

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 1998

Présenté par :

NGAYE YANKOISSET Privat P.

Audit énergétique de l'E.I.E.R.

MENTION :

E. I. E. R.	
Enregistré à l'Arrivée	
le _____	356/98

Encadrement

T. DJIAKO
G. THIOMBIANO

A la Sainte Trinité.

A ma mère MANDJI Christine.

A mon père NGAYE-YANKOISSEY Raphaël.

A mes frères et soeurs

A toute ma famille.

Liste des sigles et abréviations

CAC: Consommation Annuelle Constatée.

CAT: Consommation Annuelle Théorique.

C.F: Climatiseur de Fenêtre.

CFPI: Cellule de Formation Professionnelle à l'Ingénierie.

COP: Coefficient de performance.

DAC: Dépenses Annuelles Constatées.

DAR: Dépenses Annuelles de Référence.

ECL: Eclairage.

EIER: Ecole Inter Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural.

IEPF: Institut de l'Energie des Pays ayant en commun l'usage du Français.

IRSAT: Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologie.

IDR: Energie pour le Developpement Rural.

MFE: Mémoire de Fin d'Etudes.

PRISME: Programme International de Soutien à la Maîtrise de l'Energie.

PUIS.: Puissance électrique.

REF.: Référence.

SYST.: Système.

S.S: Split System.

SOMMAIRE

RESUME	3
REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	6
I. INFORMATIONS GENERALES SUR L'AUDIT ENERGETIQUE.	8
I.1. ENJEUX DE L'AUDIT ENERGETIQUE	8
I.2. UTILISATION DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT.....	9
II. TECHNIQUES DE L'AUDIT ENERGETIQUE.....	10
II.1. DANS L'INDUSTRIE.....	11
II.1.1. La technique.....	11
II.1.2. La méthodologie.....	12
II.2. DANS LE BATIMENT	13
II.2.1. Les techniques.....	13
II.2.2. La méthodologie.....	17
DEUXIEME PARTIE : L'AUDIT ENERGETIQUE DE L'EIER	18
I. PRESENTATION DE L'EIER	20
I.1. VOCATION ET SITUATION DU BATIMENT.....	20
I.2. TAUX ET DUREE D'OCCUPATION DES LOCAUX.....	21
I.3. ORGANISATION DE LA GESTION ET DE LA MAINTENANCE	21
I.4. SITUATION ENERGETIQUE.....	23
I.5. ETAT GENERAL	25
II. COLLECTES DES DONNEES	26
II.1. DONNEES CLIMATIQUES	26
II.1.1. Situation géographique	26
II.1.2. Le climat.....	26
II.1.3. Caractéristiques de la zone d'étude.....	27
II.2. TARIFICATION ET FACTURATION DE L'ELECTRICITE AU BURKINA FASO	27
II.2.1. Tarification de la moyenne tension.....	27

II.2.2. Facturation de la moyenne tension28
II.2.3. Tarification de la basse tension32
II.2.4. Facturation de la basse tension32
II.3. DESCRIPTIF DU BATIMENT33
II.4. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES.....35
II.4.1. Le Schéma électrique36
II.4.2. L'Eclairage38
II.4.3. La Climatisation39
II.4.4. Autres installations énergétivores42
II.5. DESCRIPTION DU PROTOCOLE DE MESURES44
III. EXPLOITATION ET TRAITEMENT DES DONNEES.....44
III.1. OPTIMISATION DE LA FACTURATION D'ELECTRICITE44
III.1.1. Profil de la consommation électrique45
III.1.2. Optimisation de la facture électrique48
III.2. ETUDE DE LA CLIMATISATION50
III.3. ETUDE DE L'ECLAIRAGE54
IV. RECOMMANDATIONS54
V. SYNTHESE DES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE.....56
CONCLUSION57
BIBLIOGRAPHIE58
ANNEXES59

RESUME

Pour faire face au problème de pénurie d'électricité qui est d'actualité en Afrique sub-saharienne et qui se pose avec acuité, les entreprises industrielles et les bâtiments publics doivent avoir une maîtrise de leur consommation énergétique. L'audit énergétique constitue une étape fondamentale dans toute action de maîtrise de l'énergie.

La présente étude porte sur l'audit énergétique de l'Ecole Inter Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (EIER). Elle vise à établir l'inventaire des mesures d'économie d'énergie applicables aux bâtiments de ladite école.

La méthodologie utilisée est celle du diagnostic énergétique dans les bâtiments. Elle comporte les trois phases suivantes :

- La description et l'examen de l'existant qui consistent en une étude minutieuse de l'état des bâtiments, des installations énergétiques et de leurs paramètres de fonctionnement.
- L'exploitation et le traitement des données permettant de mettre en évidence et de décrire les améliorations à envisager avec indication, pour chaque intervention, des économies à en attendre, du coût et du temps de retour de l'investissement éventuel.
- L'établissement d'un programme d'intervention comportant les mesures à coût nul ou à faible coût et les mesures avec investissement.

L'application de cette méthodologie aux bâtiments de l'EIER a révélé les potentiels d'économie suivants :

	Economie en kwh/an.	Economie en FCFA/an.	% de réduction de la facture.
Eclairage	37893,6	4.130.403	8.8
Climatisation	26449,2	2.882.963	6.1
Facturation		1.051.709	2.2
TOTAL	64342,8	8.065.075	17

Les mesures d'économies proposées sont simples à réaliser et pourront permettre de réduire la facture électrique de 8.5% sans investissement ou de 8.6% avec un investissement de 7.287.000 FCFA, soit une réduction totale de 17%..

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette étude a été effective grâce aux concours de certaines personnes et institutions que nous tenons à remercier particulièrement. Ce sont :

- La direction de l'EIER.
- La Direction de l'IRSAT pour l'appui matériel.
- La Cellule de Formation Professionnelle à l'Ingénierie (CFPI).
- M. Thomas DJIAKO, mon maître de Mémoire qui n'a ménagé aucun effort pour l'encadrement de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à :

- M. Godefroy THIOMBIANO, conseiller énergétique , qui n'a ménagé

ni

ses efforts, ni son précieux temps pour participer à l'encadrement de cette étude.

- M. Yézouma COULIBALY, professeur et chef du Département EDR à l'EIER.

- M. YASSIA, technicien supérieur en Froid à l'EIER.

- Mes camarades de la 27^{ème} Promotion.

Que tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation du présent travail trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance. Puisse chacun trouver dans ce rapport le fruit de son concours.

INTRODUCTION

L'énergie est à la base de toute activité humaine: nous en consommons pour nous nourrir, nous déplacer, chauffer ou tempérer les bâtiments et faire fonctionner les industries.

Pendant la plus grande partie de son histoire, l'humanité s'est souvent préoccupée des avantages que procure l'énergie sans songer réellement aux risques de pénurie.

La crise énergétique de 1973 a mis fin à l'époque de l'énergie abondante et bon marché. Depuis lors, l'utilisation rationnelle de l'énergie est devenue une préoccupation majeure de bon nombre d'industriels, de gouvernements, d'agences d'aide au développement et d'institutions internationales.

L'audit énergétique constitue la première étape dans toute action de gestion d'énergie. Il permet d'une part de quantifier le coût de l'énergie et d'autre part de faire ressortir l'intérêt de la réduction des coûts énergétiques pour la structure considérée. De ce fait, l'audit apparaît comme un ensemble de mesures techniques et économiques à mettre en oeuvre dans un effort de maîtrise des coûts de l'énergie.

Tels sont le contexte et les objectifs de la présente étude qui porte essentiellement sur les bâtiments de l'EIER constitués de bureaux, de salles de cours et de logements pour la formation d'ingénieurs de l'équipement rural. L'étude comprend deux parties :

La première partie est une synthèse bibliographique destinée à faire un rappel sur les différents types d'audits énergétiques, les enjeux, les méthodes et les techniques utilisées.

La seconde partie est l'application de la méthodologie et des techniques de l'audit énergétique dans le bâtiment au cas spécifique de l'EIER.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. INFORMATIONS GENERALES SUR L'AUDIT ENERGETIQUE.

I.1. ENJEUX DE L'AUDIT ENERGETIQUE

L'enjeu principal de l'audit énergétique est la maîtrise de l'énergie. Cette maîtrise a plusieurs conséquences tant à l'échelle mondiale, nationale qu'au niveau des entreprises.

Sur le plan mondial, la maîtrise de l'énergie se traduit, d'une part par une baisse de la consommation et parallèlement une diminution des effets néfastes sur l'environnement tels que l'effet de serre, les dérives climatiques et les catastrophes écologiques.

D'autre part, la maîtrise de l'énergie permet d'enrayer le risque de pénurie et d'éviter ainsi les conflits politiques qu'elle engendre souvent. En effet, les problèmes énergétiques sont généralement sources de tensions et de conflits mondiaux. L'énergie constitue une puissante arme politique comme le témoigne cette déclaration de Fayçal, roi d'Arabie lors de la crise énergétique de 1973 [10] :

« Le retrait total des territoires occupés doit être la prochaine étape sur la voie d'un règlement du conflit au Proche - Orient. Des solutions partielles ne sont plus de mise. Nos amis doivent comprendre où se trouvent leurs intérêts stratégiques. Tout dépend d'eux. Je ne veux pas dissimuler au gouvernement américain que nous serons obligés de recourir de nouveau à l'arme du pétrole s'il n'adopte pas une attitude moins ambiguë à l'égard des intérêts arabes. Il faut qu'il sache que nous considérons sa politique comme un test ».

Sur le plan national, la mise en place d'un programme de maîtrise de l'énergie permet :

- d'augmenter la disponibilité des ressources énergétiques locales,
- de maîtriser la facture énergétique et améliorer ainsi la balance de paiements par un allègement du poids de la dette du pays,
- de réduire les investissements dans l'expansion du système de production de l'énergie,
- de diminuer les atteintes du système énergétique à l'environnement,
- de promouvoir, d'innover et de diffuser des technologies permettant d'économiser des paliers de développement,
- d'optimiser des coûts économiques favorables à une croissance soutenue et à une amélioration des revenus du pays.

Au niveau des industries et des bâtiments, l'audit énergétique permet d'améliorer la productivité des installations par une réduction des dépenses énergétiques, une optimisation des coûts de maintenance et une amélioration du confort d'utilisation. La facture énergétique représente une part importante dans les dépenses de fonctionnement de ces structures et constitue cependant le poste le plus compressible.

I.2. UTILISATION DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT

L'énergie peut se présenter sous différentes formes suivant le niveau et la nature des transformations qu'elle a subi. On distingue :

- *L'énergie primaire* disponible dans l'environnement physique: énergie hydraulique, éolienne, fossile, etc.

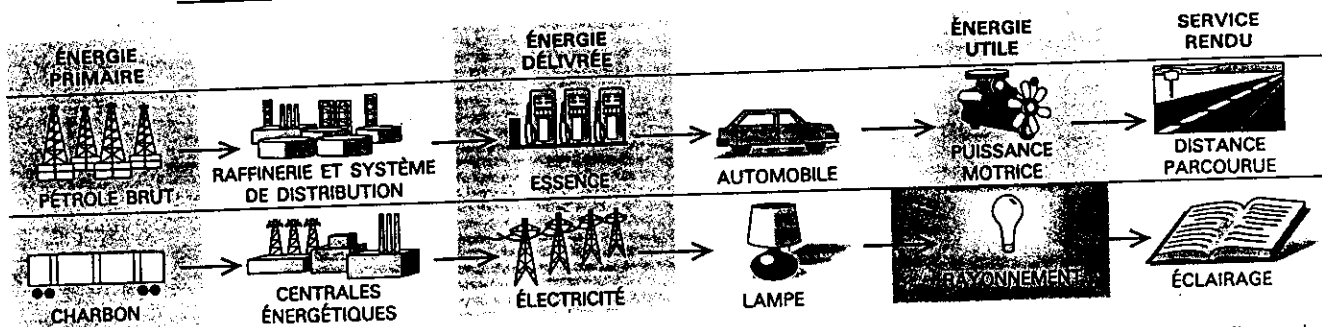
• *L'énergie intermédiaire* qui a déjà subi plusieurs transformations: combustibles, carburant, électricité, etc.

• *L'énergie utile* désirée par le consommateur: lumière, chaleur, travail mécanique, etc.

C'est donc sous la forme utile que l'énergie est utilisée dans les bâtiments pour satisfaire des besoins divers dont les principaux sont:

- l'éclairage
- le chauffage ou la climatisation
- le fonctionnement des appareils électroménagers
- la cuisson des aliments

Figure 1 : différentes formes de l'énergie.



L'ÉNERGIE est transformée tout au long d'une longue chaîne. L'énergie primaire, sous forme de combustibles fossiles, est extraite d'une couche sédimentaire. Après avoir subi les transformations nécessaires, elle est livrée au consommateur.

II. TECHNIQUES DE L'AUDIT ÉNERGETIQUE

Le diagnostic énergétique dans l'industrie et celui des bâtiments, bien que poursuivant les mêmes objectifs, utilisent des méthodes et des techniques différentes et très diverses qui dépendent généralement du type particulier d'habitat, du climat et de l'activité de production. Dans ce qui

suit, nous présenterons quelques techniques courantes ainsi que la démarche généralement adoptée pour chaque type d'audit.

II.1. DANS L'INDUSTRIE

Le secteur industriel est un gros consommateur d'énergie. La maîtrise de l'énergie dans l'industrie peut se traduire par des interventions diverses qui dépendent de la nature de l'activité de production, des procédés employés et du coût des différentes sources d'énergie utilisées.

II.1.1. La technique

L'audit énergétique industriel se base essentiellement sur le concept du bilan d'énergie.

Le bilan d'énergie industriel est l'évaluation de la consommation énergétique annuelle totale au sein de l'entreprise et l'évaluation de la répartition de cette énergie dans les divers usages et procédés.

Le bilan doit s'équilibrer ; les intrants énergétiques doivent être égaux aux extrants d'énergie.

Les intrants énergétiques sont les différents approvisionnements d'énergie:

- l'électricité
- le gaz naturel
- le fuel oil lourd
- le charbon
- le soleil
- les personnes

Ils sont quantifiés à l'aide des factures d'énergie à l'exception de l'énergie solaire et des personnes qui sont évaluées par calcul et sont généralement négligeables dans un bilan énergétique industriel.

Les extrants sont les principaux usages de l'énergie dans l'industrie:

- la climatisation
- la production de vapeur
- les forces motrices
- l'éclairage
- les appareils et équipements
- l'eau chaude sanitaire
- les procédés industriels

Ils sont établis par des bilans énergétiques ou par des moyens de comptage.

II.1.2. La méthodologie

L'audit énergétique industriel comprend plusieurs étapes:

- l'audit préliminaire
- l'audit approfondi

Ces deux étapes sont indispensables et peuvent être suivies éventuellement d'études de faisabilité particulières pour les mesures d'économie d'énergie complexes à réaliser.

L'audit préliminaire

Durant cette phase, l'auditeur visite l'installation pendant quelques jours et recueille des données de consommation et de production telles que:

- le découpage de l'entreprise par secteur de production
- le recensement des machines et de leurs caractéristiques
- les schémas des circuits de matières, des fluides caloporteurs et des combustibles

- le recensement des appareils de comptage de l'énergie.

L'audit préliminaire doit aboutir à un pré - diagnostic de la structure, évaluant sa capacité à gérer l'énergie et estimant l'ordre de grandeur du potentiel d'économies envisageables.

L'audit approfondi

Il aborde le volet énergétique proprement dit, par l'analyse des procédés de fabrication, les méthodes de production et d'organisation de l'entreprise. A ce stade l'auditeur établit le bilan de matière, le bilan énergétique, les ratios de consommation et propose à l'industriel un programme d'actions hiérarchisant les possibilités d'utilisation d'autres sources d'énergie. Ce programme doit en outre mentionner pour chacune de ses étapes, l'investissement nécessaire, l'économie attendue et le temps de retour de l'investissement.

II.2. DANS LE BATIMENT

Pour les pays du Sud, les dépenses d'énergie électrique constituent une part importante des dépenses de fonctionnement des bâtiments publics. L'état et ses démembrements constituent en général les principaux clients des sociétés de production d'électricité, avec une consommation de près de 2/3 de la production totale [13].

II.2.1. Les techniques

Le diagnostic énergétique dans le bâtiment fait appel à plusieurs techniques. Une liste théorique de ces techniques est donnée en **annexe I-1**. Les techniques les plus courantes sont :