

ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE OUAGADOUGOU

## L'EQUIPEMENT RURAL

03 B.P. 7023 OUAGADOUGOU 03  
BURKINA FASO

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

## ANNEE 1995 - 1996

Présenté par :

*FALL Khadim*

-----

ANALYSE ET OPTIMISATION  
DE LA FACTURATION D'ELECTRICITE, D'EAU  
ET DE COMBUSTIBLE  
DANS L'INDUSTRIE ET LE BATIMENT

E. I. E. R.
Enregistré à l'Arrivée le <u>04 JUIL. 1996</u> s/N° <u>2185/96</u>

MENTION :

Professeur Responsable  
T. DJIAKO

Bénin - Burkina - Cameroun - Centrafrique - Congo - Côte d'Ivoire - Gabon  
Guinée - Mali - Mauritanie - Niger - Sénégal - Tchad - Togo

*A ma mère Ndéye GAYE,  
A ma femme Aïssatou GUEYE,  
A mon fils Moustapha*

## SOMMAIRE

	Page
<b>RESUME</b>	3
<b>REMERCIEMENTS</b>	4
<b>INTRODUCTION</b>	5
<b><i>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i></b>	
<b>I. Informations générales sur l'optimisation de la facturation</b>	6
I.1. Enjeux du suivi de la facturation	6
I.2. Utilisations de l'électricité, de l'eau et des combustibles dans l'industrie et le bâtiment	7
<b>II. De quoi dépend notre facture d'électricité, d'eau et de combustibles</b>	7
II.1. Electricité	7
II.1.1. La puissance souscrite	8
II.1.2. L'énergie active	8
II.1.3. L'énergie réactive	8
II.1.4. Le facteur de puissance	9
II.1.5. Les heures de consommation	9
II.2. Eau et Combustibles	10
<b><i>DEUXIEME PARTIE : OPTIMISATION DE LA FACTURATION</i></b>	
<b>I. Etude de la facturation</b>	12
I.1. Tarification et facturation de l'électricité, de l'eau et des combustibles	12
I.1.1. Tarification et facturation de l'électricité au Burkina Faso	12
I.1.1.1. Tarification de la moyenne tension	12
I.1.1.2. Facturation de la moyenne tension	13
I.1.1.3. Tarification de la basse tension	15
I.1.1.4. Facturation de la basse tension	16

I.1.2. Tarification et facturation de l'eau au Burkina Faso	17
I.1.3. Les prix des combustibles	17
I.2. Méthodologie d'optimisation de la facture d'électricité	17
I.2.1. Facture moyenne tension	17
I.2.1.1. Puissance souscrite	17
I.2.1.2. Facteur de puissance	18
I.2.1.3. Les heures de consommation	20
I.2.2. Facture basse tension	21
I.3. Méthodologie d'optimisation de la facture d'eau	21
I.3.1. Les fuites d'eau	21
I.3.2. La maîtrise de la facturation	22
I.4. Méthodologie d'optimisation de la facture de combustibles	22
<b>II. Recommandations</b>	22
<b>III. Investissements et temps de retour</b>	23
<b>IV. Elaboration d'un outil informatique de suivi</b>	24
IV.1. Saisie et analyse de la facturation	24
IV.2. Calcul d'optimisation des factures	25
IV.3. Guide de l'utilisateur	25
<b><i>TROISIEME PARTIE : ETUDES DE CAS</i></b>	
<b>I. Cas de l'établissement PACO</b>	28
<b>II. Cas de l'UCOBAM</b>	31
<b>III. Cas de l'Hôtel Indépendance</b>	34
<b>IV. Cas de l'Abattoir frigorifique de Ouagadougou</b>	36
<b>CONCLUSION</b>	39
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	40
<b>ANNEXES</b>	41

## **RESUME**

Pour relever le défi de la compétitivité, les entreprises industrielles ou commerciales (hôtels) doivent effectuer un contrôle rigoureux et un suivi permanent de leur consommation énergétique. L'optimisation de la facturation constitue un élément essentiel de la réduction des dépenses énergétiques. La méconnaissance du système de facturation et la non maîtrise des consommations engendrent un manque à gagner très important.

L'optimisation de la facturation comporte trois phases principales :

- le contrôle de la facturation; cette phase consiste en une vérification par le client de la conformité de la facture établie par le distributeur.

- l'analyse des consommations et l'optimisation du contrat d'abonnement (puissance souscrite) et du facteur de puissance (dimensionnement des batteries de condensateurs).

- le chiffrage de l'investissement et la détermination de son temps de retour. Cette dernière phase est suivie de recommandations et de mesures à suivre pour réduire le gaspillage énergétique.

Le calcul d'optimisation de la facturation est automatisé grâce à un programme informatique élaboré sur Excel. Ce programme a été validé par des études de cas effectuées sur trois entrepôts frigorifiques et un hôtel de trois étoiles. Les principaux résultats obtenus montrent l'intérêt de l'optimisation de la facturation :

- pour l'Etablissement PACO : la puissance souscrite est optimale et le facteur de puissance est correct. Les heures de consommation sont parfaitement maîtrisées

- à propos de l'UCOBAM : l'absence de maximètre n'a pas permis la détermination de la nouvelle puissance à souscrire. La puissance des batteries de condensateurs est à augmenter de 5 kVar; ce qui permettra de faire une économie de 2 403 311 francs par an (soit 14% de la facture annuelle). Vue la vétusté des équipements, une réhabilitation entière des installations s'avère nécessaire.

- concernant l'hôtel Indépendance : une économie de 8 570 400 francs par an (soit 10% de la facture annuelle) est possible si on réajuste la puissance souscrite à 210 kW et on augmente la puissance des batteries de condensateurs de 35 kVar.

- et enfin pour l'Abattoir frigorifique, un audit énergétique complet est nécessaire car tous les équipements ne fonctionnent plus correctement. L'inexistence de relevés sur la puissance atteinte n'a pas permis de déterminer la nouvelle puissance à souscrire. Une économie de 8 766 137 francs (soit 27% de la facture annuelle) est possible si on installe des batteries de condensateurs d'une puissance totale de 125 kVar.

## ***Mes remerciements***

*A Monsieur **Thomas DJAKO**, à qui j'adresse toute ma profonde reconnaissance pour m'avoir constamment encouragé à mener à bien ce travail*

*A Monsieur **Godefroy THIOMBIANO** pour le soutien qu'il m'a apporté dans la recherche documentaire.*

*A Monsieur **Alfred OUEDRAOGO** de la SONABEL,*

*A tous mes camarades de la 25<sup>ème</sup> promotion,*

*A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué au bon déroulement de ce travail.*

## INTRODUCTION

La cherté de l'eau et de l'énergie menace aujourd'hui la survie de nombreuses structures publiques ou privées (entreprises industrielles, hôtels, grands immeubles administratifs,...). Les coûts très élevés de ces consommables sont accentués d'une part par la méconnaissance du système de facturation et d'autre part par la mauvaise utilisation de ces ressources.

L'audit énergétique permet d'optimiser l'exploitation de l'outil technique en tenant compte de ses performances intrinsèques et de son mode d'exploitation. Un élément important de cet audit énergétique est la réduction de la facture énergétique. Cette réduction passe par la maîtrise de la consommation et du système de facturation. D'où l'intérêt du sujet qui consiste à développer un outil permettant d'optimiser les charges énergétiques en fonction des contraintes de facturation.

La méthodologie utilisée consiste d'abord à analyser et diagnostiquer ce qui existe en matière de facturation énergétique. Vient ensuite dans la deuxième partie l'optimisation de la facturation qui développe les systèmes de tarification de l'électricité, de l'eau et des combustibles, ainsi que les techniques utilisées pour optimiser cette facturation. Il sera proposé dans cette seconde phase un outil informatique permettant d'automatiser l'optimisation de la facturation. Le programme informatique développé sera validé en dernière partie par une application aux études de cas de trois entrepôts frigorifiques et un hôtel basés à Ouagadougou.

**Première partie**

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**



La plupart des pays africains sont démunis de ressources énergétiques suffisantes pour leurs besoins. L'importation des produits pétroliers entraîne de réels déséquilibres dans leurs balances de paiements. C'est pourquoi le prix de l'eau et de l'électricité, qui dépend beaucoup du prix des combustibles ne cesse de grimper d'année en année. Ces ressources indispensables coûtent chers aux entreprises industrielles et autres autres consommateurs (hôtels,...).

C'est ainsi que pour relever le défi de la compétitivité, il devient primordial à tous les niveaux techniques et économiques de l'entreprise de trouver les voies et moyens pour réduire les coûts de consommation énergétique. Un élément important de la réduction de ces coûts est l'optimisation de la facturation.

## **I. Informations générales sur l'optimisation de la facturation**

### **I.1. Enjeux du suivi de la facturation**

L'enjeu principal du suivi de la facturation est la réduction des consommations énergétiques. Cette réduction a plusieurs conséquences :

- à l'échelle mondiale, elle diminue les effets néfastes sur l'environnement (pollution).
- à l'échelle nationale, elle contribue à améliorer la balance des paiements par une réduction des importations.
- au niveau des entreprises, elle permet d'optimiser les coûts économiques de production.

Des travaux récents ont estimés que les besoins énergétiques des pays en voie de développement seront multipliés par trois ou plus entre 1985 et 2025. Les besoins en capitaux pour satisfaire les besoins en hydrocarbures et en électricité vont passer de 65 millions de dollar pour la période 1900-2000 à 138 milliards de dollar pour la période 2000-2025. Il faut noter aussi les effets néfastes tels que l'effet de serre, les dérives climatiques et les catastrophes écologiques. C'est pourquoi beaucoup d'efforts sont actuellement consentis à travers le monde pour une utilisation rationnelle de l'énergie [1].

Des résultats remarquables portant sur la maîtrise de la facturation énergétique ont été enregistrées en Côte-d'Ivoire. Les dépenses publiques d'électricité sont passées de 21 milliards en 1985 à 18,5 milliards en 1990, puis en dessous de 17 milliards en 1993 [6].

## I.2. Utilisation de l'électricité, de l'eau et des combustibles dans l'industrie et le bâtiment

Aujourd'hui la plupart d'équipements industriels ont besoin d'électricité pour fonctionner. L'électricité est soit fournie par des compagnies de distribution d'énergie (comme la SONABEL pour le Burkina), soit produite sur place en utilisant des groupes électrogènes.

L'eau est aussi indispensable comme l'énergie pour le fonctionnement de ces industries. Elle permet de :

- refroidir les installations thermiques,
- entretenir les installations,
- de stériliser certains produits lorsqu'elle est à l'état de vapeur,...

Au Burkina, les entreprises industrielles utilisent essentiellement l'électricité fournie par la SONABEL. Les groupes électrogènes servent généralement de secours en cas de coupure d'électricité. Ces groupes consomment du gas-oil et fonctionnent rarement. De nombreuses industries agro-alimentaires (SAVANA, BRAKINA,...) utilisent très souvent des combustibles.

Plusieurs consommateurs déplorent aujourd'hui le montant très élevé de la facture d'énergie et accusent les compagnies de distribution de monopole (tarif imposé non négociable,...). Mais si on regarde de très près, on constate que ceci est dû en très grande partie à la méconnaissance du système de facturation.

## **II. De quoi dépend notre facture d'électricité, d'eau et de combustibles ?**

### **II.1. Electricité**

L'utilisation efficace de l'électricité peut se définir comme étant le maintien de la consommation à un coût minimal.

Tout système de gestion d'énergie commence par une bonne connaissance de la tarification du fournisseur et de leurs coûts dans votre entreprise. Sur la facture d'électricité, il est à noter que les deux facteurs principaux de la facturation sont la demande maximale (puissance souscrite) et la consommation.

Le rapport qui existe entre ces deux valeurs nous donne le facteur d'utilisation. En divisant les kilowattheures consommés par la puissance souscrite, nous obtenons le nombre d'heures d'utilisation de la demande maximale. Si on compare ce nombre d'heures au nombre d'heures utilisées dans la période de mesurage, on obtient un pourcentage. Plus ce pourcentage est élevé, plus grande est l'efficacité.

Il est donc important de connaître les facteurs qui peuvent influencer la demande maximale et la consommation, afin d'améliorer ce facteur d'utilisation.

### II.1.1 La puissance souscrite

Le client s'abonne à une puissance P (en kilowatts) appelée puissance souscrite. La détermination de cette puissance à souscrire est effectuée par calcul ou forfaitairement :

- pour la basse tension, la puissance souscrite est la somme des puissances des appareils à laquelle on applique un coefficient d'utilisation. Ce coefficient est déterminé en fonction :

- . du nombre d'appareils de l'abonné,
- . du comportement de ces appareils,
- . de leur mode d'utilisation,
- . et de leurs puissances.

Au niveau de la SONABEL, ce coefficient est pris forfaitairement égal à 0,7.

- pour la moyenne tension, pour déterminer la puissance à souscrire la méthode consiste à faire la somme des puissances des appareils en fonctionnement simultané. Après une année de fonctionnement, on demandera à réajuster la puissance souscrite si elle est trop élevée. Sinon si elle est trop faible et qu'on enregistre plus de trois dépassements dans l'année, c'est le fournisseur qui vous demandera de la réajuster. La puissance atteinte ou la demande maximale des appareils durant cette période est enregistrée par un maximètre.

### II.1.2 L'énergie active

C'est l'énergie utile en kilowattheures (kWh) réellement consommée par l'utilisateur; elle est enregistrée par le compteur d'énergie active.

### II.1.3 L'énergie réactive

C'est l'énergie en quadrature avec l'énergie active, elle est produite par les batteries de condensateurs ou par les appareils utilisés. Elle s'exprime en kilo volt ampère réactif/heure (kVarh); elle dépend surtout du facteur de puissance des équipements électriques utilisés. Cette énergie est enregistrée par le compteur d'énergie réactive.

### II.1.4 Le facteur de puissance

Le facteur de puissance ou cosinus phi d'un appareil est égal au rapport de la puissance active à la puissance apparente (la puissance apparente est le produit de la tension U et de l'intensité I consommées).

$$\cos \psi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad \text{ou} \quad \operatorname{tg} \psi = \frac{Q}{P}$$

A chacune des puissances P (active) et Q (réactive) des appareils correspondent des consommations d'énergie active en kWh ( $W_a$ ) et réactive en kVarh ( $W_r$ ); on définit ainsi la tangente phi qui est le rapport des quantités d'énergies réactive et active consommées dans le mois durant les heures pleines et les heures de pointe.

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{W_r}{W_a} \quad \text{ou} \quad \cos \psi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}$$

Plus l'installation consomme de l'énergie réactive, plus le facteur de puissance ( $\cos \psi$ ) est faible et plus la tangente phi est élevée.

Plus le facteur de puissance est faible, plus il faut appeler sur le réseau une puissance importante pour aboutir au même travail utile. *Voir en annexe 15*, un graphique qui donne pour un kW utile, le nombre de kVA qu'il faut appeler sur le réseau au fur et à mesure que le facteur de puissance augmente.

Le facteur de puissance comme l'énergie réactive consommée dépend des équipements disponibles au niveau de l'installation.

### II.1.5 Les heures de consommation

L'énergie électrique fournie par le réseau varie au cours du temps selon les besoins des usagers. La demande d'énergie électrique n'est pas constante. Pour les heures où la demande est plus forte (heures de pointe), le tarif du kWh est plus élevée et aux heures de faible demande (heures pleines) le prix du kWh est plus bas. Ces tarifs distincts intéressent spécialement les gros consommateurs : entrepôts frigorifiques, hôtels, industriels, etc. La maîtrise des coûts de la facturation dépend aussi de la maîtrise de ces heures de consommation.

## **II.2. Eau et Combustibles**

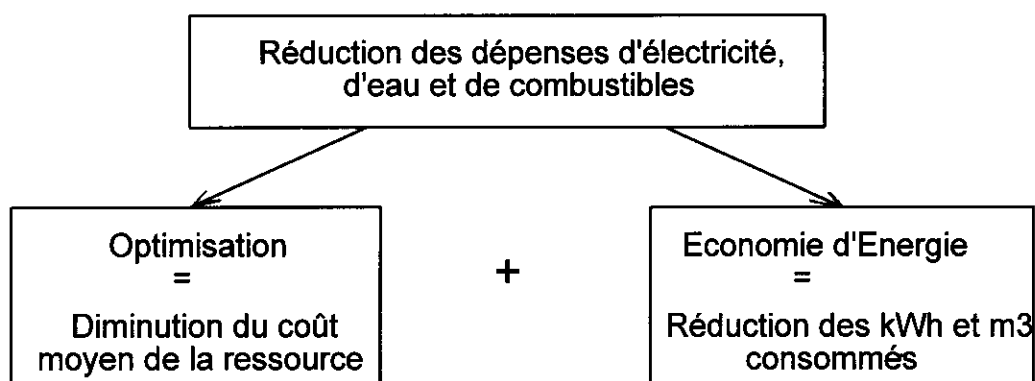
En Afrique, dans la majeure partie des zones où sont implantées les industries, il existe un réseau de distribution d'eau. L'eau distribuée arrive jusqu'à l'abonné et la consommation est comptabilisée par un compteur. Le mode de distribution est différent pour les combustibles; leur tarification dépend du fournisseur et des quantités achetées.

**Deuxième partie**

**OPTIMISATION DE LA FACTURATION**

L'optimisation de la facturation d'électricité, d'eau et de combustibles s'inscrit dans le souci d'économiser et de pérenniser ces ressources. Nous devons examiner tous les paramètres permettant d'arriver à ces objectifs. Pour réduire la consommation d'énergie un audit énergétique est nécessaire. L'audit énergétique est la première phase d'un programme d'économie d'énergie. Il permet d'identifier les mesures techniques et économiques à mettre en oeuvre dans un effort de maîtrise de l'énergie. L'audit démarre par un diagnostic global des installations (équipements de production de froid, éclairage, isolation,...); puis il est suivi d'une analyse permettant d'en déduire les mesures à prendre et les recommandations à suivre pour minimiser les consommations.

L'audit énergétique a pour finalité la réduction des dépenses d'électricité, d'eau et de combustibles, ce qui n'est en fait qu'une utilisation rationnelle de l'énergie (réduction des kWh et m<sup>3</sup> consommés) associée à une optimisation de la facturation (diminution du coût moyen de la ressource).



Notre travail ne portera pas sur l'audit énergétique proprement dit mais sur une optimisation de la facturation qui va dans le sens de la réduction des dépenses d'électricité, d'eau et des combustibles. Cette optimisation portera essentiellement sur les aspects suivants :

- une étude de la facturation dans le but de ne payer respectivement le kilowattheure, le mètre cube d'eau ou le mètre cube de combustibles qu'au plus juste prix. Ce prix doit être inférieur au coût moyen de la ressource avant optimisation.

$$\text{Franc / kWh} = \frac{\text{Montant de la facture à payer}}{\text{Énergie active réellement consommée}} \leq \text{Coût moyen du kWh.}$$

$$\text{Franc / m}^3 = \frac{\text{Montant de la facture à payer}}{\text{Volume d'eau réellement consommé}} \leq \text{Coût moyen du m}^3 \text{ d'eau.}$$

$$\text{Franc / m}^3 = \frac{\text{Montant de la facture à payer}}{\text{Volume de combustible réellement consommé}} \leq \text{Coût moyen du m}^3 \text{ de combustible.}$$

- un diagnostic énergétique succinct des installations dans le but de déterminer la puissance demandée par les équipements et d'en déduire les recommandations nécessaires pour un meilleur suivi des consommations.

## I. Etude de la facturation

Une optimisation de la facturation ne peut commencer que par la connaissance de la tarification du fournisseur et du mode de calcul de la facture.

### I.1. Tarification et facturation

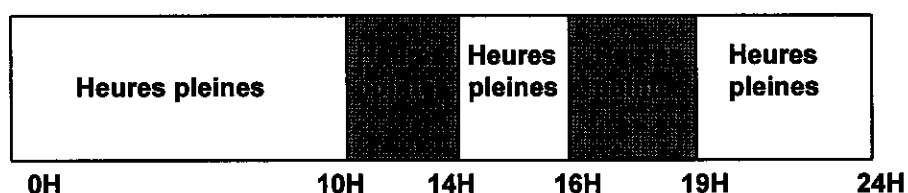
#### I.1.1. Tarification et facturation de l'électricité au Burkina Faso

Les abonnés souscrivent un abonnement basse tension (B.T.) ou moyenne tension (MT) suivant le type et la puissance des équipements électriques à alimenter. L'abonnement en haute tension n'existe pas au Burkina Faso. Les industriels peuvent être facturés suivant deux types de tarifications : en moyenne tension ou en basse tension triphasée selon qu'ils disposent ou non d'un transformateur.

##### I.1.1.1. Tarification de la moyenne tension

La tarification de la moyenne tension est scindée en deux tranches horaires :

- Les heures pleines : de 0 heure à 10 heures,  
de 14 heures à 16 heures et de 19 heures à 24 heures.
- Les heures de pointes : de 10 heures à 14 heures et 16 heures à 19 heures.



Pour une journée de 24 heures, il y a 19 heures de tarif réduit (heures pleines) pendant lesquelles le tarif est la moitié du tarif des heures de pointe. Il existe quatre types de comptage situés au secondaire du transformateur :



- comptage de l'énergie active en kWh consommée dans les diverses tranches horaires.
- comptage de l'énergie réactive en kVarh.
- enregistrement de la puissance maximale atteinte en kW.
- comptage de la durée totale d'utilisation en heures.

*Le tarif de vente d'énergie électrique au Burkina Faso est présenté en **annexe 14**.*

### I.1.1.2. facturation de la moyenne tension

#### *a) Pertes des transformateurs*

L'énergie consommée par le transformateur n'est pas comptabilisée aux compteurs d'énergie active et réactive. Elle est évaluée forfaitairement.

- Pertes actives =  $(0,012 \times \text{Consommation totale énergie active}) + (0,930 \times \text{Nombre d'heures de consommation})$ .
- Pertes réactives =  $(0,048 \times \text{Consommation totale énergie réactive}) + (7,600 \times \text{Nombre d'heures de consommation})$ .

Comme les nouveaux transformateurs existants actuellement dans le commerce fournissent moins de pertes, la compagnie de distribution devrait revoir la détermination de ces pertes qui n'arrangent pas actuellement le client.

#### *b) Facteur de puissance*

Le facteur de puissance est le rapport entre la consommation mensuelle d'énergie réactive et la consommation mensuelle totale d'énergie active.

$$tg\psi = \frac{\text{Consommation énergie réactive}}{\text{Consommation énergie active}}$$

- La consommation d'énergie active = (différence d'index compteur heures pleines + différence d'index compteur heures de pointe)  $\times$  coefficient de comptage + pertes actives - partie prenante\* (s'il existe).

- La consommation d'énergie réactive = (différence d'index compteur réactif  $\times$  coefficient de comptage) + pertes réactives - énergie réactive produite par les condensateurs.

Et l'énergie réactive produite par les condensateurs = puissance condensateurs × différence d'index compteur horaire × coefficient de comptage horaire.

NB : \*Partie prenante : c'est l'énergie consommée par un autre client branché sur le compteur de l'abonné moyenne tension.

Il existe une bonification (minoration de la facture) ou une pénalité (majoration de la facture) sur le facteur de puissance (tangente phi).

- Si la tangente phi est supérieure à 0,75 ( $\text{tg } \Psi > 0,75$ ) alors il y a majoration de la facture de :

$$m = \frac{\text{tg}\Psi - 0,75}{3}$$

- Si la tangente phi est inférieure ou égal à 0,48 ( $\text{tg } \Psi \leq 0,48$ ) alors il y a minoration de la facture de :

$$m = \frac{\text{tg}\Psi - 0,48}{6}$$

- Si la tangente phi est comprise entre 0,48 et 0,75 ( $0,48 < \text{tg } \Psi \leq 0,75$ ) alors  $m = 0$

### c) Puissance souscrite

La puissance atteinte est obtenue en multipliant la valeur lue sur le maximètre par le coefficient de comptage.

#### • **Pénalité de sur-consommation ou dépassement de puissance souscrite.**

Si la puissance atteinte est supérieure à la puissance souscrite il y a pénalité de dépassement : Pénalité de dépassement de puissance souscrite = (puissance atteinte - puissance souscrite) × 30 × tarif des heures de pointe.

#### • **Pénalité de sous-consommation**

Elle se facture annuellement :

Pénalité de sous-consommation = différence entre la consommation minimale annuelle et la consommation effective annuelle multipliée par le tarif d'heures pleines sur 2.

Avec : consommation minimale annuelle = 1000 × puissance souscrite (en kWh).

et consommation effective annuelle = somme des kilowattheures consommés dans l'année.

#### d) Taxes

- Taxe sur la valeur ajoutée (TVA) :  $TVA = B\%$  du montant hors taxe de la facture (actuellement  $B = 15\%$ ).
- Taxe télévision (TTV) :  $TTV =$  consommation énergie active mensuelle multipliée par le tarif en vigueur (le tarif en vigueur est de 2 francs CFA par kWh d'énergie active consommée).

### Le montant final de la facture

Avec les relevés des index des compteurs actif, réactif et horaire, le calcul du montant de la facture s'effectue comme suit :

❶ - La consommation de l'abonné en heures pleines = [(différence d'index compteur heures pleines  $\times$  coefficient de comptage du compteur) - (partie prenante + pertes actives)]  $\times$  Tarif heures pleines  $\times$  coefficient de majoration ou de minoration du cosinus phi.

❷ - La consommation de l'abonné en heures de pointe = [(différence d'index compteur heures de pointes  $\times$  coefficient de comptage du compteur) - (partie prenante + pertes actives)]  $\times$  Tarif heures de pointes  $\times$  coefficient de majoration ou de minoration du cosinus phi.

❸ - La prime fixe =  $1/12 \times$  puissance souscrite  $\times$  tarif prime fixe  $\times$  coefficient de majoration ou de minoration du cosinus phi.

D'où le montant à payer = [❶ + ❷ + ❸ + location compteur + redevance + TTV]  $\times$  (1 + TVA).

*Il est présenté en **annexe 7** un exemple de facture moyenne tension.*

#### I.1.1.3. Tarification de la basse tension

La basse tension regroupe deux principaux types de consommateurs :

- Monophasé 2 fils : cette BT est valable pour les branchements monophasés à usage domestique, particulier, administration et les petites locations n'utilisant pas d'appareils de grande puissance tels que les climatiseurs, les fours,...
- Triphasé 4 fils : cette basse tension triphasée est valable pour les mêmes clients mais qui utilisent des appareils à forte consommation (les chambres froides, les fours, la climatisation, etc).

Ces tarifs sont divisés chacun en deux sous tarifs. La souscription à l'un des tarifs dépend de la puissance des équipements électriques du client.

*La répartition des puissances à souscrire en fonction du type, du nombre d'appareils et de leur puissance est présentée en **annexe 9**.*

#### I.1.1.4. Facturation de la basse tension

##### *a) Monophasé 2 fils*

④ - Montant consommation électricité hors taxe = (différence d'index du compteur × tarif) + redevance + Prime fixe.

⑤ - Taxe télévision (TTV) :

- Si la consommation en kWh de l'abonné est inférieure à 50 kWh alors la TTV = consommation en kWh × 1 franc.
- Si la consommation en kWh de l'abonné est supérieure à 50 kWh alors la TTV = consommation en kWh × 3 Francs.

⑥ - Taxe sur la valeur ajoutée (TVA)

Il y a TVA que lorsque la consommation est supérieure à 150 Kwh.

Montant de la TVA = [tarif × (consommation en kWh - 150) + redevance + prime fixe + 3 francs × (consommation en Kwh - 150)] × 15%.

Le Net à payer = ④ + ⑤ + ⑥.

*Voir en **annexe 8** la méthode de calcul sur une facture basse tension.*

##### *b) Triphasé 4 Fils*

Deux modes de calcul selon que l'on est :

- en triphasé 4 fils à usage domestique, particulier ou administratif à force motrice tarif monome (tarif unique), le calcul s'effectue de la même manière que le monophasé à 2 fils.

- en triphasé 4 fils à force motrice tarif horaire (double tarif), le calcul de la facturation s'effectue de la même façon que la moyenne tension.

### I.1.2. Tarification et facturation de l'eau au Burkina Faso

Les abonnés sont facturés suivant 5 tranches de consommations.

Consommation comprise entre	Tarif sur la consommation	Taxe assainissement
0 et 10 m <sup>3</sup>	164 francs/m <sup>3</sup>	5 francs/m <sup>3</sup>
10 et 25 m <sup>3</sup>	320 francs/m <sup>3</sup>	5 francs/m <sup>3</sup>
25 et 50 m <sup>3</sup>	800 francs/m <sup>3</sup>	30 francs/m <sup>3</sup>
50 et 100 m <sup>3</sup>	840 francs/m <sup>3</sup>	42 francs/m <sup>3</sup>
100 m <sup>3</sup> et plus	840 francs/m <sup>3</sup>	52 francs/m <sup>3</sup>

La TVA est de 15%.

Redevance : 380 francs.

Il n'y a pas de particularité sur le calcul de la facturation. Une simple différence d'index (ancien et nouveau) répartie entre les différentes tranches de consommation multiplié par le tarif donne le montant hors taxe de la facture.

*Un exemple de facture d'eau est présenté en annexe 10.*

### I.1.3. Les prix des combustibles

*Le prix de vente des combustibles au Burkina est présenté en annexe 12.*

## I.2. Méthodologie d'optimisation de la facture d'électricité

Après l'étude du système de tarification et du mode de calcul, l'optimisation de la facture d'électricité passe par :

- une souscription à un contrat d'abonnement optimum c'est-à-dire le choix d'une puissance souscrite optimale.
- un maintien d'un bon facteur de puissance.
- une utilisation au mieux des tranches horaires à tarif réduit.

### I.2.1. Facture moyenne tension

#### *I.2.1.1. Puissance souscrite*

Pour un abonnement d'une puissance P en kW, le client doit consommer un minimum de  $1000 \times P$  (en kWh) de puissance souscrite par an.

- En cas de sous consommation une pénalité est appliquée au nombre de kWh non consommés à 50% du tarif des heures pleines.
- En cas de dépassement une pénalité de sur consommation est appliquée aux nombres de kW dépassés à 100% du tarif des heures de pointe.
- Il n'est autorisé dans l'année que 3 dépassements maximums de puissance souscrite.

Par conséquent l'optimisation de la puissance souscrite consiste à déterminer la puissance souscrite optimale qui évite toutes ces pénalités.

En raisonnant toujours sur le facteur d'utilisation qui est influencé par la demande maximale, il convient de déterminer d'abord si cette demande maximale est stable ou si elle peut être diminuée. On le vérifie en traçant la courbe des puissances atteintes en fonction des 12 mois de l'année. On cherche ensuite à écrêter cette courbe. Pour cela, on procède de la manière suivante :

1°) identifier les appareils responsables de ces pointes (par exemple démarrage de gros moteurs simultanément) et de programmer leur mise en route dans la limite du possible.

2°) déterminer la nouvelle puissance maximale  $P'$  en évitant les pénalités et d'enregistrer trois dépassements maximums autorisés.

- si il n'y a pas de pénalités de sous-consommation alors la nouvelle puissance à souscrire  $P'$  est la plus grande des puissances atteintes après élimination de la plus élevée.

- si il y a des pénalités de sous-consommation alors la nouvelle puissance  $P'$  est la plus grande des puissances atteintes après élimination des deux plus élevées.

### *1.2.1.2. Le facteur de puissance*

Un mauvais facteur de puissance entraîne des pénalités allant jusqu'à 50% sur la facture qu'on devait réellement payer. Il fait perdre aussi beaucoup d'énergie à la compagnie de distribution. Il génère :

- des pertes importantes au niveau des câbles d'alimentation.
- des consommations d'énergie active et réactive excessives.

Pour améliorer le facteur de puissance, il faut penser d'abord à supprimer les causes. Il s'agit d'éviter les marches à vide ou faible charge des moteurs responsables d'une consommation importante d'énergie réactive :

- en installant un équipement de commande manuelle ou automatique, pour les nouvelles machines.

- pour les installations existantes, on peut se contenter d'utiliser, pour les moteurs (si l'on peut admettre un couplage réduit), le couplage étoile de préférence au couplage triangle pour les fonctionnements à faible charge pendant de longues durées.

Toutefois si les mesures ne sont pas suffisantes, la correction du facteur de puissance s'effectue par l'installation de batteries de condensateurs. Ce sont des appareils qui ne consomment pratiquement pas d'énergie active; ils permettent de compenser l'énergie réactive produite par un mauvais cosinus phi.

### • Dimensionnement des batteries de condensateurs

Il existe trois méthodes pour dimensionner les batteries de condensateurs :

- La première méthode appelée, méthode simplifiée, consiste à dimensionner pour chaque mois la batterie de condensateurs en fonction des valeurs de tangente et de puissance atteinte. On obtient une série de valeurs  $Q_{ci}$  mensuelles parmi lesquelles on retiendra la plus grande ( $Q_{cm}$ ).  $Q_{cm} = \text{Max. des } Q_{ci}$ .

$$Q_{ci} = P_i \times (tg\psi' - tg\psi_i)$$

$Q_{ci}$  : puissance des batteries de condensateurs à installer

$P_i$  : Puissance atteinte dans le mois

$tg\psi'$  : tangente phi souhaitée, on prend dans les calculs  $tg\psi' = 0,62$

$tg\psi_i$  : tangente phi atteinte dans le mois

Cette méthode conduit généralement à un sur-dimensionnement des batteries de condensateurs. Voir en *annexe 13 un exemple de dimensionnement avec cette méthode.*

- La deuxième méthode consiste à dimensionner, pour chaque mois, les batteries de condensateurs en fonction de la tangente obtenue, de l'énergie active enregistrée et de l'horaire écoulé. On obtient une série de valeurs  $Q_{ci}$  mensuelles parmi lesquelles on retiendra la plus grande ( $Q_{cm}$ ).  $Q_{cm} = \text{Max. des } Q_{ci}$ .

$$Q_{ci} = \frac{W_a}{H} \times (tg\psi' - tg\psi_i)$$

$Q_{ci}$  : puissance des batteries de condensateurs à installer.

$W_a$  : consommation active enregistrée dans le mois.

$H$  : nombre d'heures de consommation dans le mois.

$\text{tg}\psi'$  : tangente phi souhaitée, on prend dans les calculs  $\text{tg}\psi' = 0,62$ .

$\text{tg}\psi_i$  : tangente phi atteinte dans le mois.

C'est la meilleure méthode car elle prend en compte l'énergie active consommée mensuellement. *Voir en annexe 13 un exemple de dimensionnement avec cette méthode.*

- La troisième méthode consiste à dimensionner les batteries en fonction de la puissance souscrite et de la tangente phi maximale obtenue.

$$Q_c = P' \times (\text{tg}\psi_m - \text{tg}\psi')$$

$Q_c$  : puissance des batteries de condensateurs à installer.

$P'$  : nouvelle puissance souscrite.

$\text{tg}\psi_m$  : tangente phi maximale enregistrée.

$\text{tg}\psi'$  : tangente phi souhaitée, on prend dans les calculs  $\text{tg}\psi' = 0,62$ .

Cette méthode est utilisée quand l'installation ne dispose pas encore de batteries de condensateurs. Cette méthode sur-dimensionne les batteries de condensateurs quand la puissance souscrite n'est pas optimale. *Voir en annexe 13 un exemple de dimensionnement avec cette méthode.*

### I.2.1.3. Les heures de consommation

Si une entreprise fonctionnait 24h/24 sans interruption la répartition des heures de consommation serait de :

- 79% en heures pleines,
- 21% en heures de pointe.

C'est pourquoi si la période de fonctionnement d'un appareil n'est pas une condition déterminante de l'exploitation, il faudra donc éviter de l'utiliser durant les heures de pointes et préférer les heures pleines dans la mesure du possible.



### I.2.2. Facture basse tension

Pour la basse tension simple, l'optimisation consiste tout simplement à choisir la bonne puissance souscrite pour éviter de payer une prime fixe mensuelle élevée. Pour la basse tension triphasée, c'est la même méthode d'optimisation que la moyenne tension. Au niveau du comptage il n'y a pas de compteur horaire, l'énergie réactive produite par les batteries de condensateurs est enregistrée directement par le compteur d'énergie active, d'où une compensation directe.

## **I.3. Méthodologie d'optimisation de la facture d'eau**

L'optimisation de la facture d'eau se limite à la réduction des pertes d'eau et à la maîtrise de la facturation.

### I.3.1. Les fuites d'eau

Il est important de rappeler qu'une piqûre de 2 mm sur une conduite de 20 mm de diamètre à une pression de 2 bars représente un débit perdu de 5 m<sup>3</sup>/jour. Le débit de fuite à travers un orifice dépend particulièrement de la différence de pression amont/aval et de la section de l'orifice.

Une réduction des pertes par les fuites passe nécessairement par une suppression des fuites d'eau. Ces fuites peuvent exister au niveau du réseau de distribution ou des purges de certains équipements.

Au niveau des tours de refroidissement des installations frigorifiques industrielles un traitement de l'eau est nécessaire pour éviter :

- l'entartrage : le dépôt de calcaire dans les condenseurs et dans les différentes canalisations diminue la section effective de la tuyauterie entraînant des fuites au niveau des appareils de robinetterie.

- la corrosion : entraîne des ruptures de canalisation.

- le développement des algues : les algues envahissent les canalisations, les condenseurs et les bâches à mélange et entraînent des obstructions locales de canalisation.

La technique utilisée pour éviter une consommation excessive d'eau est l'entretien et le suivi périodique des installations. *Voir en annexe 11 le coût de vos fuites d'eau.*

### **I.3.2. La maîtrise de la facturation**

Il est souvent constaté au niveau de la facturation d'eau des erreurs de saisie, de relevé et/ou une défaillance du compteur :

- les erreurs de saisie ou de relevé sont des erreurs de facturation. Elles surviennent souvent dans la période de relevé. Le compteur doit être relevé tous les mois (30 jours  $\pm$  m, avec  $m = 3$ ). Le tarif est dégressif c'est-à-dire composé de plusieurs tranches de consommation (cf. *Chap. 1.1.2 2e partie : calcul facturation*). Si toutefois le relevé se fait à (33 +  $\epsilon$ ) jours par exemple, le nombre de mètres cubes consommés au-delà du 33e jour du relevé doit être facturé avec la première tranche du tarif qui est le moins cher. Mais cela ne se passe pas souvent de cette façon car ce surplus est calculé avec la tranche du tarif supérieur, ce qui pénalise le client.

- une défaillance du compteur peut entraîner une forte consommation. Seule une simple comparaison avec les factures antérieures permet de diagnostiquer l'erreur.

Au niveau du fournisseur, si on constate que le compteur est défectueux, la facturation est effectuée sur la moyenne des consommations des trois derniers mois.

### **I.4. Méthodologie d'optimisation de la facture de combustibles**

En dehors de la réduction de la consommation au niveau des installations, il existe une technique d'optimisation plus classique. Il s'agit de négocier la réduction tarifaire des prix des combustibles. Pour certains fournisseurs, en fonction de la quantité consommée et du type de consommateur, le client peut bénéficier d'une remise particulière sur les tarifs publiés. Cette réduction se fera sur les frais et marges de distribution ou de vente au détail. *Voir annexe 12*

## **II. Recommandations**

Après l'étude de la facturation, vient ensuite l'aspect humain avec la motivation et la formation du personnel à faire des économies. Et ceci obtenu, on peut ensuite envisager l'utilisation de matériels ou d'équipements permettant de diminuer la consommation d'énergie. Plusieurs moyens permettent d'y arriver, la liste ci-dessous n'est pas exhaustive :

- utilisation de dispositifs limitant les périodes de mise sous tension :
  - . dispositifs automatiques de régulation (thermostats, pressostats, hygrostats,...)

- . système de régulation éliminant au maximum la marche à vide des moteurs électriques.

- utilisation de dispositifs de contrôle :

- . voyants de mise sous tension (exemple pour contrôler le fonctionnement des batteries de condensateurs)

- . contrôleurs automatiques de charge.

- utilisation de matériels à faible consommation électrique :

- . variateurs de vitesses électroniques.

- Dispositions diverses :

- . isolation des parois froides, l'isolation des locaux climatisés,

- . équilibrage des charges sur chaque phase dans le cas de courant triphasé,

- . dans le domaine du froid éviter les températures inutilement basses et adapter les besoins de renouvellement d'air aux besoins réels.

- . contrôler périodiquement les fuites de votre réseau d'eau en procédant comme suit : fermer les robinets de toute l'installation et vérifier la marche du compteur d'eau.

- . signaler les défaillances de votre compteur.

Il faut noter cependant que toutes les mesures d'économie d'énergie ne doivent pas avoir d'effets secondaires inacceptables en terme d'exploitation des machines ou des locaux.

### **III. Investissements et temps de retour**

Après avoir étudié les dispositifs et moyens permettant de réduire les dépenses d'électricité, d'eau et de combustibles, on passe à l'élaboration d'un programme d'intervention. Ce programme présenté dans le cadre d'un rapport de synthèse doit permettre au maître d'ouvrage d'orienter son choix de travaux dans les meilleures conditions de coût et de rentabilité. Ce rapport devra comporter une analyse économique de chaque mesure envisagée avec indication du coût de l'investissement, du temps de retour et de l'économie attendue. Ces mesures doivent être hiérarchisées en termes d'efficacité, de coût, de rentabilité et de délai. Il y a deux types de mesures :

- les mesures à court terme qui ont trait à l'amélioration de la gestion des installations énergétiques. Ces mesures sont à coût nul ou à faible coût car ne nécessitant pas de gros investissement. La mise en oeuvre de ces mesures concernent souvent la formation et la sensibilisation du personnel, l'entretien du matériel, la souscription à une nouvelle puissance ou l'acquisition de batteries de condensateurs.

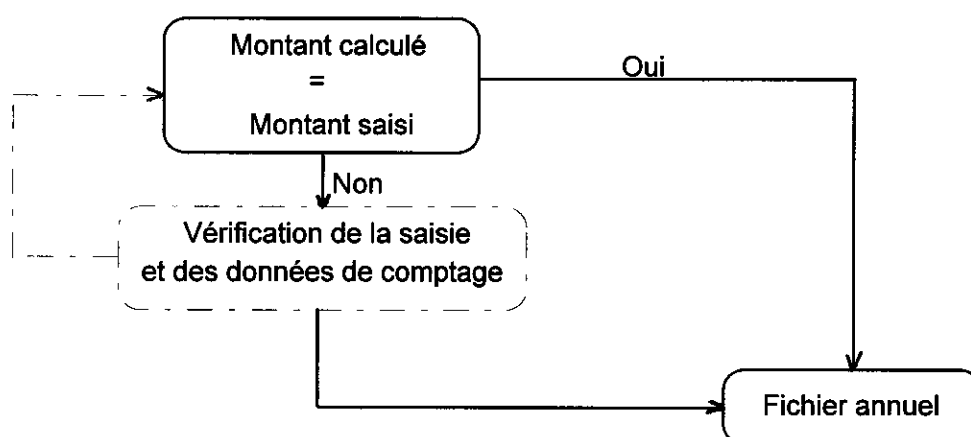
- Les mesures à moyen et long terme qui ont trait à la modification plus ou moins importante des structures des installations ou équipements.

La priorité est accordée aux mesures à court terme présentant la meilleure rentabilité et fournissant le plus gros impact sur la réduction de la consommation.

#### IV. Elaboration d'un outil informatique de suivi

##### IV.1. Saisie et analyse de la facturation

Un programme qui recalcule les factures mensuelles a été élaboré. Les factures sont saisies et recalculées à partir des paramètres de base (relevés d'index, coefficients de comptage,...), puis comparées aux résultats obtenus par le distributeur. S'il y a une différence de plus ou moins 5.000 francs le programme nous le signale par un message d'erreur "Erronée". On passe à la vérification de la saisie et des données de comptage. Si toutefois il n'y a pas d'erreurs de saisie ni de comptage, on valide et on passe à la facture suivante. La facture erronée est classée et signalée au fournisseur.



Ce procédé de vérification exclut d'une part toute erreur de saisie et met en évidence d'autre part les incohérences de facturation. Après la saisie et l'analyse des données de facturation on passe à l'optimisation.

## IV.2. Calcul d'optimisation des factures

Lorsque la saisie de toutes les factures mensuelles sera achevée, les résultats seront réunis dans un tableau d'un fichier récapitulatif. Ce fichier va permettre de présenter, d'analyser et faire l'optimisation des différents résultats obtenus sur chaque facture mensuelle. Un premier tableau donnera les résultats et les graphiques suivants :

- répartition du montant de la facturation dans les différentes tranches horaires, les taxes, les pénalités et la prime fixe.
- évolution mensuelle des montants des factures et de la consommation énergétique.
- comparaison des factures du distributeur à celles recalculées.

Tous les résultats de calculs de la facturation présentés dans ce tableau sont liés aux feuilles de calcul des différentes factures mensuelles. Aucune modification de données de calcul n'est possible dans ce tableau.

Un second tableau exploite les données du premier tableau, effectue les calculs d'optimisation et fournit les résultats optimums des différents paramètres. Ce tableau nous fournit les informations suivantes :

- puissance des batteries de condensateurs à installer,
- nouvelle puissance à souscrire,
- Les économies réalisées,
- coût moyen du Kwh consommé,
- chiffrage des investissements et leurs temps de retour.

Pour faciliter l'exploitation, la saisie, la modification des données, la gestion des factures, ce programme de calcul a été élaboré avec un tableur, Excel 4.0. *Il est présenté dans les annexes 1, 2, 3 et 4 le modèle des tableaux récapitulatifs et d'optimisation.*

## IV.3. Guide de l'utilisateur

Le démarrage de l'application s'effectue en entrant sur Excel 4.0 sous Windows. On ouvre le fichier classeur ayant l'extension XLM. Un écran appelé "Sommaire" s'ouvre contenant tous les noms des 12 fichiers mensuels et le fichier récapitulatif inclus dans le classeur.

Pour faire une simple vérification d'une facture mensuelle, ouvrez un fichier quelconque Fi (i allant de 1 à 12) en cliquant deux fois sur son nom. Entrez les paramètres d'index, les prix du kWh, la prime fixe, les coefficients de comptage,... (voir en *annexe 5 et 6 le masque de saisi d'une facture d'électricité et d'eau*) et puis validez.

- . si la facture est correcte et qu'il n'y a pas d'erreurs de saisie, le montant calculé est égal au montant du distributeur à plus ou moins 5.000 francs.

- . si un message "Erronée" s'affiche devant la cellule facture calculée après la saisie de toutes les données, revoyez la saisie ou les données de comptage de la facture, sinon si la saisie est correcte et les données de comptage exactes et qu'il y a toujours ce message alors classez cette facture comme facture erronée.

Pour analyser et optimiser les factures d'une année, ouvrez les feuilles mensuelles un à un de F1 à F12 et entrez les toutes données mensuelles de facturation comme précédemment. Lorsque toutes les données de facturation seront entrées, revenez à l'écran classeur et ouvrez la feuille récapitulative. Celle-ci fournit la situation des factures non optimisés et la situation des factures optimisées.

Pour se déplacer entre les feuilles de calcul il y a deux méthodes :

- Les trois boutons qui se trouvent dans le coin inférieur droit de la page de sommaire du classeur, permettent de passer d'un document à l'autre dans le classeur. Ces boutons apparaissent également sur la barre de défilement de chacun des documents associés au classeur.

- . le bouton de gauche vous permet de retourner à la page sommaire à n'importe quel document du classeur.

- . le bouton complètement à droite vous permet d'ouvrir la feuille de calcul suivante.

- . le bouton au milieu (entre celui de droite et de gauche) vous permet d'ouvrir la feuille précédente.

- On peut également effectuer un double cliquage sur le nom du document dans la liste de la page de sommaire pour accéder à ce document.

Lorsqu'on aura fini de saisir les factures mensuelles, ouvrir la feuille classeur et enregistrer votre classeur en lui donnant un nom. Pour l'enregistrer, ouvrez le menu fichier, cliquez sur "enregistrer-sous", mettez le nom que vous désirez et cliquez sur "OK".

Vous pouvez imprimer le fichier dont vous avez besoin en présentant le document d'abord à l'écran et en choisissant dans le menu fichier l'option "imprimer".

Lorsque vous avez fini de travailler sur le classeur, revenez à la page sommaire et fermez le classeur dans le menu fichier "fermer le classeur".

**Troisième partie**

**ETUDES DE CAS**



Les études de cas concernent les établissements PACO, l'Hôtel Indépendance, l'UCOBAM et l'Abattoir frigorifique de Ouagadougou. Les consommations et les paramètres de la facturation d'électricité et d'eau de ces entreprises ont été soumis à un programme informatique d'optimisation que nous avons développé dans la deuxième partie. Ce programme permet de faire tous les calculs d'optimisation : le choix de la puissance souscrite, le dimensionnement des batteries de condensateurs et leurs coûts, les économies réalisées et le temps de retour des investissements.

## I. Cas de l'établissement PACO

Cette entreprise créée depuis novembre 1994 est spécialisée dans le conditionnement, la conservation et la vente de fruits et légumes. Elle dispose deux chambres froides et d'un container frigorifique. Chaque local est muni d'un groupe de production frigorifique individuelle fonctionnant respectivement au R12 et au R22.

### I.1. Description des équipements

#### I.1.1. Les installations électriques

Cette entreprise a un abonnement basse tension à courant triphasé 4 fils, 3 × 220/380-50 Hz. Elle dispose au niveau de l'installation d'un transformateur de courant basse tension de marque SADTEM MICROBLOC 3 × 15 VA et un condensateur 10 kVar-50 Hz.

#### I.1.2. Les équipements frigorifiques

Les chambres sont équipées de moto-compresseurs, d'évaporateurs et d'appareils annexes dont les caractéristiques sont résumées ci-dessous :

- Compresseurs :

Caractéristiques	Chambre 1	Chambre 2	Container
Type/marque	MANEUROP MT 80 HP 4	BHS 862 BITZER	
Puissance (kW)	7	4	1,5
Tension ali. (Volts)	380/220	380/220	380/220
Courant nominal (A)	15	14	5
Courant de c. circuit (A)	65	65	

- Ventilateurs des condenseurs :

Caractéristiques	Chambre 1	Chambre 2
Type/marque	DWM COPELAND	
Puissance (W)	200	736
Tension ali. (Volts)	380/220	380/220
Courant nominal (A)	1,5	

- Evaporateurs (identiques pour les deux chambres) :

Type/marque	PCE 1210 FRIGERST
Puissance réelle (Fg/h)	7240 à Dt 6 °C
Puissance (W)	500
Tension ali. (Volts)	220/380
Courant nominal (A)	2,9-1,7

L'évaporateur du container a une puissance de 190 watts ( $I = 0,63$  A).

- Condensateurs

- Appareils annexes :

- . filtres déshydrateurs : DANFOS type CX 304 R22
- . voyants liquides : type FLICA
- . détendeurs thermostatiques
- . une lampe Hublot de 60 watts dans chaque chambre.

L'entreprise ne dispose pas de groupe de secours ni d'installation d'eau réservée à l'entrepôt. Les données non relevées ne sont pas disponibles ou ne sont plus visibles sur les plaques signalétiques.

## I.2. Analyse et diagnostic de l'existant

Les chambres froides (capacité 25 tonnes) et le container frigorifique (capacité 10 tonnes) sont destinées à la conservation des fruits et légumes tels que les mangues, la pomme de terre et les haricots verts. Nous avons constaté que les produits sont souvent stockés en sac rangés les uns sur les autres, ce qui ne facilite pas la circulation d'air et risque de nuire à la qualité des produits. Ils sont entreposés sous une température de 6 °C et une humidité relative de 85%.

Les chambres froides sont implantées près des locaux d'habitation selon l'orientation Est-Ouest. Les parois sont bien protégées à part la paroi Est qui est exposée aux rayons solaires et le hall de conditionnement recouvert de tôles qui restituent la chaleur aux chambres froides. L'isolation des locaux est bien faite, les parois verticales et le plafond sont des panneaux "Sandwich" en polyuréthane et le sol en béton. Les chambres froides sont équipées de portes coulissantes qui ne sont pas bien isolées et l'étanchéité n'est pas parfaite.

### I.3. Etude des factures d'électricité : (Période de référence Nov.94 à Fév.95)

*Il est présenté en annexe 1 les résultats de calcul informatique.*

L'installation basse tension de puissance 10 kW n'assure que le fonctionnement des équipements frigorifiques; la mise en service des deux chambres froides n'est pas simultanée, ce qui permet d'avoir des puissances atteintes toujours inférieures ou égales à la puissance souscrite.

#### • Situation non optimisée :

Consommation énergétique		Facturation		
H. Pleines (kWh)	H. Pointes (kWh)	Montant recalculé (F. CFA)	Montant SONABEL (F. CFA)	Coût moyen du Kwh (F/Kwh)
10 889	940	1 382 409	1 382 596	<b>117</b>

#### • Situation optimisée :

Facturation			Investissement		
Montant optimisé	Montant SONABEL	Economie réalisée	Puissance condensateurs	Coût des condensateurs	Temps de retour
1 286 640 F	1 382 596 F	<b>95 956 F</b>	0	0	0

Coût moyen du kWh optimisé **109 francs**

Cette somme de 95 956 francs est une économie réalisée sur 3 mois (entre Février et Mai 1995) due à l'installation des batteries de condensateurs début Mai 1995.

- Il n'a été constaté au cours de la saisie aucune facture erronée. Les montants facturés par le fournisseur sont presque égaux aux montants recalculés comme le montre les courbes et le tableau de l'annexe 1.

- Les heures de consommation sont bien utilisées, les consommations d'énergie en heures pleines font 92% de la consommation d'énergie totale et celles d'heures de pointes 8%.