REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université YAHIA FARES MEDEA



Faculté de science et technologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour obtenir le diplôme de **MASTER**

SPECIALITE : génie climatique

ETUDE D'UN ENTRPOT FRIGORIFIQUE

Présenté par : Oughaghi abdelrrahim
Promoteur : Abudura salam

Les Jurys :

- **Chiba Younes**
- **Zemirline Adel**

Année universitaire : 2023-2024

Remercie

Je remercie tout d'abord dieu le tout puissant

Mes parents et tous les membres de la famille, Sans oublier mes camarades de classe climatique et tous les amis de ma région, et bien sûr mes profs et parmi eux mon promoteur Mr Abudura salam

Et mon collège Aymen bekhtaoui

Dédicaces

Je dédiée ce simple travaille à ma chère famille, mes parents mes frères et sœurs ainsi que ma mère qui n'ont jamais hésité à me donner le courage et la force pour travailler et aller de l'avant pour enfin arriver à concrétiser ce rêve

D'être diplômé en master 2

Tables des matières

Résumer **9**

NOMENCLATURE **10**

Référence bibliographique **13**

Introduction générale **15**

I. Chapitre 1: Types d'entrepôts et qualité d'utilisation **16**

1. Introduction **17**

2. La Définition de froid **17**

a. Le froid positif 17

b. Le froid négatif 17

3. La méthode d'obtention du froid **18**

Modes de production de froid 18

4. Théorie du froid **20**

❖ **Le cycle frigorifique de référence** 20

5. Les types d'un centre frigorifique **21**

Dépôt Frigorifique de Stockage Général 21

Dépôt Frigorifique pour Produits Réfrigérés 21

Dépôt Frigorifique Automatisé 21

Dépôt Frigorifique pour Produits Pharmaceutiques 21

Dépôt Frigorifique Portuaire 22

Dépôt Frigorifique Mobile 22

❖ **La chambre froide positive** 22

❖ **La chambre froide négative** 23

6. Les types des produits : **23**

Produits alimentaires congelés 23

Produits alimentaires réfrigérés 24

Produits pharmaceutiques 24

Produits chimiques sensibles à la température 25

Produits cosmétiques 25

Fleurs et plantes 25

Produits surgelés 25

Produits électroniques sensibles à la température 25

Produits de confiserie 25

Produits de restauration 25

Produits spécifiques au secteur de la santé 25

Tables des matières

7. Conclusion 27

II. Chapitre 2 : La construction de dépôt frigorifique 28

1. Introduction 29

2. But de travail 29

3. Les entrepôts frigorifiques 29

1) Définition d'une machine frigorifique 29

2) Compresseur 30

3) Compresseur à piston 30

4) Compresseur à vis (Sacre) 31

5) Le détendeur 33

6) L'évaporateur 34

7) Diagramme enthalpie du cycle frigorifique 35

8) Choix de fluide frigorigène 36

4. Fich technique 36

5. Propriétés 36

6. Garanties 37

7. Conclusion 37

III. Chapitre 3 : Calcul des charges thermiques des chambres froides 38

1. Introduction 39

2. Dimensions 39

3. Schéma des chambres 40

4. Température des chambres froides 41

5. Produits 41

Les oranges 41

6. Lieu d'installation de la chambre froide 44

7. Généralitées sur l'isolation 45

8. Les types d'isolants 45

Le liège 45

La fibre de verre 45

Le polystyrène expansé 46

Les mousses de polyuréthanne 46

Les caoutchoucs mousses 46

La Laine de roche 47

9. Les normes d'isolations 47

10. Le choix de l'isolant pour la chambre froide 47

Tables des matières

Les murs 47

Encadrement 47

Isolant 48

Épaisseurs de battant 48

Fermeture 48

11. Les calculs 48

Les charges externes : 48

Les charges internes : 48

Calcul de la chambre froide positive : 56

Calcul de la chambre froide négative : 64

Calcul SAS 73

12. CONCLUSION 78

IV. Chapitre 4 : Simulation de dépôt 79

1. Introduction 80

2. Chambre positive 80

3. Chambre négative 82

4. Sas 83

5. Validation de résultat 85

6. Système de régulation Recommandé 85

7. Conclusion 87

Conclusion générale 88

Liste des tableaux

Tableau 1:Température de conservation des denrées chambre positive 22

Tableau 2: Température de conservation des denrées chambre négative 23

Tableau 3: Température de conservation des denrées 26

Tableau 4: propriétés 36

Tableau 5: Garanties 37

Tableau 6: dimensions la chambre froide utilisé 39

Tableau 7:La déférence de température 41

Tableau 8:résistance thermique superficiel des parois d'une chambre froide 57

Tableau 9: valeurs des coefficients de transmission thermique k (w/m²) 57

Tableau 10: Calcule la quantité de chaleur échangée à travers les parois 58

Tableau 11: quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne 61

Tableau 12: Les différentes charges sur la chambre positive 63

Tableau 13: résistance thermique superficiel des parois d'une chambre froide 65

Tableau 14: Coefficients de conductibilité thermique des isolants utilisés pour les Murs des chambres froides traditionnelles 65

Tableau 15 : valeur des coefficients de transmission thermique ..... *Error! Bookmark not defined.*

Tableau 16:calcul la quantité de chaleur échangée à travers les parois 67

Tableau 17: quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne activité moyenne donne une chambre froide 69

Tableau 18: Les différentes charges sur la chambre négative 71

Tableau 19: calcule la quantité de chaleur échangée à travers les parois (Q tp) 73

Tableau 20: quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne activité moyenne 75

Tableau 21: Les différentes charges sur la chambre SAS 77

Liste des figures

Figure 1:principe de production du froid. *18*
Figure 2: Schéma de la machine frigorifique de base *20*
Figure 3: circuit frigorifique simplifié *30*
Figure 4 : Compresseur à piston *31*
Figure 5:Compresseur à vis *31*
Figure 6: Compresseur centrifuge *32*
Figure 7: schéma condenseur *33*
Figure 8: détende *34*
Figure 9: Schéma évaporateur *35*
Figure 10: Enthalpie du cycle frigorifique *35*
Figure 11: schéma en 3D de dépôt *40*
Figure 12: Schéma en 2D *40*
Figure 13 : les oranges *41*
Figure 14: La viande *43*
Figure 15: Diagramme de la chambre positive (SOLKANE) *80*
*Figure 16: L'évaporateur AKH 1*5D A1 L (FRIGASOFT)* *81*
*Figure 17: L'évaporateur AKH 1*5D A1 L* *81*
Figure 18: Diagramme de la chambre froid négative (SOLKANE) *82*
*Figure 19 : L'évaporateur NKH 1*5Y A1S (FRIGASOFT)* *82*
*Figure 20: L évaporateur NKH 1*5Y A1 S* *83*
Figure 21: Diagramme sas (SOLKANE) *83*
Figure 22: L évaporateur NTA M 6R-AC GV(FRIGASOFT) *84*
Figure 23: L évaporateur NTA M 6R-AC GV *84*
Figure 24:validation de résulta *85*

Résumer

Résumer

Cette étude pour réaliser une chambre froide comprenant deux chambres, l'une négative et l'autre positive, afin de stocker la viande et l'orange.

Ainsi, nous avons examiné tous les éléments qui jouent un rôle dans le calcul des pertes thermiques afin de déterminer précisément la puissance frigorifique nécessaire pour préserver la qualité et la durabilité de ces aliments.

Nous sommes satisfaits de nos résultats car nous avons obtenu une puissance totale nécessaire

Mot clée : réalisation, déperditions thermique, puissance frigorifique

A summary

research on the implementation of a cold room for the storage of meat and oranges that has two chambers—one positive and the other negative.

In order to ascertain the amount of refrigeration power required to maintain the durability and quality of these meals, we have examined the computations that deal with heat loss.

As we obtained the required overall power in a decent amount of time, our results are satisfactory.

Observation, heat loss, and cold power are the key words.

الملخص

تتكون الدراسة من غرفة باردة مكونة من غرفتين، واحدة سلبية والآخرى إيجابية وذلك من اجل تخزين اللحوم والبرتقال

ولهذا قمنا بدراسة الحسابات التي تتدخل في فقدان الحرارة لتحديد قدرة التبريد اللازمة للحفاظ على جودة ومتانة هذه

الأطعمة نتائجنا كانت مرضية منذ ان وجدنا إجمالي الطاقة اللازمة المطبقة معقولة

الكلمات المفتاحية: تحقيق، تسربات الحرارة، قدرة التبريد

NOMENCLATURE

Symbol	Désination	unite
K	Coefficient de transmission thermique de parois	(W/m^2K)
S	Surface des parois	(m^2)
ΔT	Difference de temperature des 2 côtés de la parois	
N	Nombre de renouvellement d'air	
V	Volume de la chamber froide	(m^3)
t_a	Temperature de la chamber froide	(kg / m^3)
ρ_a	Masse volumique de lair du coté de la Porte autre que la chamber froide	(kg / m^3)
ρ_f	Masse volumique de l'air dans la chamber froide	(kg / m^3)
S_P	Surface des portes	(m^2)
C_{ra}	Coefficient de minoration rideaux d'air	C_{ra} = 0.25
d_t	Durée moyenne ouverture des ports	(min/h)
f_{ii}	Flux journalier des marchandises	(Tone/ jour.)
N	Nombre de luminaires	
P	Puissance de chaque luminaire	(W)
T	Durée de fonctionnement des luminaires	(h/j)
r	Durée de fonctionnement	(W)
M	Masse de denrées introduites chaque jour	(h/j)
C_1	Capacité thermique massique de t_1 et t_2	(kJ/kg k)
T_1	Temperature initiale	(°c)
T_2	Chaleur latent massique de congelation	(kJ/ kg. k)
C_2	Capacité thermique massique	(kJ/ kg. k)
T_3	Temperature d'entreposage	(°c)

Nomenclature

QRESP	Chaleur de respiration considerer	(kJ/kg °c)
$\emptyset_{INT}$	Charge thermique intermédiaire	(W)
r_{iinst}	Durée de marche de l'installation frigorifique	(h / J)
N	Nombre de moteurs de ventilateurs	
P	Puissance du ventilateur considérée	(W)
r_{evap}	Durée de fonctionnement des ventilateurs	(h / J)
τ_{inst}	Durée de marche de l'installation frigorifique	(h / J)
r	Durée de fonctionnement	(W)
M	Masse de denrées introduites chaque jour	(h/j)
C_1	Capacité thermique massique de t_1 et t_2	(kJ/kg k)
T_1	Température initiale	(°c)
T_2	Chaleur latente massique de congelation	(kJ/ kg. k)
C_2	Capacité thermique massique	(kJ/ kg. k)
T_3	Température d'entreposage	(°c)
M	Masses de marchandise considérée	(kg)
QRESP	Chaleur de respiration considérée	(kJ/kg °c)
$\emptyset_{INT}$	Charge thermique intermédiaire	
r_{inst}	Durée de marche de l'installation frigorifique	(h / J)
N	Nombre de moteurs de ventilateurs	
P	Puissance du ventilateur considérée	(W)
r_{evap}	Durée de fonctionnement des ventilateurs	(h / J)

Nomenclature

T_{inst}	Durée de marche de l'installation frigorifique	(h / J)
$\mathbf{1}/\boldsymbol{h_i}$	Résistance thermique superficiel interne	(m^2 .k/w)
$\boldsymbol{e_{iso}}/\boldsymbol{\lambda_{iso}}$	Résistance thermique des couches des matériaux constituant les parois	(m^2.k/w)
$\mathbf{1}/\boldsymbol{h_e}$	Résistance thermique superficiel externe	(m^2.k/w)

Référence bibliographique

[1] W.MAAKE- H.-J. ECKERT – Jean-Louis CAUCHEPIN, PYC .éditions. 1993, LePohlman – Manuel technique du froid, Évaluation des ambiances froides. Détermination de l‟isolement. Rapport technique.

ISO/TR11079. Décembre 1993. Saint-Denis La Plaine: AFNOR

[2] Keenan, E.P. Neumann, F. Lustwerk, An investigation of ejector design by analysis and experiment, ASME Journal of Applied Mechanics.72 (1950) P299-309.

[3] R. Daoudi, Thermo frigo pompe à absorption à eau – bromure de lithium pour hautes température : Modélisation, conception, et analyse exégétique, thèse de doctorat, INPL, 1999.

[4] C. Shein et R. Radermacher. Scroll compressor simulation model. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power123 (2001).

[5] D. Ayat, et S. ChaibRasou, Machines Frigorifiques.Mémoire de Licence Energétique : Université Badji Mokhtar –Annaba, 2016.

[6] http://iutp.univ-poitiers.fr/gte/la-formation/les-matieres-enseignees-au departementgte/machines-frigorifiques/

[7] Article associés : chapitre (Machine frigorifique). A.Taieb et Y. Ben Salem

Introduction générale

Introduction générale

Le froid est devenu une énergie indispensable pour notre vie courante.

Le froid trouve des nombreuses applications dans des domaines très variés (industries agro-alimentaires, médecine, confort thermique…) et c'est dans le domaine alimentaire que le froid occupe une place prépondérante car il permet de limiter les gaspillages (pertes après récolte …) et de prolonger la durée de conservation des produits ce qui permet un élargissement des échanges.

Pour les produits fabriqués par l'industrie agroalimentaire (lait, fromage…), le froid permet d'améliorer leur qualité en favorisant la maîtrise des conditions de fabrication par une optimisation des paramètres climatiques influençant le comportement des microorganismes. Le froid permet aussi l'augmentation du volume de production agricole par la modification du cycle végétatif des plantes améliorant ainsi leur rendement (printanisation des céréales…).

Les machines frigorifiques classiques à compression comportent essentiellement des condenseurs, des évaporateurs, des compresseurs et des détendeurs. [1] Pour le bon fonctionnement de ces machines, il est primordial d'utiliser comme fluide de travail un fluide appelé frigorigène.

Un dépôt frigorifique joue un rôle essentiel dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire en assurant le stockage sécurisé et la conservation des produits périssables, qu'ils nécessitent des températures positives ou négatives. Cette installation stratégique est conçue pour maintenir des conditions spécifiques de température et d'humidité, garantissant ainsi la qualité et la fraîcheur des produits pendant leur entreposage, L'aménagement d'un dépôt frigorifique peut comprendre différentes zones, chacune adaptée aux besoins spécifiques des produits à stocker. Typiquement, on trouve des chambres à température positive pour les produits frais tels que les fruits, légumes, et produits laitiers, ainsi que des chambres à température négative pour les produits congelés comme la viande, le poisson et les plats cuisinés. En outre, un espace intermédiaire, parfois appelé salon avant stockage, peut être aménagé pour la réception, le triage et la préparation des produits avant leur stockage dans les chambres frigorifiques, La conception et la gestion efficaces d'un tel dépôt nécessitent une planification minutieuse, intégrant des considérations telles que la capacité de stockage, les exigences de température, la circulation des marchandises, la sécurité alimentaire, ainsi que les réglementations environnementales et sanitaires.

Dans ce mémoire, nous allons explorer en détail les différents aspects liés à la conception, la construction, l'exploitation et la gestion d'un dépôt frigorifique, en mettant particulièrement l'accent sur les défis et les meilleures pratiques associés à la coexistence de chambres à température positive et négative, ainsi que l'optimisation de l'espace et des flux de travail dans un environnement complexe et exigeant.

I. Chapitre 1: Types d'entrepôts et qualité d'utilisation



1. Introduction

Dans le paysage économique actuel, les dépôts frigorifiques jouent un rôle crucial dans la chaîne d'approvisionnement, assurant la conservation optimale de produits sensibles à la température.

Ce mémoire se penchera sur l'importance des dépôts frigorifiques, en mettant l'accent sur deux aspects fondamentaux :

Le type de produit entreposé et le type de dépôt lui-même.

L'objectif principal sera d'analyser comment ces deux variables interagissent pour influencer l'efficacité opérationnelle, la rentabilité et la durabilité environnementale des dépôts frigorifiques. En examinant ces éléments, nous espérons éclairer les pratiques optimales dans ce domaine crucial de la logistique moderne.

2. La Définition de froid

C'est la sensation que fait éprouver l'absence, la perte ou la diminution de la chaleur, il indique simplement l'absence ou la diminution de la chaleur.

Un corps est qualifié de « froid » s'il est en contact thermique avec un autre corps de température plus élevée et duquel il est susceptible de recevoir de la chaleur.

Le transfert de la chaleur naturelle ce fait toujours au niveau de température T_a haut vers le niveau de température bas T_b.

D'une façon générale dans le domaine de froid on trouve deux types fondamentaux :

a. Le froid positif

La réfrigération (Climatisation inclus) $T \geq 00°C$consiste à produire et maintenir une température inférieure à la température ambiante.

b. Le froid négatif

La congélation $T < 0°C$.

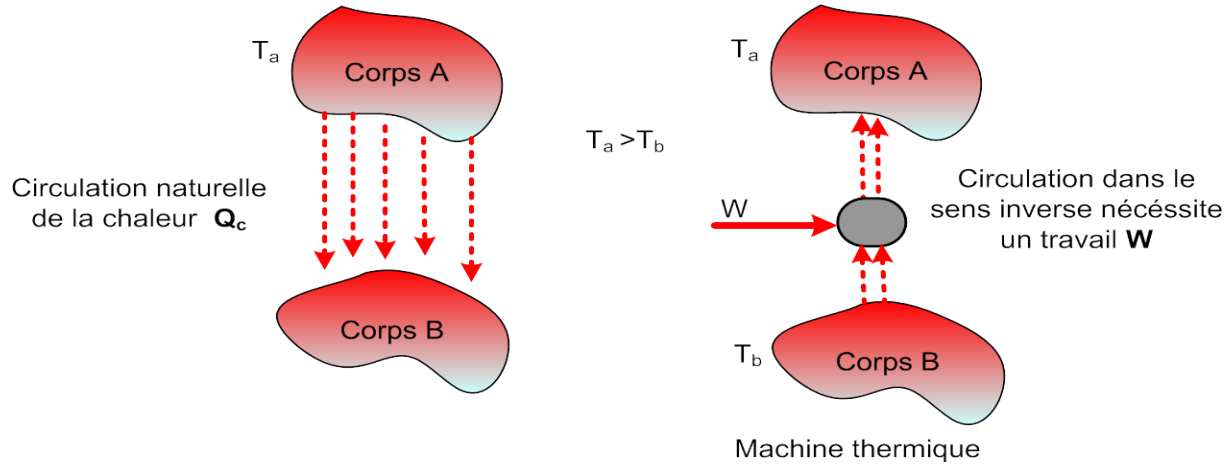


Figure 1:principe de production du froid.

3. La méthode d'obtention du froid

Modes de production de froid

Toute transformation endothermique peut constituer un procédé capable de produire du froid.
La production du froid qui consiste à absorber la chaleur contenue dans un milieu peut être obtenue suivant plusieurs modes.
Parmi les différentes modes de production du froid, il faut retenir :

- La sublimation d'un solide (cas du CO2)
- La détente d'un gaz comprimé
- La fusion d'un corps solide
- Le refroidissement thermoélectrique
- La dissolution de certains sels
- La désaimantation adiabatique
- La vaporisation d'un liquide en circuit fermé.

a) Sublimation d'un solide :

La sublimation d'un solide consiste à le faire passer de l'état solide à l'état vapeur par absorption de chaleur, le cas le plus courant est celui du CO2 qui à la pression atmosphérique a une température de sublimation de – 78.9°C.

b) Détente d'un gaz comprimé :

La détente d'un gaz comprimé repose sur le principe de l'abaissement de la température d'un fluide lors de sa détente (avec ou sans travail extérieur). Cependant, cet abaissement est plus important lors de la détente sans travail extérieur (détente Joule -Thomson : étranglement à travers une vanne) mais il ne faut pas perdre de vue que le refroidissement du gaz détendu aura lieu seulement dans le cas où sa température avant la détente serait inférieure à la température d'inversion de l'effet Joule - Thomson.[2]

c) Fusion d'un corps solide

La fusion d'un corps solide se fait à température constante par absorption de la chaleur latente de fusion du corps considéré, ce procédé discontinu bien que simple présente l'inconvénient de nécessiter une congélation préalable à moins que cet état ne soit disponible à l'état naturel

d) Refroidissement thermoélectrique :

Le refroidissement thermoélectrique (effet Peltier) est utilisé pour produire de très petites quantités de froid. Il consiste à faire passer un courant continu dans un thermocouple constitué de conducteurs de natures différentes reliés alternativement par des ponts décuivre.

e) Dissolution de certains sels :

La dissolution d'un sel dans l'eau provoque un abaissement de la température de la solution. Ce n'est pas un phénomène très utilisé dans l'industrie frigorifique à cause de la nécessité de vaporisation ultérieure de l'eau (récupération du sel). Par exemple, le mélange de neige (4 parties) et de potasse (3 parties) fait baisser la température de la solution de 0°C à 40°C.

f) Désaimantation adiabatique :

La désaimantation adiabatique consiste en une réorganisation du cortège électronique d'un corps, ce qui permet l'obtention de très basses températures (102 à 106 K).

g) Vaporisation d'un liquide en circuit ferme :

La vaporisation d'un liquide permet deproduire du froid par l'absorption de la chaleur à travers un échangeur (évaporateur), la vapeur produite étant ultérieurement liquéfiée dans un autre échangeur (condenseur), le fluide décrit ainsi un cycle au sein d'une machine fonctionnant de manière continue.

Remarque :

La vaporisation d'un liquide en circuit fermé reste la méthode la plus utilisée pour la production du froid [3]

4. Théorie du froid

❖ Le cycle frigorifique de référence

Le cycle frigorifique d'une machine frigorifique est habituellement représenté dans le diagramme thermodynamique enthalpie (h) - pression (Log P) appelé diagramme Enthalpie ou diagramme de Molliere des frigoristes.

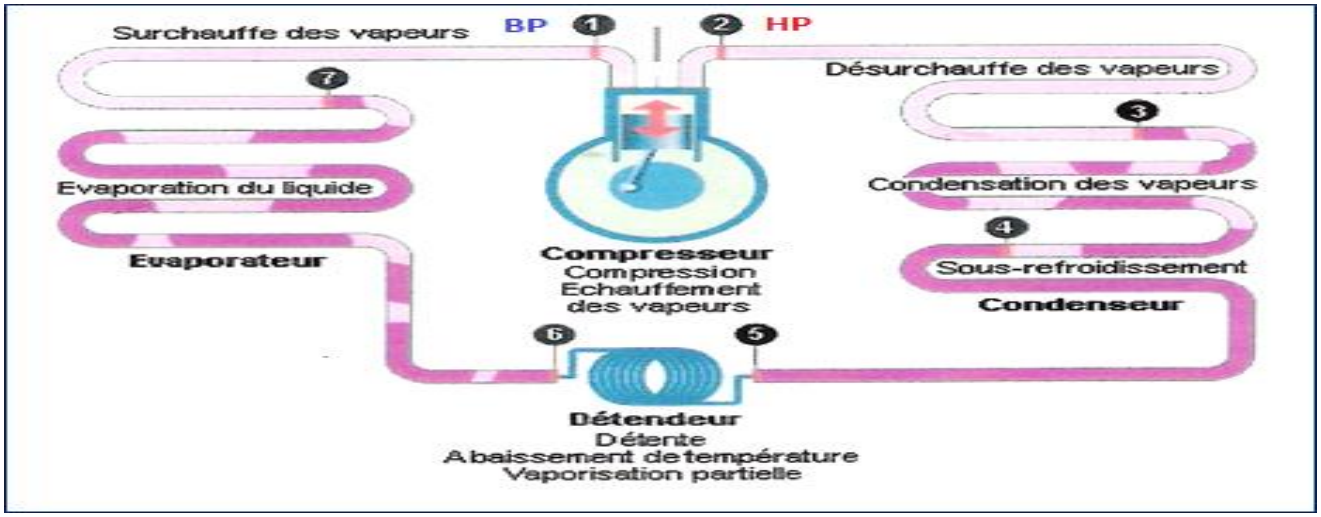


Figure 2: Schéma de la machine frigorifique de base

Suivant le schéma de la machine frigorifique de la figure 1.0, le fluide frigorigène (FF)Circulant dans le circuit frigorifique suit les évolutions suivantes :

- Entre 1 et 2 : compression des vapeurs de FF qui passent d'un niveau de basse
- Pression (BP) à un niveau de haute pression (HP)
- Entre 2 et 3 : désurchauffe des vapeurs de FF HP
- Entre 3 et 4 : condensation des vapeurs de FF HP qui deviennent du FF liquide HP
- Entre 4 et 5 : sous refroidissement du FF liquide HP
- Entre 5 et 6 : détente du FF liquide HP qui devient un mélange de liquide BP et d'unefaible

quantité de vapeurs BP

- Entre 6 et 7 : évaporation du FF liquide BP qui devient des vapeurs de FF BP
- Entre 7 et 1 : surchauffe des vapeurs de FF BP

5. Les types d'un centre frigorifique

Dépôt Frigorifique de Stockage Général

- Température : Maintient généralement une température entre 0°C et 5°C pour les produits réfrigérés.

- Capacité de Stockage : Peut avoir une capacité de stockage allant de 5 000 à 50 000 mètres cubes, selon la taille de l'installation.

Dépôt Frigorifique pour Produits Surgelés

- Température : Maintien des températures inférieures à -18°C pour assurer la congélation adéquate des produits.

- Capacité de Stockage : Les installations peuvent avoir une capacité de stockage de 2 000 à 20 000 tonnes, selon leur taille.

Dépôt Frigorifique pour Produits Réfrigérés

- Température : Maintient une plage de température de 2°C à 8°C pour les produits réfrigérés.

- Capacité de Stockage : La capacité varie généralement de 1 000 à 10 000 mètres cubes, en fonction de la taille et de la conception.

Dépôt Frigorifique Automatisé

- Automatisation : Peut utiliser des systèmes de robotique avancés avec des taux de précision élevés (jusqu'à 99%) pour le mouvement des produits.

- Capacité de Stockage Automatisée : Certains entrepôts automatisés peuvent stocker jusqu'à 100 000 palettes ou plus.

Dépôt Frigorifique pour Produits Pharmaceutiques

- Température Contrôlée : Maintien des températures spécifiques conformes aux normes pharmaceutiques, souvent entre 2°C et 8°C.

- Sécurité : Des systèmes de sécurité avancés, tels que des caméras de surveillance et des accès sécurisés, sont mis en place.

Dépôt Frigorifique Portuaire

- **Proximité des Ports :** Situé à moins de 5 kilomètres des ports maritimes pour faciliter le transfert rapide des marchandises.

- **Capacité de Transbordement :** Peut gérer le transbordement de plusieurs milliers de tonnes de marchandises par jour.

Dépôt Frigorifique Mobile

- **Capacité de Stockage :** Les conteneurs réfrigérés mobiles peuvent avoir une capacité de stockage allant de 10 à 30 tonnes, en fonction de leur taille.

- **Mobilité :** Peut être déplacé rapidement et installé à différents endroits en fonction des besoins logistiques.

On trouve deux classes selon la température.

❖ La chambre froide positive

Lorsque on veut stocker des denrées alimentaire, laquelle la température de conservation est inférieur à dix degrés degré Celsius 10, ont utilisé une chambre froid positif.

La conservation en chambre froid positive freine les phénomènes vitaux des tissus vivants, tels que ceux des fruits et légumes et des tissus morts en ralentissant les métabolismes biochimiques.

Elle ralentit considérablement l'évolution microbienne et les conséquences de celles-ci (putréfaction, toxines) :

Température positive(0< T ≤ 15 °C) Réfrigération	Chambre froide Poisson	2 à 4 c°
	Chambre froide fruit et legumes	4 à 6 c°
	Chambre froide patisserie	2 à 4 c°
	Chambre froide viand	2 à 4 c°
	chambre froide de jour	2 à 4 c°
	Cave à vin conditioner	10 à 12 c°/HR75%
	Local de tranchage	10 c°

Tableau 1:Température de conservation des denrées chambre positive

❖ La chambre froide négative

Lorsque on veut stocker des produits dont la température de conservation est inferieur a dix –huit degrés Celsius, ont utilisé une chambre froide négative .on les appelles aussi chambre de congélation.

La surgélation :

La congélation peut être suivie d'une surgélation rapide. La surgélation des denrées consiste à soumettre à celles-ci l'action du froid à basse température, de façon à provoquer rapidement la cristallisation de l'eau de la denrée et abaisser sa température a une valeur suffisamment basse pour que la proportion d'eau non congelée soit très faible

Les conditions qui motivent la surgélation sont :

- Produits dans un très bon état de fraicheur et d'hygiène.

-délai avant congélation réduite.

-congélation rapide jusqu'à – 18°C

-stockage et distribution a une température supérieure à -18°C

-vente de denrées au consommateur à l'état congelé.

	Local de stockage des déchets	10 a 15 c°
Température négative (T≤ 0°C) Congélation	Crèmes glacier	-18c°
	La pêche congelée	-18c°
	Poisson entire congeals	-9c°
	Congélateur	-20 à -30 c°

Tableau 2: Température de conservation des denrées chambre négative

6. Les types des produits :

Produits alimentaires congelés

Les produits alimentaires congelés comprennent une variété d'articles qui nécessitent des conditions spécifiques de stockage pour garantir leur qualité et leur salubrité. Voici quelques exemples de produits alimentaires congelés courants et les températures de conservation recommandées :

- Viandes :

- Température de conservation : Généralement, les viandes congelées sont stockées à des températures inférieures à -18°C. Cela s'applique aux viandes de bœuf, de porc, de volaille, de poisson, etc.

- Fruits de mer :

- Température de conservation : Les fruits de mer congelés, tels que les crevettes, les poissons, les moules, sont conservés à des températures similaires à celles des viandes, généralement inférieures à -18°C.

- Produits de boulangerie :

- Certains produits de boulangerie précuits ou prêts à être cuits peuvent être stockés congelés. Les températures de stockage peuvent varier, mais elles sont généralement inférieures à -18°C.

-Produits laitiers :

- Certains produits laitiers congelés, tels que les crèmes glacées, les fromages, peuvent être conservés à des températures comprises entre -20°C et -30°C.

- Légumes :

- Les légumes congelés sont généralement stockés à des températures inférieures à -18°C pour maintenir leur qualité nutritionnelle et leur texture.

-Plats préparés :

- Plats cuisinés et préparations alimentaires congelées. Les températures de stockage varient en fonction

Du type de plat, mais elles sont généralement inférieures à -18°C.

Produits alimentaires réfrigérés

- Température de stockage : entre 0°C et 4°C.

- Produits laitiers : lait, fromages, yaourts, etc.

- Viandes fraîches.

- Charcuterie.

- Fruits et légumes frais.

Produits pharmaceutiques

Température de stockage : peut varier en fonction des médicaments, généralement entre 2°C et 8°C (réfrigérés) ou en dessous de 0°C (congelés).

- Certains médicaments et vaccins qui nécessitent un stockage à basse température pour maintenir leur efficacité.

Produits chimiques sensibles à la température

- Certains produits chimiques industriels qui nécessitent un environnement réfrigéré pour maintenir leur stabilité.

Produits cosmétiques

- Certains produits cosmétiques, en particulier ceux contenant des ingrédients sensibles à la chaleur.

Fleurs et plantes

- Fleurs coupées et plantes qui peuvent être stockées dans des conditions réfrigérées pour prolonger leur durée de vie.

Produits surgelés

-Température de stockage : inférieure à -18°C.

- Outre les aliments congelés, cela peut inclure des produits comme des glaces et des pâtisseries surgelées.

Produits électroniques sensibles à la température

- Composants électroniques

- Équipements électroniques spécifiques

Produits de confiserie

- Chocolats

- Bonbons sensibles à la chaleur

Produits de restauration

- Produits préparés pour la restauration (pâtes, sauces, etc.)

Produits spécifiques au secteur de la santé

Dans le secteur de la santé, certains produits, notamment pharmaceutiques et médicaux, nécessitent des conditions de stockage spécifiques pour garantir leur efficacité et leur sécurité. Voici quelques exemples de produits spécifiques au secteur de la santé et leurs exigences de température de conservation :

Vaccins :

Température de conservation : La plupart des vaccins doivent être conservés entre 2°C et 8°C. Certains vaccins peuvent nécessiter une congélation à des températures plus basses.

Médicaments thermosensibles :

Certains médicaments, tels que les antibiotiques, les insulines et d'autres produits biologiques, peuvent être sensibles à la chaleur et nécessiter une conservation à des températures spécifiques, généralement entre 2°C et 8°C.

Échantillons médicaux :

Pour les échantillons biologiques, tels que les échantillons sanguins, les tissus, etc., les conditions de stockage peuvent varier en fonction des exigences spécifiques du type d'échantillon. Certains peuvent nécessiter une conservation à des températures très basses, comme -80°C.

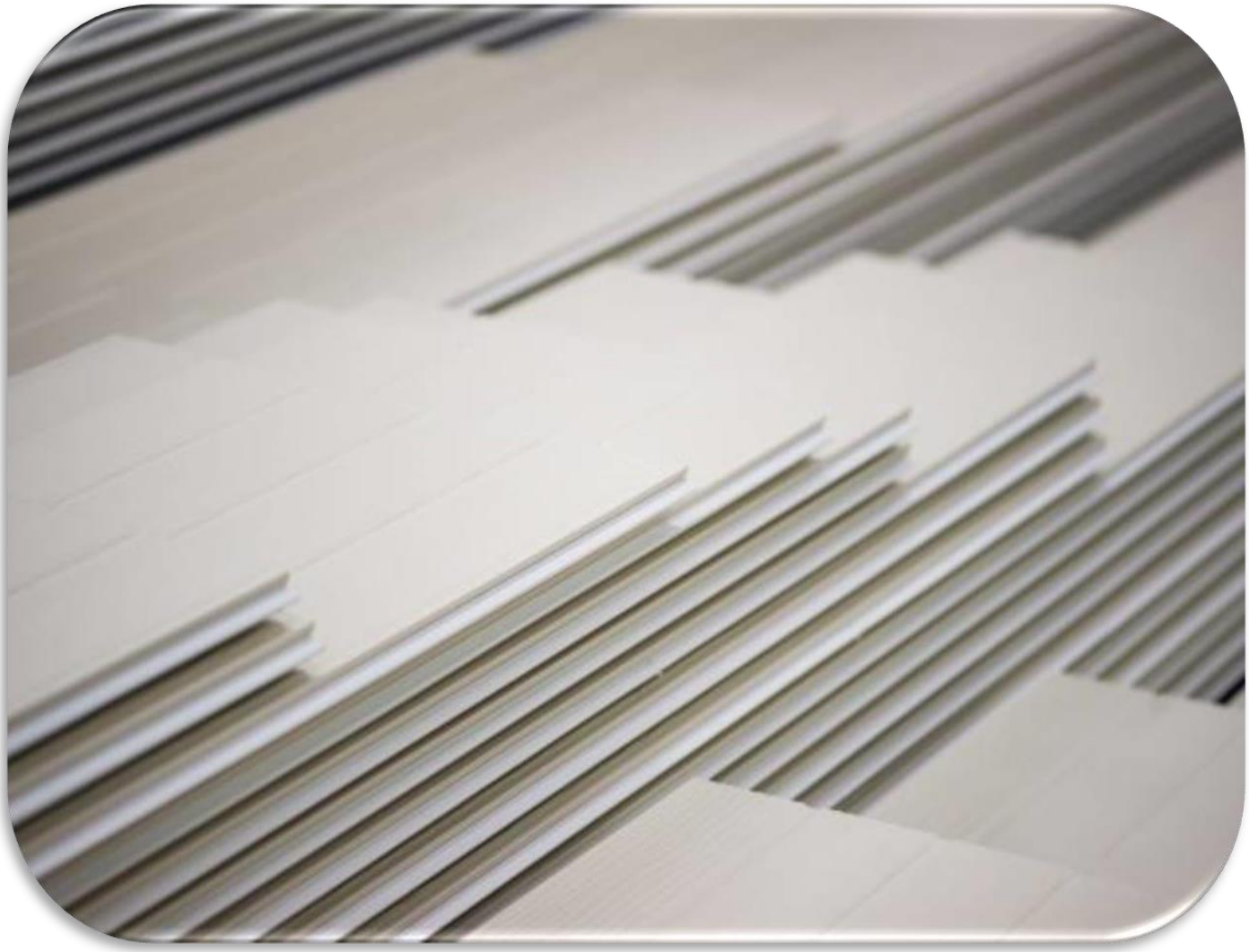
Température positive (0< T ≤ 15 °C) Réfrigération	Chambre froide poisson	2 à 4 c°
	Chambre froide fruit et légumes	4 à 6 c°
	Chambre froide pâtisserie	2 à 4 c°
	Chambre froide viande	2 à 4 c°
	Chambre froide de jour	2 à 4 c°
	Cave à vin conditionnée	10 à 12 c°/HR 75 %
	Local de tranchage	10 c°
	Local de stockage des déchets	10 c°
Température négative (T≤ 0°C) Congélation	Crèmes glacées	- 18c°
	La pêche congelée	- 18c°
	Poisson entier congelé s	- 9c°
	Congélateur	-20 à -30 c°

Tableau 3: Température de conservation des denrées

7. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a mis en lumière l'importance critique du choix du type de produit et du type de dépôt dans la gestion efficace des dépôts frigorifiques. Nous avons constaté que la nature des produits stockés influence directement les exigences en matière de température, d'humidité et d'infrastructure, tandis que le type de dépôt impacte la flexibilité opérationnelle, les coûts et même l'empreinte environnementale. En intégrant une approche stratégique dans la sélection de ces variables, les gestionnaires de dépôts frigorifiques peuvent améliorer considérablement leurs performances et leur durabilité à long terme. Ce mémoire aspire à servir de guide pour les professionnels cherchant à optimiser leurs opérations dans ce domaine essentiel de la logistique moderne.

II. Chapitre 2 : La construction de dépôt frigorifique



Chapitre 2 : La construction de dépôt frigorifique

1. Introduction

La construction de dépôts frigorifiques est une étape cruciale dans l'industrie alimentaire et logistique, offrant un environnement contrôlé pour la conservation des produits périssables. Ces installations sont essentielles pour garantir la qualité, la fraîcheur et la sécurité des denrées tout au long de leur chaîne d'approvisionnement. De plus, avec l'évolution des normes sanitaires et environnementales, la conception et la construction de ces entrepôts nécessitent une expertise pointue pour répondre aux exigences réglementaires et industrielles. Dans cette perspective, cette étude explorera les principaux aspects à prendre en compte lors de la construction de dépôts frigorifiques, mettant en lumière les défis, les meilleures pratiques et les innovations dans ce domaine.

2. But de travail

Pour cela on va étudier un entrepôt frigorifique centralisé composé de trois (3) chambres froides, une pour la conservation de l'Orange à une température positive à 6 °C, et une autre pour la conservation de la viande à une température négative à -18 °C plus un SAS qu'on veut à 15°C.

3. Les entrepôts frigorifiques

Un entrepôt frigorifique est un ensemble de bâtiments thermiquement isolés destiné pour l'entreposage des produits périssables dans des conditions d'humidités relatives et températures bien Définies.

Ils existent trois principaux types classés suivant leur utilisation :

- Les entrepôts de distribution et de consommation ;
- Les entrepôts de conservation à long terme ;
- Les entrepôts de production.

1) Définition d'une machine frigorifique

Une machine frigorifique est une machine thermodynamique destinée à assurer le froid d'un local ou d'un système à partir d'un apport de travail produit par une source de chaleur externe.

On peut définir également la machine frigorifique comme un matériel permettant de réaliser l'écoulement de chaleur dans le sens inverse du sens naturel, c'est–à–dire d'un milieu chaud vers un milieu froid. Une dépense d'énergie sera bien entendu inévitable pour réaliser ce transfert inverse. L'énergie nécessaire pour assurer le transfert doit être inférieure à l'énergie calorifique utile pour que le système ait un quelconque intérêt.

Généralement la machine frigorifique a pour éléments principaux :

- l'évaporateur : placé dans le milieu à refroidir pour assurer la production frigorifique.
- le condenseur : placé dans le milieu auquel on désire céder une quantité de chaleur.

- le compresseur : permettant d'assurer un mouvement continu du fluide frigorigène et de le faire comprimer de la basse pression à la haute pression.
- La machine frigorifique est basée sur la propriété des fluides frigorigènes de s'évaporer et de se condenser à des températures différentes en fonction de la pression. [4]

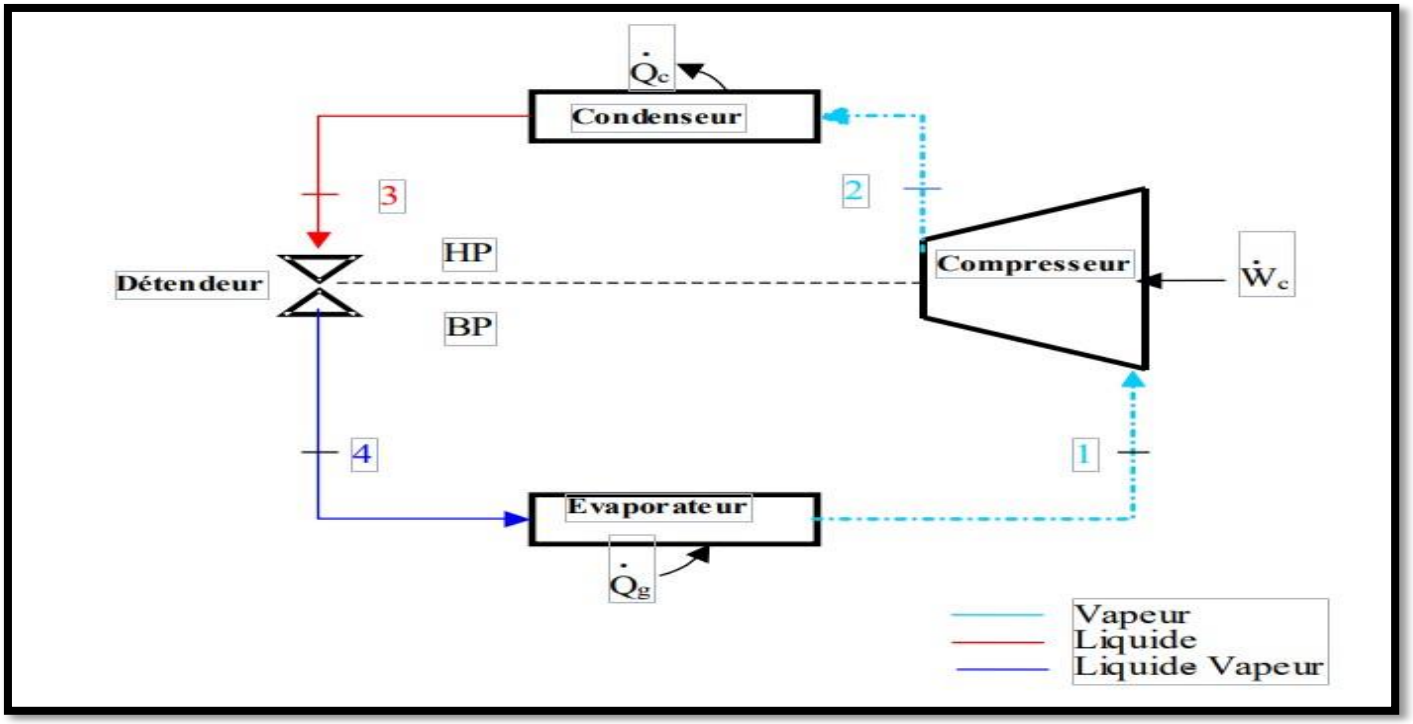


Figure 3: circuit frigorifique simplifié

2) Compresseur

- Le compresseur est généralement alimenté par un moteur électrique.
- Il comprime le fluide frigorigène gazeux à haute pression et haute température.
- Le compresseur assure le mouvement du fluide frigorigène à travers le système de réfrigération, créant ainsi un cycle continu.
- Il pompe le fluide frigorigène vers le condenseur où la chaleur est dissipée.

Ils a 3 principaux types de compresseurs utilisés pour la production de froid ou de chaleur :

3) Compresseur à piston

Ils équipent principalement les réfrigérateurs ménagers mais on peut aussi les rencontrer pour le froid commercial (faible et moyenne puissance) et pour les groupes de production d'eau glacée utilisée pour les centrales de traitements d'air. On peut les trouver dans les installations de froid industriel anciennes

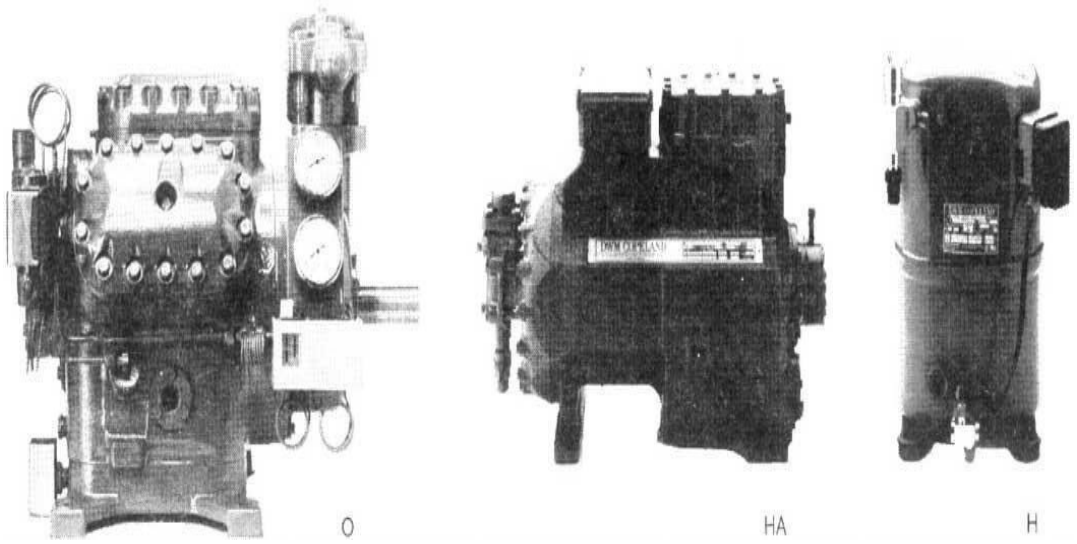


Figure 4 : Compresseur à piston

4) Compresseur à vis (Sacre)

Le compresseur à vis ou hélico-compresseur appartient à la classe des machines volumétriques de type rotatif, Depuis 1976, on assiste à un développement important mondial des compresseurs à vis dans tous les domaines du froid. Depuis quelques années, il est apparu une nouvelle génération de compresseurs à vis de petite et moyenne puissance recouvrant le domaine des compresseurs à pistons de moyenne puissance vus leur efficacité et leur progrès dans l'amélioration du rendement.

Les compresseurs à vis se répartissent en deux sous-groupes: les birotors et les Mono rotors

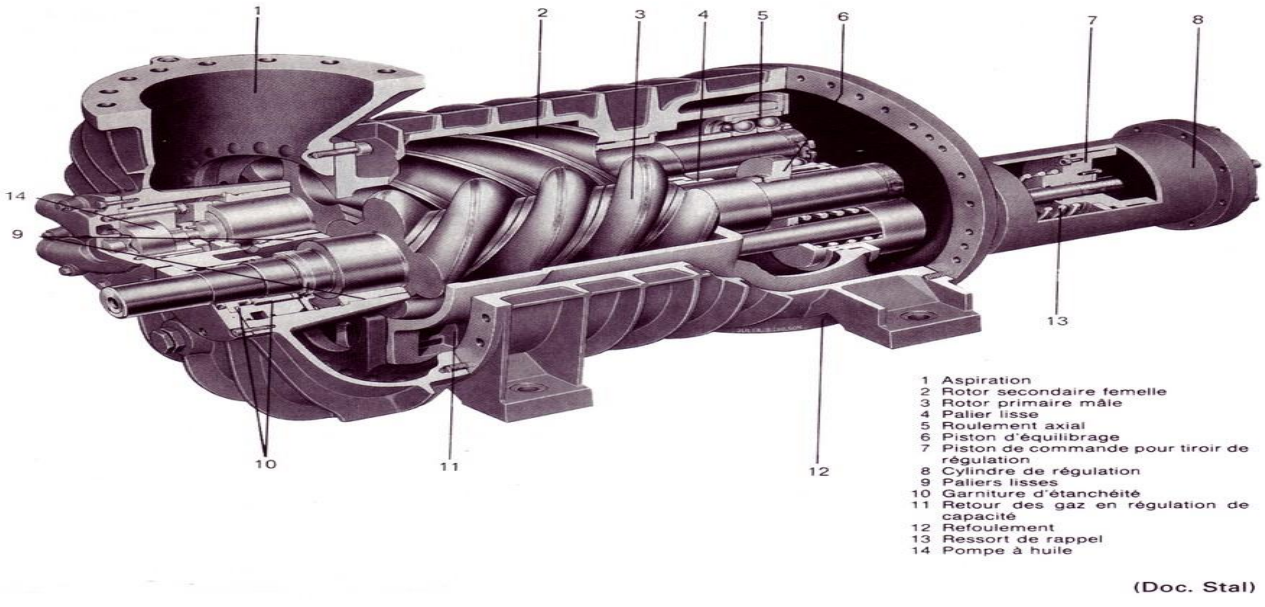


Figure 5:Compresseur à vis

5) Compresseur centrifuge

Le compresseur centrifuge ou turbocompresseur est une turbomachine de type radial.

Il comprend un rotor animé d'une vitesse de rotation uniforme. Il est traversé par le fluide qui s'écoule de façon permanente. Vitesse de rotation uniforme et écoulement permanent sont les caractéristiques essentielles des turbomachines. Le compresseur centrifuge utilise l'augmentation de l'énergie cinétique du fluide, obtenue en utilisant la force centrifuge provoquée par la grande vitesse périphérique avec laquelle le fluide quitte les aubes du rotor.A la sortie de la roue, le fluide pénètre dans un diffuseur où la vitesse du fluide est convertie en pression. [5]

Description : Un compresseur centrifuge se compose d'un ensemble mobile constitué par un arbre et une roue à aubages, et d'un jeu d'aubages de pré rotation placé à l'aspiration du compresseur.

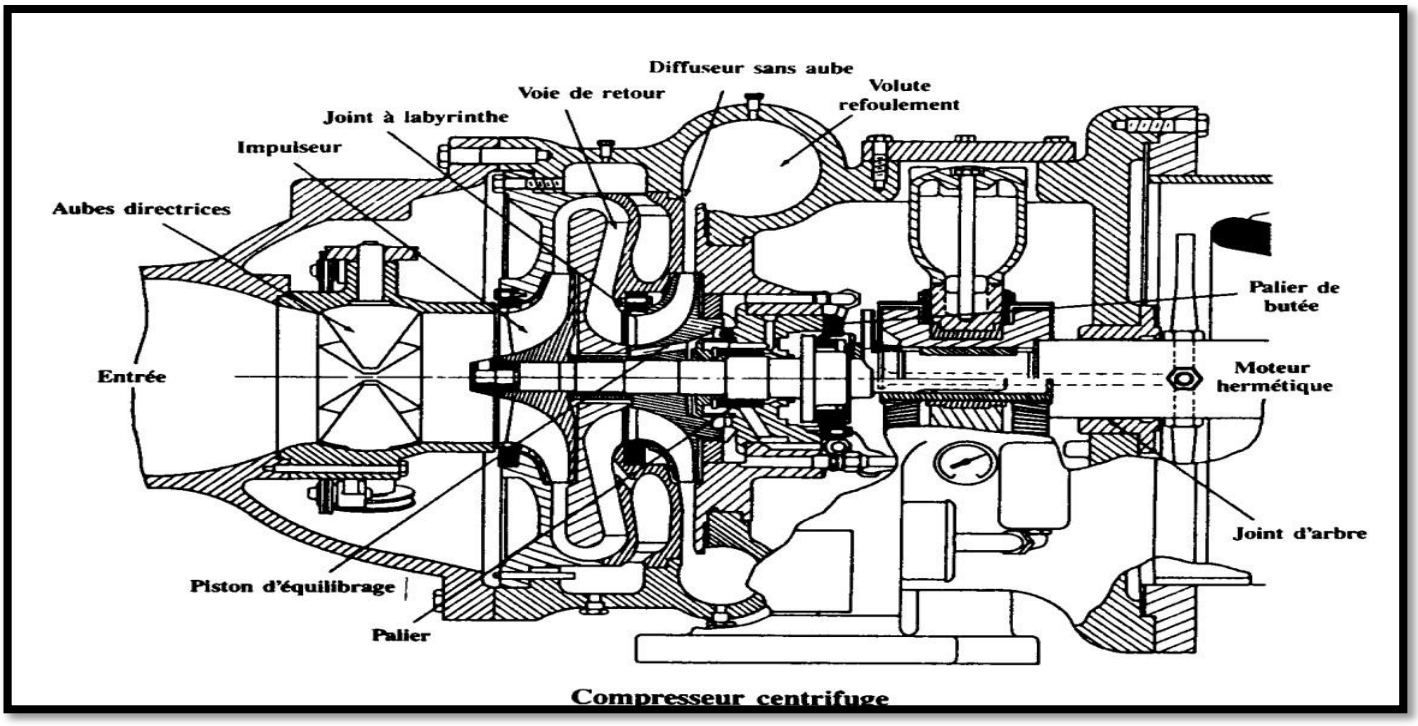


Figure 6: Compresseur centrifuge

Le condenseur :

- Le condenseur peut être de type air ou eau

- Dans un condenseur à air, le fluide frigorigène liquide chaud circule à travers des serpentins exposés à l'air extérieur. L'air ambiant refroidit le fluide frigorigène, dissipant ainsi la chaleur.

- Dans un condenseur à eau, le fluide frigorigène circule à travers des serpentins refroidis par de l'eau circulant dans un circuit séparé.

- La chaleur libérée par le fluide frigorigène dans le condenseur est transférée à l'extérieur du dépôt, maintenant ainsi une température basse à l'intérieur.

- Le condenseur transfère de la chaleur du fluide frigorigène à l'environnement, provoquant la condensation du gaz en liquide.

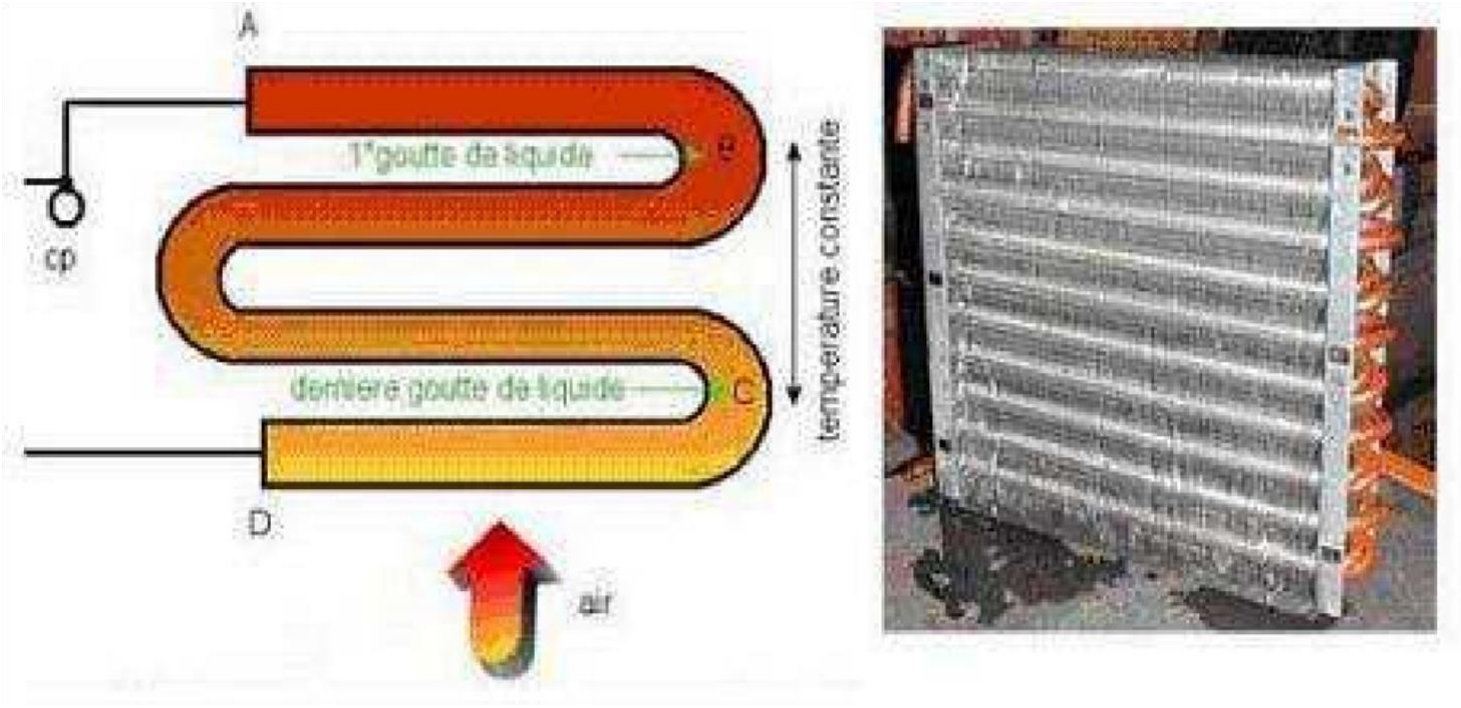


Figure 7: schéma condenseur

6) Le détendeur

- Le détendeur est souvent une valve qui régule le débit de fluide frigorigène entre le condenseur et l'évaporateur.
- Il abaisse la pression du fluide frigorigène juste avant qu'il n'entre dans l'évaporateur.
- Cette baisse de pression provoque une expansion rapide du fluide, ce qui entraîne une diminution de sa température.
- Le détendeur assure également une répartition uniforme du fluide frigorigène dans l'évaporateur, garantissant ainsi un refroidissement efficace de l'air à l'intérieur du dépôt.



Figure 8: détende

L'évaporateur

Les évaporateurs sons des échangeurs thermiques au même titre que les condenseurs, ils assurent le passage du flux thermique du milieu à refroidir au fluide frigorigène, ce flux thermique ayant pour effet de vaporiser le frigorigène liquide qui est contenu à l'entretien de l'évaporateur. L'évaporateur se fait à température constante par libération de sa chaleur latente de vaporisation de flux thermique

- L'évaporateur absorbe la chaleur de l'environnement, provoquant l'évaporation du fluide frigorigène liquide. Le modèle mathématique implique également l'utilisation de l'équation d'énergie et des propriétés thermodynamiques du fluide.

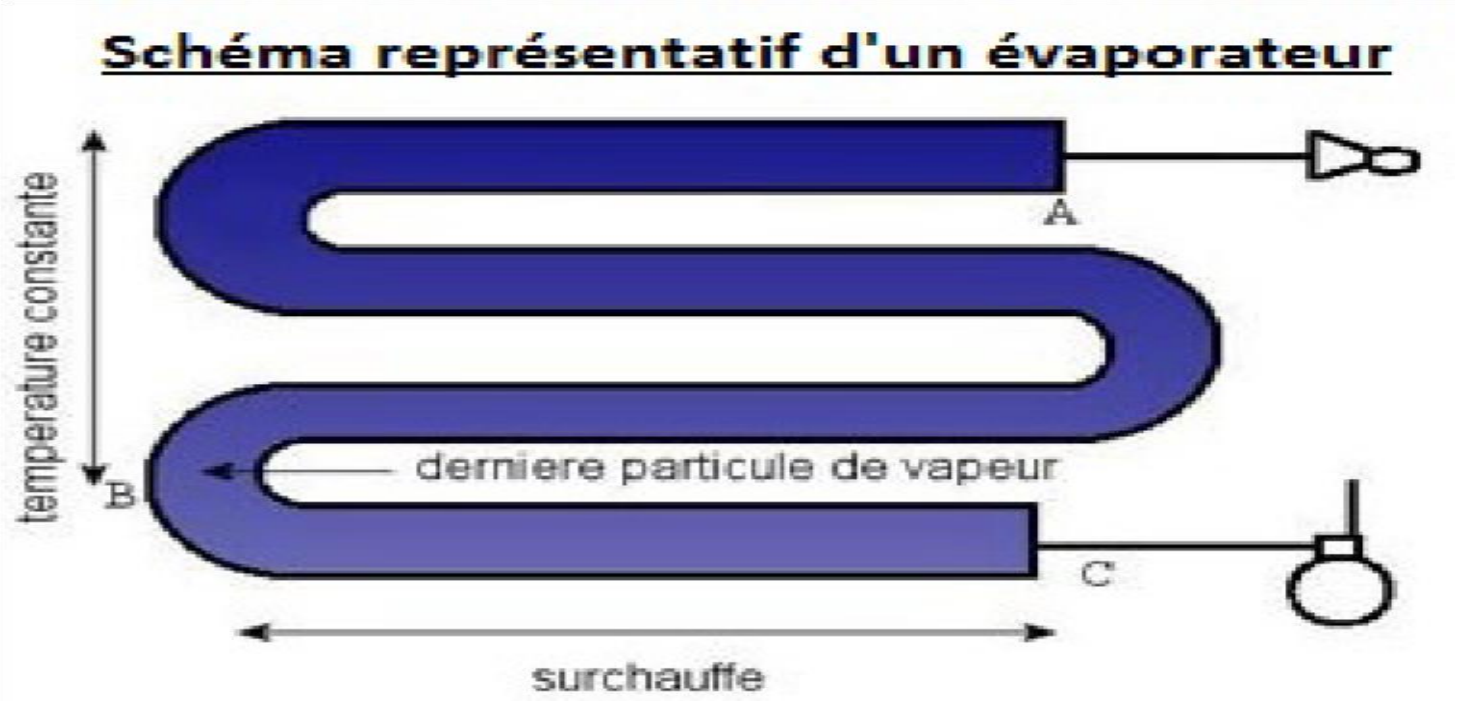


Figure 9: Schéma évaporateur

7) Diagramme enthalpie du cycle frigorifique

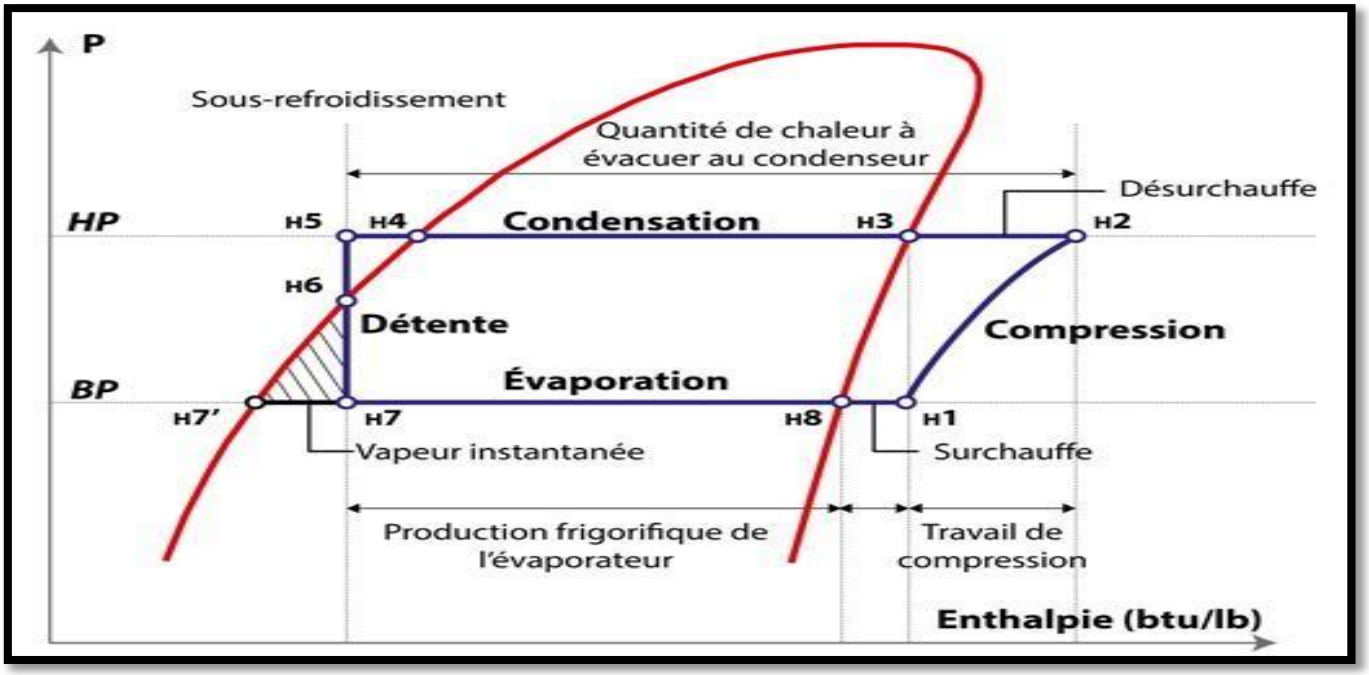


Figure 10: Enthalpie du cycle frigorifique

Le cycle frigorifique de référence (cycle pratique) est un compromis qui permet d'effectuerL'étude et le dimensionnement des machines frigorifiques avec une précision acceptable.

En pratique, ce cycle est tracé sur les bases suivantes :

- Compression isentropique
- Détente iso enthalpie
- Surchauffe de 5°C (pour étude de conception) ou SH mesurée
- Sous-refroidissement de 5°C (pour étude de concept on) ou SR mesuré

8) Choix de fluide frigorigène

Dans notre étude On choisit d'utiliser le fluide frigorigène R-134A, grâce à ces caractéristiques et applications suivantes :

- Est un HFC qui substitue le R-12 dans des installations neuves
- Il n'affecte pas la couche d'ozone comme tous les HFC
- Une grande stabilité thermique et chimique
- Une baisse toxicité et il n'est pas inflammable
- Excellente compatibilité avec la majorité des matériaux
- Il n'est pas miscible avec les huiles traditionnelles du R-12

4. Fich technique

- CAS N. 811-97-2
- CEEN.212-377-ASHRAE
- N. R-134a
- Nom chimique 1, 1, 1,2 - Tetrafluoroéthane
- Formule chimique C2H2F4

5. Propriétés

Poi's molecular	g/mol	102
Tension de vapor (à 20°C)	K Pa	571,7
Point de congélation	°C	-96,6
Température ebullition (à 101,3 k Pa)	°C	-26,1
Température critique	°C	101
Density liquide à 20°C	Kg/m3	1225
Density vapor à 20°C	Kg/m3	27,78
Acidity	Ppm	≤ 1
Importees (à point ebullition élevée)	% v/v	≤ 0,01

Tableau 4: propriétés

6. Garanties

Pureté	% p/p	≥ 99,9
Incondensable en phase vapor	% v/v	≤ 1,5
Humidity	Ppm	≤ 10

Tableau 5: Garanties

7. Conclusion

En conclusion, la construction de dépôts frigorifiques demeure un pilier fondamental dans le secteur de la logistique alimentaire. Avec une demande croissante de produits frais et surgelés, ces installations jouent un rôle essentiel dans la préservation de la qualité et de la sécurité des produits tout au long de leur cycle de vie.

III. Chapitre 3 : Calcul des charges thermiques des chambres froides



Chapitre 3 : Calcule des charges thermiques des chambres froides

1. Introduction

Le calcul des charges thermiques dans les dépôts frigorifiques est une étape principale dans la conception et la gestion de ces installations. Ces charges représentent les quantités de chaleur à évacuer pour maintenir les conditions de température requises à l'intérieur du dépôt, garantissant ainsi la conservation des produits stockés. Comprendre et évaluer précisément ces charges thermiques est essentiel pour dimensionner correctement les systèmes de réfrigération, optimiser leur efficacité énergétique et assurer des conditions idéales pour les denrées périssables. Cette étude explorera les principaux paramètres à considérer lors du calcul des charges thermiques dans les dépôts frigorifiques, mettant en lumière les méthodes, les outils et les bonnes pratiques pour une gestion thermique efficace.

2. Dimensions

La dimension d'une chambre froide se réfère simplement à sa taille, généralement mesurée en termes de longueur, largeur et hauteur. C'est la manière de quantifier l'espace disponible dans la chambre froide pour le stockage des produits réfrigérés.

Désignations	Longueur	Largeur	Hauteur
Chambre positive	12 m	10 m	4 m
Chambre négative	6 m	10 m	4 m
SAS	18 m	3 m	4 m
Portes	/	1,5 m	2 m

Tableau 6: dimensions la chambre froide utilisé

3. Schéma des chambres

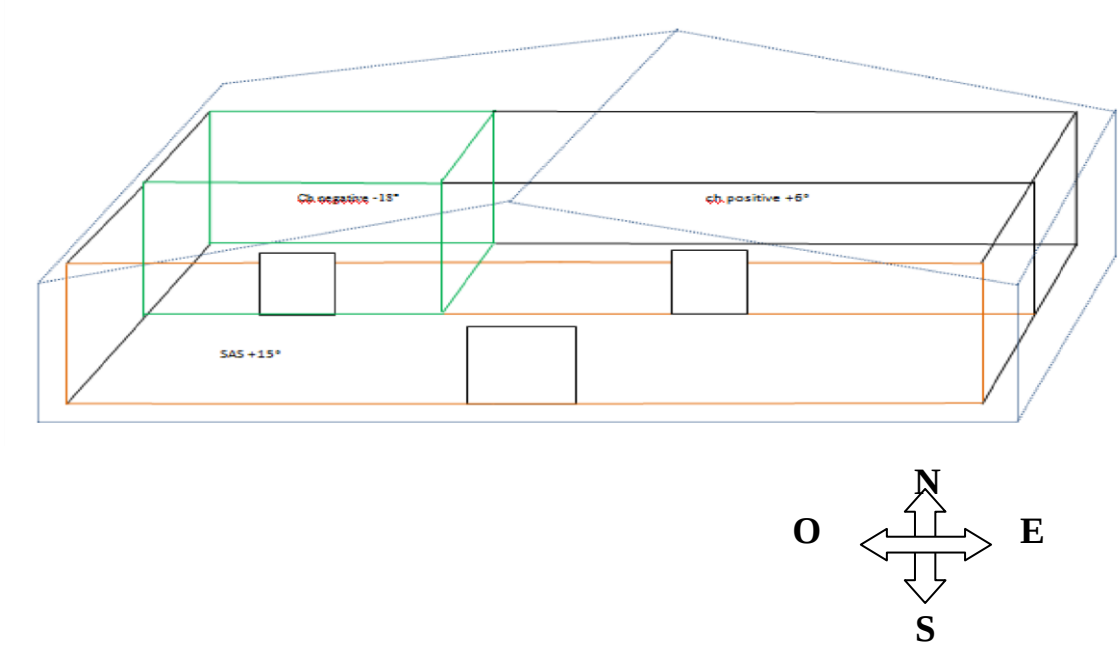


Figure 11: schéma en 3D de dépôt

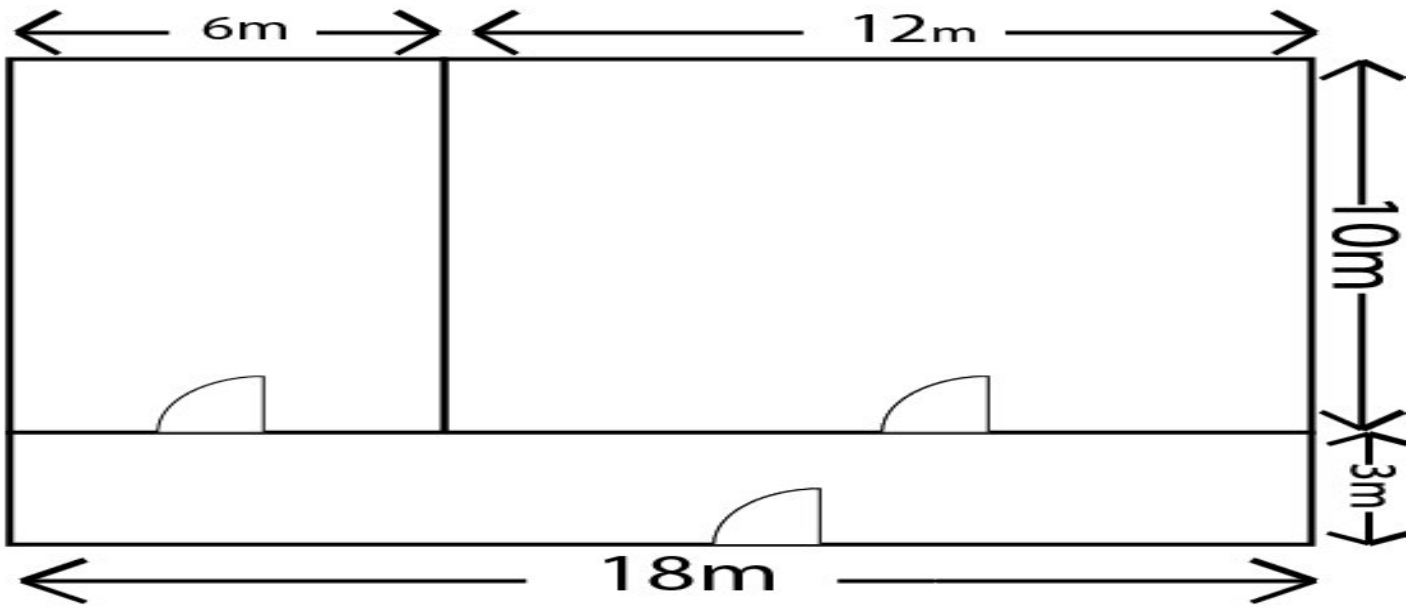


Figure 12: Schéma en 2D

4. Température des chambres froides

Les différentes températures des chambres et SAS sont représenté dans le tableau ci-dessous :

	Température extérieure (T_{ex})	Température intérieure (T_i)	Différent température $\Delta T = T_{ex} - T_i$
Chambre froide positive	45°	+6°	39°
Chambre froide négative	45°	-18°	63°
SAS	45°	15°	30°

Tableau 7:La déférence de température

5. Produits

Les oranges



Figure 13 : les oranges

L'orange est un agrume juteux et, comme son nom l'indique, est également de couleur orange. C'est l'un des fruits les plus consommés au monde, notamment sous forme de jus. Les oranges sont produites dans le monde entier, principalement dans les climats chauds de pays comme la Chine, l'Inde, le Brésil, les États-Unis, le Mexique, le Pakistan, etc. On les trouve en plusieurs sortes à travers le monde. Les oranges sont connues pour avoir une peau dure qui les empêche de pourrir et peuvent donc être facilement transportées d'un pays à l'autre.

A. Nutriments :

Le calcium, les sucres naturels, la vitamine B, la vitamine C et de nombreux autres antioxydants se trouvent dans le jus d'une orange qui augmente sa valeur nutritionnelle. De plus, la peau d'orange est également riche en minéraux comme les fibres, la provitamine A, les composés végétaux appelés polyphénols, l'acide folique, la thiamine, etc. Il est considéré séparément avec sa haute valeur nutritionnelle et ses bienfaits pour la santé.

B. La conservation :

La conservation des oranges vise à maintenir leur fraîcheur, saveur et leur valeur nutritionnelle sur une période prolongée. Les oranges sont généralement stockées dans des conditions de température fraîche, idéalement entre 4 et 10 degrés Celsius, pour ralentir leur processus de mûrissement. Un environnement frais et sec, tel qu'un réfrigérateur, est souvent recommandé pour prolonger leur durée de conservation, avec une humidité relative de 80% à 85%.

C. Les maladies de conservation :

La moisissure verte (Penicillium digitatum) :

C'est l'une des principales maladies fongiques qui affectent les oranges. Elle se présente sous forme de taches vertes ou vert-bleuâtres sur l'écorce et peut rapidement se propager, entraînant une détérioration de la qualité de l'orange

La moisissure bleue (Penicillium italicum) :

Similaire à la moisissure verte, cette maladie se manifeste par des taches bleuâtres sur l'écorce des oranges. Elle peut également se propager rapidement et causer la pourriture de l'orange.

La pourriture bactérienne :

Plusieurs types de bactéries peuvent causer la pourriture bactérienne des oranges, entraînant des taches humides et molles sur l'écorce. Cette maladie est souvent associée à une manipulation inadéquate ou à des dommages physiques sur les oranges.

La viande



Figure 14: La viande

Les micro-organismes (bactéries, moisissures, levures) sont très dommageables à la conservation des viandes. Ils sont dangereux à la santé, et donnent une mauvaise odeur; accélèrent l'oxydation et apportent des changements déplaisants dans la saveur. Les enzymes naturelles ont une action bénéfique sur les viandes. Ce sont les procédés chimiques qui permettent le vieillissement et l'attendrissement de la viande.

Au moment de l'abattage, les carcasses sont souillées de différentes façons.

Dans les entrepôts une contamination peut provenir des toiles enveloppant les quartiers des viandes congelées. En conservation une contamination peut se produire dans les salles surtout du point de vue moisissures. En ce qui concerne l'entreposage, on. Choisira une

température aussi basse que possible, une limite inférieure est posée par le fait que la congélation de la viande commence aux environs de -1°C.

À température de conservation de la viande varie de 0°C à 4°C avec une hygrométrie comprise entre 75 et 85 %, une viande trop humide sera poisseuse tandis qu'une viande trop sèche perdra de son poids.

Elle se conserve de plusieurs jours à quatre semaines au-delà il faudra congeler la viande, cette congélation doit être la plus rapide possible.

Il est important de ne pas connaître les géographies et les climats spécifiques de la Wilaya de Médéa pour varier la fonction des zones précises à l'intérieur de la Wilaya. Ces dons généraux peuvent vous être remis pour faire don d'une pièce d'identité, mais pour des informations plus détaillées, il est recommandé de consulter des sources locales ou des services météorologiques.

Voici les estimations générales :

6. Lieu d'installation de la chambre froide

Conditions de base de la région, D'après le service météorologique de la wilaya de Médéa :

On a donné les informations suivantes :

Données géographiques :

- Latitude : Environ 36°16' N.
- Longitude : Environ 2°46' E.
- Altitude : Le mode inclut des zones de différentes altitudes. La ville de Médéa est située à 930 mètres d'altitude.
- Données Climats :
- Température Maximale Absolue :
- Les températures maximales absolues peuvent varier, dans Médéa, à des températures supérieures à 45°C.
- Température moyenne minimale de l'abat-jour peluche : Dans ce cas, la température moyenne minimale peut varier entre 18°C et 22°C.
- Température moyenne maximale de l'abat-jour peluche : Lorsque la moyenne est sèche, la température maximale de la moyenne peut être comprise entre 30°C et 36°C.

- Humidité Relative Moyenne Minimale : les régions semi-arides et méditerranéennes comme le Moyen-Orient peuvent avoir une humidification de la moyenne relativement minime entre 30% et 40%, même si la teneur en humidité est plus faible.

7. Généralitées sur l'isolation

L'isolation permet de diminuer le cout des frigories produites. Les isolants limitent les échanges thermiques entre le milieu extérieur et le milieu intérieur.

Une bonne isolation s'impose donc pour le container on doit réduire les apports thermiques.

Un bon isolant doit :

- avoir une faible densité
- avoir une très faible conductivité thermique
- avoir une bonne résistance à la diffusion de La vapeur
- être non hygroscopique
- être imputrescible
- être résistant, et stable entre certaines limites de température
- être ininflammable
- être sans action sur le fer ou les matériaux en contact
- être d'un prix raisonnable
- conserver constante dans le temps, ses qualités d'isolation.

8. Les types d'isolants

Le liège

- Prix élevé
- Bonne résistance mécanique et stable dans le temps
- Masse volumique : 110 à 130 kg/m3
- Conductivité thermique : 0.044 W/m .k

La fibre de verre

- Bonne résistance à l'effritement
- Masses volumiques les plus utilisées en isolation frigorifique : 22 kg/m3
- Conductivité thermique: 0.035 w/m

Le polystyrène expansé

- Prix moyen
- Résistance mécanique moyenne
- Stable dans le temps
- Isolation et pare-vapeur très bon mais inflammable et léger
- Masse volumique : 20 à 30 kg/m3
- Conductivité thermique : 0.029 W/m.

Les mousses de polyuréthanne

- Masse volumique: 30 à 40 kg/m3
- Conductivité thermique : 0.029
- Prix moyen
- Leger
- Résistance mécanique moyenne
- Stable dans le temps

Les caoutchoucs mousses

- Isolation des circuits frigorifiques et gaine d 'air
- Masse volumique: 90 kg/m3 (tube) et 113 kg/m3 (plaque)
- Conductivité thermique : 0.03 W/m k
- Très bon isolant thermique et acoustique
- Un des matériaux d'isolation les moins chers du marche
- Incombustible et résistante au feu
- Durée de vie élevée
- Non utilisée pour le sol
- Conductivité thermique: 0.035 W/m k

La Laine de roche

- Très bon isolant
- Cout acceptable
- Masse volumique : 21 à 250 kg/m3
- Conductivité thermique: 0.093 W/m.

9. Les normes d'isolations

L'isolation d'une chambre froide a une importance capitale sur le fonctionnement général de l'installation. Trop faible, elle facilite l'entrée de chaleur par conduction à travers les parois et l'augmentation du temps démarche du compresseur. [6]

L'isolation doit limiter le coefficient global de transmission thermique à 0.36 W/m c à travers toutes les parois du container.

10. Le choix de l'isolant pour la chambre froide

Les murs

A cause de ses qualités intéressantes et son cout abordable on prend comme isolant la mousse de polyuréthane dont les caractéristiques sont :

- Conductivité thermique : 0.027 W /m. c
- épaisseur à mettre : compatible avec les normes d'isolation
- mode de construction : panneaux en sandwich à âme isolante en mousse de polyuréthane

La porte

Conçu cette porte spécialement pour des installations industrielles où on a besoin d'une porte coulissante légère pour son déplacement. C'est de facile installation et les matériaux sont de hautes qualités.

Encadrement

Construits en aluminium extrudé et ultérieurement laqué en couleur blanc avec double rupture de pont thermique. Cet encadrement a la possibilité de s'équiper avec résistance pour éviter la Congélation du bourrelet aux chambres de baisse températures. Cet encadrement est adaptable pour n'importe quel panneau et pour travaux civils.

Isolant

Isolé avec polyuréthane de haut densité (50 kg/m3) et tôle avec finitions en laqué blanc, plastifié (PVC) ou acier inoxydable 304 ou 316. En plus, le périmètre est renforcé et il est construit avec des arêtes d'un profil d'aluminium extrudé. Les finitions de l'aluminium sont inoxydables.

Épaisseurs de battant

60, 80, 100mm d'après températures de travail.

Fermeture

Guide coulissante fabriqué avec profil d'aluminium extrudé et anodisé, Ensemble de roulements simples avec un system .basculant pour s'adapter á la chute du rail, Vis de fixation d'acier inoxydable.

11. Les calculs

Les charges thermiques se répartissent en deux grandes catégories: les charges externes et lescharges internes.

Les charges externes :

- Les charges par transmission.
- Les charges dus au renouvellement d'air systématique.
- Les charges dues aux infiltrations (ouverture des portes).

Les charges internes :

Les charges dues à l'installation du groupe frigorifique (Ventilateurs…), plus des apportsdépend des denrées:

- Les charges dus au refroidissement de l'emballage.
- Les charges dus à l'introduction des denrées.
- Les charges dus à l'éclairage
- Les charges de dévirage par résistance électrique.
- Les par des machine divers.
- Les charges des personnes.

Calcul des charges thermiques externes:

1) Charges thermiques par transmission:

On procède à ces calculs paroi par paroi c'est à dire d'abord les 4 parois verticales, Ensuite le plancher haut (plafond, toiture) et enfin 1 le plancher bas (sous-sol). Pour chacune des parois constitutives de la chambre froide, la quantité de chaleur pénétrante est donnée par:

$$Q_t = K * S * \Delta T \qquad (1)$$

K: Coefficient de transmission thermique de paroi $[W/m^2K]$

S : Surface des parois (m^2)

ΔT: Différence de température des 2 côtés de la paroi

* Le coefficient K est donné par la relation suivante :

$$k = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{h_i} + e_{iso}/\lambda_{iso}\right) + 1/h_e\right)} \quad \text{en } (w/m^2) \qquad (2)$$

$1/h_i$: Résistance thermique superficiel interne (m^2 .k/w)

e_{iso}/λ_{iso} : Résistance thermique des couches des matériaux constituant les parois (m^2.k/w)

$1/h_e$: Résistance thermique superficiel externe (m^2.k/w)

2) Charges thermiques par renouvellement d'air Q_{ren}:

Il est indispensable de renouveler l'air des chambres froides et de le remplacer par de l'air frais. L'air vicié est évacué généralement par un ventilateur spécial.

Dans les chambres froides une part importante du renouvellement d'air provient du mouvement des portes d'accès. Les renouvellements périodiques sont donc à réduire au minimum compatible avec une bonne conservation des produits. La quantité de chaleur nécessaire par ce renouvellement dépend des conditions ambiantes extérieures et de la température de la chambre froide ainsi que son humidité relative.

Si l'air extérieur a une température T_a et une humidité relative, le diagramme psychométrique de l'air permet de déterminer son enthalpie ha ainsi que son volume massique v La température intérieure étant Tf, le degré hygrométrique er nous aurons par conséquence une Enthalpie h.

*La charge thermique par renouvellement d'air a pour valeur:

$$Q_{ren} = m_a \times \Delta H = (h_a - h_f) \times m_a \ [W] \quad (3)$$

*En fonction du nombre de renouvellement d'air :

$$Q_{ren} = N \times (\frac{V}{v}) \times (h_a - h_f) \quad [W] \quad (4)$$

N : nombre de renouvellement d'air :

V : volume de la chambre froide (m^3).

Charge thermique par ouverture des portes (Q_{op})

3) La charge par ouverture des portes est donnée par :

$$Q_{OP} = [8 + (0{,}067 * \Delta T) * t * p_{aa} * l * h * \sqrt{h * (1 - \frac{p_{ae}}{p_{aa}})} * (h_{ae} - h_{aa}) * c_{ra}] \quad (5)$$

$$\rho_a = 1.293/(1 + t_d/273{,}15) \ (kg/m^3) \quad (6)$$

Avec :

t_a: Température de la chambre froide.

ρ_a : Masse volumique de l'air du cotée de la porte autre que la chambre froide (kg / m^3).

ρ_f : Masse volumique de l'air dans la chambre froide (kg / $m^{3)}$

$$\Delta TP = T_f - T_a \quad (7)$$

S_P : surface des portes (m^2)

τ_p : Temps moyen pendant lequel les portes restent ouvertes (min/h)

C_{ra} : Coefficient de minoration rideaux d'air.

C_{ra} = 0.25

Sans rideaux d'air :

C_{ra} = 1

$\tau_p = d_t * f_i/24$ *(min/h)* *(8)*

d_t : Durée moyenne ouverture des portes (min/h)

f_i : Flux journalier des marchandises en (tonne/ jour.)

Calcul Charges thermiques internes:

Charges thermiques internes indépendantes des denrées entreposées :

1) L'éclairage :

$Q_{re} = n*p*t/24$ *[W]* *(9)*

N : nombre de luminaires

P : puissance de chaque luminaire en [W]

T : durée de fonctionnement des luminaires en [h/j]

Il faut noter que la puissance lu mineuse installée est générale mer de (6w/m)

2) Charges thermiques dues aux personnes (aux occupants) Q_{per} :

$Q_{per} = r*q_{per}*\tau/24$ *(10)*

N : nombre de personnes opérant dans la chambre

τ : Durée de présence de chaque personne en activité moyenne dans la chambre (h/j)

3) Charges thermiques dues aux matériels roulants et machines diverses :

$$Q_{md} = I * P * \tau/24 \quad (w) \qquad (11)$$

I: nombre de machine

P : puissance de chaque machines en (W)

τ: Durée de fonctionnement en (h/j)

Si la surface est faible, il ne doit pas être prévu des chariots Roulans Q_{md}=0

4) Charges thermiques dues aux denrées entrantes Q_{de}:

La charge due aux produits entrants pour abaisser les températures jusqu'à celle d'entreposage est donnée par cette relation:

$$Q_{dr} = mc_1*(t_1 - t_2) + ml + mc_2*(t_3 - t_4)/86400 \ (w) \qquad (12)$$

M : masse de denrées introduites chaque jours en (kg/ j) thermique résultant du dégivrage à prévoir.

Cette Détermination fera j'objet d'une vérification ultérieure, une fois la charge thermique totale effective connue.

C_1 : capacité thermique massique de t_1 et t_2 en (kJ/kg k)

T_1 : température initiale en (c°)

T_2 : chaleur latente massique de congélation (kJ/ kg .k).

C_2 : capacité thermique massique en (kJ /kg .k) de t_2 et t_3.

T_3 : température d'entreposage en (c°).

5) Calcul de la capacité moyenne :

Au cas où nous avons plusieurs types de denrées a introduises dans la chambre au lieu d'effectuer de calcul de type.

De denrées par type Nous pouvons calculer tant pour les denrées avant congélation que pour les denrées en-dessus du point de congélation.

Une capacité thermique moyenne :

$$C_m = mC_1\, mC_2 .... + mC_n / m_{1+}\, m_2 .....m_n \qquad (13)$$

Si les produits sont seulement refroidis :

$$Q_{de} = m * C_p * \Delta T/86400 \quad En\ (k\ w) \qquad (14)$$

6) Charges thermiques dues à la respiration des denrées Q_{RESP}

Les produits végétaux entreposés dégagent de la chaleur du fait de leur respiration, de même que les produits laitiers frais du fait de leur fermentation. En présence de tels produits, il faut donc tenir compte également de la charge correspondante donnée par :

$$Q_{resp} = m \times q_{resp}/86400 \qquad (15)$$

M : masse de marchandise considérée en (kg)

Q_{RESP} : chaleur de respiration considérée en (kJ/kg C°)

7) Puissance frigorifique intermédiaire de l'évaporateur Q_{int}

La charge thermique intermédiaire est:

$$Q_{intermédiaire} = Q_{transmission} + Q_{renouvellement} + Q_{ouverture\ des\ portes} + Q_{éclairage} + Q_{ventilation} + Q_{dégivrage} + Q_{denrées\ entrantes} + Q_{respiration\ des\ denrées} \quad (16)$$

Si l'on désigne par T, la durée de fonctionnement l'installation frigorifique en (h/j) la puissance frigorifique intermédiaire de l'évaporateur est alors :

$$Q_{ev} = Q_{int} \times 24/\tau_{inst} \quad (17)$$

Q_{int} : Charge thermique intermédiaire.

τ_{inst} : Durée de marche de l'installation frigorifique en (h / J).

8) Charge thermique due aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs :

Dans les chambres froides modernes, on utilise toujours des évaporateurs équipés d'un ou plusieurs ventilateurs ce qui permet d'assurer un brassage et une circulation efficace de l'air. Chaque ventilateur est entraîné par un moteur électrique qui dégage de chaleur qui s'ajoute à la chaleur dégagée par les différentes autres sources. La charge due aux moteurs des ventilateurs est alors donnée par la formule :

$$Q_{vent} = n \times p \times \tau_{evap}/\tau_{inst} \quad (18)$$

Avec :

N : nombre de moteurs de ventilateurs

P : puissance du ventilateur considérée en (W)

τ_{evap} : Durée de fonctionnement des ventilateurs en (h / J)

τ_{inst} : Durée de marche de l'installation frigorifique en (h / J) En général :

18h /j dans les chambres froides de produits congelés et 16h/J dans les autres.

Ce calcul nécessite donc de connaître le nombre et le type d'évaporateurs prévus (nombre de ventilateurs, donc de moteurs d'une certaine puissance par évaporateur), Or ces indications ne Seront normalement connues qu'une fois le bilan frigorifique établi c'est pourquoi l'on procède dans un premier temps a la détermination provisoire du nombre et type d'évaporateurs, ainsi que de la charge.

La détermination provisoire du nombre et du type d'évaporateurs à installer se fait à partir du calcul de la puissance frigorifique prévisionnelle Q_{PREV} laquelle s'obtient en ajoutant 20 % à la puissance frigorifique intermédiaire Q_{INT}

$$Q_{OPREV} = 1{,}2 * Q_{0int} \qquad (19)$$

9) Charge thermique due aux résistances de dégivrage (Q_{DEG}) :

Il existe différents systèmes de dégivrage d'un évaporateur mais il s'agit souvent de résistances électriques. La charge due aux résistances électriques est alors :

$$Q_{dég} = n \times p \times \tau_{deg} / \tau_{inst} \qquad (20)$$

10) Puissance effective d'évaporation :

$$Q_{eff} = Q_{int} + Q_{vent} + Q_{dég} \qquad (21)$$

Calcul de la chambre froide positive :

Rôle de la chambre froide :

La chambre froide positive est comme un grand frigo. Elle garde les aliments frais sans les congeler. Cela aide à éviter qu'ils ne se gâtent trop vite, mais ils restent prêts à être utilisés rapidement.

Données de calculs Dimension :

- Langueur : 12 m.
- Largeur : 10 m.
- Hauteur : 4 m.
- Surface : 120 m².
- Volume : 480 m^3.

Conditions thermiques :

- Température de sol T_{sol}=+15 C°
- Température interne de la chambre positive $T_{cp} = +6°C$
- Température de la chambre négative $T_{cn} = -18°C$
- Température interne du S.A.S $T_{ss} = 15°C$
- Humidité relative $\varphi = 45\%$
- Température maximale du moi plus chaud= +45 C°

Calcul des charges thermiques :

La charge frigorifique intermédiaire Q_{INT} (en W) est la somme des charges thermiques Calculées précédemment :

$$Q_{int} = Q_{tp} + Q_{op} + Q_{pe} + Q_{de} + Q_{ec} + Q_{vent} + Q_{resp} + Q_{dég}$$

Charge thermique interne :

Les apporte thermique à travers les parois sont donnée par la formule suivante :

$$Q_{tp} = Q_{nord} + Q_{sud} + Q_{est} + Q_{Ouest} + Q_{Plafond} + Q_{sol} \quad \text{en (w)}$$

Le Coefficient de transmission thermique et calculé en utilisant l'expression suivant :

$$k = \frac{1}{((\frac{1}{h_i} + e_{iso}/\lambda_{iso}) + 1/h_e)} \quad \text{en } (w/m^2)$$

$1/h_i$: Résistance thermique superficiel interne (m^2 .k/w)

e_{iso}/λ_{iso} : Résistance thermique des couches des matériaux constituant les parois (m^2.k/w)

$1/h_e$: Résistance thermique superficiel externe (m^2.k/w)

Coté externe de la paroi	$1/h_r$ (m^2.k/w)	Coté interne de la paroi	$1/h_i$ (m^2.k/w)
Cas où il est en contact avec l'air extérieur	0,03	Cas d'une chambre froide en ventilation mécanique	0,06
Cas où il est en contact avec un autre local	0,12	Cas d'une chambre froide en ventilation naturelle	0,12

Tableau 8:résistance thermique superficiel des parois d'une chambre froide

Epaisseur d'isolant (mm)	Coefficient de transmission thermique de la paroi K [w/m^2]	Ecart de température conseillé (C°)	Utilisation jusqu'à environ c°
50	0,39	20	-4 C°
75	0,26	34	-10 C°
100	0,19	45	-20 C°
125	0,15	56	-30 C°
150	0,13	70	-40 C°

Tableau 9: valeurs des coefficients de transmission thermique k (w/m^2)

$1/h_i$: 0,06

$1/h_e$: 0,12

e_{iso} : 100mm

Donc : $k = \frac{1}{\left(\left(\frac{1}{h_i} + e_{\frac{iso}{\lambda_{iso}}}\right) + \frac{1}{h_e}\right)}$ en $\left(\frac{w}{m^2}\right)$

K = 0, 19 w/m²

Surface intérieur de la chambre :

- Pour la paroi nord : (12×4)= 48 m²
- Pour la paroi sud : (12×4)= 48 m²
- Pour la paroi est : (10×4)= 40 m²
- Pour la paroi ouest :(10×4)=40 m²
- Plancher : (12×10)= 120 m²
- Plafond : (12×10)= 120 m²

	S (m²)	K (w/m²) k	ΔT	$Q_N = ks\Delta T$(w)
Paroi nord	48	0,19	+39	355,68
Paroi sud	48	0,19	30	273,6
Paroi est	40	0,19	+39	296,4
Ouest	40	0.19	63	478,8
Plancher	120	0,19	+39	889,2
Plafond	120	0,268	+9	289,44
Q_{tp}				2583,12

Tableau 10: Calcule la quantité de chaleur échangée à travers les parois

Charge thermique par ouverture des portes Q_{op} :

$$Q_{OP} = [8 + (0{,}067 * \Delta T) * t * p_{aa} * l * h * \sqrt{h * (1 - \frac{p_{ae}}{p_{aa}})} * (h_{ae} - h_{aa}) * c_{ra}]$$

Avec :

ΔT : Écart type de l'air entre les deux côtes de la porte en (C°)

T : temps d'ouverture de la porte en (min/h) = 0,33 (min/h)

p_{aa} : Masse volumique de l'air dans la chambre en (kg/m^3) =1,265 kg/m^3

P $_{ae}$: Masse volumique de l'air de cote de la porte en (kg/m^3)

L : langueur de la porte (m) = 1,5

h : hauteur de la porte (m)= 2 m

h_{ae}: Enthalpie de l'air ambiant en (KJ/kg)=116KJ/Kg

h_{aa}: Enthalpie de l'air extérieur en KJ/Kg=6,27KJ/Kg

C_{ra} : Coefficient de minoration de la porte en présence éventuelle d'un rideau d'air C_{ra}=0,25

Donc :

$$\rho_{ae} = \frac{\rho_0}{1+\frac{T}{273,15}} \quad \text{En (kg/m}^3\text{)}$$

Avec : ρ_0 = 1,293

T= 45 C°

D'après les calculs :

ρ_{ae}= 1,11 kg /m^3

Donc la charge thermique par ouverture des portes Q_{op} :

$$Q_{op} = [8 + (0{,}067 * 39) * 0{,}33 * 1{,}265 * 1{,}5 * 2 * \sqrt{2 * \left(1 - \frac{1{,}11}{1{,}265}\right)} * (116 - 6{,}25) * 0{,}25]$$

Q_{op}= 52,30 w

Calcul des charges thermique internes

L'Eclairage Q_{ec}

$Q_{ec} = r * p * t/24$ (w)

Avec :

N : nombre de luminaire dans notre cas : 6 lampes

P : puissance de chaque luminaire

τ : Durée de fonctionnement de luminaire

Donc : $Q_{ec} = 6 * 75 * 8/24$

$Q_{ec} = 150\ w$

Personnel Q_{pe} :

$Q_{pe} = n * q_p * t/24$

N : nombre de personnes opérant dans la chambre

q_p : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps pour une personne en activité dans la chambre

t : durée de présence de chaque personne dans la chambre froide en (h/j)

température de la chambre froide (c°)	Quantité de chaleur dégagée par de temps q_p (w)
15	200
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

Tableau 11: quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne

Donc :

$Q_{pe} = 4 * 240 * 3/24$

$Q_{pe} = 120\ w$

Charge thermique des denrées entrantes Q_{de} :

$\boldsymbol{Q_{de}} = m * C_p * \Delta T/86400$ En (k w)

Avec :

M: la masse des denrées introduites chaque jour=400 kg/jour

C_p : Chaleur massique spécifique = 3,77 KJ/Kg

ΔT : Ecart température entre les denrées entrantes et celle de la chambre froide = 9 c°

Donc :

$Q_{de} = 400 * 3{,}77 * 9/86400$

Q_{de}=0, 157 kw

Q_{de}=157w

Charge thermique due à la respiration de la denrée Q_{resp} :

$$Q_{resp} = m * \frac{q_{resp}}{86400}$$

$Q_{resp} = 400 * 175/86400$

$Q_{resp} = 0{,}810\ kw$

Charge thermique de ventilation Q_V :

$Q_R = n * p * \tau_{evap}/\tau_{inst}$ En (w)

M: nombre de moteur de ventilateur

P : puissance de ventilateur considère en (w)

τ_{evap} : Durées de fonctionnement de ventilateur en (h/d)

τ_{inst} : Durées de marche de l'installation frigorifique en h/d (en générale 18h/d pour les chambres négatives et 16h/d pour les chambres positives)

Donc :

$Q_v = 1 * 800 * 16/16$

$Q_v = 800\ w$

Charge thermique due aux résistances de dégivrage $Q_{dég}$:

$Q_{dég} = n * p * T_{dég}/\tau_{ist}$ En (w)

$Q_{dég} = 0\ w$

Puissance frigorifique intermédiaire :

1	Les apportes thermiques à travers les parois Q_{tp}	2583,12
2	Charge thermique par ouverture des portes Q_{op}	52,30
3	Personnel Q_{pe}	150
4	Charge thermique des denrées entrantes Q_{de}	320
5	L'éclairage Q_{ec}	157
6	Charge thermique de la ventilation Q_V	800
7	Charge thermique la respiration de la denrée Q_{resp}	810
8	Charge thermique dégivrage $Q_{dég}$	0
9	Puissance intermédiaire	6262,42

Tableau 12: Les différentes charges sur la chambre positive

Donnée par l'expression suivante :

$$Q_{int} = Q_{tp} + Q_{op} + Q_{pe} + Q_{de} + Q_{ec} + Q_{resp}$$

$$Q_{int} = 2583{,}12 + 52{,}30 + 150 + 320 + 157 + 3000$$

$$Q_{int} = 6262{,}42\ w$$

Puissance frigorifique total :

$$QT = Qint * 24/\tau int$$

Donc :

$$Q_T = 9\ 393{,}63w$$

$$Q_T = 9{,}39363kw$$

Puissance prévisionnelle Q_{PREV} :

$$Q_{PREV} = 1{,}2 * Q_T$$

$$Q_{PREV} = 11272{,}3w$$

Q_{PREV} = 11,2723 kw

Puissance effective :

$\boldsymbol{Q}_{eff} = \boldsymbol{Q}_{int} + \boldsymbol{Q}_{vent} + \boldsymbol{Q}_{dég}$

Donc :

$\boldsymbol{Q}_{eff}$ = 6262,42 + 800+ 1197

$\boldsymbol{Q}_{eff}$ = 8259,42 w

$\boldsymbol{Q}_{eff}$ = 8,2594 kw

Calcul de la chambre froide négative :

Rôle de la chambre froide :

La chambre froide négative est une composante cruciale de l'industrie alimentaire, permettant la conservation des aliments en maintenant des températures bien en dessous de 0 C°.

Dimensions :

- Langueur : 6 m
- Largeur : 10 m
- Hauteur : 4 m
- Surface : 60 m²
- Volume : 240 m^3

Conditions thermiques :

- Température de sol T_{sol} =15 C°
- Température interne de la chambre positive T_{cp} = +6°C
- Température de la chambre négative T_{cn} = −18°C
- Température interne du S.A.S T_{ss} = 15°C
- Température extérieure = +45 C°

- Humidité relative φ = 45%

Charge thermiques internes :

Les apporte thermique à travers les parois :

$\boldsymbol{Q}_{tp} = Q_{nord} + Q_{Sud} + Q_{est} + Q_{ouest} + Q_{plafond} + Q_{sol}$ en (w)

Le Coefficient de transmission thermique et calcul de l'expression suivante :

$$k = \frac{1}{((\frac{1}{h_i} + \frac{e_{iso}}{\lambda_{iso}}) + 1/h_e)} \quad \text{en } (w/m^2)$$

$1/h_i$: Résistance thermique superficiel interne (m^2 .k/w)

e_{iso}/λ_{iso} : Résistance thermique des couches des matériaux constituant les parois (m^2.k/w)

$1/h_e$: Résistance thermique superficiel externe (m^2.k/w)

Coté externe de la paroi	$1/h_e$	Coté interne de la paroi	$1/h_i$
Cas où il est en contact avec l'air extérieur	0,03	Cas d'une chambre froide en ventilation mécanique	0,06
Cas où il est en contact avec un autre local	0,12	Cas d'une chambre froide en ventilation naturelle	0,12

Tableau 13: résistance thermique superficiel des parois d'une chambre froide

	Fibre de verre	Polystyrène	Polyuréthane
Coefficient de conductivité thermique λ (W/m C°)	0,03	0,03	0,024

Tableau 14: Coefficients de conductibilité thermique des isolants utilisés pour les Murs des chambres froides traditionnelles

paisseur d'isolant (mm)	Coefficient de transmission thermique de la paroi K [w/m²]	Ecart de température conseillé	Utilisation jusqu'à environ c°
50	0,39	20	-4 C°
75	0,26	34	-10 C°
100	0,19	45	-20 C°
125	0,15	56	-30 C°
150	0,13	70	-40 C°

Tableau 15 : valeur des coefficients de transmission thermique

$1/h_i$: 0,06

$1/h_e$: 0,12

Epaisseur : 150 mm

Donc : $k = \frac{1}{((\frac{1}{h_i} + e_{iso}/\lambda_{iso}) + 1/h_e)}$ en (w/m^2)

K = 0.13 w/m² k

Surface intérieur de la chambre :

Pour la paroi nord : (6×4) = 24 m²

Pour la paroi sud : (6×4) = 24 m²

Pour la paroi est : (10×4) = 40m²

Pour la paroi ouest : (10×4) = 40 m²

Plancher : (6×10) = 60 m²

Plafond : (6×10) = 60 m²

	S (m²)	K (w/m²)	ΔT	$Q_N = ks\Delta T$ En (w)
Paroi nord	24	0,13	+63	196,56
Paroi sud	24	0,13	+30	93,6
Paroi est	40	0,13	+39	202,8
Paroi ouest	40	0.13	+63	327,6
Plancher	60	0,13	+63	491,4
Plafond	60	0,268	+33	530,64
Q_{tp}				1842,6 W

Tableau 16:calcul la quantité de chaleur échangée à travers les parois

Charge thermique par ouverture des portes Q_{op} :

$$Q_{OP} = [8 + (0{,}067 * \Delta T) * t * p_{aa} * l * h * \sqrt{h * (1 - \frac{p_{ae}}{p_{aa}}) * (h_{ae} - h_{aa}) * c_{ra}}]$$

Avec :

ΔT : Écart type de l'air entre les deux côtes de la porte en (C°)

t : temps d'ouverture de la porte en (min/h) = 0,33 (min/h)

p_{aa} : Masse volumique de l'air dans la chambre en (kg/m^3) = 1,265 kg/m^3

ρ_{aa} : Masse volumique de l'air de cote de la porte en (kg/m^3)

L : langueur de la porte(m)=1,5

H : hauteur de la porte (m)= 2 m

h_{ae} : Enthalpie de l'air ambiant en (KJ/kg) =116 KJ/Kg

h_{aa} : Enthalpie de l'air extérieur en (KJ/ Kg) = -18,81 KJ/Kg

C_{ra} : Coefficient de minoration de la porte en présence éventuelle d'un rideau d'air

C_{ra} = 0,25

Donc :

$$\rho_{ae} = \frac{\rho_0}{1+\frac{T}{273,15}}$$ En (kg/m^3)

Avec : ρ_0 = 1,293

T= 45 C°

D'après les calculs :

ρ_{ar}= 1,11 kg /m^3

La charge thermique par ouverture des portes Q_{op} :

$$Q_{op} = [8 + (0{,}067 \times 63) \times 0{,}33 \times 1{,}265 \times 1{,}5 \times 2\sqrt{2 \times \left(1 - \frac{1{,}11}{1{,}265}\right)} \times (116 - (-18{,}81)) \times 0{,}25]$$

Q_{op}= 95,80 w

Calcul des charges thermique internes :

L'Eclairage Q_{ec} :

$Q_{ec} = r \times p \times t/24$ Avec :

N : nombre de luminaire dans notre cas : 4 lampes

P : puissance de chaque luminaire

τ : Durée de fonctionnement de luminaire

Donc :

Q_{ec} = 4 × 75 × 8/24

Q_{ec} = 100 w

Personale Q_{pe} :

Q_{pe} = N $*q_p*$ t/24

N : nombre de personnes opérant dans la chambre

q_p : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps pour une personne en activité dans la chambre.

t : durée de présence de chaque personne dans la chambre froide en (h/j).

température de la chambre froide (c°)	Quantité de chaleur dégagée par de temps q_p (w)
15	200
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

Tableau 17: quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne activité moyenne donne une chambre froide

Donc :

Q_{pe} = 4 × 390 × 8/24

Q_{pe} = 520 w

Charge thermique des denrées entrantes Q_{de} :

Q_{de} = m $*$ C_p $*\Delta$T/86400 (k w)

Avec :

M : la masse des denrées introduites chaque jour=400 kg/jour

C_p : Chaleur massique spécifique = 3,77 KJ/Kg

ΔT : Ecart température entre les denrées entrantes et celle de la chambre froide = 33c°

Donc :

$Q_{de} = 400 \times 3{,}77 \times 33/86400$

$Q_{de} = 575$ w

$Q_{de} = 0, 575$ k w

Charge thermique de ventilation Q_V :

$Q_v = n * p * \tau_{evap} / \tau_{inst}$ En (w)

Avec :

N : nombre de moteur de ventilateur

P : puissance de ventilateur considère en (w)

τ_{evap} : Durées de fonctionnement de ventilateur en (h/d)

τ_{inst} : Durées de marche de l'installation frigorifique en h/d (en générale 18h/d pour les chambres négatives et 16h/d pour les chambres positives).

Donc : $Q_v = 1 * 800 * 18/18$

$Q_v = 800\ w$

Charge thermique due aux résistances de dégivrage $Q_{dég}$:

$Q_{dég} = r * p * T_{dég}/\tau_{ist}$ (w)

$Q_{dég} = 3 * 5400 * 1{,}33/18$

$Q_{dég} = 1197$ w

Puissance frigorifique intermédiaire :

1	Les apporte thermique à travers les parois Q_{tp}	1842,6
2	Charge thermique par ouverture des portes Q_{Op}	95,8
3	Personnel Q_{pe}	100
4	Charge thermique des denrées entrantes Q_{de}	520
5	L'éclairage Q_{ec}	575
6	Charge thermique de la ventilation Q_V	800
7	Charge thermique la respiration de la denrée Q_{resp}	0
8	Charge thermique dégivrage $Q_{dég}$	1197
9	Charge intermédiaire	**3133,4**

Tableau 18: Les différentes charges sur la chambre négative

Donnée par l'expression suivante :

$Qint = Qtp + Qop + Qpe + Qde + Qec$

$Qint = 1842{,}6 + 95{,}80 + 100 + 520 + 575$

$Qint = 3\ 133{,}4\ w$

Puissance frigorifique total :

$Q_t = Qint * 24/\tau_{inst}$

$Q_t = 3\ 133{,}4 * 24/18$

Donc :

Q_t = 4 177,86 w

Q_t = 4,17786 kw

Puissance prévisionnelle Q_{PREV} :

$Q_{PREV} = 1.2 * Q_T$

Q_{PREV} = 5 013,44

Q_{PREV} = 5,01344 kw

Puissance effective :

$Q_{eff} = Qint + Q_{vent} + Q_{dég}$

Q_{eff} = 3 133,4+ 800+ 1197 w

Donc :

Q_{eff} = 5 130,4 w

Q_{eff} = 5,1304 kw

Calcul SAS

Dimensions :

- Langueur : 18 m
- Largeur : 6 m
- Hauteur : 4 m
- Surface : 108 m²
- Volume : 432 m^3

Conditions thermiques :

- Température de sol T_{sol} =15 C°
- Température ambiante T_{amb} =15
- Température interne du S.A.S T_{ss} = 15°C
- Température maximale du moi plus chaud= 45 C°
- Humidité relative φ = 45%

	S (m²)	K (w/m²) k	ΔT	$\emptyset_N = ks\Delta T$(w)
Paroi sud	72	0,19	+30	410,4
Paroi nord	72	0,19	+33	451,44
	72	0.19	9	123 ,12
Paroi est	24	0,19	+30	136,6
Ouest	24	0.19	+30	136,6
Plancher	108	0,19	+15	307,8
Plafond	108	0,268	+9	260,496
Q_{tp}				1826,456

Tableau 19: calcule la quantité de chaleur échangée à travers les parois (Q tp)

Charge thermique par ouverture des portes Q_{OP} :

$$Q_{OP} = [8 + (0{,}067 * \Delta T) * t * p_{aa} * l * h * \sqrt{h * (1 - \frac{p_{ae}}{p_{aa}}) * (h_{ae} - h_{aa}) * c_{ra}}]$$

Avec :

ΔT : Écart type de l'air entre les deux côtes de la porte en (C°)

T : temps d'ouverture de la porte en (min/h) = 0,33 (min/h).

p_{aa} : Masse volumique de l'air dans la chambre en (kg/m^3) = 1,265 kg/m^3

P_{ae} : Masse volumique de l'air de cote de la porte En (kg/m^3)

L: langueur de la porte (m) = 1,5

H : hauteur de la porte (m)= 2 m

h_{ae} : Enthalpie de l'air ambiant en (KJ/kg)=116 KJ/Kg

h_{aa} : Enthalpie de l'air extérieur en KJ/Kg = 6,27 KJ/Kg

C_{ra} : Coefficient de minoration de la porte en présence éventuelle d'un rideau d'air

C_{ra} = 0,25

Donc :

$$\rho_{ae} = \frac{\rho_0}{1 + \frac{T}{273{,}15}}$$

Avec : ρ_0 = 1,293

Q_{op} = 45,01 w

Calcul des charges thermique internes :

L'Eclairage Q_{ec} :

$Q_{ec} = n * p * t/24$ (w)

Avec:

N : nombre de luminaire dans notre cas : 6

lampes

P : puissance de chaque luminaire

r : Durée de fonctionnement de luminaire

Donc :

Q_{ec} = 6 ∗ 75 ∗ 8/24

Q_{ec} = 150 w

Personnel Q_{pe} :

$Q_{e\,c} = n * q_p * t/24$

N : nombre de personnes opérant dans la chambre

q_p : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps pour une personne en activité dans la chambre

t : durée de présence de chaque personne dans la chambre froide en (h/j)

temperature de la chamber froide (c°)	Quantité de chaleur dégagée par de temps q_p (w)
15	200
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

Tableau 20: quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne activité moyenne

Donc :

$\rho_{ae} = \frac{\rho_0}{1+\frac{T}{273,15}}$ En (kg/m^3)

Q_{ec} = 4 ∗ 390 ∗ 8/24

Q_{ec} = 520 w

Charge thermique des denrées entrantes Q_{de} :

$Q_{de} = m * C_p * \Delta T/86400$ (k w)

Avec :

M : la masse des denrées introduites chaque jour=400 kg/jour

C_p : Chaleur massique spécifique = 3,77 KJ/Kg

ΔT : Ecart température entre les denrées entrantes et celle de la chambre froide = 33c°

Donc :

$Q_{de} = 400 * 3{,}77 * 33/86400$

Q_{de} =0, 575 k w

Q_{de} = 575 w

Charge thermique due à la respiration de la denrée Q_{resp} :

$$Q_{resp} = m * \frac{q_{resp}}{86400}$$

$Q_{resp} = 400 * 175/86400$

$Q_{resp} = 0{,}810kw$

Donc :

Q_{resp} = 810 W

Charge thermique de ventilation Q_v :

$Q_v = n * p * r_{evap} / r_{inst}$ En (w)

Avec :

N : nombre de moteur de ventilateur

P : puissance de ventilateur considère en (w)

r_{evap} : Durées de fonctionnement de ventilateur en (h/d)

r_{inst} : Durées de marche de l'installation frigorifique en h/d (en générale 18h/d pour les chambres négatives et 16h/d pour les chambres positives)

Donc :

$Q_v = 3 * 320 * 18/18$

$Q_v = 960\ w$

Puissance frigorifique intermédiaire (w):

1	Les apporte thermique a travers les parois Q_{tp}	1862 ,456
2	Charge thermique par ouverture des portes Q_{OP}	45,01
3	Personnel Q_{pe}	100
4	Charge thermique des denrées entrants Q_{de}	520
5	L'éclairage Q_{ec}	575
6	Charge thermique de la ventilation Q_v	960
7	Charge thermique la respiration de la denrée Q_{resp}	810
8	Charge thermique dégivrage $_{dég}$	0
9	**Charge intermediaries**	7 026,46

Tableau 21: Les différentes charges sur la chambre SAS

Donnée par l'expression suivante :

$Q_{int} = Q_{tp} + Q_{op} + Q_{pe} + Q_{de} + Q_{ec} + Q_{resp}$

$Q_{int} = 1826{,}456 + 45{,}01 + 100 + 520 + 575 + 960 + 3000$

$Q_{int} = 7\ 026{,}46\ w$

Puissance frigorifique total :

$Q_T = Q_{int} * 24/\tau_{inst}$

$Q_T = 7\ 026{,}46 * 24/18$

Donc :

Q_T = 9368,62 w

Q_T = 9,3686 kw

Puissance prévisionnelle Q_{PREV} :

Q_{PREV} = 1.2 ∗ Q_T

Q_{PREV} = 11 242,34 w

Q_{PREV} = 11,2423kw

Puissance effective :

$Q_{eff} = Q_{int} + Q_{vent} + Q_{dég}$

Q_{eff} = 7026,46 +960+ 1197 w

Q_{eff} = 9 183,46 w

Q_{eff} = 9,183 kw

12. CONCLUSION

En conclusion, le calcul des charges thermiques dans les dépôts frigorifiques est une étape incontournable pour assurer le bon fonctionnement et la performance des systèmes de réfrigération. Une analyse précise de ces charges permet non seulement de dimensionner adéquatement les équipements, mais aussi d'optimiser leur efficacité énergétique, réduisant ainsi les coûts opérationnels et l'empreinte environnementale. En investissant dans des méthodes de calcul avancées, des technologies de pointe et une gestion proactive de la thermique, les exploitants de dépôts frigorifiques peuvent garantir des conditions de stockage optimales pour les produits tout en contribuant à la durabilité de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement alimentation.

IV. Chapitre 4 : Simulation de dépôt



1. Introduction

Dans le monde de la conservation des aliments, les chambres froides jouent un rôle crucial. Mais leur prix, notamment celui de leurs éléments constitutifs, est un sujet important à considérer. Il impacte directement la rentabilité des entreprises qui en dépendent. [7]

En ce chapitre en va utiliser deux programmes

- SOLKANE : Réfrigérants est un puissant programme de calcul de propriétés thermo physiques. Il calcule les données de substance thermodynamique et les propriétés de transport de tous les réfrigérants Solkane, ainsi que d'autres CFC. Il contient des modules pour le calcul d'un total de 7 différents processus à un et deux cycles, de dimensionnement du réseau de tuyaux pour le réfrigérant.
- FRIGASOFT : Il s'agit d'un programme informatique dédié au domaine de la réfrigération et de la climatisation. Ce programme est conçu pour aider les ingénieurs et les techniciens dans la conception et l'analyse des systèmes de réfrigération et de climatisation. Il peut inclure des fonctionnalités telles que le choix des refroidisseurs adaptés à différentes applications, la fourniture d'estimations des performances du système et de la consommation d'énergie, et la création de graphiques et de rapports pour illustrer les données techniques. [6]

2. Chambre positive

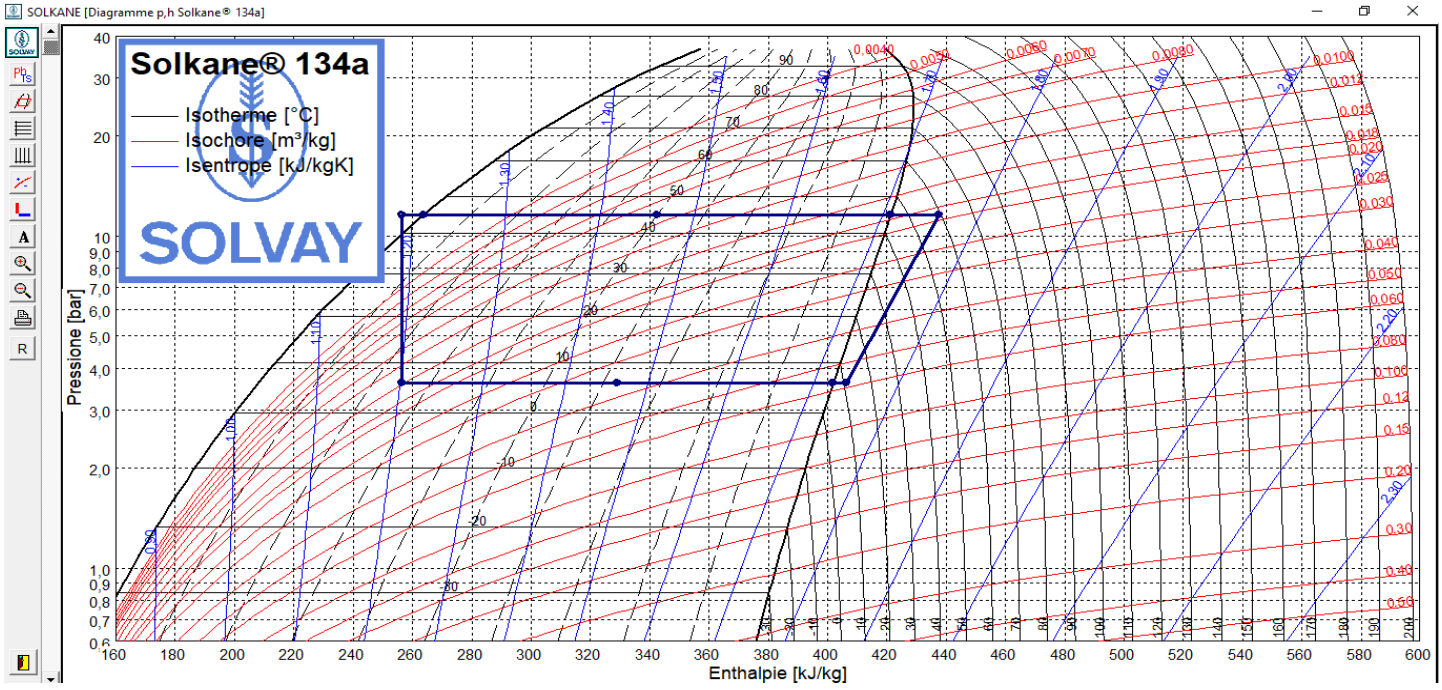


Figure 15: Diagramme de la chambre positive (SOLKANE)

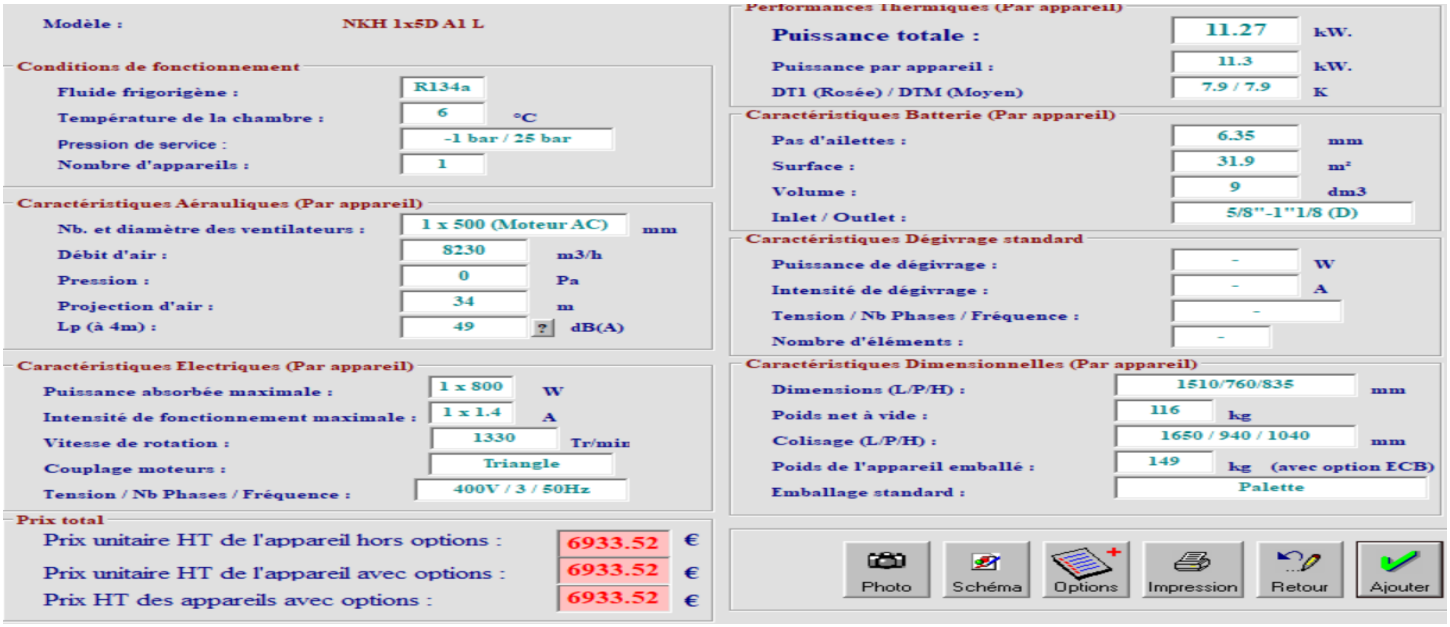


*Figure 16: L'évaporateur AKH 1*5D A1 L (FRIGASOFT)*

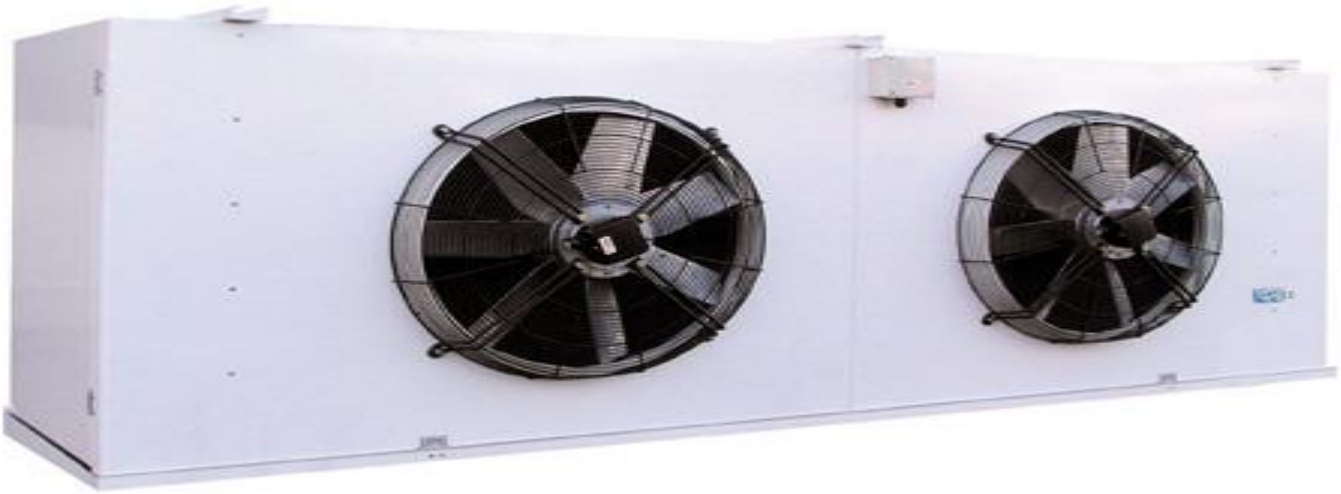


*Figure 17: L'évaporateur AKH 1*5D A1 L*

3. Chambre négative

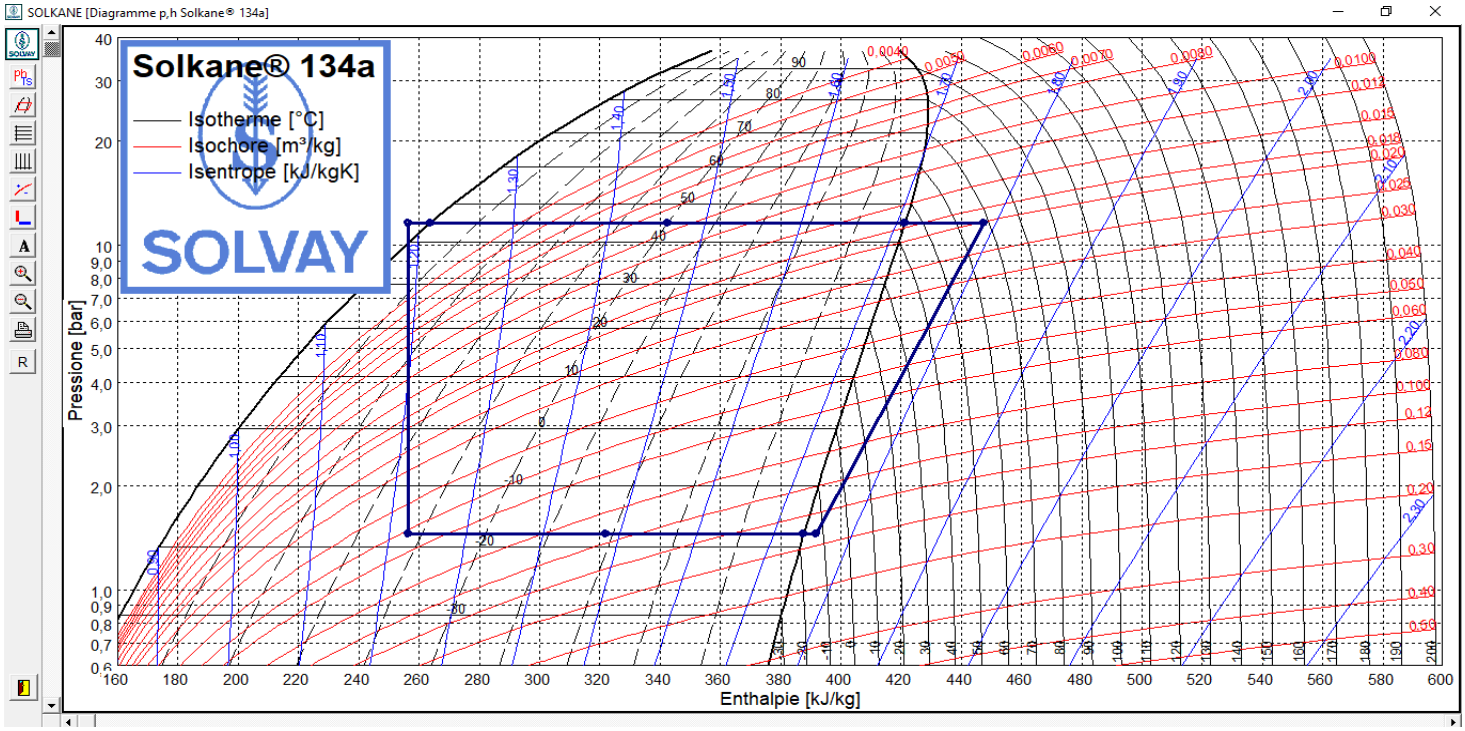


Figure 18: Diagramme de la chambre froid négative (SOLKANE)

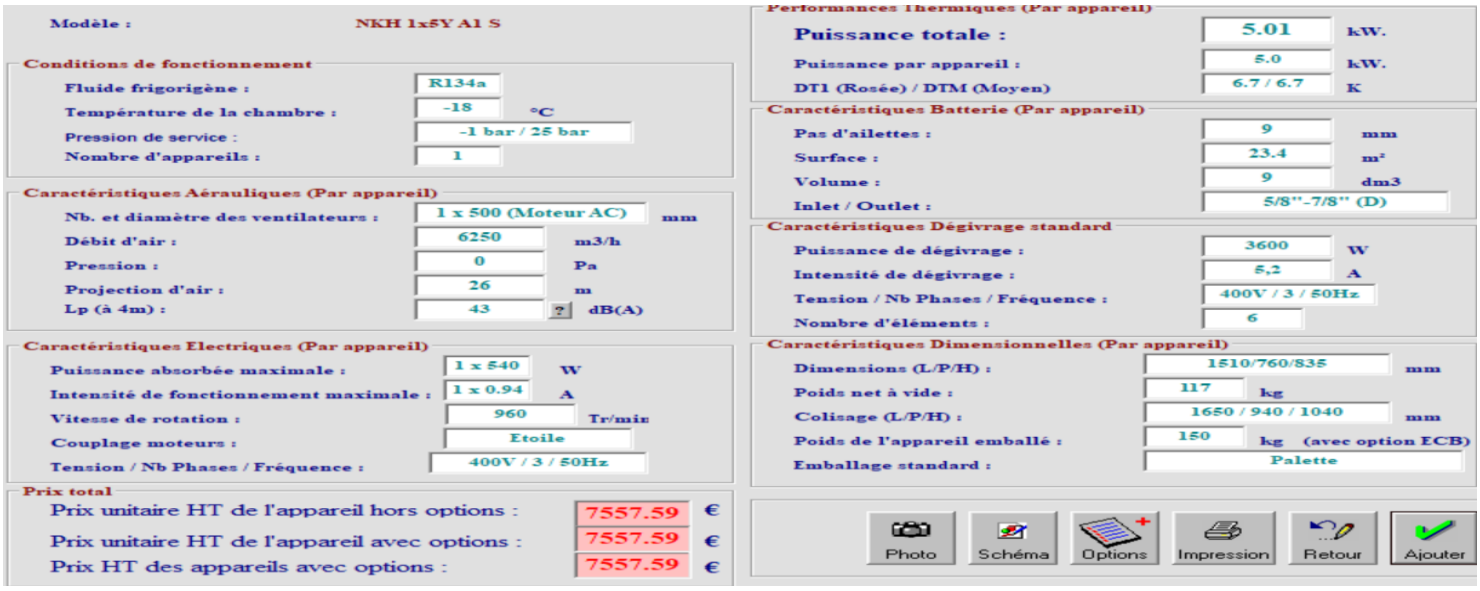


*Figure 19 : L'évaporateur NKH 1*5Y A1S (FRIGASOFT)*



*Figure 20: L évaporateur NKH 1*5Y A1 S*

4. Sas

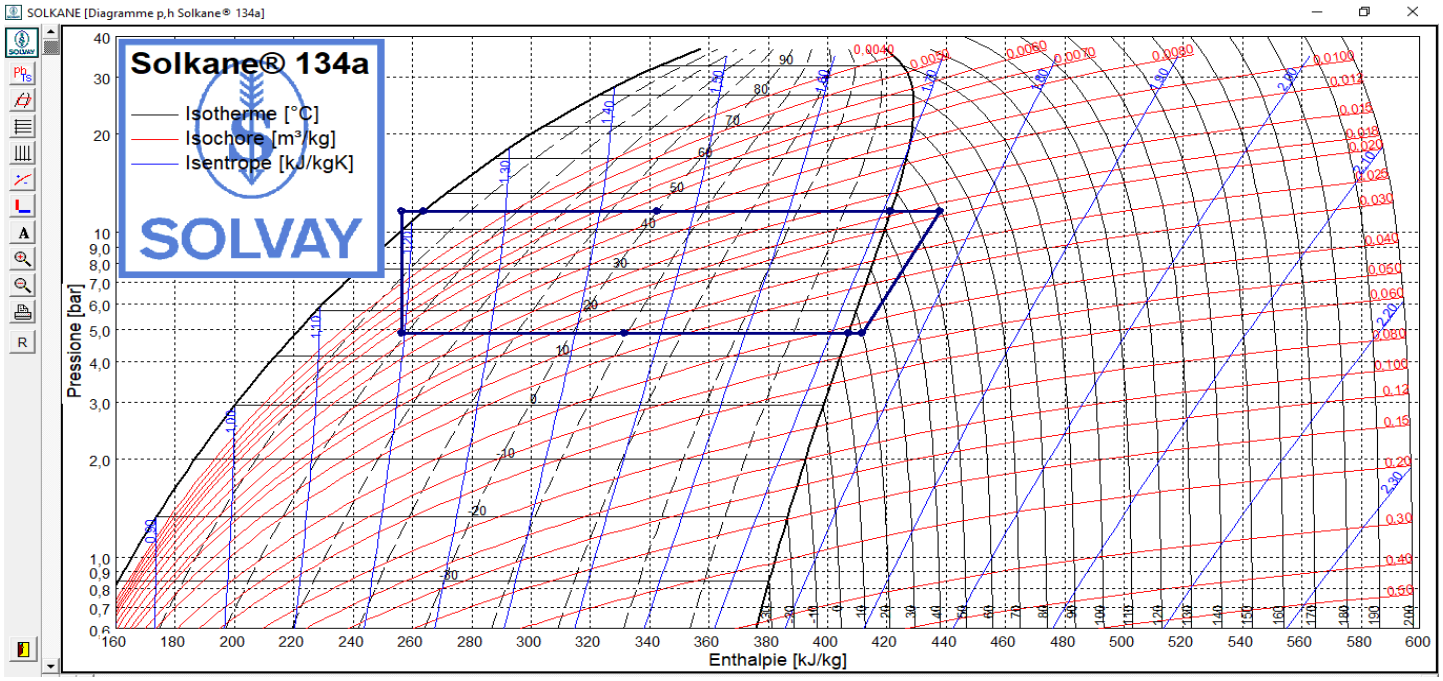


Figure 21: Diagramme sas (SOLKANE)



Figure 22: L évaporateur NTA M 6R-AC GV(FRIGASOFT)



Figure 23: L évaporateur NTA M 6R-AC GV

5. Validation de résultat

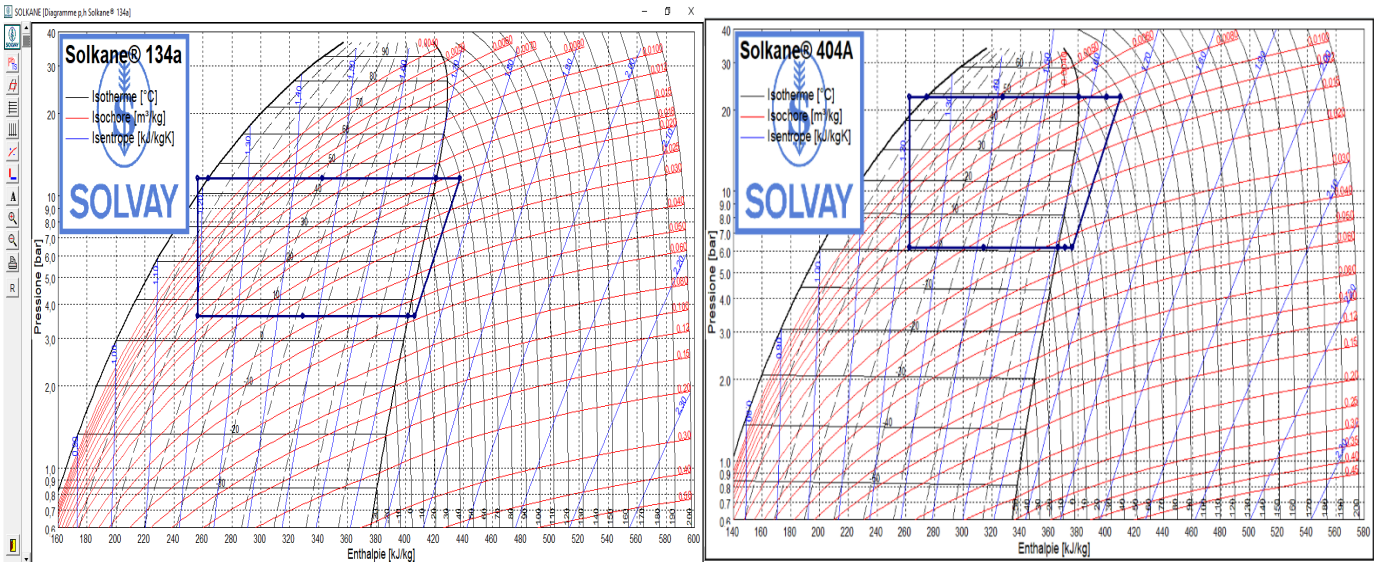


Figure 24:validation de résulta

Pour la comparaison de la chambre Nous avons comparé deux courbes pour deux chambres réfrigérées à 6°C Avec une différence de réfrigérants, Différence de pression, produits, Même Températures.

La surchauffe des vapeurs à la sortie de l'évaporateur peut atteindre la valeur de 5 °C et 10°C à la ligne d'aspiration. La surchauffe totale est de 15 °C.

Le liquide se sous-refroidi au 3ème tronçon du condenseur de 5°C et environ 5°C dans la ligne de liquide jusqu'au détendeur donc le refroidissement atteindre la valeur de 10 °C.

6. Système de régulation Recommandé

Le rôle de la régulation dans un système de réfrigération pour un entrepôt frigorifique est essentiel pour maintenir les conditions optimales de température et d'humidité, assurant ainsi la conservation des produits stockés. Voici les principaux aspects du rôle de la régulation :

- **Maintien des Conditions de Température :**

  La régulation permet de contrôler précisément la température à l'intérieur des chambres positives et négatives. Cela garantit que les oranges et la viande sont conservées à des températures spécifiques (6°C pour les oranges et -18°C pour la viande), essentielles pour préserver leur qualité et leur fraîcheur.

- **Optimisation de la Consommation d'Énergie :**
  - Les systèmes de régulation sont conçus pour ajuster automatiquement la puissance du compresseur et d'autres composants en fonction des besoins réels de refroidissement. Cela permet de minimiser la consommation d'énergie tout en maintenant des conditions stables.
- **Préservation de la Qualité des Produits :**
  - Une régulation précise empêche les fluctuations de température qui pourraient compromettre la qualité des produits alimentaires. Cela inclut la prévention de la formation de givre excessif dans la chambre négative et le maintien d'un environnement optimal pour les oranges dans la chambre positive.
- **Sécurité Alimentaire et Conformité Réglementaire :**
  - Les régulations assurent le respect des normes sanitaires et réglementaires en matière de stockage des aliments. Cela inclut la surveillance des conditions de température et la tenue de registres précis, nécessaires pour les inspections et la certification.
- **Alertes et Surveillance :**
  - Les systèmes de régulation sont souvent équipés de capteurs et de systèmes d'alerte qui détectent les variations anormales de température ou les pannes potentielles. Cela permet une intervention rapide pour corriger les problèmes avant qu'ils n'affectent la qualité des produits.

En résumé, la régulation dans un entrepôt frigorifique est cruciale pour assurer un stockage efficace et sûr des produits alimentaires en contrôlant la température, en optimisant l'énergie, en préservant la qualité et en garantissant la conformité aux normes réglementaires. Elle joue un rôle central dans la gestion globale de la chaîne du froid, essentielle pour les industries alimentaires et pharmaceutiques entre autres.

a. Chambre Positive (Oranges à 6°C) :

- **Option recommandée : Système de Réfrigération à Compression**

  Exemple : Vous pourriez utiliser un système de réfrigération à compression avec un compresseur Copeland Scroll, réputé pour son efficacité à maintenir une température stable autour de 6°C et à préserver la qualité des oranges.

b. Chambre Négative (Viande à -18°C) :

- **Option recommandée : Système de Congélation à Compresseur à Basse Température**

Exemple : Pour la chambre négative, un système de congélation à compresseur Bitzer est recommandé. Ce type de système est conçu pour fonctionner à des températures aussi basses que -18°C, assurant ainsi la conservation optimale de la viande sans altération de sa qualité.

c. Points à considérer :

- **Efficacité Énergétique** :

  Exemple : Choisissez un système de réfrigération utilisant le réfrigérant R134a, comme les systèmes Danfoss, qui offrent une haute efficacité énergétique et respectent les normes environnementales.

- **Isolation et Séparation** :

  Exemple : Utilisez des panneaux isolants Kingspan en polyuréthane, connus pour leur capacité à fournir une isolation thermique efficace, essentielle pour minimiser les pertes de chaleur et maintenir des conditions stables dans les entrepôts frigorifiques.

- **Maintenance et Service** :

  Exemple : Engagez un contrat de maintenance avec une entreprise spécialisée comme Trane, qui assure des services réguliers de maintenance pour les systèmes de réfrigération, garantissant ainsi un fonctionnement fiable et continu des équipements.

- **Surveillance et Contrôle** :

  Exemple : Installez un système de surveillance automatisé de Honeywell, équipé de capteurs précis pour surveiller en temps réel les températures. Ce système envoie des alertes immédiates par e-mail ou sur téléphone mobile en cas de variation des conditions environnementales.

7. Conclusion

En somme, le coût des éléments dans une chambre froide est un élément clef à ne pas sous-estimer. Choisir les bons composants, alliant qualité et prix, est essentiel pour garantir à la fois la préservation des produits et la rentabilité de l'entreprise sur le long terme.

Conclusion générale

En conclusion, cette étude approfondie sur la conception et la gestion d'un dépôt frigorifique souligne l'importance cruciale de ces installations dans l'industrie alimentaire et logistique. Nous avons exploré les différents aspects, des exigences de conception aux défis opérationnels en passant par les considérations environnementales et réglementaires.

Il est clair que la construction et l'exploitation efficaces d'un dépôt frigorifique exigent une approche holistique, prenant en compte la technologie, la durabilité, la sécurité alimentaire et l'efficacité énergétique. Des avancées significatives dans les systèmes de réfrigération, la gestion thermique et les pratiques de stockage ont permis d'optimiser la conservation des produits tout en réduisant l'impact environnemental.

Cependant, il reste des défis à relever, notamment en matière d'innovation technologique, de formation du personnel et d'adaptation aux exigences réglementaires en constante évolution. En investissant dans la recherche et le développement, ainsi que dans une culture d'amélioration continue, les acteurs de l'industrie peuvent garantir la pérennité et la compétitivité de leurs dépôts frigorifiques dans un environnement en évolution rapide.

Ainsi qu'une gestion opérationnelle efficace. En investissant dans des solutions durables et en adoptant des pratiques responsables, les dépôts frigorifiques peuvent non seulement améliorer leur efficacité opérationnelle, mais aussi réduire leur impact environnemental, contribuant ainsi à un avenir plus durable pour la chaîne d'approvisionnement alimentaire.

En fin de compte, un dépôt frigorifique bien conçu et géré joue un rôle essentiel dans la préservation de la qualité, de la sécurité et de la durabilité des produits alimentaires tout au long de leur chaîne d'approvisionnement, contribuant ainsi à répondre aux besoins croissants des consommateurs tout en assurant un avenir plus sûr et plus sain pour notre alimentation.