



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT-INGENIEUR 2IE

OPTION : **ENERGIE ET GENIE DES PROCEDES**

Présenté et soutenu publiquement le par

Guy-Arnold NDOUMBE EKEKE

Travaux dirigés par :

Pr. Yézouma COULIBALY Chef UTER GEI-
Fondation 2IE

Dr. Pousga KABORE Expert industriel BRMN

Ing. Gildas TAPSOBA

Jury d'évaluation du stage:

Président : François SEMPORE

Membres et correcteurs : Yézouma COULIBALY

SANKARA Ahmed

Pousga KABORE

Promotion [2011/2012]

DÉDICACES

JE DÉDICACE CE MÉMOIRE À :

- ❖ CLAUDILDE AKWELLE BYLL, MA MÈRE,
- ❖ AHRINI BYLL, MON FEU ONCLE

POUR TOUS LES SACRIFICES QU'ILS ONT FAITS TOUT AU LONG
DE MA VIE, LEUR SOUTIEN INCONDITIONNEL, LEURS
MULTITUDES CONSEILS, PRIÈRES ET ENCOURAGEMENTS SANS
LESQUELS JE NE SERAIS RIEN



REMERCIEMENTS

Je tiens tout particulièrement à remercier :

- Le Directeur du BRMN **M. Sylvanus TRAORE**.
- Mon encadreur professionnel **Dr. Pousga KABORE** pour son suivi et ses précieux conseils tout au long de mon stage.
- Le **Pr. Yézouma COULIBALY** et l'ingénieur **Gildas TAPSOBA** mes encadreurs académiques pour leur encadrement.
- **M. Sam SALIFOU** pour son soutien.
- **M. Francis SEMPORE** pour sa disponibilité et toute l'aide qu'il m'a apporté lors de ce stage.
- Tout le corps enseignant pour la patience dont ils ont fait preuve lors de ma formation
- Ma famille plus particulièrement ma mère et ma grand-mère qui m'ont toujours soutenu.
- Mes amis et camarades de classes avec qui j'ai continuellement pu évoluer.
- Tout le corps enseignant pour la patience dont ils ont fait preuve lors de ma formation.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



L'efficacité énergétique dans les industries est un sujet d'actualité. Ce mémoire s'inscrit dans le cadre du programme de restructuration et de mises à niveau des industries du Burkina Faso, plus précisément dans le cadre de l'efficacité énergétique de la société de gestion de l'abattoir frigorifique de Ouagadougou. Il s'agit ici d'effectuer un diagnostic des installations frigorifique, et suggérer des solutions permettant de diminuer les consommations d'énergie. C'est ainsi que nous avons traité deux aspects essentiels. Premièrement la gestion des chambres froides, nous permettant d'obtenir des gains de **3,15%** par mois correspondant à **944 952 FCFA** par an. Deuxièmement, nous proposons de remplacer les condenseurs à air par un condenseur évaporatif permettant de réduire la température de condensation, ainsi donc le travail de compression, par conséquent la consommation électrique. Le choix s'est porté sur un condenseur évaporatif « EVAPCO ». Une étude portant sur les gains au niveau de la consommation électrique et sur la consommation électrique a été faite. Bien qu'étant encore incomplète, nous avons pu obtenir des gains électriques de 41,35% correspondants à **12 406 251 FCFA** par an, mais le dispositif proposé engendre des consommations d'eau chiffrées à **5 902 855 FCFA** par an. Le véritable montant net des gains par année est donc **7 448 348 FCFA**. Le calcul de la Valeur actuelle net pour une période de cinq ans nous a permis d'affirmer que le projet est rentable pour un certain prix d'achat du condenseur.

Mots clés : Efficacité énergétique, Chambres froides, Abattoir frigorifique, Condenseur évaporatifs, Consommation en eau.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ABSTRACT

Energy efficiency is currently a subject of importance for industries. This report written within the scope of the program for restructuring and upgrading the industries of Burkina Faso. In particular, in our case, it concerns the management company of refrigerated slaughter-house of Ouagadougou. Here, our work deals with diagnosing the performance of the refrigerating plants, and propose solutions that will help diminish energy consumption. Thus we treated two essential aspects. Firstly the management of the cold rooms, allowing to obtain a cost reduction of 3,15% per month corresponding to **944 952 FCFA** per year . Secondly, we propose to replace the air condensers by evaporative condensers to reduce the temperature of condensation, and as a consequence, the compression load. As a result, we will have a diminution of the electric consumption. We propose an evaporative condenser. Although being still incomplete, we could obtain electric profits of 41,35% corresponding to **12 406 251 FCFA** per year. The condenser choose uses water. The amount of water used per year cost about **5 902 855 FCFA**. **Therefore**, the true amount of the profit per year is **7 448 348 FCFA**. We found a price of the condenser which makes our project profitable.

Key words: Energy efficiency, cold rooms, refrigerated Slaughter-house, evaporative condenser, water consumption.



LISTE DES ABREVIATIONS

- COP :** Coefficient de performance
- BRMN :** Bureau de Restructuration et de Mise à Niveau
- HR :** Humidité relative
- LESEE :** Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie
- SOGEAO :** Société de Gestion de l'Abattoir frigorifique de Ouagadougou
- PRMN :** Programme de Restructuration et de Mise à Niveau
- PRED :** Programme de Restructuration des Entreprises en Difficulté
- ADEME :** Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

Table des matières

DÉDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
I. INTRODUCTION GENERALE	4
I.1. Contexte de l'étude	4
I.2. Problématique	4
I.3. Objectifs du travail	4
I.3.1. Objectif global.....	4
I.3.2. Objectifs spécifiques	4
I.4. Méthodologie et organisation du travail	5
II. CADRE DE L'ETUDE	5
II.1. Le bureau de restructuration et de mises à niveau des industries (BRMN).....	5
II.2. Méthodologie de diagnostic de l'ADEME	6
III. MATERIELS ET METHODES	7
III.1. Planification du travail	7
III.1.1. Revue bibliographique.....	7
III.1.2. Visite de l'entreprise et collecte de données	8
III.1.3. Traitement, analyses et interprétation des résultats	8
III.1.4. Rédaction du mémoire	8
III.2. Description du fonctionnement.....	8
III.2.1. Composition du système.....	8
III.2.2. Schématisation de l'installation frigorifique	9
III.3. Hypothèses de travail	11
III.4. Pré-diagnostic	11
III.5. Diagnostic énergétique.....	12
III.5.1. Mesures et relevées.....	12
III.5.2. Etude de l'installation frigorifique actuelle	12
III.5.3. Mesures d'économies d'énergie	16
III.6. Rentabilité du projet.....	23
III.6.1. Détermination de la Valeur actuelle nette (VAN)	23

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

III.6.2.	Détermination du délai de récupération du capital investi (DRCI)	24
IV.	RESULTATS	24
IV.1.	Pré-diagnostic	24
IV.1.1.	Consommation électrique mensuelle de la SOGEAO	24
IV.1.2.	Répartition des consommations	24
IV.1.3.	Répartition des montants de consommation par poste	25
IV.2.	Diagnostic énergétique.....	25
IV.2.1.	Mesures et relevés	25
IV.2.2.	Etude de l'installation actuelle	26
IV.2.3.	Mesures d'économies d'énergie	32
IV.3.	Rentabilité du projet.....	42
IV.3.1.	Valeur Actuel Net (VAN).....	42
IV.3.2.	Délais de récupération du capital investi (DRCI).....	42
V.	DISCUSSION ET ANALYSES.....	43
V.1.	Etude comparative sur les sources d'alimentation en eau	44
V.1.1.	Montant des consommations d'eau	44
V.2.	Rentabilité du projet	45
VI.	RECOMMANDATIONS	46
VI.1.	Une meilleure gestion des chambres.....	46
VI.2.	Les Condenseur à air.....	46
VII.	CONCLUSION	47
VIII.	ANNEXES.....	48
	Bibliographie.....	75

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Répartition des consommations électriques de la SOGEO</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 2 : Répartition des montants de consommation par poste</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 3 : Mesures de puissances des compresseurs</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 4 : Mesures de puissances des condenseurs</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 5 : Mesures de températures</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 6 : La puissance frigorifique par chambre froide</i>	<i>27</i>
<i>Tableau 7 : Données du tracé du cycle théorique actuel</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 8 : Données de calcul du COP théorique actuel</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 9 : Données de calcul du COP réel de l'installation actuelle</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 10 : Puissances frigorifiques des chambres pour un régime de fonctionnement à 66% de charge</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 11 : Bilan frigorifique après modification sans investissements</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 12 : Tableau de détermination du facteur de correction pour le choix du condenseur évaporatif</i>	<i>33</i>
<i>Tableau 13 : Caractéristiques techniques du condenseur EVAPCO LSCB 120</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 14 : Données du tracé du cycle théorique considérant un condenseur évaporatif</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 15 : Paramètres de calcul du rendement global initial</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 16 : Paramètres de calcul du rendement global après installation du condenseur évaporatif</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 17 : Paramètres de calcul du COP réel après installation du condenseur évaporatif</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 18 : Puissance initial des compresseurs à 66% de charge</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 19 : Puissance initiale des condenseurs à air à 66% de charge</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 20 : Puissance des compresseurs après installation du condenseur évaporatif</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 21 : Puissance du condenseur évaporatif à 66% de charge</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 22 : Quantité journalière d'eau d'appoint</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 23 : Montant mensuel et annuel des gains électriques du condenseur EVAPCO</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 24 : Montant mensuel et annuel des consommations d'eau du condenseur EVAPCO</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 25 : Calcul de la valeur actuel net</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 26 : Calcul du délai de récupération du capital investi</i>	<i>42</i>

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Schématisation de l'installation</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2: Répartition des puissances électriques</i>	<i>25</i>
<i>Figure 3: Puissances électrique de l'installation frigorifique.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 4 : Cycle théorique actuel</i>	<i>30</i>
<i>Figure 5: Cycle théorique considérant le nouveau condenseur évaporatif.....</i>	<i>35</i>

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

I. INTRODUCTION GENERALE

I.1. Contexte de l'étude

L'efficacité énergétique dans les entreprises industrielles est un sujet d'actualité. En effet, les coûts de production et par conséquent de revient dépendent fortement des coûts d'énergie : transport, électricité, vapeur, froid etc. Dans un contexte national et international concurrentiel, toute réduction de coût a un impact sur la compétitivité et la survie de l'entreprise. Les entreprises agroalimentaires contribuent à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire. SOGEO est un prestataire de services d'abattage d'animaux pour le compte de bouchers et d'entreprises de la ville. Outre les abattages, elle propose un service de conservation frigorifique des carcasses d'animaux. Cependant, dû à un faible taux de conservation la consommation énergétique est élevée. Aussi une approche d'efficacité énergétique est nécessaire pour l'aider à réduire ses coûts d'énergie

I.2. Problématique

Le problème se posant ici est clair, il s'agit de la mauvaise gestion et de la surconsommation d'énergie, entraînant des coûts élevés. C'est donc dans l'optique de la réduction de ces coûts que nous avons fixé les objectifs suivants :

I.3. Objectifs du travail

I.3.1. Objectif global

Le stage vise à aider l'entreprise à réduire ses dépenses énergétiques en particulier en électricité.

I.3.2. Objectifs spécifiques

Il s'agit pour nous de :

- Mener un diagnostic énergétique des installations frigorifiques. En particulier, aider l'entreprise à optimiser ses factures d'électricité et d'identifier les appareils et les habitudes d'utilisations les plus consommateurs ;
- Faire une revue bibliographique sur la technologie des chambres froides et proposer une réduction de la consommation ;

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- Proposer des solutions et quantifier les gains que peuvent apporter une telle démarche ;

I.4. Méthodologie et organisation du travail

L'atteinte de nos objectifs se fera en trois phases :

La phase de pré diagnostique : Consiste à déterminer les principaux postes de consommation et proposer des solutions simplement réalisables. Cette partie a déjà fait l'objet d'une étude au sein du BRMN concernant l'abattoir frigorifique.

La phase de diagnostic : Consiste à approfondir les études et analyses par la prise de mesures, les calculs, la vérification du dimensionnement, et ainsi proposer des solutions, estimer les gains potentiels.

La phase d'étude de faisabilité : Il s'agit ici d'étudier la rentabilité du projet.

II. CADRE DE L'ETUDE

II.1. Le bureau de restructuration et de mises à niveau des industries (BRMN)

Créé en mars 2008, le Bureau de Restructuration et de Mise à Niveau (BRMN), bras opérationnel au service de la restructuration et de la mise à niveau de l'industrie, est l'interface opérationnelle, mis en place par le gouvernement pour assurer la conduite :

- Du Programme de Restructuration et de Mise à Niveau de l'UEMOA (PRMN), dont l'objectif est de relancer la production industrielle, de promouvoir l'investissement, l'emploi et d'améliorer la compétitivité des économies nationales aux niveaux régional et international.
- Du Programme de Restructuration des Entreprises en Difficulté (PRED) initié par le gouvernement dans le cadre du plan d'action de lutte contre les effets de la crise financière et économique mondiale et qui a pour objectif de donner à ces entreprises les moyens de :
 - Résorber les effets négatifs de la crise économique persistante, par la relance de la production ;

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- Tirer parti des opportunités de développement qu'offre la situation de crise que traverse l'économie mondiale, en préservant des emplois et en créant de la valeur ajoutée.

Logé au sein de la Chambre de Commerce et d'Industrie du Burkina Faso et animé par des cadres de cette institution, le BRMN, a démarré ses activités en juin 2008 et est chargé :

- De la promotion au niveau national, du PRMN et du PRED,
- Du traitement des dossiers des entreprises éligibles au PRMN et au PRED,
- De la mesure de l'impact desdits Programmes sur les entreprises bénéficiaires,
- Du suivi des prestations des Consultants commis à l'élaboration des diagnostics stratégiques des entreprises retenues pour la phase pilote du PRMN et sélectionnées par le Gouvernement dans le cadre de la phase initiale du PRED
- De la conduite des différentes études initiées dans le cadre des deux Programmes avec le concours des différents partenaires,
- De la conduite de toute action de promotion et de développement de l'industrie nationale.

II.2. Méthodologie de diagnostic de l'ADEME

La méthodologie de l'ADEME, dans le cadre de l'efficacité énergétique peut se résumer en trois parties essentielles :

➤ **Le pré diagnostic**

L'objectif du pré-diagnostic énergétique dans l'industrie est d'élaborer un premier bilan de la situation énergétique globale de l'entreprise, de quantifier les potentiels d'économies d'énergie, d'orienter l'industriel vers des interventions simples à mettre en œuvre dans le cadre de l'évolution de son entreprise et de l'environnement local ; d'identifier les domaines à développer dans une analyse plus poussée, dans le cadre d'un diagnostic. Le pré-diagnostic est une première étape de l'analyse de la situation énergétique d'un site industriel et peut être utilement complété par la réalisation **d'un diagnostic**.

➤ **Le diagnostic**

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Consiste à approfondir les principaux gisements identifiés dans la première phase et choisis conjointement avec l'industriel. Pour cela, il est nécessaire d'établir le bilan énergétique sur la base d'une analyse détaillée de l'existant à partir de données et de calculs, et à partir de mesures. Cet approfondissement dans le cadre du diagnostic, passe par une phase de réflexion sur la réduction éventuelle des besoins énergétiques, par un contrôle du dimensionnement des équipements en place par rapport aux besoins et par l'analyse de l'état de fonctionnement, de leurs conditions d'exploitation et la recherche des modifications nécessaires.

➤ **La troisième phase, la recherche de solutions d'amélioration,**

Elle doit permettre de déterminer les actions à mener sur les procédés et utilités d'une entreprise ou leur mode d'exploitation, afin de réaliser des économies d'énergie; identifier et de décrire les solutions aussi précisément que possible et de donner une première approche du coût de mise en œuvre et du temps de retour. Les informations données doivent permettre à l'industriel de réaliser son choix de manière objective et en toute transparence entre différentes solutions en fonction de ses besoins et de ses contraintes, afin d'établir son plan d'actions d'économies d'énergie.

Pour une meilleure compréhension, nous avons schématisé la méthodologie expliquée plus haut. Le schéma se trouve en annexe : **annexe 16**.

III. MATERIELS ET METHODES

III.1. Planification du travail

Le stage effectué s'est déroulé en quatre mois, pendant lesquels il a été question d'aborder le travail suivant le planning suivant :

III.1.1. Revue bibliographique

Pendant cette période d'un mois, il a été question de faire des recherches sur le domaine dans lequel il fallait travailler. Nous concernant, il était question des chambres froides et des installations frigorifiques.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

III.1.2. Visite de l'entreprise et collecte de données

Cette étape s'est étendue elle aussi sur deux ou trois semaines, pendant lequel il était question de prendre contact avec l'entreprise, les équipements, les appareils, les chambres froides. Il était question aussi de comprendre le fonctionnement et prendre des mesures de températures, de pression, d'intensité de courant, de puissance.

III.1.3. Traitement, analyses et interprétation des résultats

Cette phase s'est réalisée en à peu près un mois et demi. Il était question de traiter les données obtenues, analyser et interpréter les résultats.

III.1.4. Rédaction du mémoire

La rédaction du mémoire s'est fait en un peu moins d'un mois.

III.2. Description du fonctionnement

III.2.1. Composition du système

Le groupe froid est composé de :

III.2.1.1. Les chambres froides

- ✚ 14 Chambres froides dont 02 à 2/4°C et les 12 autres 0/2°C
- ✚ 01 Chambres de congélation de -25°C

Les caractéristiques des chambres sont données en annexe (**annexe 8**).

III.2.1.2. Les technologies présentes

- ✚ 04 compresseurs à piston de 45KW et de puissance frigorifique de 85KW de type ouvert;

Vous pourrez voir une image des dits compresseurs en annexe (**annexes 17 et 18**)

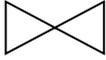
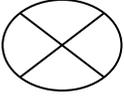
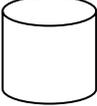
- ✚ Des évaporateurs à convection forcée –**voir annexe 9**
- ✚ 02 condenseurs à air scindés en trois (03) rampes, composés de douze (12) ventilateurs au total;

L'image d'un des condenseurs est visible à l'**annexe 21**

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- ✚ Un détendeur thermostatique par évaporateur (détendeur à égalisation de pression externe).

III.2.2. Schématisation de l'installation frigorifique

	Compresseurs		Détendeur thermostatique
	Séparateur d'huile		Evaporateurs
	Ventilateurs des condenseurs		Gaz HP
	Bouteille liquide		Gaz BP
	Station de déshydratation		Liquide HP
	Bouteille anti-coup		Liquide BP

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

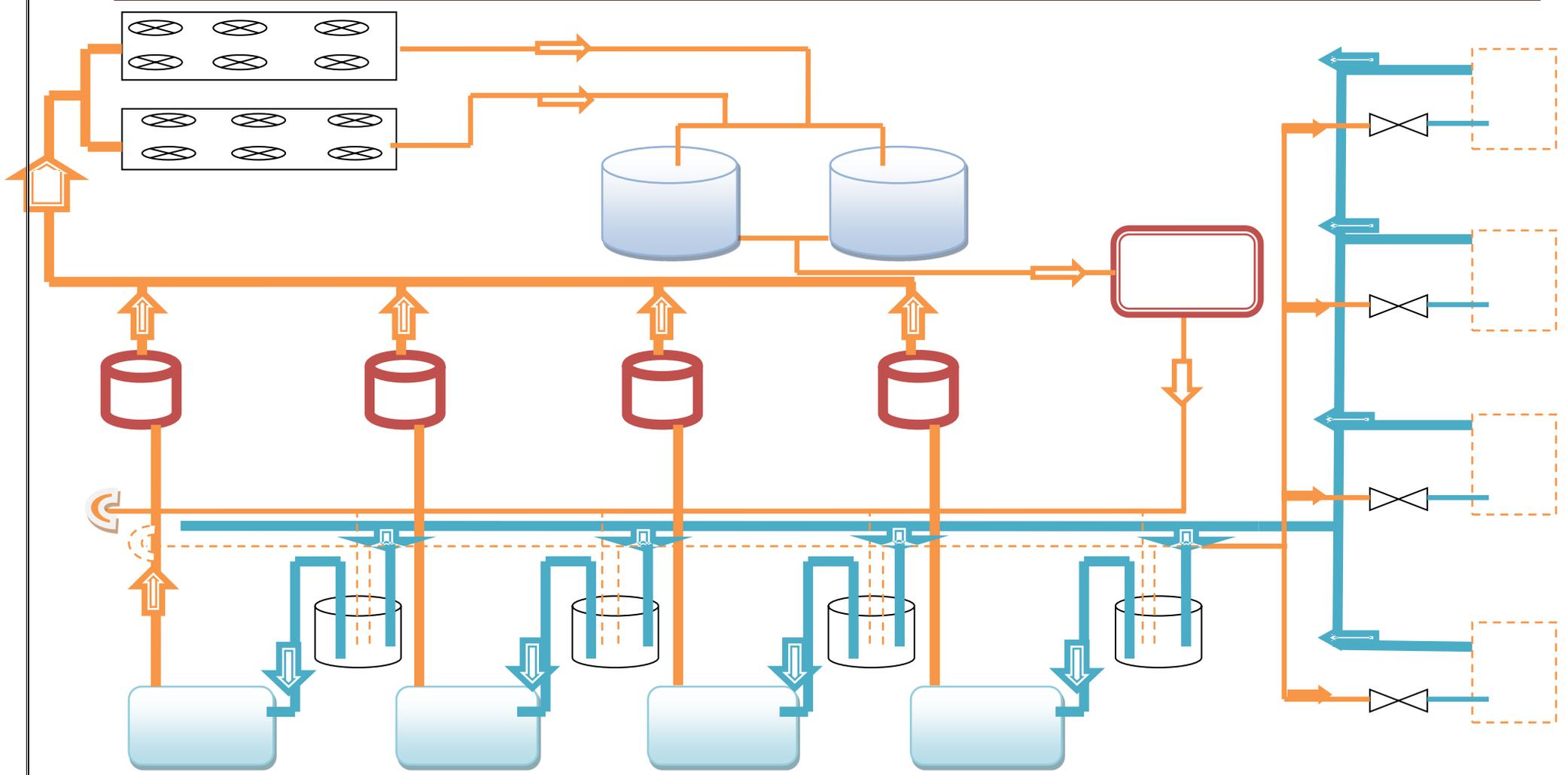


Figure 1: Schématisation de l'installation

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

III.3. Hypothèses de travail

Pour effectuer le travail demandé en toute rigueur, il a fallu faire quelques hypothèses :

- Nous avons considéré un nombre de chambre correspondant à 66% de la puissance frigorifique

Ce choix a été fait en prenant en considération l'utilisation actuelle des chambres.

- Le calcul des charges des chambres froides a été fait en prenant les capacités maximales.
- Les valeurs de températures de condensation et d'évaporation ont été estimées car le thermomètre utilisé ne nous permettait pas d'avoir les températures du fluide à l'intérieur des conduites.

Les conduites étant en cuivre la température à la surface n'est pas très loin de la température intérieur des conduites. Nous avons pris un écart maximal de **5°C**.

- Pour tous les dimensionnements et calculs, il a été considéré le mois d'avril, dans lequel il a été utilisé la température mensuelle et l'humidité relative mensuelle moyenne c'est-à-dire **40°C et HR 21%.- Voir annexe 5**
- Il a été considéré une surchauffe et un sous refroidissement de 5°C.

Les mesures d'économies pour une installation peuvent se faire à plusieurs niveaux, notamment les équipements frigorifiques, la gestion des chambres, et le génie civil. Concernant cette dernière partie, nous ne travaillerons pas dessus.

III.4. Pré-diagnostic

Cette partie permet d'avoir une première vue d'ensemble de l'entreprise. Il sera question pour nous de mettre en exergue les résultats obtenus au cours de cette première étape, c'est à dire :

- La consommation moyenne mensuelle de la SOGEO,
- La répartition de puissances électriques consommées,
- Coût moyen mensuelle de la consommation électrique.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

III.5. Diagnostic énergétique

III.5.1. Mesures et relevés

III.5.1.1. Matériels de mesure

Il a été jugé utile et important de s'attarder sur l'état des équipements de mesures car il conditionne notre travail.

Ainsi donc les équipements que utilisés sont :

- ✚ L'analyseur de données récupéré au sein de LESEE qui nous a semblé en bonne état et donner de bonnes valeurs (numériques) ;
- ✚ Le panneau d'affichage des intensités (analogique) des moteurs des compresseurs situé dans la salle des machines dont les valeurs nous ont servis pour vérifier les valeurs d'intensité obtenues par le biais de l'analyseur de données ;
- ✚ Les manomètres d'aspiration et de refoulement pour les relevés des pressions : Concernant ces équipements, nous pensons que le manomètre situé à l'aspiration est en bon état, par contre, nous avons des doutes quant au bon fonctionnement du manomètre de pression de refoulement, c'est pourquoi il a été question de prendre des mesures de température.
- ✚ Le thermomètre de contact pris au sein du LESEE par lequel il a été possible d'obtenir des valeurs de températures a différents point de l'installation ;

III.5.1.2. Résultats obtenus

Dans cette partie, il s'agira de présenter les résultats des consommations électriques mesurées, des températures et des pressions.

III.5.2. Etude de l'installation frigorifique actuelle

Dans cette partie, il sera question de faire ressortir les points principaux caractérisant le fonctionnement actuel de l'installation frigorifique. Pour ce faire, nous ferons une sorte de récapitulatif des consommations électriques des équipements, ainsi que des puissances frigorifiques installées pour chacune des chambres froides. Nous pourrons ainsi faire ressortir

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

les points les plus importants sur lesquels il y a lieu de faire des économies d'énergie. Afin d'estimer l'efficacité de l'installation, il sera nécessaire aussi d'estimer le COP.

Etant donné que nous travaillons à 66% de charge (comme stipulé dans la partie IV.3. Hypothèse de travail), nous allons estimer aussi la puissance frigorifique totale à ce régime de fonctionnement. Le résultat nous servira plus tard dans les estimations des gains électriques.

III.5.2.1. Calcul des puissances frigorifiques

Nous déterminerons par chambres froides le bilan frigorifique par le calcul des charges thermiques.

Toutes les formules citées dans cette partie ont pour source : Jean François SEMPORE (2006), « TECHNIQUES FRIGORIFIQUES »

Les détails et formules utilisés étant longs, et par souci de faire trop de théorie, nous avons préféré mettre la méthodologie détaillée en annexe (**annexe22**). Vous y trouverez toutes les formules et explications de ces dernières. Nous avons néanmoins fait un résumé de la méthode que vous pouvez lire ci-après.

Les charges thermiques d'une chambre froide se répartissent en deux catégories :

- les charges thermiques externes
- les charges thermiques internes

Les charges thermiques externes comprennent :

- les charges dues aux apports de chaleur par transmission à travers l'enveloppe de la chambre froide; Q_{tr} (W)

Pour voir une esquisse du calcul, voir annexe 11. Les détails de calcul sont disponibles dans le fichier Excel annexe : « Bilan des chambres »

- les charges dues au renouvellement d'air Q_{re} (W)-

Pour voir une esquisse du calcul, voir annexe 2. Les détails de calcul sont disponibles dans le fichier Excel annexe : « Bilan des chambres »

- les charges dues à l'ouverture des portes

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Les charges thermiques internes se divisent en deux catégories que sont les **charges dépendantes des produits entreposés** et les **charges indépendantes des produits entreposés**.

Les charges thermiques internes dépendantes des produits entreposés comprennent :

- les charges dues aux produits entrants Q_{de} (W)
- les charges dues à la respiration des produits (fruits et légumes) Q_{res} (W)

Nous n'en tiendrons pas compte car on a que des viandes à entreposer.

- les charges dues à la fermentation des produits (fromages) Q_{ferm} (W)

Nous n'en tiendrons pas compte car on a que des viandes à entreposer.

Les charges thermiques internes indépendantes des produits entreposés comprennent :

- les charges dues à l'éclairage
- les charges dues au personnel
- les charges dues aux chariots élévateurs et transpalettes

Nous n'en tiendrons pas compte car il n'en existe pas dans notre cas.

- les charges dues à la présence éventuelle d'autres machines

Nous n'en tiendrons pas compte car il n'en existe pas dans notre cas.

- les charges dues à la chaleur dégagée par le moteur de chaque ventilateur d'évaporateur
- les charges dues au dégagement de chaleur des résistances électriques des évaporateurs lorsque ces résistances sont mises sous tension en période de dégivrage.

Concernant les deux dernières charges, nous avons considéré qu'elles sont égales à 20% de la charge totale.

Ainsi, la charge frigorifique intermédiaire Q_{int} est la somme de toutes les charges, et la puissance intermédiaire est :

$$P_{int} = \frac{Q_{int} * 24}{t_{int}}$$

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Nous avons considéré **18h** de fonctionnement.

Notre puissance frigorifique est donc la puissance intermédiaire à laquelle on ajoute 20% de cette dernière.

III.5.2.2. Récapitulatif des puissances électriques

Dans cette partie, il sera question de lister les équipements, ainsi que leurs caractéristiques, et d'en tirer leur consommation. **Les puissances sont mesurées à l'aide d'un analyseur de données pris au sein de LESEE.** On obtiendra un diagramme en Camembert qui montrera les appareils les plus consommateurs.

III.5.2.3. Estimation du COP théorique et réel de l'installation

Le calcul COP ici devrait se faire par compresseur, mais vu que les compresseurs sont identiques, la puissance frigorifique, ainsi que la puissance électrique sont pratiquement les mêmes dans tous les cas. Nous pouvons donc nous contenter de calculer le COP de toute l'installation connaissant la puissance frigorifique totale, ainsi que la puissance électrique total de l'installation.

Il faudra donc tout d'abord tracer le cycle théorique du fonctionnement connaissant les températures de condensation et d'évaporation, mesurées avec **un thermomètre de contact qui nous a été fourni par le LESEE.** Nous obtenons donc un COP théorique suivant la

formule :

$$COP = \frac{\text{Puissance frigorifique } \left(\frac{kJ}{kg}\right)}{\text{Travail de compression } \left(\frac{kJ}{kg}\right)} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2}$$

Nous nous sommes ensuite intéressés au calcul du **COP réel**, c'est-à-dire celui qui tient compte des **rendements**. Au vu du travail que nous voulons effectuer, c'est-à-dire faire des économies sur la consommation électrique, il nous paraît convenable et judicieux de **calculer le COP tenant compte de la puissance électrique du compresseur.** Pour se faire, nous prendrons comme puissance frigorifique la somme des puissances demandées par chaque chambre, que nous rapporterons à la puissance électrique des quatre compresseurs s'ils fonctionnent à leur régime nominal, puissance électrique que nous avons mesurée à l'aide de l'analyseur de données.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

III.5.2.4. Puissance frigorifique totale pour le régime de fonctionnement choisi (66%)

Pour obtenir cette puissance frigorifique, nous allons combiner les chambres de sorte à avoir à peu près 66% de la puissance frigorifique totale.

III.5.3. Mesures d'économies d'énergie

Les postes d'efficacité énergétique sur lesquels nous travaillerons sont les suivants :

- La gestion des chambres
- Les équipements frigorifiques : Condenseurs à air

III.5.3.1. Gestion des chambres (Réduction de la puissance frigorifique)

Dans cette partie, il y a deux aspects qui nous intéressent :

- ✚ Le renouvellement d'air, l'ouverture des portes, et personnes entrantes dans les chambres

Nous nous sommes attardés sur la gestion des chambres froides, et ce que nous avons pu constater, c'est qu'il y a des tranches d'heures pendant lesquelles les commerçants ou particuliers peuvent venir récupérer leurs viandes, ou les faire rentrer dans les chambres. Ces tranches sont : De **5h à 11h** et de **16h à 18h**

Le constat fait, c'est que les chambres sont ouvertes plusieurs fois dans ces tranches d'heures, car chacun venait à une certaine période. Nous pensons qu'il serait mieux de fixer des heures de retrait et de dépôts des viandes. Ainsi, tout le monde viendrait retirer et déposer au même moment sa (ses) viande(s). Ceci permettrait de réduire le nombre d'ouverture des chambres et donc les apports de chaleurs.

Dans le même ordre d'idées, nous proposons de placer à l'entrée des portes des chambres froides un rideau. Cela permettrait de réduire les entrées d'air chaud de **75%**.

Le second constat est porté sur le nombre de personnes autorisé à entrer dans les chambres. Nous avons remarqué que ceux qui rentraient dans les chambres froides lors du retrait ou du dépôt des viandes était non seulement les employés de la SOGEAO, mais aussi parfois ceux qui venaient effectuer leur transaction. Tout ceci crée un apport supplémentaire que dois

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

prendre en compte la machine de production de froid. Nous estimons qu'il serait préférable qu'à l'entrée de la chambre, le client donne le numéro de sa bête, et l'employé de la SOGEO rentre seul ou si besoin avec un de ses collègues retirer la commande. Cela réduirait le nombre de personne dans la chambre à deux (02) au grand maximum.

De façon générale, pour réduire la puissance frigorifique et estimer la nouvelle puissance, il faudra procéder de la façon suivante :

- ✚ Tout d'abord, évaluer la puissance frigorifique des chambres dans leur fonctionnement actuel
- ✚ faire des suggestions sur la gestion des ouvertures des chambres, sur les entrées et sorties des personnes dans les chambres, ainsi que sur l'utilisation des chambres.
- ✚ considérer les suggestions faites au niveau du renouvellement d'air. Ceci se traduira dans le calcul des apports de chaleur par renouvellement d'air par le remplacement de la constante « 100 » par « 70 », et dans le calcul des charges du personnel par la réduction du nombre de personnes.
- ✚ Quant à l'apport des rideaux, le **coefficient de minoration** passera de « 1 » à « 0,25 ».
- ✚ estimer la nouvelle puissance frigorifique découlant des suggestions faites, faire une différence de puissance frigorifique, que l'on rapportera à la puissance électrique par l'intermédiaire du COP réel.

III.5.3.2. Equipements de production de froid

Nous avons essentiellement travaillé sur les condenseurs à air. Pour faire des économies d'énergie à ce niveau, nous avons dans l'idée de remplacer les condenseurs à air par un condenseur évaporatif, afin de diminuer le travail de compression.

III.5.3.2.1. Principe de fonctionnement du condenseur évaporatif

Le gaz réfrigérant circule à travers les tubes. Simultanément, l'eau du circuit secondaire est pulvérisée à l'extérieur des tubes et le ventilateur induit un courant d'air qui passe à travers les tubes à contre-courant de l'eau du circuit secondaire, ce qui entraîne l'évaporation d'une

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

petite quantité d'eau. Cette évaporation permet de refroidir et de condenser le gaz. **Le schéma montrant le principe de fonctionnement se trouve en annexe (annexe 15)**

III.5.3.2.2. Méthodologie de choix du condenseur évaporatif

Cette étape se déroulera suivant une méthodologie qui se s'étalera sur plusieurs sous étapes :

- ❖ Détermination de la puissance totale à dissiper par le condenseur Q_c

$$Q_c = Q_{ev} + W_c$$

Connaissant Q_{ev} , il ne reste plus qu'à déterminer le travail de compression par la formule :

$$W_c = Q_{ev} * \frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_1}$$

- ❖ Déterminer la température de bulbe humide de l'air que nous prendrons à $T_{amb}=40^\circ\text{C}$ à $HR=21\%$
- ❖ Déterminer le facteur de correction de la puissance Q_c dans les tables constructeur
- ❖ Déterminer la puissance totale de dissipation corrigée, en multipliant le facteur de correction obtenu par la puissance trouvée au point n°1
- ❖ Déterminer le condenseur évaporatif adéquat. Le condenseur à sélectionner sera celui dont la dissipation est égale ou supérieure à la puissance de dissipation corrigée.

III.5.3.2.3. Détermination des consommations électriques de l'installation avant et après le condenseur évaporatif, et des gains y résultants (66% de charge)

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Du fait de l'installation du condenseur évaporatif, la puissance électrique totale de toute l'installation à 66% de charge change à deux niveaux :

- On a la puissance électrique que le condenseur consommait qui change
- On a aussi la puissance des compresseurs qui change.

Il s'agit donc maintenant d'estimer la **puissance électrique initiale P_i** (avec le condenseur à air), et la **nouvelle puissance électrique totale de l'installation P_p** (avec le condenseur évaporatif)

Nous procéderons comme suit :

✚ Puissance électrique initiale de l'installation : Avec condenseur à air (P_i)

La **puissance des compresseurs (P_{i1})** sera déterminée à l'aide du COPréel (la puissance frigorifique de toute l'installation rapportée à la puissance des compresseurs), considérant 66% de la puissance frigorifique.

$$P_{i1} = \frac{\text{Puissance frigorifique (66\%)}}{\text{COP réel initial (condenseur à air)}}$$

La **puissance du condenseur à air (P_{i2})** sera la puissance des huit ventilateurs en marche, et de la pompe.

On a donc :

$P_i = (P_{i1}) + (P_{i2}) + (P_{i3})$, avec P_{i3} la puissance de tous les autres équipements de l'installation frigorifique (évaporateurs +ventilateur culasse +ventilateur huile)

✚ Puissance électrique de l'installation proposée : Avec condenseur évaporatif (P_p)

La **puissance des compresseurs (P_{p1})** sera déterminée à l'aide du COPréel de l'installation (COP obtenu ayant remplacé le condenseur à air) considérant une fois de plus 66% de la puissance frigorifique.

$$P_{p1} = \frac{\text{Puissance frigorifique (66\%)}}{\text{Nouveau COP réel (condenseur évaporatif)}}$$

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Puissance du condenseur évaporatif, (P_{p2}) nous avons opté pour un système de régulation de la capacité de condensation fonctionnant suivant le principe variation de vitesse. Nous pouvons donc estimer que la puissance de la pompe ne change pas, par contre, celle du ventilateur diminue d'un tiers de la puissance maximale.

$$P_{p2} = \left(\frac{2}{3} * \text{Puissance des ventilateurs condenseur évaporatif} \right) + (\text{Puissance de la pompe})$$

On a donc

$P_P = (P_{P1}) + (P_{P2}) + (P_{P3})$, avec P_{P3} la puissance de tous les autres équipements de l'installation frigorifique. (évaporateurs +ventilateur culasse +ventilateur huile)

Toutes les informations sont présentes pour le calcul sauf le **Nouveau COP réel (condenseur évaporatif)** que l'on exprimera par souci de compréhension **COPréelp**. Il s'agira donc de le déterminer.

Ce calcul se déroule en plusieurs étapes :

- ✚ Tracer le cycle considérant le condenseur évaporatif et déterminer le COP théorique. (**COP_{théorique p}**)
- ✚ Déterminer le rendement global η_{gi} de l'installation fonctionnant avec le condenseur à air en faisant :

$$\eta_{gi} = \frac{\text{COP}_{\text{réel } i}}{\text{COP}_{\text{théorique } i}}$$

- ✚ Déterminer le rendement global η_{gp} de l'installation après le changement du condenseur : En effet, $\eta_{gp} = \eta_{ip} + \eta_{tr} + \eta_m + \eta_{elec}$.

Dans cette équation, le rendement indiqué change du fait du taux de compression qui lui aussi change. On a donc :

$$\eta_{gp} = \frac{\eta_{gi} * \eta_p}{\eta_i}$$

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- ✚ En faisant le produit du COP théorique et du rendement global, on obtient le COPréel.

$$\text{Ainsi donc : } COP_{réel p} = \eta_{gp} * COP_{théorique p}$$

✚ Estimation du gain électrique

Les gains électrique sous forme de puissance, sera une différence du cas initial et du cas proposé (**P_i-P_p**).

Les gains électriques sous forme de pourcentage seront **100%** réduit du rapport de la **P_p/P_i**

III.5.3.3. Estimation des gains électriques généraux

Les gains électriques généraux ici sont la somme des gains avec et sans investissement.

III.5.3.4. Consommations d'eau à 66% de charge

Nous estimerons les quantités d'eau demandées par le condenseur évaporatif.

La consommation d'eau d'appoint devra prendre en compte trois paramètres

- L'évaporation.
- L'entraînement vésiculaire.
- Les purges et autres pertes.

Qui seront calculés de la façon suivante :

Eau échappée par évaporation

Il faut 539.4 kcal pour évaporer 1 litre d'eau

$$E_{ev} = \frac{3600 * \text{Puissance du condenseur évaporatif}}{4,18 * 539.4}$$

avec

- E_{ev} en (l/h)

Entraînement vésiculaire (EV)

- La ventilation provoque l'entraînement de fines gouttelettes.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- Le calcul est de considérer : 1/1000 du débit de recirculation
- $E_v = 1/1000$ du débit de recirculation

L'entraînement vésiculaire sera donc

$$E_v = \frac{3,6 * \text{Puissance du condenseur}}{1000 * 4,18 * (T_s - T_e)} \quad \text{avec :}$$

- Puissance du condenseur (Q_c) en kW
- T_s = Température de sortie de l'eau (°C)
- Température d'entrée de l'eau (°C)

La consommation totale E en eau du condenseur est de :

$$E = (E_v) + (E_{ev})$$

Pour 24h/jour de fonctionnement, on a la consommation totale en eau du condenseur.

III.5.3.5. Montant annuel des gains électriques et des consommations d'eau

III.5.3.5.1. Gains électriques

Nous travaillerons essentiellement en tenant compte du fonctionnement actuel de la SOGEAO, ce qui correspond pratiquement à 66% de la puissance frigorifique. Ainsi, en faisant le produit :

- Des pourcentages des gains obtenus par le biais des suggestions faites sur la gestion des chambres froides et les équipements frigorifiques,
- Du pourcentage de consommation électrique des installations frigorifiques sur la consommation totale de la SOGEAO (**50%**),
- De la consommation moyenne mensuelle de la SOGEAO, nous obtiendrons le montant mensuel des gains pour chaque marque de condenseurs choisies, et ainsi donc le montant annuel par la même occasion.

III.5.3.5.2. Consommations d'eau

Quant à la consommation d'eau, nous avons aussi considéré que la puissance de condensation est régulée à 66% de charge. Dans le cas de la SOGEAO, on a deux sources d'obtention d'eau, un **forage** et **l'ONEA**.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

➤ Cas du forage

Dans ce cas, l'eau n'est pas facturée. Elle est donc gratuite

➤ Cas de l'ONEA

Dans ce cas, l'eau est facturée à raison de **1130FCFA le m³**. Nous pouvons donc en tirer le montant de la consommation mensuelle d'eau d'appoint des condenseurs, et ainsi le montant annuel pour chacun des condenseurs choisis.

Nous déduisons ensuite du montant des gains électriques les dépenses pour la consommation d'eau pour savoir ce que l'on gagnerait de façon effective par an.

III.6. Rentabilité du projet

- Nous avons choisi d'évaluer la rentabilité du projet sur **5 années**
- Taux d'actualisation : Il a été considéré comme **12%**
- N'ayant pas pu trouver le prix exacte du condenseur EVAPCO, nous nous sommes contenté de basé l'étude sur une gamme de prix. C'est ainsi que nous avons trois cas distincts que nous étudierons. Ceci nous permettra de savoir quel est la marge de coût d'achat du condenseur évaporatif.

III.6.1. Détermination de la Valeur actuelle nette (VAN)

Pour le calcul de la VAN, il est nécessaire de définir les critères suivants :

- **Investissement initial I_o** = (*Prix d'achat* * 1,3) + (10% * (*Prix d'achat* * 1,3))

Le premier membre de cette équation c'est le prix d'achat. Les « **1,3** » c'est pour tenir compte des coûts d'acquisition. Le second membre c'est pour tenir compte de l'installation de l'équipement.

- **Chiffre d'affaire sur l'année i+1** : **Chiffre d'affaire_{i+1}** = (Gains annuels)_i + 10% (Gains annuels)_i avec i allant de 1 à 5 ans

Nous avons considéré que le chiffre d'affaire se voit augmenter de 10% chaque année.

- **Charges d'exploitations**: Il tient compte de la maintenance, des éventuelles formations etc... Nous l'avons pris étant fixé à cinq millions par an « **500000 par an** »
- **L'amortissement** : le taux d'amortissement considéré est pris **20%**

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- **Le taux d'impôt pris est 30%**
- **Le taux d'actualisation est 12%**
- **Les cash flows :** Il se calcul pour chaque années. C'est la différence des **Revenus sur l'année i** et des **Charges d'exploitation.**

Ainsi donc, on a :

$$VAN = \sum_{i=1}^5 \frac{CF_i}{(1+r)^i} - I_0$$

III.6.2. Détermination du délai de récupération du capital investi (DRCI)

C'est le temps au bout duquel on estime récupérer son investissement. Nous le trouverons pour les trois cas en déterminant le cumul des cash flows nets actualisés sur 5 ans. Il suffira après d'estimer après combien de temps on récupère l'investissement

IV. RESULTATS

IV.1. Pré-diagnostic

Cette partie étant déjà effectuée, les résultats sont les suivant :

IV.1.1. Consommation électrique mensuelle de la SOGEO

La SOGEO consomme en moyenne **Cinq millions de francs CFA** par mois (**5000000**) en électricité

IV.1.2. Répartition des consommations

Tableau 1: Répartition des consommations électriques de la SOGEO

	Eclairage	Production (%)	Chambres froides (%)
Pourcentage de la consommation électrique (%)	35	15	50

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

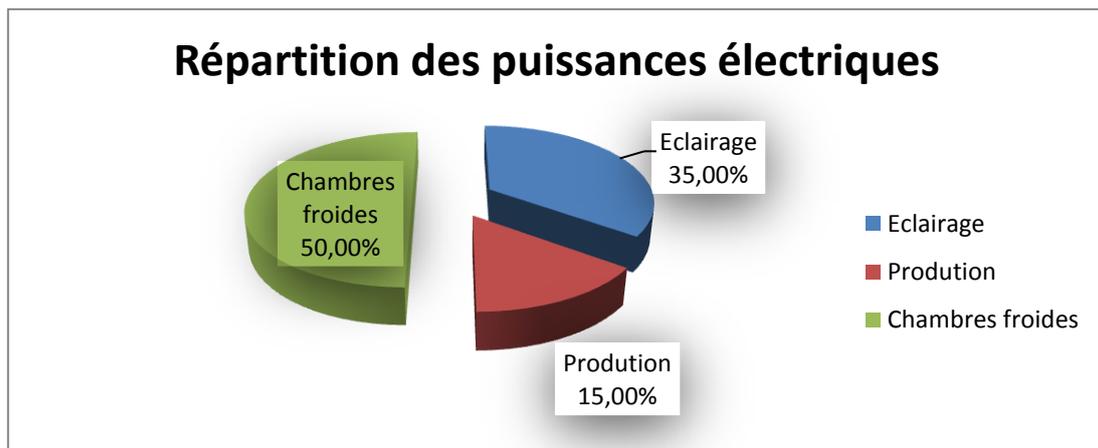


Figure 2: Répartition des puissances électriques

IV.1.3. Répartition des montants de consommation par poste

Tableau 2 : Répartition des montants de consommation par poste

	Eclairage	Production	Chambres froides
Répartition des montants/ poste (FCFA)	1750000	750000	2500000

IV.2. Diagnostic énergétique

IV.2.1. Mesures et relevés

IV.2.1.1. Résultats obtenus

IV.2.1.1.1. Caractéristiques électriques

Les mesures électriques ont été prises à l'aide de l'analyseur de données du LESEE sur deux des quatre compresseurs et les condenseurs.

De manière générale, la puissance électrique au démarrage des compresseurs est **56kW**, puis se stabilise à environ **44,5Kw.-**

Tableau 3 : Mesures de puissances des compresseurs

Caractéristiques	Tension (V)	Intensité (A)	Facteur de puissance	Puissance Active (kW)	Puissance réactive (kVAR)
Démarrage	392,6	89,1	0,838	56,1	4,5
Utilisation max	392	79,1	0,922	49,5	5,5
Utilisation min	391,1	64,1	0,913	39,6	7,3
Utilisation	392	72,7	0,92	45,5	5,9

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

continue	391,8	71,8	0,92	44,8	6,1
	392	71,6	0,919	44,7	6,1
	392	71,2	0,92	44,5	6,2
	392,1	70,5	0,92	44,1	6,2
	392,2	70,5	0,919	44	6,2

La puissance du condenseur 1 est **14,4kW** à raison de **2,4kW** par ventilateur et celle du condenseur 2 **13,8kW** à raison de **2,3kW** par ventilateur.

Tableau 4 : Mesures de puissances des condenseurs (ventilateurs)

Equipements	Puissance unitaire (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)
Condenseur1 (ventilateurs)	2,4	6	14,4
Condenseur2 (ventilateurs)	2,3	6	13,8
Total			28,2

IV.2.1.1.2. Mesures de pression

Les mesures de pression ont été faites sur les manomètres placés à l'aspiration et au refoulement des compresseurs.

La pression d'aspiration se retrouvait entre **1,5 et 2,5bar**, la pression de refoulement se situe autour de **13,5 et 14bar**.

IV.2.1.1.3. Mesures de températures

Les mesures de températures ont été prises avec le thermomètre de contact du LESEE à différents endroits.

Tableau 5 : Mesures de températures

	Température Entrée (°C)	Température Sortie (°C)
Condenseurs	82,5 à 86,6	39 à 39,2
Détendeur	-10 à -12	35
Milieu ambiant	35,8 (salle des machines)	38 (extérieur)

IV.2.2. Etude de l'installation actuelle

Dans cette partie, nous ferons une sorte de récapitulatif des consommations des équipements, ainsi que des puissances frigorifiques à installer pour chacune des chambres froides. Nous

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

pourrons ainsi faire ressortir les points les plus importants sur lesquels il y a lieu de faire des économies d'énergie.

IV.2.2.1. Calcul des puissances frigorifiques de toutes les chambres froides

Les puissances individuelles des chambres sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 6: La puissance frigorifique par chambre froide

Chambres froides	Puissance frigorifique (W)
1	4444,8
2 et 3	10311,3
4	5976,7
5	4868,3
6,2	6375,4
6,3	6116,0
6,4	3432,9
7	41525,4
8	31697,0
9	31697,0
10	31697,0
11	102133,3
12	6855,9
Porc	6855,9
Total	293987,1

La puissance frigorifique totale trouvée est :

$$Q_{ev}=294kW$$

IV.2.2.2. Puissance électrique de toute l'installation

Dans cette partie, il sera question de lister les équipements, ainsi que leurs caractéristiques, et d'en tirer leur consommation.

IV.2.2.2.1. Récapitulatif des puissances électriques des équipements

Les résultats obtenus dans cette partie sont les suivants :

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

✚ Puissance totale des compresseurs :	178kW
✚ Puissance totale des condenseurs (ventilateurs) :	28,2kW
✚ Puissance totale des évaporateurs :	21,35kW
✚ Puissance totale des équipements :	230.03kW

Pour les détails sur les puissances unitaires et le nombre des équipements, **Voir annexe 3**

IV.2.2.2.2. Diagramme en Camembert

Le diagramme en Camembert fait ressortir la répartition des puissances électrique sous forme de pourcentages de consommation.

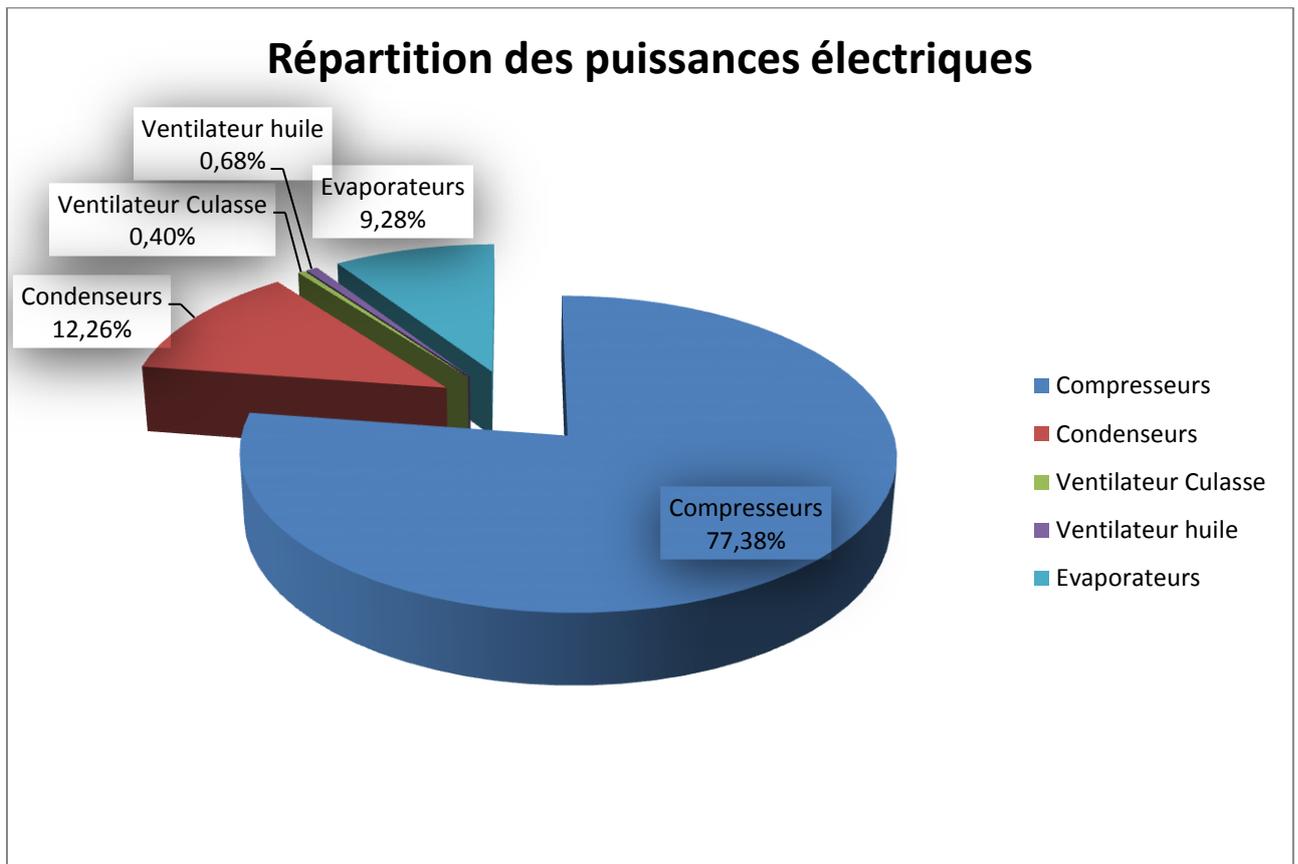


Figure 3: Puissances électrique de l'installation frigorifique

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

IV.2.2.3. Détermination du COP théorique et réel de l'installation

IV.2.2.3.1. COP théorique de l'installation

Tracé du cycle

Le tracé du cycle se fera suivant les données du tableau:

Tableau 7 : Données du tracé du cycle théorique actuel

Température de condensation (°C)	52
Température d'évaporation (°C)	-12
Surchauffe (K)	5
Sous refroidissement (K)	5

Le cycle obtenu est donc le suivant :

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

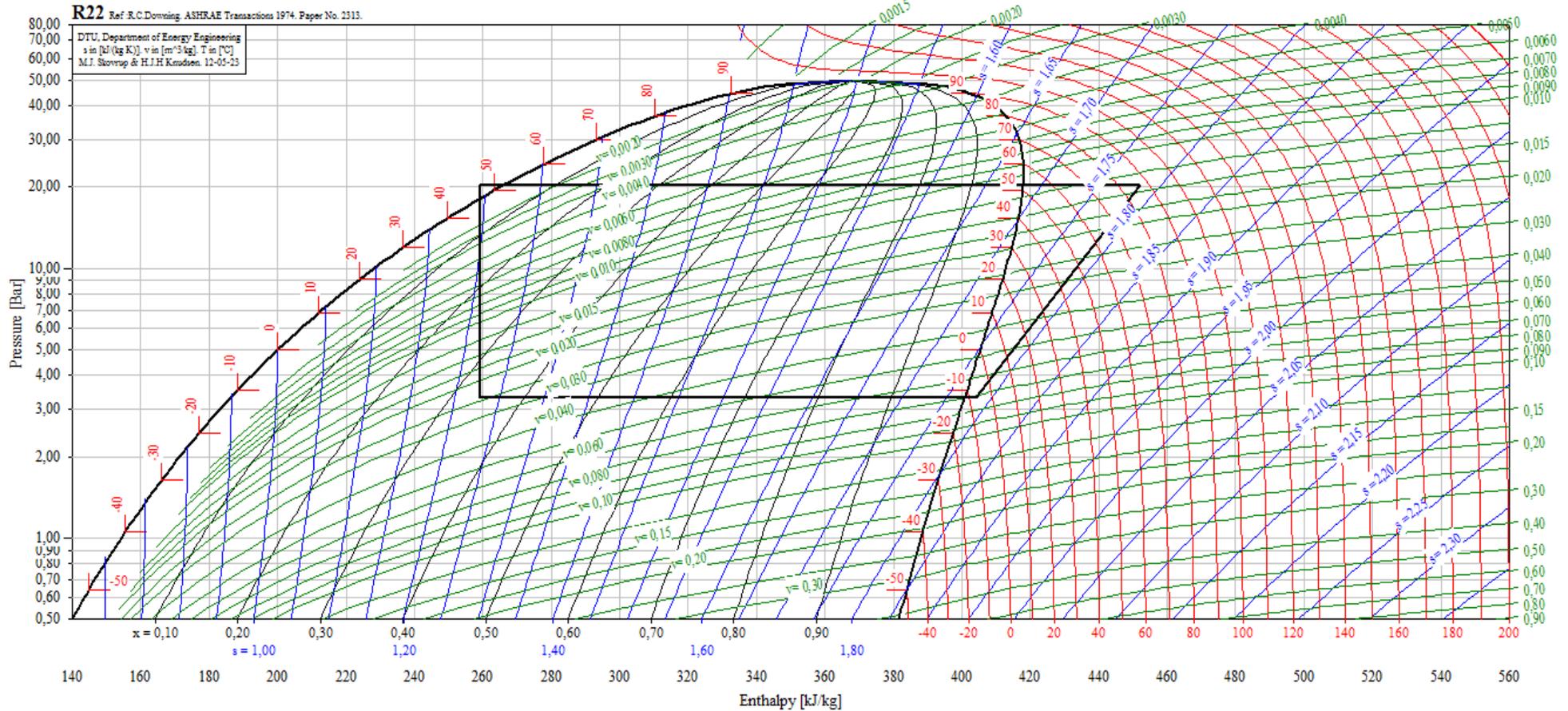


Figure 4 : Cycle théorique actuel

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Après avoir fait le tracé du cycle et l'utilisation de la formule stipulée au **III.5.2.3.**, on obtient les données suivantes :

Tableau 8 : Données de calcul du COP théorique actuel

Quantité de chaleur à l'évaporateur (kJ/kg)	145,052
Travail de compression (kJ/kg)	47,867

Ce qui amène a un COP théorique :

COP théorique = 3,03

IV.2.2.3.2. COP réel de l'installation

Au vu du travail que nous voulons effectuer, c'est-à-dire faire des économies sur la consommation électrique, nous avons déterminé le COP tenant compte de la puissance électrique des compresseurs, c'est-à-dire des paramètres suivant :

Tableau 9 : Données de calcul du COP réel de l'installation actuelle

Puissance frigorifique totale (kW)	294
Puissance électrique des compresseurs	178

Ainsi, le résultat est le suivant :

COP_{réel} rapporté à la puissance électrique = 1,65

IV.2.2.4. Puissance frigorifique totale pour le régime de fonctionnement choisi (66%)

Nous avons ici combiné quelques chambres afin d'avoir une puissance frigorifique qui se rapproche la plus possible de 66% de la puissance frigorifique totale, et nous obtenons :

Tableau 10 : Puissances frigorifiques des chambres pour un régime de fonctionnement à 66% de charge

Chambres froides	Puissance frigorifique (kW)
1	4,4
2 et 3	10,3

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

4	6,0
6,3	6,1
6,4	3,4
8	31,7
9	31,7
11	102,1
Total	195,8

IV.2.3. Mesures d'économies d'énergie

Les postes d'efficacité énergétique sur lesquels nous avons travaillé et obtenus des résultats sont les suivants :

IV.2.3.1. Gestion des chambres (Réduction de la puissance frigorifique)

Comme dit dans la partie matériel et méthode, nous avons fait des suggestions pour réduire les charges dues au :

- ✚ Renouvellement d'air, l'ouverture des portes, et personnes entrantes dans les chambres

Ainsi, avec ces deux suggestions faites, on a une nouvelle répartition des puissances frigorifique comme le montre le tableau suivant :

Tableau 11 : Bilan frigorifique après modification sans investissements

Chambres froides	Puissance frigorifique(W)
1	3,33
2 et 3	9,37
4	5,38
6,3	5,62
6,4	2,92
8	30,35
9	30,35
11	100,55
Total	187,85

On a donc une nouvelle puissance frigorifique de :

Puissance frigorifique =187,85kW

La puissance frigorifique est passée de **195,8 kW (IV.2.2.4)**, à **187,85kW**.

Le COP étant resté le même (IV.2.2.3.2), on a donc un gain de puissance de :

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

$$G_{el1}=4,82kW$$

Ce qui correspond à $G_{el1}=3,15\%$ de gains sur la consommation totale électrique de l'installation frigorifique.

IV.2.3.2. Equipements de production de froid

IV.2.3.2.1. Le choix du condenseur évaporatif

Suivant la méthodologie décrite dans la partie « III.5.3.2.2 » de matériel et méthodes, nous avons les résultats suivants :

- ❖ Puissance totale à dissiper par le condenseur Q_c

$$Q_c=374kW$$

- ❖ Température de bulbe humide de l'air :

$$T_{bh}=22,2^{\circ}C$$

- ❖ Facteur de correction pour R22:

$$1,37$$

La table utilisée est la suivante :

Tableau 12 : Tableau de détermination du facteur de correction pour le choix du condenseur évaporatif

Pression de condensation, (KPa)	Temp. Cond. °C	Bulbe Humide en °C																	
		10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1090	669	30	1,07	1,15	1,25	1,38	1,47	1,57	1,69	1,83	2,00	2,23	2,50	2,86	3,36	—	—	—	—
1154	718	32	0,94	1,01	1,09	1,19	1,26	1,32	1,40	1,49	1,60	1,74	1,90	2,11	2,36	—	—	—	—
1220	759	34	0,85	0,90	0,97	1,04	1,09	1,14	1,20	1,26	1,34	1,43	1,54	1,66	1,81	2,02	2,31	—	—
1253	785	35	0,80	0,85	0,91	0,97	1,02	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26	1,37	1,46	1,56	1,71	1,89	2,13	2,41
1287	814	36	0,77	0,81	0,86	0,92	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,19	1,26	1,34	1,43	1,56	1,71	1,90	2,14
1359	856	38	0,70	0,74	0,78	0,82	0,85	0,88	0,90	0,93	0,96	1,01	1,06	1,11	1,18	1,26	1,35	1,47	1,62
1431	915	40	0,65	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80	0,83	0,86	0,89	0,93	0,97	1,02	1,08	1,14	1,22	1,32
1508	978	42	0,59	0,62	0,64	0,67	0,68	0,70	0,72	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,94	0,98	1,04	1,11
1587	1026	44	0,54	0,56	0,59	0,61	0,62	0,63	0,65	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,82	0,85	0,89	0,92

- ❖ Puissances corrigées :

$$512,42kW$$

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

❖ . Condenseurs choisis :

✚ Condenseur EVAPCO : **LSCB 120**

Tous les calculs sont récapitulés dans une table en annexe : « **annexe 6** »

Tableau 13 : Caractéristiques techniques du condenseur EVAPCO LSCB 120

Caractéristiques	Ventilateurs	Pompe
	EVAPCO LSCB 120	
Puissance (kW)	7,5	0,75
Débit (m ³ /s)	8,9	11,4

Pour les autres caractéristiques (voir **annexe 10**).

IV.2.3.2.2. Détermination de la consommation électrique avant et après l'installation du condenseur évaporatif, et des gains y résultants (66% de charge)

✚ Détermination du nouveau COP_{Prél} de l'installation « COP réel p »

C'est le nouveau COP de l'installation quand on installe le condenseur évaporatif

- Tracé du cycle théorique considérant le nouveau condenseur évaporatif

Les paramètres du tracé sont :

Tableau 14 : Données du tracé du cycle théorique considérant un condenseur évaporatif

Température de condensation (°C)	35
Température d'évaporation (°C)	-12
Surchauffe (K)	5
Sous refroidissement (K)	5

Le cycle obtenu est :

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

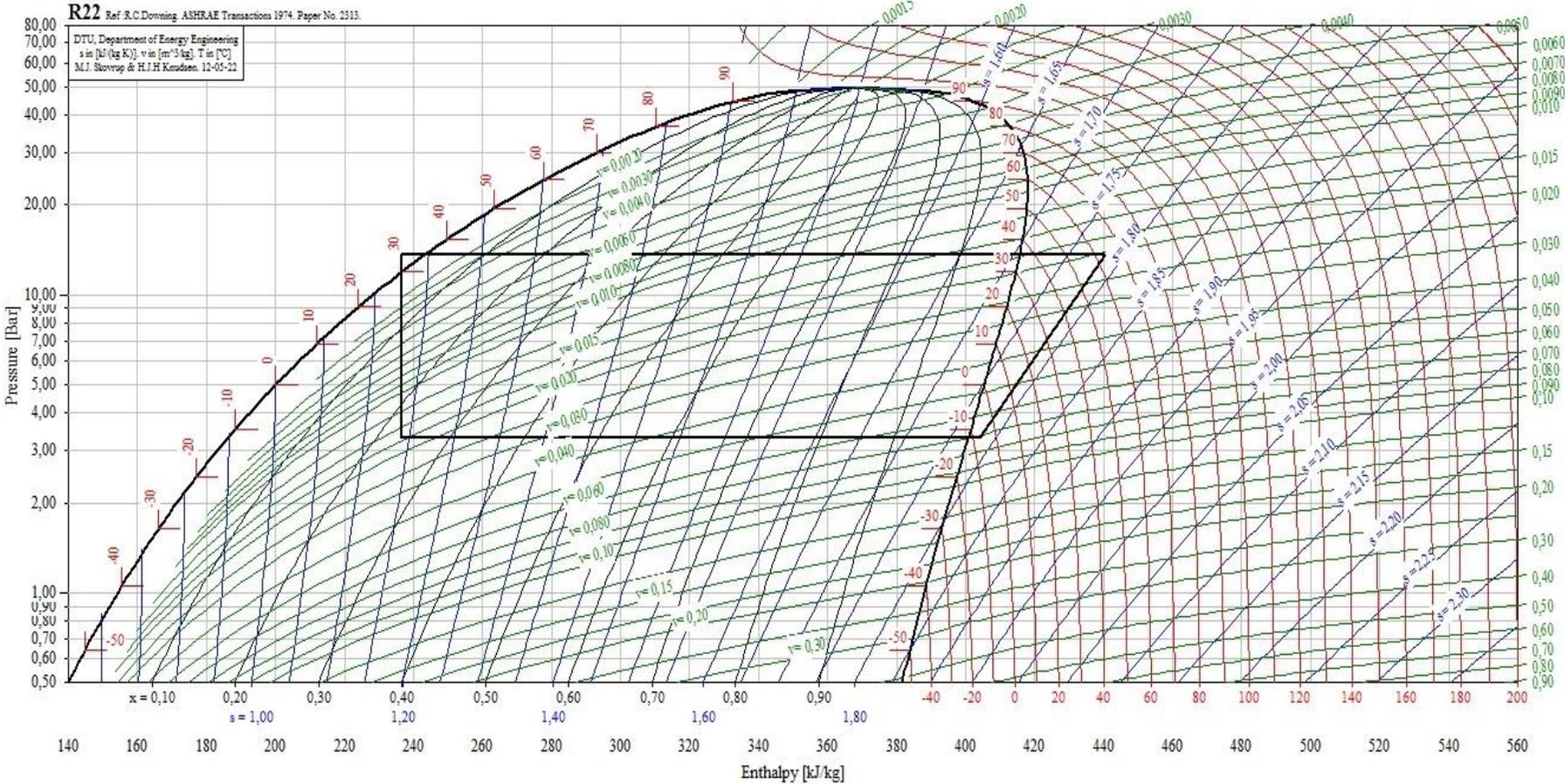


Figure 5: Cycle théorique considérant le nouveau condenseur évaporatif

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

○ Rendement global η_{gi}

Les paramètres de calcul sont les suivants :

Tableau 15 : Paramètres de calcul du rendement global initial

COP théorique i	3,03
COP réel i	1,65

Le rendement global du système fonctionnant avec le condenseur à air est :

$$\eta_{gi} = 0,55$$

○ Rendement global η_{gp}

Les paramètres de calcul sont les suivants :

Tableau 16 : Paramètres de calcul du rendement global après installation du condenseur évaporatif

η_i	0,7
η_p	0,8
η_{gi}	0,55

Le rendement global du système fonctionnant avec le condenseur évaporatif est :

$$\eta_{gp} = 0,62$$

○ Nouveau COPréel « COP réel p »

Les paramètres de calcul sont :

Tableau 17 : Paramètres de calcul du COP réel après installation du condenseur évaporatif

COP théorique p	4,6
η_{gp}	0,62

Le COP théorique trouvé est **4,6**. Ce COP s'obtient en utilisant le « Cycle théorique considérant le nouveau condenseur évaporatif »

En utilisant le rendement de la chaîne, on a un

$$\text{COPréel p} = 2,87$$

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

✚ Puissance électrique initiale de l'installation : Avec condenseur à air (P_i)

- La puissance des compresseurs (P_{i1})

Tableau 18 : Puissance initial des compresseurs à 66% de charge

Puissance frigorifique à 66% (kW)	195,81
COPréel i	1,65
La puissance électrique des compresseurs P_{i1} (kW)	118,56

- La puissance du condenseur à air (P_{i2})

Tableau 19 : Puissance initiale des condenseurs à air à 66% de charge

Equipements	Puissance unitaire (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)
Condenseur1 (ventilateurs)	2,4	4	9,6
Condenseur2 (ventilateurs)	2,3	4	9,2
La puissance du condenseur à air (P_{i2})			18,8

On a $P_{i3} = 15,635kW$

Par conséquent, a donc :

$$P_i = 152,99kW$$

✚ Puissance électrique de l'installation proposée : Avec condenseur évaporatif (P_p)

- La puissance des compresseurs (P_{p1})

Tableau 20 : Puissance des compresseurs après installation du condenseur évaporatif

Puissance frigorifique à 66% (kW)	195,81
COPréel i	2,87
Puissance électrique des compresseurs P_{p1} (kW)	68,34

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- Puissance du condenseur évaporatif, (P_{p2})

Tableau 21 : Puissance du condenseur évaporatif à 66% de charge

Equipements	Puissance unitaire (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)
Ventilateur	5	1	5
Pompe	0,75	1	0,75
Puissance du condenseur évaporatif P_{p2} (kW)			5,75

On a $P_{p3} = 15,635\text{kW}$

Par conséquent, on aura donc

$$P_p = 89,72\text{kW}$$

✚ Estimation du gain électrique généré par le condenseur évaporatif

- Les gains électriques sous forme de puissance

$$G_{el2} = 63,27\text{kW}$$

- Les gains électriques sous forme de pourcentage

$$G_{el2} (\%) = 41,35\%$$

IV.2.3.3. Estimation des gains électriques généraux (Avec et sans investissements)

- Les gains électriques sous forme de puissance

$$G_{elt} = 68,1\text{kW}$$

- Les gains électriques sous forme de pourcentage

$$G_{elt} (\%) = 44,5\%$$

IV.2.3.4. Consommations d'eau des condenseurs à 66% de charge

Nous allons maintenant estimer les quantités d'eau demandées le condenseur EVAPCO.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

La consommation d'eau d'appoint devra prendre en compte trois paramètres

- L'évaporation.
- L'entraînement vésiculaire.
- Les purges et autres pertes.

La consommation totale E en eau du condenseur est de :

$$E_{66\%} = 583,55 \text{ l/h}$$

Pour un nombre d'heure de fonctionnement de 24h/jour, on a la consommation totale en eau du condenseur

$$E_{66\%} = 14,5 \text{ m}^3/\text{jr}$$

Le tableau suivant récapitule les calculs :

Tableau 22 : Quantité journalière d'eau d'appoint

EVAPCO LSCB 120	
Puissance du condenseur (kW)	341,22
Quantité d'eau évaporée (l/h)	545,83
Entrainement vésiculaire (l/h)	58,77
Débit d'appoint par jour (l/h)	604,6
Quantité d'eau nécessaire/jour (m ³ /jr)	14,5

IV.2.3.5. Montant annuel des gains électriques et des consommations d'eau

IV.2.3.5.1. Montant des gains électriques

Nous avons essentiellement travaillé en tenant compte du fonctionnement actuel de la SOGEAO, ce qui correspond pratiquement à 66% de la puissance frigorifique. Ainsi, en tenant compte des pourcentages des gains et de la consommation moyenne mensuelle de la SOGEAO, nous avons obtenus : **44,5%** de gains sur la consommation totale d'électricité de l'installation frigorifique soit **41,35%** pour le changement du condenseur, et **3,15%** pour la

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

gestion des chambres, et une consommation moyenne mensuelle de cinq millions de francs CFA « 5000000FCFA ». Ce qui nous amène à un montant moyen annuel de :

13 351 203 FCFA

IV.2.3.5.2. Montant des consommations d'eau-

Quant à la consommation d'eau, nous avons aussi considéré que la puissance de condensation est réglée à 66%. De ce fait, on a les résultats suivants :

Coût annuel de la consommation d'eau :

5 902 855 FCFA

Nous nous sommes intéressés donc au **gain annuel net** effectué (sans dépenses quotidiennes), et nous avons trouvé :

7 448 348 FCFA

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Tableau 23 : Montant mensuel et annuel des gains électriques du condenseur EVAPCO

Montant mensuel des factures de la SOGEAO (FCFA)	Coût mensuel moyen de production de froid (FCFA)	Pourcentage des gains électriques (%)		Nouveau coût mensuel (FCFA)		Coût total mensuel des gains (FCFA)	Coût total annuel des gains (FCFA)
		Gestion des chambres	Condenseurs Evapco	Gestion des chambres	Condenseurs Evapco		
5000000	2500000	0,03	0,41	78745,99	1033854,264	1112600,25	13351203

Tableau 24: Montant mensuel et annuel des consommations d'eau du condenseur EVAPCO

Condenseur EVAPCO						
Quantité d'eau (m3/j)	Source d'obtention d'eau	Quantité par source (m3/j)	Coût du m ³ d'eau (FCFA)	Coût journalier de la consommation d'eau (FCFA)	Coût mensuel de la consommation d'eau (FCFA)	Coût annuel de la consommation d'eau (FCFA)
14,51	Forage		0	0	491904,6	5902855,4
	ONEA	14,51	1130	16396.82		
Coût total des consommations d'eau				16396.82		

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

IV.3. Rentabilité du projet

Nous avons calculé la Valeur Actuel Net et le Délais de récupération du capital investi de notre projet.

IV.3.1. Valeur Actuel Net (VAN)

Les trois Cas que nous avons cités dans la partie « matériel et méthodes » ne se différencient pas des coûts d'achats différents. Ainsi, on a trois valeurs de la VAN, un pour chacun des cas.

	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Investissement Initial (FCFA)	14 986 400	22 479 600	29 972 800
Taux d'actualisation (%)	12%		
VAN	8 613 392	2 355 715	-3 901 961

Tableau 25 : Calcul de la valeur actuel net

Pour les détails de calcul, vous êtes invités à **voir l'annexe 14. Le calcul est détaillé dans le fichier Excel joint : « Rentabilité ».**

IV.3.2. Délais de récupération du capital investi (DRCI)

Comme la VAN nous avons eu trois cas :

- **Cas 1** : Condenseur coûte dix millions quatre cents quatre-vingt mille FCFA « \$20000 »
On a obtenu **DRCI = 3an et 5 mois**
- **Cas 2** : Condenseur coûte quinze millions sept cent vingt mille FCFA « \$30000 »

On a obtenu **DRCI = 4 an et 9 mois**

- **Cas 3** : Condenseur coûte vingt millions neuf cents soixante mille FCFA « \$40000 »

On a obtenu **le DRCI supérieur à 5 ans.**

Tableau 26 : Calcul du délai de récupération du capital investi

		Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
Cas 1	Cash-Flow (FCFA)	5 313 435	5 824 320	6 387 027	7 006 763	9 187 892
	Cash-Flow actualisés (FCFA)	4744139	4643112	4546160	4452925	5213457
	Cash-Flow Cumulés (FCFA)	4 744 139	9 387 251	13 933 411	18 386 335	23 599 792
	3ans	3 mois				

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Cas 2	Cash-Flow	5 538 231	6 049 116	6 611 823	7 231 559	10 162 008
	Cash-Flow actualisés	4944849	4822318	4706165	4595786	5766196
	Cash-Flow Cumulés	4 944 849	9 767 167	14 473 333	19 069 119	24 835 315
	4an	7 mois				
Cas 3	Cash-Flow	5 763 027	6 273 912	6 836 619	7 456 355	11 136 124
	Cash-Flow actualisés	5145560	5001524	4866171	4738648	6318936
	Cash-Flow Cumulés	5 145 560	10 147 084	15 013 255	19 751 903	26 070 839
	-----	Plus de 5ans				

V. DISCUSSION ET ANALYSES

La première remarque faite est sur les résultats des mesures prises. Il ne réside apparemment aucun problème sur les mesures de puissance électrique, par contre, les pressions lues au niveau ne donnaient pas des valeurs cohérentes. Ce pourquoi il a été décidé de prendre des mesures de température afin de faire une vérification.

Les mesures e températures prises avec le thermomètre permettait de prendre les valeurs de températures à la surface des conduites. Mais, les conduites étant en cuivre, nous avons pris pour hypothèse que la différence de température n'est pas grande. Il a donc été adopté de la majorer à **5°C**

Ce qui en ressort c'est donc :

- la température à l'aspiration est **-12°C** correspondant à **3,3 bar**

La différence entre 3,3 bars et les 2,5 bars à l'aspiration du compresseur pourrait s'expliquer par des pertes de charges.

- La température au refoulement est **50°C** correspondant à **19 ,4bars**

La seule explication pouvant expliquer la différence entre les 14 bars et les 19,4 bars est d'après nous une défaillance des manomètres au refoulement.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Cependant, les résultats obtenus semblent satisfaisants. On peut d'ores et déjà se rendre compte qu'il y a matière à améliorer. Le premier point sur lequel va se porter notre analyse sera au niveau de la gestion des chambres froides.

Comme dit plus haut, nous nous sommes penchés sur le problème de renouvellement d'air que nous trouvions excessif. Nous sommes arrivé à obtenir un gain sur les chambres les plus utilisées de **4,82kW**, ce qui en termes de pourcentage correspond à **3,15%** de gain sur la puissance électrique totale. Ceci correspondrait sur une période d'un an à **944 952 FCFA** économisés.

De la même manière, nous avons tenté de réaliser des économies sur les équipements de l'installation. Comme dit plus haut, nous avons essentiellement travaillé sur le condenseur, que nous avons décidé de changer par un condenseur évaporatif.

D'une manière générale, en effectuant une simulation du remplacement par le condenseur évaporatif que nous avons choisi, nous avons réalisé les gains sur la puissance électrique totale d'environ :

Condenseur **EVAPCO LSCB 120**

41,35%

V.1. Etude comparative sur les sources d'alimentation en eau

V.1.1. Montant des consommations d'eau

L'eau dont on a besoin ici peu provenir de deux sources : ONEA et le forage au sein la SOGEO. Nous n'avons malheureusement pas pu étudier le cas où l'eau viendrait du forage, néanmoins, nous en parlerons vaguement.

1^{er} Cas : Toute l'eau vient de l'ONEA

Nous avons ensuite étudié les consommations d'eau et on a obtenu :

✚ Condenseur **EVAPCO LSCB 120** la consommation journalière d'eau est $E_{66\%} = 14,5m^3/jr$, ce qui donne en terme de FCFA un montant moyen annuel s'élevant à

5 902 855 FCFA

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Nous nous intéressons donc au **gain annuel réel net**, et nous avons trouvé :

$$\underline{G_{réel\ net} = 7\ 448\ 348\ FCFA}$$

2^{ème} cas : Toute l'eau vient du forage

Le forage au sein de la SOGEO est utilisé à environ **15,6%** de la consommation totale d'eau ce qui revient à environ **1250 m³** d'eau par mois. En y ajoutant l'eau d'appoint de nos condenseurs, on se retrouverait entre **1264,01m³** d'eau par mois. L'avantage de cette disposition est que l'eau ne sera pas facturée. Néanmoins, il y a deux inconvénients :

- Un traitement de cette eau pourrait être nécessaire ;
- Il faudra prendre en compte le nombre d'heure additionnel du fonctionnement de la pompe (7m³/h) qui devra envoyer l'eau dans le château d'eau de 10m³

3^{ème} Cas : Une portion de l'eau viendra des deux sources

Il faudra prendre en compte les éléments des deux premier cas.

Ainsi donc, pour savoir laquelle des trois solutions est la meilleure, il faudrait étudier aussi le montant de revenu des différents cas, ce que nous proposerons comme étude futures à effectuer afin de compléter notre travail.

L'étude Comparative aurait été parfaite si nous comparions aussi les prix des condenseurs choisis, mais nous n'avons malheureusement pas pu obtenir les prix. Toutes fois, il est possible sous réserve des prix d'achats des différents condenseurs, et en considérant le première cas d'alimentation eau, d'avoir une idée du condenseur qui serait le plus intéressant à installer, celui-là étant le *condenseur EVAPCO*.

V.2. Rentabilité du projet

Nous trouvons dans les deux premiers cas de figure des VAN positives, ce qui atteste que le projet est rentable pour ces deux cas de figure là.

De plus le Délais de récupération du capital investi dans les deux premiers cas est inférieur à cinq ans. Ce chiffre peut être acceptable bien qu'un peu élevé.

Pour les détails de calcul, voir le fichier Excel joint « **Rentabilité** ».

VI. RECOMMANDATIONS

Après diagnostic et analyse des installations et de leur fonctionnement, en vue de faire des économies d'énergie sur les chambres froides, nous recommandons :

VI.1. Une meilleure gestion des chambres

Le point abordé dans notre travail est de limiter le renouvellement d'air en fixant une heure à laquelle tout le monde viendrait retirer et déposer ses produits. Ceci permettrait de ne pas avoir à ouvrir plusieurs fois et de diminuer les charges.

De plus en installant des rideaux à l'entrée des chambres, cela permet de réduire les rentrées d'air chaud, par conséquent réduire les charges thermiques.

VI.2. Les Condenseur à air

Le remplacement des condenseurs à air par un condenseur évaporatif : Ceci permettrait de faire des économies sur la puissance du condenseur lui-même, mais aussi sur les compresseurs en réduisant leur travail de compression, tout ceci concourant à diminuer les consommations électriques.

VII. CONCLUSION

A la fin de notre travail qui consistait non seulement à faire un diagnostic des consommations électriques de la SOGEAO, mais aussi à y faire des économies d'énergies, nous pouvons affirmer avoir reçu des résultats qui semblent satisfaisants. En effet, nous avons réussi à analyser le fonctionnement des installations frigorifiques, tirer les appareils et habitudes les plus consommateurs d'énergie, proposer des idées sur la gestion des chambres, recommander de nouveaux équipements pour ainsi atteindre notre but ultime qui était d'effectuer des économies d'énergies sur la puissance totale des installations. Nous approximons les 44,5% d'économies pour les installations fonctionnant à 66% de la charge, ce qui est fréquemment le cas à la SOGEAO. Nous avons ainsi fait des économies d'environ sept millions quatre cents quarante-huit mille trois cents quarante huit francs CFA (**7 448 348 FCFA**) sur une année. Nous avons étudié la rentabilité du projet sur une période de cinq (5ans) et trouvé deux cas de prix d'achat du condenseur pour laquelle le projet sera rentable. Afin de faire un complément de l'étude que nous avons faite sur la rentabilité du projet, il serait intéressant d'avoir le montant exact d'acquisition du condenseur EVAPCO. Nous pensons aussi qu'il serait intéressant de faire des analyses plus poussées sur la gestion des chambres, maintenance, exploitation des équipements frigorifiques, de se pencher aussi sur l'aspect génie civil des chambres froides que nous avons légèrement survolé, et aussi sur le système de régulation des compresseurs et des condenseurs. En outre, comme nous l'avons stipulé plus haut, il serait bien de déterminer les coûts des deux (**cas 2 et 3**) modes d'alimentation en eau d'appoint sur lesquels nous n'avons pas travaillé. Ceci permettrait de faire le meilleur choix du système à mettre en place.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

VIII. ANNEXES

<i>ANNEXE 1 : Calcul des charges dues aux produits</i>	<i>49</i>
<i>ANNEXE 2 : Calcul des charges dues au renouvellement d'air</i>	<i>50</i>
<i>ANNEXE 3 : Puissance des équipements de l'installation frigorifique.....</i>	<i>51</i>
<i>ANNEXE 4 : Bilan frigorifique après modification du renouvellement d'air</i>	<i>52</i>
<i>ANNEXE 5 : Données climatiques de Ouagadougou sur une période de 4 ans.....</i>	<i>53</i>
<i>ANNEXE 6 : Choix du condenseur évaporatif</i>	<i>54</i>
<i>ANNEXE 7 : Puissance électrique totale avec condenseur EVAPCO à 66% de charge.....</i>	<i>55</i>
<i>ANNEXE 8 : Caractéristiques des chambres froides.....</i>	<i>56</i>
<i>ANNEXE 9 : Caractéristiques des évaporateurs</i>	<i>57</i>
<i>ANNEXE 10 : Autres caractéristiques du condenseur LSCB 120</i>	<i>58</i>
<i>ANNEXE 11 : Durée moyenne de transit de différents types de marchandises entreposées en chambres froides</i>	<i>59</i>
<i>ANNEXE 12 : Enthalpie massique en kJ/kg de quelques denrées entreposables en chambre froide</i>	<i>60</i>
<i>ANNEXE 13 : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en activité moyenne dans une chambre froide.....</i>	<i>61</i>
<i>ANNEXE 14 : Table de calcul de la Valeur actuelle nette : 1er cas.....</i>	<i>62</i>
<i>ANNEXE 15 : Schématisation du principe de fonctionnement d'un condenseur évaporatif....</i>	<i>63</i>
<i>ANNEXE 16 : Les étapes du diagnostic énergétique</i>	<i>64</i>
<i>ANNEXE 17 : Compresseurs à pistons</i>	<i>65</i>
<i>ANNEXE 18 : Moteurs des compresseurs.....</i>	<i>66</i>
<i>ANNEXE 19 : Ventilateurs de refroidissement d'huile</i>	<i>67</i>
<i>ANNEXE 20 : Ventilateur refroidisseur culasse</i>	<i>68</i>
<i>ANNEXE 21 : Condenseur à air</i>	<i>69</i>
<i>ANNEXE 22 : Méthodologie de calcul des charges thermiques des chambres froides.....</i>	<i>70</i>
<i>ANNEXE 23 : Analyseur de données</i>	<i>74</i>

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 1 : Calcul des charges dues aux produits

Surfaces (m ²)						Surface totale (m ²)	flux de chaleur admissibles (W/m ²)	Qtr (W)
Mur1	Mur2	Mur3	Mur4	Plafond	Sol			
18	13,76	16,94	16,94	19,06	19,06	103,77	8	830,13

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 2 : Calcul des charges dues au renouvellement d'air

Volume de la CF (m3)	Masse vol. de l'air dans la CF (Kg/m3)	Enthalpie de l'air dans la CF (J/Kg)	Enthalpie de l'air hors de la CF (J/Kg)	Dh (J/Kg)	Constante à modifier suivant le flux (70/100)	Nombre de seconde dans la journée (s)
85	1,117	11800	76000	64200	100	86400

Qre (W)
765,215787

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 3 : Puissance des équipements de l'installation frigorifique

Equipements	Puissance unitaire (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)
Compresseurs	44,5	4	178
Total1			178
Condenseur1 (ventilateurs)	2,4	6	14,4
Condenseur2 (ventilateurs)	2,3	6	13,8
Total2			28,2
Ventilateur Culasse	0,23	4	0,92
Total3			0,92
Ventilateur huile	0,39	4	1,56
Total4			1,56
Evaporateur1	0,145	3	0,435
Evaporateur2/3	2,6	1	2,6
Evaporateur4	0,39	3	1,17
Evaporateur5	0,39	3	1,17
Evaporateur6-2	0,145	3	0,435
Evaporateur6-3	0,145	3	0,435
Evaporateur6-4	0,145	3	0,435
Evaporateur7	1,6	1	1,6
Evaporateur8	1,5	2	3
Evaporateur9	1,5	2	3
Evaporateur10	1,6	2	3,2
Evaporateur11	0,9	3	2,7
Evaporateur-Porc	0,39	3	1,17
Total5			21,35
Total			230,03

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 4 : Bilan frigorifique après modification du renouvellement d'air et ajout des rideaux

Chambres froides	Puissance frigorifique (kW)
1	3,33
2 et 3	9,37
4	5,38
5	4,05
6,2	5,82
6,3	5,62
6,4	2,92
7	40,12
8	30,35
9	30,35
10	30,35
11	100,55
12	6,36
Porc	6,36
Total	280,90

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 5 : Données climatiques de Ouagadougou sur une période de 4 ans

TEMPERATURE MAXIMALE MENSUELLE (°C)													
Années	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
2005	31,8	37,3	40,2	40,4	38,1	35,0	32,0	31,1	33,0	36,1	36,6	34,8	35,5
2006	34,6	36,6	39,8	40,6	38,6	36,7	33,5	31,5	32,5	35,4	35,4	33,2	35,7
2007	32,2	36,8	38,9	39,1	37,7	36,3	33,1	30,7	32,7	36,8	36,8	33,7	35,4
2008	30,0	35,5	39,0	39,8	38,2	35,0	31,8	31,5	32,2	35,7	36,1	34,5	34,9
MOY	32,2	36,6	39,5	40,0	38,2	35,8	32,6	31,2	32,6	36,0	36,2	34,1	35,4
HUMIDITE MINIMALE MENSUELLE (%)													
Années	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
2005	15	15	16	23	31	43	56	60	56	36	18	16	32
2006	15	14	12	17	31	39	51	60	55	43	20	16	31
2007	15	12	12	27	35	42	52	62	56	31	19	16	31
2008	14	9	13	19	31	42	57	58	56	36	16	15	31
MOY	15	13	13	21	32	41	54	60	56	37	18	16	31

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 6 : Choix du condenseur évaporatif

Puissance frigorifique Q_{ev} (kW)	Enthalpie h_3 (kJ/kg)	Enthalpie h_2 (kJ/kg)	Enthalpie h_1 (kJ/kg)	Travail de compression W_c (kW)	Puissance condenseur Q_c (kW)
293,99	449,77	404,16	236,65	80,04	374,03
Condenseur EVAPCO					
Puissance condenseur Q_c (kW)	Température de bulbe humide (°C)	Facteur de correction	Puissance corrigée Q_{cc} (kW)	Température de condensation (°C)	Modèle du condenseur
374,03	22,5	1,37	512,42	35	LSCB 120

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 7 : Puissance électrique totale avec condenseur EVAPCO à 66% de charge

Puissance avec condenseur EVAPCO à 66% de charge			
Equipements	Puissance unitaire (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)
Compresseurs	33,86	2	67,72
Total1			67,72
Ventilateur	5,625	1	5,625
Pompe	0,75	1	0,75
Total2			6,375
Ventilateur Culasse	0,23	2	0,46
Total3			0,46
Ventilateur huile	0,39	2	0,78
Total4			0,78
Evaporateur 1	0,145	3	0,435
Evaporateur 2/3	2,6	1	2,6
Evaporateur 4	0,39	3	1,17
Evaporateur 5	0,39	3	1,17
Evaporateur 6-2	0,145	3	0,435
Evaporateur 6-3	0,145	3	0,435
Evaporateur 6-4	0,145	3	0,435
Evaporateur 7	1,6	1	1,6
Evaporateur 8	1,5	2	3
Evaporateur 9	1,5	2	3
Evaporateur 10	1,6	2	3,2
Evaporateur 11	0,9	3	2,7
Evaporateur-Porc	0,39	3	1,17
Total5			21,35
Total			96,68

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 8 : Caractéristiques des chambres froides

Numéro de la chambre	Type de chambre	Type de denrées	Volumes (m3)	Températures (°C)	Capacité
1	Abats rouges et blanc	Petit ruminant (PR)	45	2 à 4	
2-3	Ressuage		110	0 à 2	200 à 400
4	Conservation		79		100 à 200
5			58		60 à 120
6-1	Congélation	GB/PR/Porcs	45		16GB/30PR/25Porcs
6-2	Saisies	GB/PR/Porcs	59		
6-3	Consignes	GB/PR/Porcs	40		
6-4	Abat rouges	Gros bétail (GB)	40		
7	Conservation		175	140 à 150	
8	Ressuage		140	90 à 110	
9			140		
10			140		
11	Conservation	300	375 à 400		
12	Porc	Porcs	40	50 à 60	

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 9 : Caractéristiques des évaporateurs

Numéro de la chambre	Nombre d'évaporateurs	Marque/Numéro de série	Puissance frigorifique (W)
1	1	BRC63F8E1	6980
2-3	1	BAC352F8E1	40705
4	1	BRB199F8E1	19770
5	1	BRB199F8E1	19770
6-1	1	SKB10C	11150
6-2	1	BRC63F8E1	6980
6-3	1	BRC63F8E1	6980
6-4	1	BRC63F8E1	6980
7	1	BAC273F8E1	23260
8	1	BAC550F8E1	58150
9	1	BAC550F8E1	58150
10	1	BAC550F8E1	58150
11	2	BAC444F8E1	23260
12	1	BRB199F8E1	19770

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 10 : Autres caractéristiques du condenseur LSCB 120

Capacité (kW)	Hauteur(m)	Longueur (m)	Largeur (m)
517	2,979	2,725	1,235

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 11 : Durée moyenne de transit de différents types de marchandises entreposées en chambres froides

Type de porte	Type de marchandise	d_t (mn/t)
Porte à ouverture manuelle	Cas de la viande animale sur pendoir	15
	Cas des marchandises palettisées	6
Porte automatique commandée	Cas de la viande animale sur pendoir	1
	Cas des marchandises palettisées	0.8

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 12 : Enthalpie massique en kJ/kg de quelques denrées entreposables en chambre froide

Denrée	Températures (°C)												
	-20	-18	-15	-12	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Beurre	0	4.2	10.9	17.6	22.6	36.8	93	108	126	147	172		
Fruits	0	6.7	17.2	29.7	39.4	83	272	291	309	328	347	366	
Lait, condensé					0	10.9	21.8	32.7	43.5	54.4	65.3	76.2	87
Lait, écrémé					0	37.7	291	310	330	350	370	390	410
Poissons, filets	0	5.4	14.6	25.5	34.7	67	282	300	318	337	355	373	
Poisson, gras	0	5	14.2	24.3	32.7	61.5	249	266	283	301	317	354	
Viande, abats	0	5	13.8	24.3	33.1	62.8	261	279	296	314		349	366

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 13 : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en activité moyenne dans une chambre froide

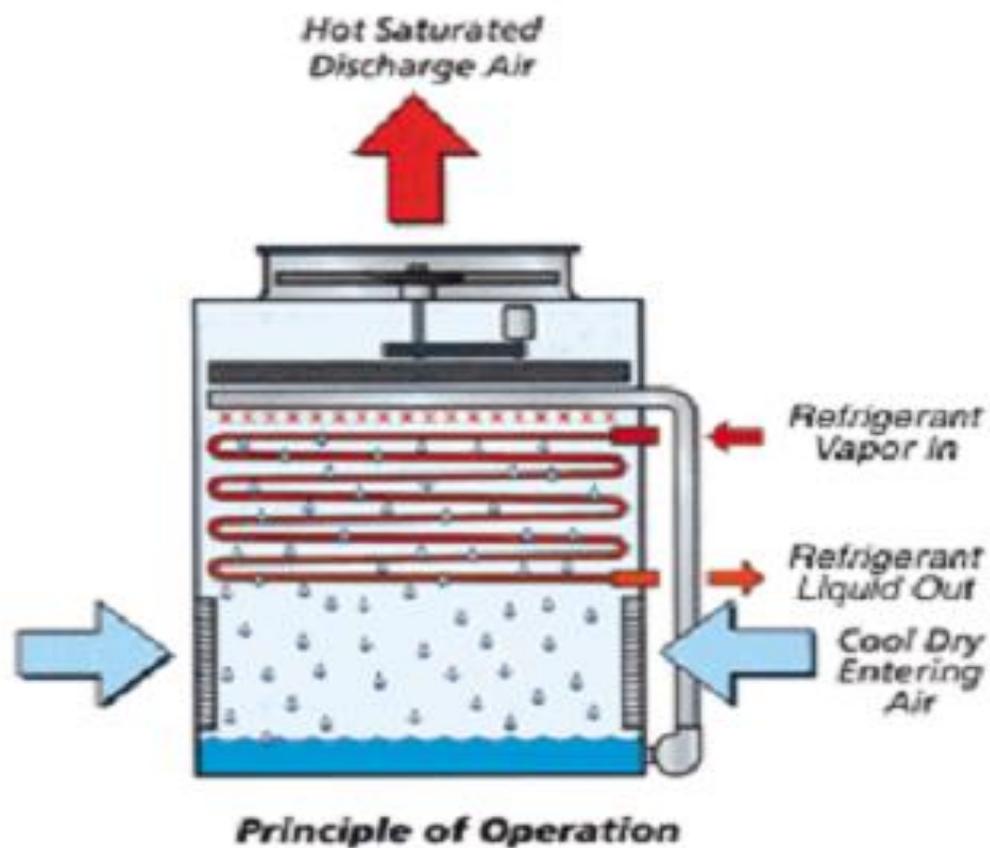
Température de la chambre froide (°C)	Quantité de chaleur dégagée par personne
20	180
15	200
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 14 : Table de calcul de la Valeur actuelle nette : 1er cas

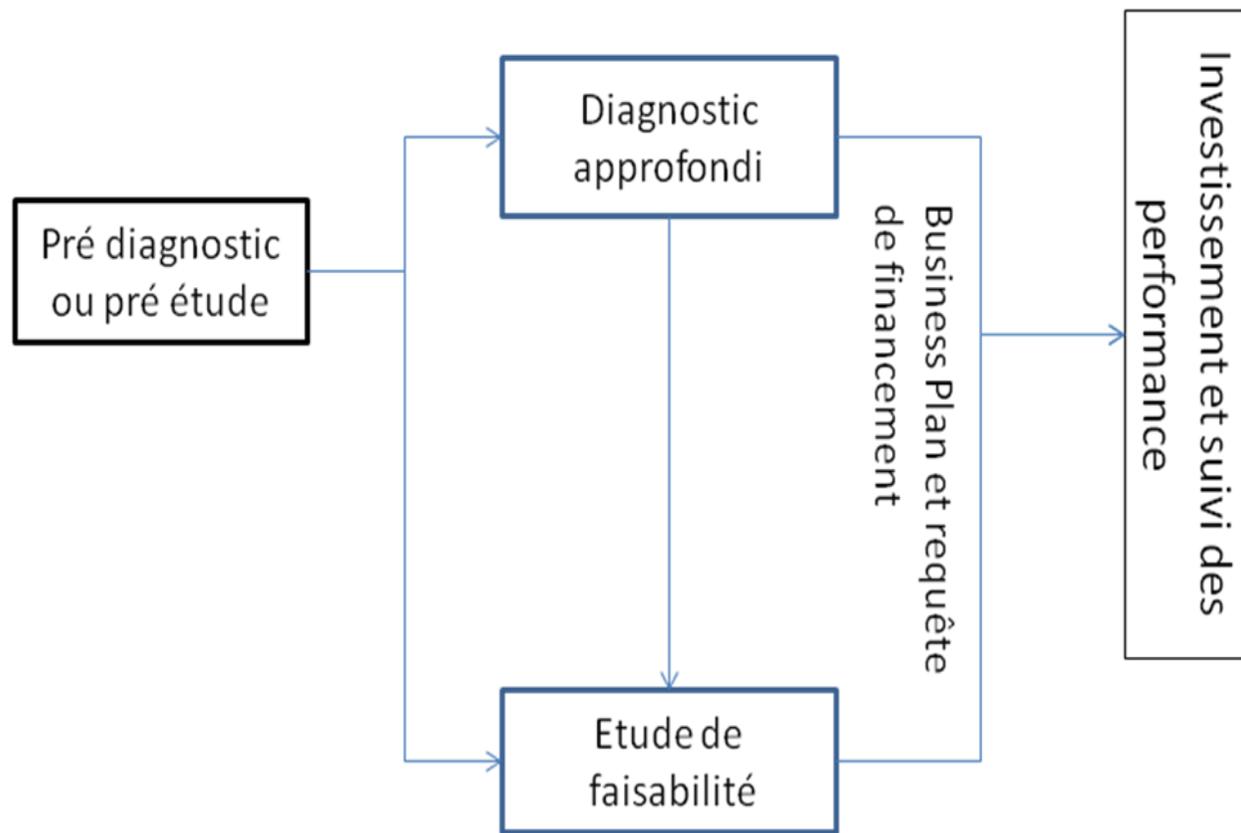
Années	0	1	2	3	4	5
chiffres d'affaires HT		7 127 196	7 839 915	8 623 907	9 486 298	10 434 927
charges d'exploitations		500 000	515 000	530 450	546 364	562 754
Excédent Brute d'Exploitation		6 627 196	7 324 915	8 093 457	8 939 934	9 872 173
Amortissements		1 498 640	1 498 640	1 498 640	1 498 640	1 498 640
Résultats d'exploitations		5 128 556	5 826 275	6 594 817	7 441 294	8 373 533
Impôts		1 538 567	1 747 883	1 978 445	2 232 388	2 512 060
Résultats Nets		3 589 989	4 078 393	4 616 372	5 208 906	5 861 473
Amortissements		1 498 640	1 498 640	1 498 640	1 498 640	1 498 640
Valeur Résiduelle						1 498 640
Cash Flows	14 986 400	5 088 629	5 577 033	6 115 012	6 707 546	8 858 753
Cash Flows actualisés		4543419	4445976	4352545	4262767	5026694
Cash Flows Cumulés		4 543 419	8 989 395	13 341 940	17 604 706	22 631 401

VAN	7 645 001	projet rentable		7 645 001	projet rentable
DRCI	3 ans et 5 mois		4,629275734	3 ans et 5 mois	4,629275734



ANNEXE 15 : Schématisation du principe de fonctionnement d'un condenseur évaporatif

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ANNEXE 16 : Les étapes du diagnostic énergétique

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ANNEXE 17 : Compresseurs à pistons

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ANNEXE 18 : Moteurs des compresseurs

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ANNEXE 19 : Ventilateurs de refroidissement d'huile

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ANNEXE 20 : Ventilateur refroidisseur culasse

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



ANNEXE 21 : Condenseur à air

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 22 : Méthodologie de calcul des charges thermiques des chambres froides

Comme dit plus haut, nous avons les charges thermiques :

- Externes
- Internes

Les charges thermiques externes comprennent :

- les charges dues aux apports de chaleur par transmission à travers l'enveloppe de la chambre froide; Q_{tr} (W)

Nous avons considéré un flux de chaleur admissible de **8 W/m²**. Nous avons ainsi fait le produit de cette valeur et de la surface totale des parois pour chacune des chambres. **Pour voir une esquisse du calcul, voir annexe 11. Les détails de calcul sont disponibles dans le fichier Excel annexe : « Bilan des chambres »**

- les charges dues au renouvellement d'air Q_{re} (W)-

Pour voir une esquisse du calcul, voir annexe 2. Les détails de calcul sont disponibles dans le fichier Excel annexe : « Bilan des chambres »

Pour cette charge, nous avons utilisé la formule suivante :

$$Q_{re} = \frac{n * V * \rho_{aa} * \Delta h}{86400}$$

dans laquelle :

n : taux de renouvellement de l'air par jour : $n = \frac{70}{\sqrt{V}}$

V : volume intérieur de la chambre froide en m³

ρ_{aa} : masse volumique de l'air dans la chambre froide en kg/m³

Δh : différence d'enthalpie entre l'air extérieur et l'air ambiant de la Chambre Froide en J/kg

- les charges dues à l'ouverture des portes

Nous avons ici utilisé la formule suivante :

$$Q_{op} = 8 + (0,067 * \Delta T) * t_{ouv} * \rho_{aa} * l * h * A * C_{min}$$

laquelle :

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

$$A = (h_{ae} - h_{ae}) * (h * (1 - \frac{\rho_{ae}}{\rho_{aa}}))^{\frac{1}{2}}$$

ΔT : Ecart de température de l'air entre les 2 côtés de la porte en °C

touv : temps d'ouverture des portes exprimé en mn/h

$$t_{ouv} = d_t * \frac{f_j}{24}$$

t_{ouv} : temps d'ouverture en mn/h

d_t : durée moyenne d'ouverture des portes pour permettre le passage des marchandises en minute par tonne (mn/t) – **Pour voir la table donnant les valeurs, voir annexe 11**

f_j : flux journalier de marchandises en tonne/jour (t/j)

paa : masse volumique de l'air dans la chambre froide en kg/m³

pae : masse volumique de l'air de l'autre côté de la porte en kg/m³

haa : enthalpie de l'air dans la chambre froide en KJ/kg

hae : enthalpie de l'air de l'autre côté de la porte autre que la chambre froide en KJ/kg

l : largeur de la porte en m

h : hauteur de la porte en m

Cmin : coefficient de minoration dû à la présence éventuelle d'un rideau d'air

Les charges thermiques internes se divisent en deux catégories que sont les **charges dépendantes des produits entreposés** et les **charges indépendantes des produits entreposés**.

Les charges thermiques internes dépendantes des produits entreposés comprennent :

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- les charges dues aux produits entrants Q_{de} (W)

Nous avons utilisés la formule suivante :

$$Q_{de} = \frac{m * \Delta h}{86400}$$

avec :

m : masse de denrée introduite chaque jour en kg

Δh : différence entre les enthalpies massiques des denrées à l'introduction et à la température de conservation dans la chambre froide en J/kg - **Pour voir la table donnant les valeurs, voir annexe 12**

- les charges dues à la respiration des produits (fruits et légumes) Q_{res} (W)

Nous n'en tiendrons pas compte car on a que des viandes à entreposer.

- les charges dues à la fermentation des produits (fromages) Q_{ferm} (W)

Nous n'en tiendrons pas compte car on a que des viandes à entreposer.

Les charges thermiques internes indépendantes des produits entreposés comprennent :

- les charges dues à l'éclairage

Ces charges s'obtiennent par le calcul suivant :

$$Q_{ec} = \frac{n * P * t}{24}$$

n : nombre de luminaires

P : puissance de chaque luminaire en W

t : durée de fonctionnement des luminaires en h/j

- les charges dues au personnel

Ces charges s'obtiennent par le calcul suivant :

$$Q_{pe} = \frac{n * q_p * t}{24}$$

n : nombre de personnes opérant dans la chambre froide

q_p : quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en activité en W – **Pour voir la table donnant les valeurs, voir annexe 13.**

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

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

- les charges dues aux chariots élévateurs et transpalettes

Nous n'en tiendrons pas compte car il n'en existe pas dans notre cas.

- les charges dues à la présence éventuelle d'autres machines

Nous n'en tiendrons pas compte car il n'en existe pas dans notre cas.

- les charges dues à la chaleur dégagée par le moteur de chaque ventilateur d'évaporateur
- les charges dues au dégagement de chaleur des résistances électriques des évaporateurs lorsque ces résistances sont mises sous tension en période de dégivrage.

Concernant les deux dernières charges, nous avons considéré qu'elles sont égales à 20% de la charge totale.

Ainsi, la charge frigorifique intermédiaire **Q_{int}** est la somme de toutes les charges, et la puissance intermédiaire est :

$$P_{int} = \frac{Q_{int} * 24}{t_{int}}$$

Nous avons considéré **24 heures** de fonctionnement pour les chambres de ressuage, et **18h** pour les chambre de conservation.

Notre puissance frigorifique est donc la puissance intermédiaire à laquelle on ajoute **20%** de cette dernière.

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU



Marque : CHAUVIN ARNOUX

Type : C. A 8310 Power Harmonics Analyser

[ANNEXE 23 : Analyseur de données](#)

DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE L'ABATTOIR DE OUAGADOUGOU

Bibliographie

Ouvrages et articles

- ADEME. (Juillet 2007) "PRE-DAGNOSTIC ENEGETIQUE DANS L'INDUSTRIE".
- AFNOR, Normalisation. (Juillet 2010) "LA MAITRISE DE L'ENERGIE".
- BOUGEOIS R., et D. COGNIEL. (2009) *MEMOTECH Electrotechnique*. CASTEILLA.
- COAKLEY, Tadhg, Noel DUFFY, Sebastian FREIBERGER, Johannes FRESNER, Jos HOUBEN, Hannes KERN, Christina Krenn, Colman McCARTHY, and Harald RAUPENSTRAUCH. (Octobre 2010) "EFFEICACITE ENERGETIQUE Dans le secteur industriel".
- COULIBALY, Yézouma. (Octobre 2011) "ECONOMIES D'ENERGIE DANS LE BATIMENT ET DANS L'INDUSTRIE".
- COULIBALY, Yézouma. (Mars 2011) "SOURCES D'ENERGIE".
- COULIBALY, Yézouma. (2012), "THERMODYNAMIQUE", FONDATION 2IE.
- EBASTO. (Décembre 2003), "TECHNIQUE FRIGORIFIQUE/ CLIMATISATION".
- GIMELEC. (Avril 2008) "LA MESURE dans un projet d'efficacité énergétique".
- GIMELEC. (Avril 2008) "Mener à bien un projet d'efficacité énergétique".
- IEPF. (Décembre 2009) "Référentiel sur le diagnostic énergétique dans l'industrie".
- RAPIN, Pierre, and Patrick JACQUARD. (2004) *TECHNOLOGIE DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES*. DUNOD.
- SEMPORE, Jean Francis. (Octobre 2006) "TECHNIQUES FRIGORIFIQUES".
- YOUBI-IDRISSI, Mohammed. (2006), "TECHNIQUE DU FROID ET COMPOSANTS FRIGORIFIQUES". CEMAGREF.
- ZOTTO, P. Dal, J-M LARRE, A. MERLET, et I. PICAU. (2009) *MEMOTECH Génie Energétique*. CASTEILLA.

Sites internet

www.evapco.com visité le 25 avril 2012

www.energieplus-lesite.be visité le 21 mai 2012