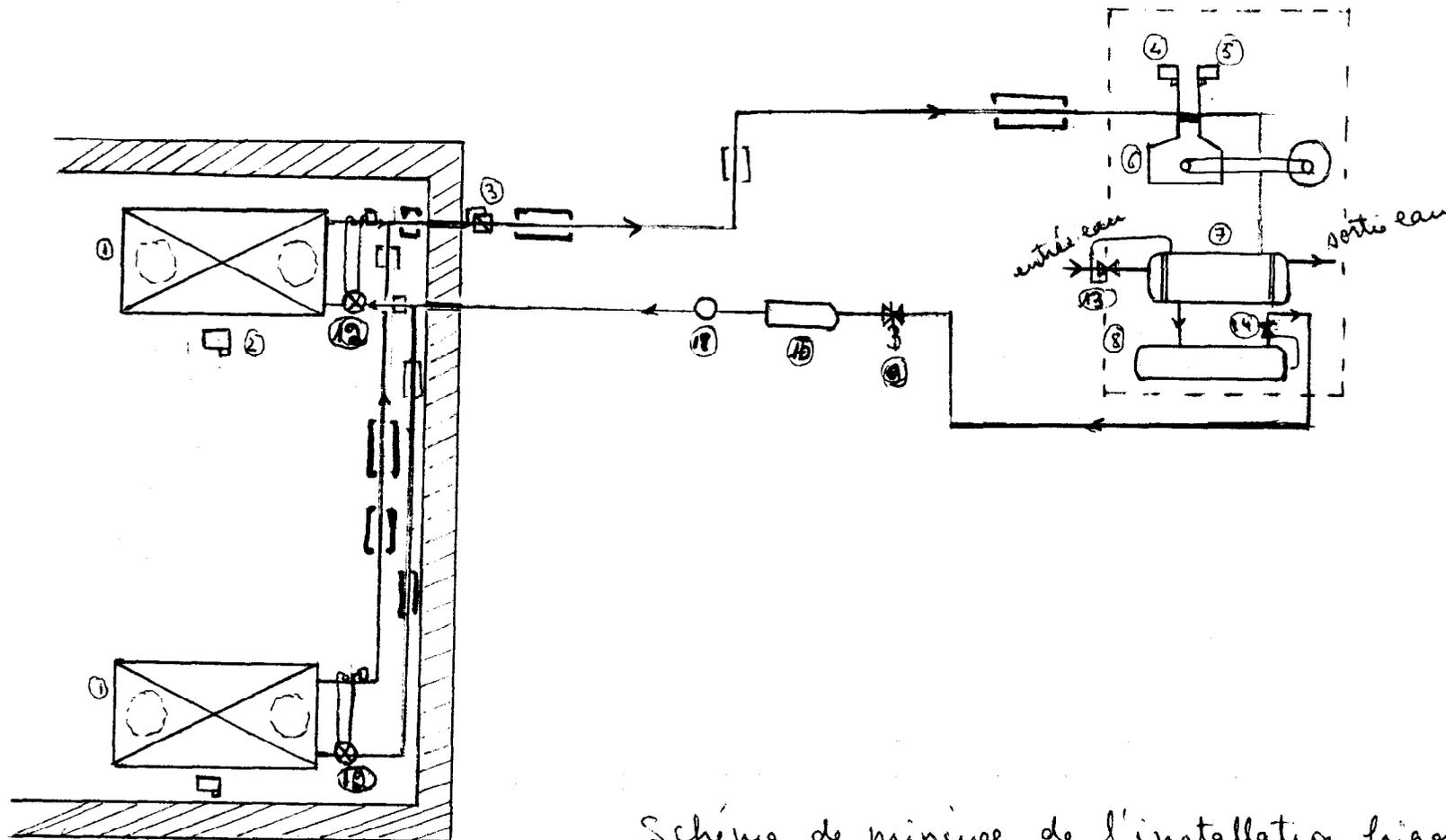


fig 4

Schéma de principe de l'installation frigorifique

(installation unique)

Légendes

[] isolation des circuits frigorifiques

① évaporateur
② thermostat

③ Vanne à pression constante

④ Pressostat basse pression

⑤ Pressostat haute pression

⑬ vanne automatique à eau

⑭ robinet d'arrêt de liquide

⑥ ⑦ ⑧ Groupe^{cc} condensation à eau
(Compresseur - Condenseur -
bouteille accumulative)

⑨ Vanne électromagnétique

⑩ désiccateur

⑮ Vanne à main

⑪ voyant

⑫ détendeur thermostatique à égalisation
pression externe

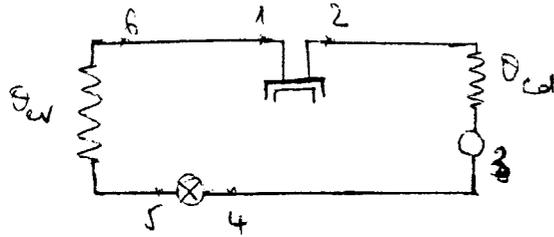


fig. 5 schéma du circuit figuratif.

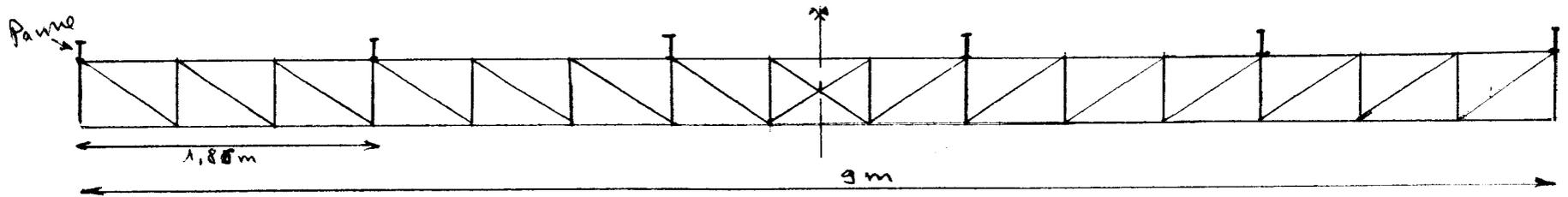
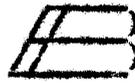


fig 6 Représentation schématique de la poutre en treillis

 BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Installations frigorifiques par J. Rapin
T1 et T2
 - 2 - Isolation frigorifique
Guide théorique et pratique par G. Ballet et M. Duminil
 - 3 - Applications frigorifiques
T1 et T2 par D. Colin
 - 4 - Manuel du frigoriste
T.II
Application du froid. L. Mireneau
 - 5 - Mémoire de fin d'étude de M. Waga année 1981/1982
 - 6 - Application du froid aux produits périssables
Institut International du Froid.
 - 7 - Cours Froid E.I.E.R. par J.P. LOREAU
M. DUMINIL
 - 8 - Catalogue Cefriset.
 - 9 - Série de prix "applicable aux travaux de bâtiments"
Artisanat et petites entreprises.
-