



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

Audit et économie d'énergie au sein d'un bâtiment : Cas de l'immeuble ABASSI

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DE LA LICENSE PROFESSIONNELLE

OPTION : L3GM2IE

Présenté et soutenu publiquement par : MBAIHODJIM THEOPHILE.

Travaux dirigé : Pr. Yézouma COULIBALY

Professeur au ZIE

Jury d'évaluation :

Président : KOTTIN Henri

Membre et correcteur : GUEYE Madieumbe

Promotion [2010/2011]

Remerciements

Nous tenons à remercier :

Le Pr. Yézouma COULIBALY, tuteur de nous avoir donné le goût pour cette matière et pour son encadrement.

Monsieur BAKARGUE KOUMAKOY directeur de l'entreprise GEC pour nous avoir accueillis et encadrés lors de notre stage au sein de son entreprise.

Monsieur ABBASSI propriétaire de l'immeuble de nous avoir permis d'utiliser son immeuble pour notre audit.

Nous remercions aussi tous ceux qui de près ou de loin nous ont supportés pendant cette période de dur labeur.

RESUME.

L'audit énergétique consiste en l'analyse des conditions de fonctionnement d'un bâtiment afin d'établir un diagnostic de sa situation énergétique. Il permet d'identifier les postes les plus gros consommateurs et d'en déduire les améliorations les plus rentables

Ainsi, cet audit énergétique est un outil d'aide à la décision incitant les occupants d'adopter un comportement responsable en termes d'utilisation de l'énergie et permettant au propriétaire de l'immeuble ABBASSI de faire les choix en termes d'améliorations des performances énergétiques.

Ainsi, il en ressort lors des conclusions de cet audit que des améliorations suivantes doivent être apportées :

Dans le bâti lui-même, il faut l'installation d'une isolation thermique à l'extérieur des murs ; et au niveau des ouvrants, nous proposons l'installation du système de double vitrage.

En climatisation, il y a nécessité d'installer des thermostats programmables et des ventilateurs afin de rendre efficient le confort sensoriel et ainsi éviter une consommation exagérée de l'électricité.

L'installation d'une chauffe solaire en remplacement de celle actuellement installée et le remplacement des lampes à incandescence par des lampes fluo compactes seraient d'un atout bénéfique en termes d'économie d'énergie.

Ainsi donc, une économie énergétique 245736 kWh/an serait réalisée si l'on respecte les consignes de l'audit, ce qui fait en termes d'économie financière annuelle de 25084512 FCFA.

A cet effet bien investir, bien choisir, bien entretenir procure plus de confort et des factures réduites.

Mots clés : Audit énergétique, diagnostique, performances énergétiques, consommation.

Abstract.

Energy audit is the building condition analysis that helps establishing a diagnosis of the energy situation. It helps identifying the big energy consumption points and finds the better way for improvement in order to meet the energy efficiency.

These improvements will affect the building itself and some appliances that are founded as a big energy consumer.

We suggest the exterior wall isolation and the replacement of the glass windows with the double glass system. On the air conditioning system, we will install programmable thermostats and electric fans in each room to meet comfort and energy consumption.

The installation of solar heater in lieu of electric one and the replacement of incandescent lamp with the compact lamps will help reducing significantly the energy consumption.

In fact, more than 245736kWh/year will be gained, that will help saving financially 25084512 FCFA.

Thought, good investment, good choose and good maintenance will provide comfort and reduce the electric bill.

Key words: Energy audit, diagnosis, energy efficiency, consumption.

Liste des abréviations

GES : Gaz à Effet de Serre

GEC : Global Electric Company.

ECS : Eau Chaude sanitaire

PVC : Polychlorure de Vinyle

KW : Kilowatt

KWH : Kilowatt heure

SNE : Société Nationale d'électricité

CESI : Chauffe Eau Solaire Individuel

SSC : Système Solaire Combiné.

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée.

Sommaire

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| I-INTRODUCTION..... | 4 |
| II- CONTEXTE | 6 |
| III- ETUDES SEQUENTIELLES. | 6 |
| A-OBJETIFS | 6 |
| B-METHODOLOGIE..... | 7 |
| C- DESCRIPTION DE L'IMMEUBLE ET DE LA SOCIETE. | 7 |
| 1-Description de l'immeuble..... | 7 |
| 2- Description de la société GEC. | 16 |
| D-DESCRIPTION DES APPAREILS CONSOMMATEURS D'ENERGIE | 16 |
| 1- L'éclairage | 16 |
| 2-Climatisation | 18 |
| 3- Eau Chaude Sanitaire..... | 19 |
| E-POTENTIEL ET PROPOSITIONS D'ECONOMIE D'ENERGIE. | 20 |
| 1- Climatisation | 20 |
| 2- Eclairage..... | 22 |
| 3- Améliorations du bâti. | 24 |
| 4-Eau Chaude Sanitaire..... | 25 |
| 5-La Compensation d'énergie réactive | 27 |
| F-MESURES ET CALCUL DES ECONOMIES D'ENERGIE. | 27 |
| 1-Climatisation | 27 |
| 2-Eclairage..... | 28 |
| 3- Eau Chaude sanitaire | 30 |
| 4- Récapitulatif des économies d'énergie..... | 30 |
| IV-DIFFICULTES RENCONTREES. | 32 |
| V-CONCLUSION | 33 |
| BIBLIOGRAPHIE | 34 |

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Apports thermiques supplémentaires par fenêtre au soleil.

Tableau 2 : Facteur solaire de différentes protections solaires.

Tableau 3 : Caractéristiques du climatiseur.

Tableau 4: GAIN POTENTIEL.

Tableau 5 : Les coefficients utilisés pour une surface donnée.

Tableau 6 : Extrait du tableau de niveau d'éclairage moyen en service

Tableau 7. Bilan de la consommation par catégorie

Tableau 8: Récapitulatif du gain énergétique réalisé après l'audit.

LISTE DES FIGURES.

Figure 1 : Plan de masse de l'immeuble

Figure2. Vue descriptive de l'immeuble.

Figure 3 : Vue de la toiture de l'immeuble mettant en relief une double isolation

Figure 4: Transmission de la chaleur à une paroi vitrée.

Figure 5 : Vue de l'une des fenêtres de la façade Est de l'immeuble.

Figure 6 : Différentes vues de l'immeuble ABBASSI mettant en exergue les ouvrants.

Figure 7 : Façade Sud de l'immeuble bénéficiant de la végétation du fleuve

Figures 8, 9, 10, 11, 12 : Différentes lampes rencontrées dans l'immeuble.

Figure 13 : Caractéristiques de chauffe eau utilisée

Figure 14 : Différentes catégorie des lampes et leur luminosité.

Figure 15 : Illustration de l'isolation thermique par l'extérieur.

Figure 16 : Schéma descriptif d'une chauffe eau solaire

I-INTRODUCTION

Les pays africains se distinguent par un coût d'énergie électrique excessif. Les raisons varient d'un pays à un autre :

Utilisation de l'électricité d'origine thermique, l'incapacité de certains pays à développer l'utilisation des énergies renouvelables...

De ce fait, le coût de l'énergie représente une part croissante et de plus en plus significative dans les coûts d'exploitations des bâtiments. L'augmentation de l'efficacité énergétique permet de réduire les consommations d'énergie, et cela conduit à la diminution des coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie.

Ainsi, l'audit énergétique approfondi permet d'aboutir à une efficacité énergétique dans un bâtiment. L'audit énergétique est d'abord un état des lieux détaillé du bâtiment qui permet à un auditeur de passer en revue tous les éléments pouvant être modifiés, améliorés afin de réduire les consommations d'énergie. Nommé également diagnostic énergétique, l'audit énergétique approfondi fournit des solutions chiffrées et des préconisations détaillées pour l'amélioration du bâtiment, en terme de maîtrise des charges, d'impact environnemental, de maintenance, de confort, de choix énergétique, d'énergies renouvelables, de gestion des flux.

Il permet aussi de :

- ▣ Connaitre précisément l'impact environnemental du bâtiment, selon plusieurs indicateurs, et en particulier ses consommations d'énergie ;
- ▣ Connaitre précisément les charges financières des fluides du bâtiment et les coûts de maintenance associés ;
- ▣ Situer énergétiquement le bâtiment par rapport au reste du patrimoine ;
- ▣ Identifier les gisements d'économie d'énergie ;
- ▣ Mettre en œuvre des actions de maîtrise des consommations, de réduction des impacts environnementaux, d'amélioration du confort et d'amélioration de la maintenance ;
- ▣ Comprendre les atouts et les dysfonctionnements du bâtiment ;
- ▣ Décider des investissements ;
- ▣ Posséder les éléments nécessaires préalables à des missions de maîtrise d'œuvre (avant projet, étude de faisabilité, comptabilité énergétique).

L'audit énergétique va répondre de façon approfondie aux besoins, aux questions sur les aspects thermique et énergétiques du bâtiment.

Le déroulement de l'étude permet de personnaliser l'analyse en fonction des attentes, des besoins, et de la problématique du bâtiment.

Comme aide à la décision, l'audit énergétique apporte :

- ▣ Des propositions chiffrées et argumentées de programme d'économie d'énergie ;

- Des préconisations pour améliorer la maintenance des équipements thermiques ;
- Des préconisations pour améliorer le confort des utilisateurs ;
- Des préconisations pour diminuer les impacts environnementaux ;
- Des préconisations pour optimiser les fournitures d'énergie ;
- Des préconisations sur des changements d'énergie ;

Comme aide à la gestion et la connaissance du patrimoine, l'audit énergétique apporte :

- Un bilan thermique du bâtiment ;
- Une analyse détaillée du fonctionnement des équipements énergétiques du bâtiment ;
- Un diagnostic des éventuels problèmes qui peuvent toucher au confort thermique, à des consommations excessives, aux dysfonctionnements des équipements, à des erreurs de conception, à une maintenance insatisfaisante.

La méthodologie de l'étude et ses calculs est basée sur les spécificités d'occupation et d'exploitation du bâtiment, de ses équipements techniques, du comportement des occupants.

L'audit énergétique que nous allons mener, concerne l'immeuble ABBASSI. C'est un immeuble (R+4) situé au bord du fleuve CHARI derrière TCHAMI TOYOTA à Ndjamena, il est utilisé comme immeuble d'habitation et est mis en location. C'est un bâtiment en forme de C dont la grande façade Nord largement exposée au fleuve CHARI mesure 60,33m, la façade Sud mesure 42m et les façades Est et Ouest mesurent 22.26m respectivement.

Le contrôle de l'installation électrique a été assuré par GEC limited (Global Electric Company), qui est l'entreprise d'accueil pour notre stage. Nous étalerons notre étude sur deux principaux caractéristiques qui sont la caractérisation du bâti (type de paroi, type de points thermique et type de ventilation) et la caractérisation des installations thermiques (installations d'éclairage, système de climatisation, types d'émetteurs, et système de production d'eau chaude sanitaire ECS).

Nous allons faire une description de l'immeuble ABBASSI, de son enveloppe (nature, épaisseur et caractéristiques thermiques des matériaux; résistance thermique et/ou coefficient de transmission thermique des parois, ...), de ses équipements (incluant pour le chauffage les éléments relatifs à la production, distribution, régulation, émission de chaleur; pour l'éclairage: les données concernant la puissance et les types de sources, les luminaires, les auxiliaire; pour la ventilation: les informations sur le type de système, ...), de son bilan énergétique (estimation des déperditions, adéquation des puissances installées, etc.).

Et aussi des propositions détaillées d'améliorations comportant des indications sur la mise en œuvre (matériaux, type d'équipement, technique utilisée, ...), en tenant compte de leur impact réciproque.

Une estimation chiffrée des investissements pour les améliorations et une estimation des économies d'énergie pour ces améliorations, en tenant compte de leur impact réciproque.

Et enfin un classement par ordre de priorité des propositions d'amélioration (enveloppe, équipement, gestion) et une évaluation de leur rentabilité respective et le recours éventuel à des technologies particulières (capteurs solaires...).

La conclusion nous mènera à la synthèse de notre rapport.

II- CONTEXTE

Le contenu de ce mémoire est un partage des différentes recherches et connaissances que nous avons eu à acquérir lors de notre stage avec l'entreprise GEC, et aussi des cas réels trouvés dans les documents et les sites internet. Comme nous avons passé le stage au sein de l'entreprise GEC qui avait eu le privilège de surveiller de bout en bout la construction de ce joyau architectural qu'est l'immeuble ABBASSI, nous avons recueilli au prêt d'elle des informations nécessaires pour la réalisation de ce document. Cet audit est réalisé afin d'aider le propriétaire de cet immeuble à mieux gérer les ressources énergétiques mises à leur disposition et permettre au bailleur de mieux disposer d'un bâtiment non gourmand en matière d'énergie.

III- ETUDES SEQUENTIELLES.

A-OBJETIFS

Le but de cet audit est de :

► augmenter le confort de vie de ce bâtiment. Ce confort est aussi bien thermique que visuel, acoustique, olfactif,...

► diminuer les consommations d'énergie et de ressources en électricité,

Cet audit vise à mettre en évidence les points forts et les points faibles du bâtiment en termes de confort et de consommations énergétiques.

Cette étude nous conduira à déterminer les principaux points suivants :

> Bilan énergétique : Examen et descriptifs du bâtiment (caractéristiques du bâti, consommations énergétiques, qualité d'installations, renouvellement d'air, indication des conditions d'utilisation et de gestion etc...);

> Indication par usage de la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée selon une méthode de calcul conventionnel.

> Exploitation et traitement de données : les données seront analysées et les calculs effectués pour établir différentes options d'amélioration de performance énergétique ;

> Recommandations visant à améliorer la performance énergétique, synthèse de propositions chiffrées avec estimation de gains énergétiques et coûts associés.

A la fin du projet, nous allons amener les occupants de l'immeuble ABASSI à :

- ▶ Limiter les dépenses énergétiques.
- ▶ Diminuer les gaspillages de ressources.
- ▶ Diminuer les factures énergétiques.

B-METHODOLOGIE

La méthodologie employée pour la réalisation de cet audit a été :

- ▶ Entrevues avec le bailleur pour obtenir les données des fiches techniques de certains équipements installés, de la gestion installations électriques et thermiques.
- ▶ Visites au bâtiment pour connaître les surfaces, les niveaux d'isolation et autres paramètres déterminant les besoins thermiques, les systèmes de production de froid, et inspecter les toitures et les masques solaires.

Toutes ces données ont fait l'objet de discussion avec l'entreprise GEC et le chargé de la maintenance de l'immeuble avant d'en faire des propositions d'amélioration.

C- DESCRIPTION DE L'IMMEUBLE ET DE LA SOCIETE.

1-Description de l'immeuble.

L'immeuble ABBASSI est situé au bord du fleuve CHARI derrière TCHAMI Toyota en face du rond de l'union. Le bâtiment est implanté en zone urbaine encadré par le fleuve Chari et TCHAMI Toyota. Il est composé de quatre niveaux quasi identiques plus le rez-de-chaussée hébergeant des salles de séjour, des chambres à coucher, des salles de bain et W.C, des salles de cuisine. Une partie de rez-de-chaussée est réservée à l'administration. La surface utile du bâtiment est de 1088.8m^2 par niveau, pour un volume de 3266.4 m^3 . Les dimensions des différentes façades sont les suivantes : la façade nord mesure approximativement 64,76m, la façade sud mesure 45,20m, la façade est mesure 22,29m et celle de l'ouest a la même longueur.



Figure 1 : Plan de masse de l'immeuble.



Figure 2. Vue descriptive de l'immeuble.

On note la présence des grands arbres tout autour et le bâtiment lui-même qui constituent des masques proches. L'immeuble bénéficie d'une bonne aération naturelle à cause de sa position stratégique face au fleuve CHARI. Il bénéficie d'un masque solaire non négligeable grâce au

jardin implanté au bord du fleuve. Néanmoins, la façade principale ne bénéficie pas totalement d'une bonne aération naturelle du fait des murs du garage de TCHAMI Toyota qui dégagent une certaine quantité de chaleur provenant des gaz d'échappement des voitures et d'une chaudière installée au voisinage.

Au niveau de la toiture (voir figure 3), les tôles galvanisées viennent renforcer la couche de béton armé de près de 20cm qui est juste en dessous. Ceci contribue à un gain plus important en termes d'échange thermique qui mérite d'être souligné.



Figure 3 : Vue de la toiture de l'immeuble mettant en relief la double isolation

Les ouvrants de l'immeuble sont inégalement repartis ; de nombreuses fenêtres sont installées sur les différentes façades de l'immeuble et à des différents niveaux. Elles sont faites en vitre simple teinté avec des cadres dormants en aluminium. Les vérandas sont situées le long de la façade principale et la façade Sud de l'immeuble au dessus des quelles sont installées les brises solaires.

En effet, une bonne protection solaire doit intercepter le rayonnement incident mais ne doit pas trop l'absorber pour ne pas elle-même s'échauffer ; le rayonnement intercepté doit être principalement réfléchi. La figure ci-dessous explique le principe de la transmission de la chaleur à travers les parois vitrées.

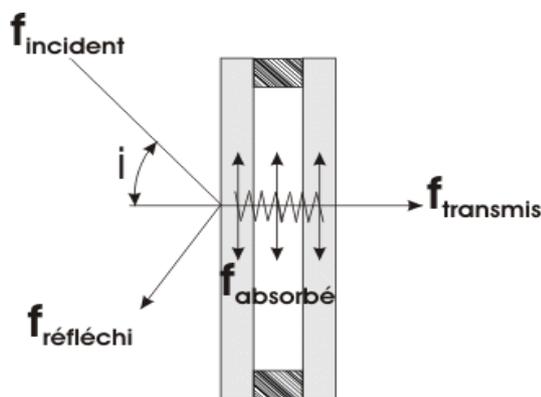


Figure 4 : Transmission de la chaleur à une paroi vitrée.

Lorsque le rayonnement solaire atteint une paroi vitrée, une partie du flux solaire est réfléchi, cette partie d'énergie n'est pas transformée en chaleur et n'est pas prise en compte dans les calculs, une partie est absorbé par le vitrage, cette partie d'énergie se transforme en chaleur et est transmise au local par convection au sein de la couche limite superficielle intérieure (il en est de même pour le coté extérieur), et une partie est transmise au local. Cette dernière partie atteint les éléments intérieurs comme les parois opaques (murs, planchers) et le mobilier, à ce moment là, cette énergie est dégradée en chaleur ce qui induit une augmentation de la température du local. Ainsi, il est très important de considérer l'isolation des fenêtres. L'isolation thermique de la fenêtre dépend du vitrage utilisé mais aussi du matériau choisi. Les fenêtres en aluminium sont systématiquement pourvues de barrettes isolantes 'rupture de pont thermique' assurant la jonction entre ½ profilé extérieur et le ½ profilé intérieur.

Le tableau 1 explique les différents apports supplémentaires par fenêtre au soleil.

8.16.3. APPORTS SUPPLÉMENTAIRES PAR FENÊTRE AU SOLEIL (Q)

| Exposition | K | | | | | | | | | | | | Surface S en m ² | Apports | | |
|-----------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|--------------------------------|----------|------|--|
| | 9 h | | | | 12 h | | | | 16 h | | | | | K.S = W* | | |
| | sans store | | avec store | | sans store | | avec store | | sans store | | avec store | | 9 h | 12 h | 16 h | |
| | simple | double | int! | ext! | simple | double | int! | ext! | simple | double | int! | ext! | | | | |
| NE | 285 | 244 | 128 | 71 | 172 | 147 | 78 | 43 | 128 | 110 | 57 | 32 | | | | |
| E | 407 | 350 | 182 | 102 | 317 | 378 | 143 | 79 | 169 | 145 | 76 | 43 | | | | |
| SE | 298 | 247 | 133 | 74 | 369 | 306 | 166 | 92 | 184 | 152 | 82 | 46 | | | | |
| S | 68 | 56 | 30 | 17 | 232 | 192 | 105 | 58 | 233 | 189 | 105 | 58 | | | | |
| SO | 68 | 57 | 30 | 17 | 113 | 93 | 51 | 28 | 324 | 268 | 145 | 81 | | | | |
| O | 72 | 62 | 32 | 19 | 100 | 85 | 45 | 26 | 358 | 304 | 160 | 90 | | | | |
| NO | 63 | 53 | 28 | 16 | 93 | 79 | 42 | 23 | 179 | 152 | 80 | 45 | | | | |
| TOTAL ** | | | | | | | | | | | | | | | | |

* K : coefficient en W/m²
 S : surface vitrée en m²
 ** : prendre la plus grande valeur

Tableau 1: Apports thermiques supplémentaires par fenêtre au soleil.

Le facteur solaire et la transmission lumineuse sont également dépendants du vitrage retenu mais encore ici du matériau choisi et précisément de la finesse des profils : les profilés aluminium sont les plus fins et offrent le minimum d'obstacles à l'entrée du soleil et de la lumière, loin devant le bois puis le PVC. La charge thermique transmise au local par les parois vitrées peut être relativement importante voir même prépondérante sur la charge totale. De ce fait, il est nécessaire de l'estimer de la façon la plus précise possible.

Par conséquent, la performance énergétique de la fenêtre sera le fruit d'un arbitrage judicieux entre ces différents éléments (orientation, surface des fenêtres, isolation, finesse des profilés) ; ne s'intéresser qu'au seul critère d'isolation thermique serait une erreur, car de tous les composants de l'enveloppe, la fenêtre est l'élément le plus critique à cause de ses multiples fonctions : outre ses qualités d'isolation, elle doit permettre la vue vers l'extérieur, être ouvrable et pouvoir se fermer parfaitement, et en plus, elle doit aussi capter un maximum d'énergie solaire. Il est fréquent que l'espace séparant les vantaux et le dormant d'une fenêtre laisse passer un coulis. Même si ce filet paraît minime, il présente tout de même une déperdition excessive. Afin de limiter ce courant d'air, toutes les portes et fenêtres de l'immeuble ABBASSI sont munies d'un calfeutrage en caoutchouc. Les fenêtres sont réparties tout autour du bâtiment. La grande majorité de ces fenêtres coulissantes se trouvent sur les façades nord et Sud et sont protégées par l'ombre les brises solaires. Les façades Ouest et Est ont des fenêtres avec stores vénitiens permettant une protection solaire supplémentaire en plus des arbres qui offrent une protection non négligeable.



Figure 5 : Vue de l'une des fenêtres de la façade Est de l'immeuble.

En effet, la maîtrise du flux solaire entrant s'apprécie par le facteur solaire de la baie munie de sa protection. Il est égal au rapport du flux pénétrant dans le local au flux du rayonnement

incident sur la baie. Les protections placées à l'extérieur du vitrage sont les plus efficaces, notamment parce qu'elles sont bien ventilées. L'efficacité de ces stores et volets est fonction à la fois de leur opacité permettant le plus faible facteur solaire, de leur teinte, mais aussi de leur position plus ou moins rapprochée de la façade. Le tableau suivant donne la valeur des facteurs solaires avec différentes protections solaires pour un vitrage simple.

Tableau 2 : Facteur solaire de différentes protections solaires.

| | Simple vitrage |
|--------------------------------------------|----------------|
| Store toile Assez transparent Extérieur | 0.21-0.25 |
| Brise soleil Lames orientables | 0.13-0.14 |
| Vénitien | 0.45-0.65 |

Pour pouvoir réaliser une protection solaire qui soit réellement efficace, on doit avoir un facteur solaire inférieur ou égal 0.20, le tableau 2 suivant nous donne les valeurs admissibles pour le vitrage simple. L'entrée principale avait des battants en vitrage simple dont les profilés sont en aluminium. L'orientation du bâtiment conditionne fortement sa consommation et son confort thermique durant les mois les plus chauds, puisqu'il comporte des zones souffrant une surchauffe excessive, simultanément à d'autres zones moins chauffées. Ces contraintes impliquent naturellement des châssis et des vitrages ultra performants. La figure suivante représente une vue des ouvrants de l'immeuble.



Figure 6 : Vue de l'immeuble ABBASSI mettant en relief les ouvrants.

L'immeuble est alimenté par la SNE. La section des câbles d'alimentation principale est de 150mm^2 et le facteur de puissance est de 0.8 avec un courant nominal estimé 300Ampères. Un groupe électrogène de secours est installé pour prendre la relève en cas de coupure.

L'immeuble ABBASSI est constitué des différents ouvrants, ce qui permet de bénéficier d'un éclairage naturel assez suffisant.

Le sous sol de l'immeuble est un vide permettant la canalisation de toutes les tuyauteries d'eau et constituant un chemin de câbles pour les installations électriques. IL constitue ainsi un moyen très important pour la ventilation du plancher et l'évacuation des eaux usées.

En effet, la ventilation permet d'éliminer efficacement la vapeur d'eau produite dans une habitation.

Une aération intensive, en ouvrant la fenêtre pendant quelques minutes, ne permet pas de réduire le taux d'humidité de façon durable. Ventiler correctement nécessite l'usage d'un système de ventilation qui permet de réaliser une aération modérée mais permanente de l'habitation.

La ventilation à partir du système de double flux est installée sur le toit du dernier étage, elle permet la récupération de la chaleur contenue dans l'air au sein des différents niveaux de l'immeuble par l'intermédiaire des ouvertures de l'escalier et de l'ascenseur avant de la rejeter à l'extérieur sans dépense électrique

Une bonne conception de surfaces vitrées pourrait augmenter les performances d'isolation du bâtiment et rendre ainsi parfait les besoins de refroidissement artificiel, mais malheureusement le système de vitrage est simple, c'est à vitre unique.

Le vide créé en bas du rez-de-chaussée permet de recevoir de l'air frais provenant du fleuve CHARI.



Figure 7 : Façade Sud de l'immeuble bénéficiant de la végétation du fleuve.

L'image ci-dessus nous montre la façade Sud assurant un confort thermique et une qualité d'air optimale grâce la fraîcheur du fleuve et aux nombreux arbres qui l'entoure.

Hormis l'épaisseur considérable des briques et la double isolation de la toiture permettant la compensation des apports thermiques intérieurs, l'immeuble n'est thermiquement isolé ni à l'extérieur et ni à l'intérieur comme dit la norme en matière d'isolation.

La faiblesse d'isolation implique d'importantes pertes thermiques sur les façades. De ce fait, ces pertes thermiques obligent constamment à compenser les conditions de climatisation intérieures par le fonctionnement de la réfrigération pour atteindre une température de confort dans le bâtiment.

En effet le rayonnement solaire sur l'immeuble est important dans les niveaux supérieurs, car ils sont élevés au dessus des arbres ou du couvert végétal. Les chambres et salles de séjour des niveaux trois et quatre sont plus marqués car le soleil rayonne sur toutes les façades. Puisque le toit, de par sa position par rapport au soleil et sa surface, peut provoquer un apport calorifique très élevé souvent trop élevé que tout le reste de l'immeuble ; il est judicieux que l'immeuble ABBASSI soit doublement isolé afin de garantir une étanchéité de qualité par la toiture.

Etant donné que le vitrage est simple, cela ne permet pas de lutter efficacement contre ce rayonnement pendant la période de chaleur puisque les protections côté intérieur des fenêtres tels que les rideaux n'interviennent qu'à 10%.

2- Description de la société GEC.

Global Electric Company est une entreprise qui fait la conception, le contrôle, l'installation et la vente des équipements électriques. Elle opère dans la grande partie du Tchad et est reconnue par sa qualité de résoudre des problèmes relatifs à l'électricité. Vu la qualité de prestation de service qu'elle donne, elle est sollicitée par les maîtres d'ouvrage pour participer à des marchés importants. C'est dans ce cadre qu'elle est sollicitée par ABBASSI pour le contrôle de son immeuble.

D-DESCRIPTION DES APPAREILS CONSOMMATEURS D'ENERGIE

L'immeuble ABBASSI est alimenté en électricité par la SNE via un transformateur abaisseur, il a une source secondaire de secours via un groupe électrogène de 275KVA. Un transformateur de 500KVA est installé dans la salle technique à quelques mètres de l'immeuble, il alimente l'armoire principale située au rez-de-chaussée par l'intermédiaire des câbles de section 150mm². Cette section de câble est assez suffisante pour minimiser les pertes. De cette ligne principale, sont distribuées les lignes secondaires allant dans chaque étage, chacun équipé d'une armoire de protection. La consommation moyenne journalière de l'immeuble se chiffre à 2500KWh par jour, ce qui représente une somme de 300000FCFA par jour sur la facture.

L'électricité est utilisée dans le domaine de :

1- L'éclairage

Dans un bâtiment comme l'immeuble ABBASSI, l'éclairage représente un poste de consommation important. Ainsi, il est important de viser à limiter les puissances installées à une densité moyenne d'éclairage selon la norme, de différencier le niveau d'éclairement entre l'éclairage d'ambiance et le poste de travail et d'utiliser des lampes et une régulation performante (lampes basse consommation, éclairage direct, détecteurs de présence, détecteur crépusculaire et horloge) pour l'éclairage des couloirs et vérandas. Le niveau d'éclairement correspond au flux lumineux par unité de surface. On parle également de densité du flux lumineux. L'unité du niveau d'éclairement est le lux (lx) = 1 lm/m².

Selon les tâches visuelles, différents niveaux d'éclairement sont préconisés.

On distingue généralement :

- ◆ 50 à 100 lux pour l'orientation, par exemple dans les couloirs.
- ◆ 100 à 200 lux pour des tâches visuelles simples, comme jouer, manger ou se déplacer dans un escalier.
- ◆ 300 à 500 lux pour des tâches visuelles normales, comme cuisiner, écrire ou lire.
- ◆ 1000 lux pour des travaux de couture ou de précision.

Au cours de notre visite, nous avons recensé par niveau cent (100) points lumineux donc vingt ont une puissance de 8W (lampes d'évacuation d'urgence), et les quatre vingt (80) ont une puissance de 60W.

Les différents modes et équipements d'éclairage sont les suivants :

Les tubes fluorescents (néons) de puissance 60Watts dans les couloirs et les balcons. Dans les salles de séjours, les chambres ; nous avons aussi les lampes à incandescences. La commande de ces points lumineux est faite par les interrupteurs simples ou à doubles allumages. Dans les chambres, la mesure de l'éclairage nous donne une valeur de 95lm/m² tandis que les couloirs et les salles de séjours ont respectivement un éclairage de 150lm/m² et 65lm/m².

L'éclairage du bâtiment est basé sur les types de lampes suivants :



Figure 8: Quarante cinq (45) Lampes à tubes fluorescentes 120 cm de 60W avec ballast dans les couloirs et vérandas de la façade principale.



Figure 9: Des Dow lights H-Equi à deux ampoules de 36W chacune et un ballast électronique à l'entrée principale et le bureau du gestionnaire, nous avons dénombré douze (12) au total.



Figure 10 : Des lampes halogènes dichroïques de 60W pour l'éclairage de la salle d'attente au rez-de-chaussée, elles sont dix (10) au total.



Figure 11 : Approximativement cent cinquante (150) lampes à incandescence de 60W maximum sont au faux plafond des salles de séjour et dans les chambres à coucher



Figure 12 : Des lampes de sécurité se composent de 95 BAES de marque Rilux de 8W, soit une consommation de 760W.

Des lampes à incandescence murales de 60W sont installées sur les murs des salles de séjour et des chambres à coucher, on a total quatre vingt (80) unités.

2-Climatisation

La notion de confort idéal se caractérise par l'absence de gêne sensorielle. Dans ces conditions, l'individu est en pleine possession de ses capacités physiques et intellectuelles. Pour cela l'on est amené à réfrigérer l'immeuble presque dix mois dans l'année compte tenu des conditions climatiques du pays.

Toutes les chambres et salles de séjours sont équipées de split de marque AIRWELL, certain en mode duo d'autres en mono. La puissance de ces split est 6770W pour les mono et 7000W pour les duos. On a pour chaque niveau huit mono et trois duos.

Tableau 3 : Caractéristiques du climatiseur.

| | | UNIT1 | UNIT2 | UNIT1 | UNIT2 | UNIT1 | UNIT2 | |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|-------|--|
| INDOOR | ALPHA 12 | ALPHA 12 | WNG 12 | WNG 12 | TOP 12 | TOP 12 | | |
| | ASE 30 | ASE 30 | NXE 30 | NXE 30 | XLF 12 | XLF 12 | | |
| | WAF 12 | WAF 12 | FLO 12 | FLO 12 | CLE-30 | CLE-30 | | |
| | ASP 12 | ASP 12 | | | | | | |
| | OMEGA SP 12 | OMEGA SP 12 | | | | | | |
| | WAP 12 | WAP 12 | | | | | | |
| | MPE 30 | MPE 30 | | | | | | |
| | Electra C14 | Electra C14 | | | | | | |
| | COOLING CAPACITY* | 23884 Btu/h, 7000W | 23884 Btu/h, 7000W | 22520 Btu/h, 6600W | | | | |
| | HEATING CAPACITY* | 25000 Btu/h, 7330W | 25000 Btu/h, 7330W | 25180 Btu/h, 7380W | | | | |
| ADDITIONAL CHARGE BY | Up to 7.5m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 7.5m-15m | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | |

*For two units operating simultaneously

REFRIGERANT R410A

Cat.No. 433994/02

Les caractéristiques du climatiseur duo sont données par le tableau signalétique ci-dessus.

Ils sont caractérisés par la puissance frigorifique qu'ils produisent et la puissance électrique absorbée.

Les climatiseurs installés sont des SPLIT composés d'un bloc extérieur, et d'un ou de deux blocs intérieurs reliés par une tuyauterie. Le bloc extérieur comprend le compresseur, et le bloc intérieur l'évaporateur. Le fluide frigorigène utilisé est le R410a.

On a un groupe de climatiseurs dont la puissance électrique est de 1900W et une puissance frigorifique de 6,77KW, un autre groupe de 2600W et 7000W comme puissance frigorifique. Pendant la période de chaleur, ils sont utilisés durant une grande partie de la journée. Toutes les chambres et salles de séjour sont alimentées chaque jour et pendant toute l'année exceptés les mois de décembre et janvier. Il est à noter que l'immeuble bénéficie moins d'entrée d'air frais pendant une journée ensoleillée d'où la consommation excessive des climatiseurs.

3- Eau Chaude Sanitaire

L'eau chaude sanitaire est fournie par des ballons électriques de 100L consommant chacun une puissance de 1800W ; chaque salle de bain en contient et ce qui fait au total trente chauffe-eaux sanitaires pour tout l'immeuble. La consommation d'eau chaude sanitaire n'est pas assez élevée. Eu égard aux conditions climatiques (période de chaleur pendant la grande partie de l'année de l'année), les locataires de l'immeuble ABBASSI utilisent l'eau fraîche des robinets en grande partie. L'eau chauffée passe dans un réservoir de 100L et est conservée à la température de chauffage. Depuis le réservoir sort, le circuit d'eau fermé alimentant les points de puisage des

salles de bain et salles d'eau. De marque De Dietrich, le chauffe eau ne fonctionne qu'en moyenne trois heures par jour pendant tous les mois de l'année en dehors des mois de décembre et janvier où la consommation est assez élevée à cause du froid. L'évaluation de la consommation de la puissance électrique pour toutes les chauffe eau est chiffrée à 54KW, d'où une consommation journalière de 162KWh.



Figure 13 : Caractéristiques de chauffe eau utilisée.

E-POTENTIEL ET PROPOSITIONS D'ECONOMIE D'ENERGIE.

L'objectif de la performance énergétique est de capturer le potentiel d'économies d'énergie sur l'immeuble en proposant une réflexion globale d'amélioration des utilisations énergétiques, des équipements, des enveloppes et du mode de gestion.

L'immeuble a été mis en location, il est habité par différentes familles. C'est pour cela qu'il est très difficile de faire une évaluation totale des différents appareils utilisés.

Dans le paragraphe suivant, nous allons regarder les principales poches d'économie d'énergie en commençant par la climatisation, l'éclairage, le bâti lui-même et enfin l'eau chaude sanitaire.

1- Climatisation

La climatisation est la plus gourmande en termes de consommation électrique dans cet immeuble. C'est pourquoi des efforts en vue d'économies énergétiques doivent être fournis dans ce sens.

En effet, le besoin en climatisation répond à une demande énergétique dans laquelle interviennent divers éléments apportant ou absorbant de la chaleur et qui, obligent donc à compenser la température.

Les éléments les plus importants sont :

-Transmission de chaleur à travers l'enveloppe, en sens intérieur-extérieur ou à l'inverse.

- Infiltrations entre intérieur et extérieur (portes, fenêtres ouvertes, espaces techniques...).
- Ventilation : l'entrée d'air primaire de renouvellement et l'extraction d'air vicié décompensent les températures intérieures.
- Rayonnement solaire entrant par les surfaces vitrées et chauffant les espaces intérieurs de manière inégale.
- Occupants émettant chaleur et vapeur d'eau dans l'atmosphère intérieure.
- Eclairage émettant de la chaleur.
- Appareils électriques émettant de la chaleur résiduelle.

Ainsi, pour la réalisation d'une consommation moins gourmande en énergie, il faut donc :

- ▶ Utiliser des ventilateurs en cas de très fortes chaleurs ; leur consommation est beaucoup plus faible qu'un appareil de climatisation, nous proposons leur installation dans tous les points habitables de l'immeuble.
- ▶ Instaurer une mode pour les habits légers les jours de fortes chaleurs, comme les Japonais qui entrent dans la période «Cool Biz » chaque été.
- ▶ Éviter que la chaleur ne rentre à l'intérieur de l'immeuble à travers les protections solaires extérieures ou intérieures. Le but des protections solaires est d'éviter au maximum la pénétration du flux énergétique solaire au sein du bâtiment, d'éviter de chauffer l'air et aussi d'éviter la présence de tâches solaires qui entraînent des surchauffes des parois et une élévation de la température radiante. De plus, ces protections solaires permettent d'améliorer le confort visuel en réduisant les risques d'éblouissement.

Si les occupants choisissent malgré tout l'utilisation de la climatisation, il faut qu'ils règlent à une température acceptable, car selon « Energy Conservation Center », un réglage des climatiseurs à 28°C au lieu de 26°C entraînerait une économie d'énergie de 17 %.

Rien que pour ce cas spécifique, l'immeuble ABBASSI en ferait une économie de $49680000 \times 17\% = 8445600$ FCFA juste en réglant la température à une juste valeur.

Ainsi, il est préférable que le propriétaire pense à installer des thermostats programmables afin de contrôler la température. Un thermostat programmable comporte une horloge électronique. Il peut abaisser automatiquement la température durant la nuit, lorsque les occupants dorment, ou au milieu de la journée, lorsqu'ils sont au travail. Il peut aussi ramener la température à un niveau plus confortable avant le réveil ou le retour du travail. De cette façon, on peut réaliser des économies d'énergie grâce à un réglage plus bas du thermostat sans subir d'inconfort pendant que la maison se réchauffe.

En plus du réglage de la température, le propriétaire de l'immeuble ferait une économie substantielle en regardant sur les éléments signalés plus haut (vitrage, ventilations, masques

solaires...). Ainsi, en jouant sur ces paramètres et en faisant un bon dimensionnement, il gagne sur le temps d'utilisation qui passe sensiblement de dix heures à sept heures par exemple.

2- Eclairage

Le choix du type d'éclairage est le premier levier de réductions de la consommation énergétique. Nous recommandons l'utilisation de lampes basse consommation, plus économiques et plus écologiques que les ampoules à incandescence traditionnelles. Le choix d'une lampe basse consommation doit se faire en fonction de son usage, afin de garantir une qualité d'éclairage suffisante. Les « lampes basse consommation » consomment 4 à 5 fois moins d'énergie qu'une ampoule classique à incandescence et durent 6 à 10 fois plus longtemps (voire 15 fois pour une ampoule « professionnelle »). Au total, et même si le coût d'une telle lampe est plus élevé à l'achat, le coût global d'une lampe basse consommation est 3 à 4 fois moins élevé qu'une ampoule à incandescence. L'acquisition d'une « lampe basse consommation » procure un gain net sur la durée de vie de l'ampoule. Parmi les solutions que nous voulons apporter afin d'avoir une efficacité énergétique sur l'éclairage, nous avons :

- L'installation des lampes basse consommation en remplacement des lampes à incandescence.
- L'optimisation de l'espace en fonction de l'accès à la lumière serait d'un atout certain.
- Adapter les points de lumière aux besoins d'usage.

Nous recommandons aussi l'installation de détecteurs de présence ou de passage, la mise en place d'une temporisation qui éteint automatiquement l'éclairage après un laps de temps défini ; Il est aussi important d'adapter l'éclairage en fonction de la luminosité extérieure.

L'installation de capteurs de luminosité qui, en fonction de l'intensité lumineuse des salles de séjour, des couloirs, pilotent la mise en marche, l'intensité ou l'arrêt de l'éclairage.

La sensibilisation des locataires à éteindre les points de lumière lorsqu'ils ne sont pas à la maison serait aussi d'un effet bénéfique pour l'efficacité énergétique de l'immeuble.

En effet, l'installation d'un système piloté par une horloge, d'un détecteur de présence, d'une gradation automatique de l'éclairage au moyen d'une cellule photo-électrique qui prend en compte la lumière naturelle et la combinaison d'une cellule photo-électrique avec un détecteur de présence va participer à un gain potentiel non négligeable. L'éclairage doit être éteint quand le niveau d'éclairement fourni par la lumière du jour est suffisant, ainsi l'implantation des détecteurs doit couvrir au mieux les zones concernées et pouvoir discriminer chaque zone éclairée en fonction de la présence ou de l'absence de l'utilisateur.

Le gain potentiel est donc constitué par les économies constatées sur les allumages inutiles ou les oublis d'extinctions.

Le tableau ci-dessous tiré de GIMELEC met en exergue le gain potentiel relatif à l'utilisation de ces techniques de gestion.

Tableau 4: GAIN POTENTIEL.

| TECHNIQUE DE GESTION | CONSOMMATION DE REFERENCE EN KWH/M ² /AN | REDUCTION ANNUELLE DE LA CONSOMMATIO |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Interrupteur à commande manuelle | 19.5 | Base de comparaison |
| Détecteur de présence | 15.2 | -10% |
| Gradation de l'éclairage naturel par cellule photo-électrique | 12 | -20% |
| Combinaison d'une cellule de mesure de la luminosité avec un détecteur de présence. | 9.6 | -43% |

Dans le paragraphe suivant, nous allons identifier les lampes à économie d'énergie avec toutes leurs caractéristiques. De ces caractéristiques, nous ferons une comparaison qui nous aiderait dans le choix des lampes pour la réalisation d'efficacité énergétique de l'immeuble ABBASSI. Ce gain vient alors s'ajouter au potentiel réalisé lors de l'automatisation de l'éclairage.

La figure 14 ci-dessous décrit les caractéristiques des différentes lampes. Nous constatons que les lampes à incandescence classique consomment beaucoup plus d'énergie mais leur efficacité lumineuse est faible avec une durée de vie limitée à mille heures ; tandis que les lampes fluo compactes consomment moins et leur efficacité est assez élevée avec une durée de vie de six mille heures. Dans cette optique nous conseillons à monsieur ABBASSI, le remplacement des lampes à incandescence par des lampes fluo compactes ; cela va nécessiter un petit investissement mais il gagnerait certainement gros sur la facture d'électricité.

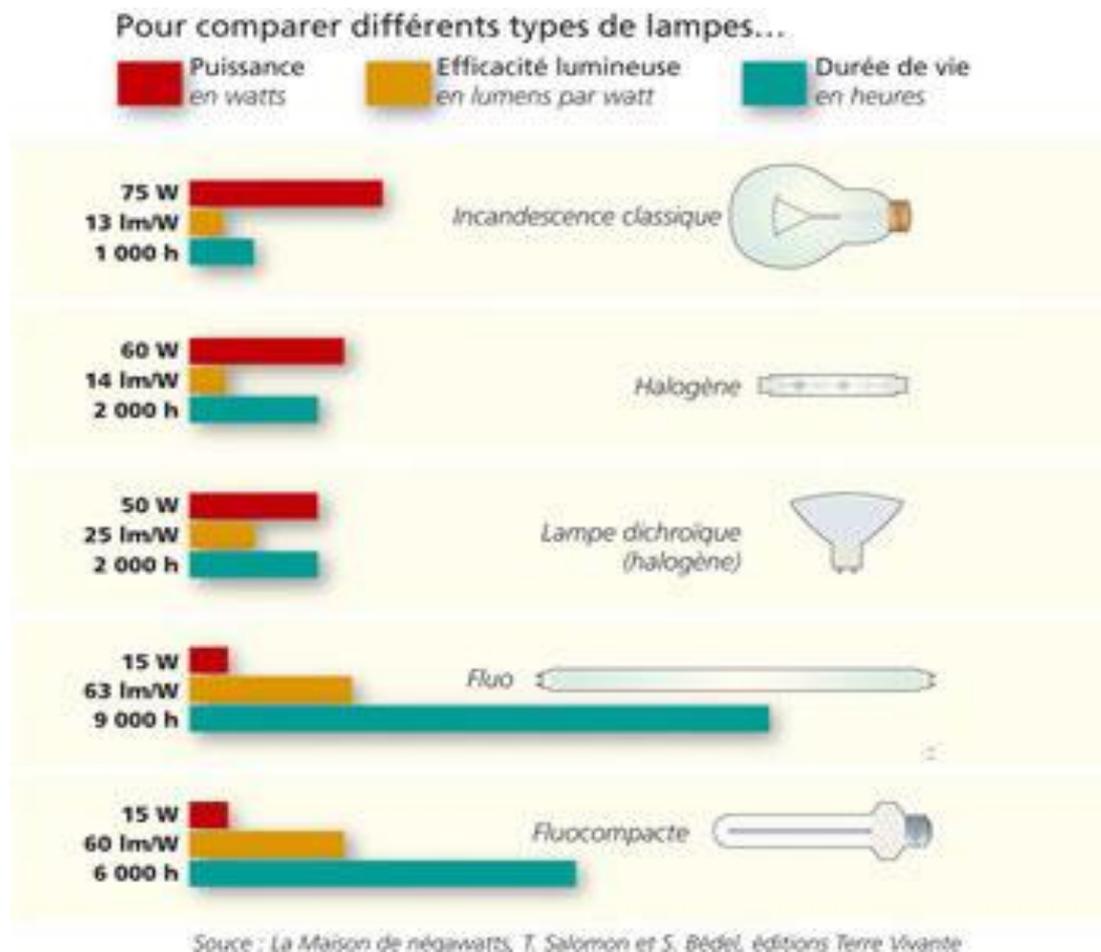


Figure 14 : Différentes catégorie des lampes et leur luminosité.

3- Améliorations du bâti.

La modulation du facteur solaire des parois vitrées pour le besoin en refroidissement permettra de réduire les apports solaires indésirables, tout en apportant un maximum de lumière naturelle sans éblouir les occupants. En effet les améliorations thermiques se situent essentiellement au niveau des murs et des baies vitrées. Nous proposons la mise en place d'une isolation sur les murs extérieurs de l'immeuble, la mise en place du système de double vitrage et l'installation des faux plafonds dans tout l'immeuble. En effet, les pertes par les parois extérieures représentent la première part des déperditions thermiques des bâtiments. Ces pertes sont en revanche plus importantes sur la façade Est.

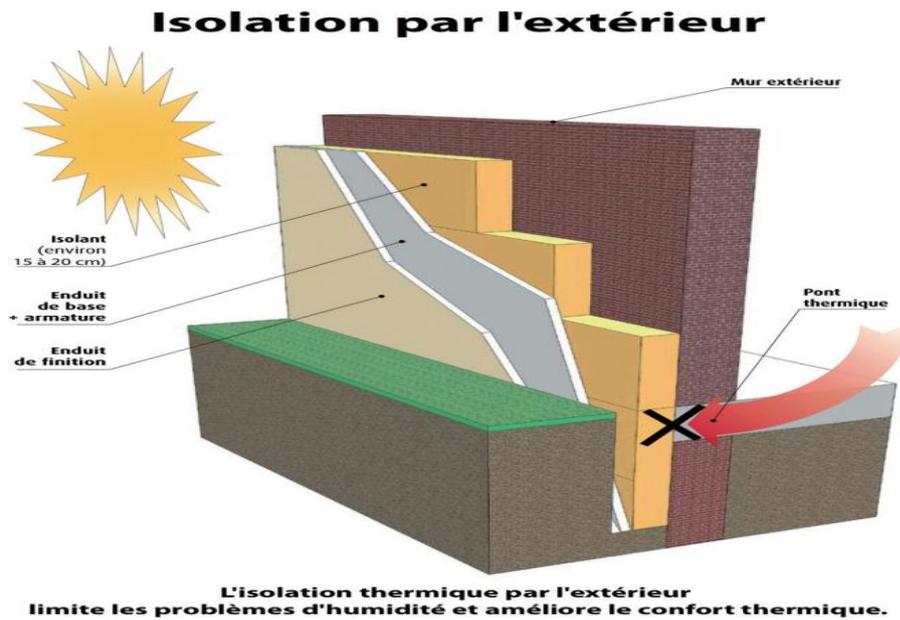


Figure 15 : Illustration de l'isolation thermique par l'extérieur.

L'isolation par l'extérieur présente l'avantage de minimiser les ponts thermiques sur les liaisons entre les murs et les planchers intermédiaires tout en garantissant une inertie thermique du bâtiment. Elle consiste à envelopper le bâtiment d'un manteau isolant et, de ce fait supprime les ponts thermiques ; elle renforce l'acoustique et l'inertie. Cependant isoler par l'extérieur revient plus cher, mais son efficacité permet de moins chauffer le bâtiment et ainsi économiser sur la Climatisation.

4-Eau Chaude Sanitaire.

Nous proposons le remplacement de l'ECS électrique par un système de captation solaire thermique. Comme la toiture de l'immeuble est assez résistante pour supporter les plaques solaires thermiques, on peut les brancher au réservoir existant. Cela nécessite un investissement important à l'installation, mais on réalise une économie de presque 80% lorsque le coût d'investissement serait amorti.

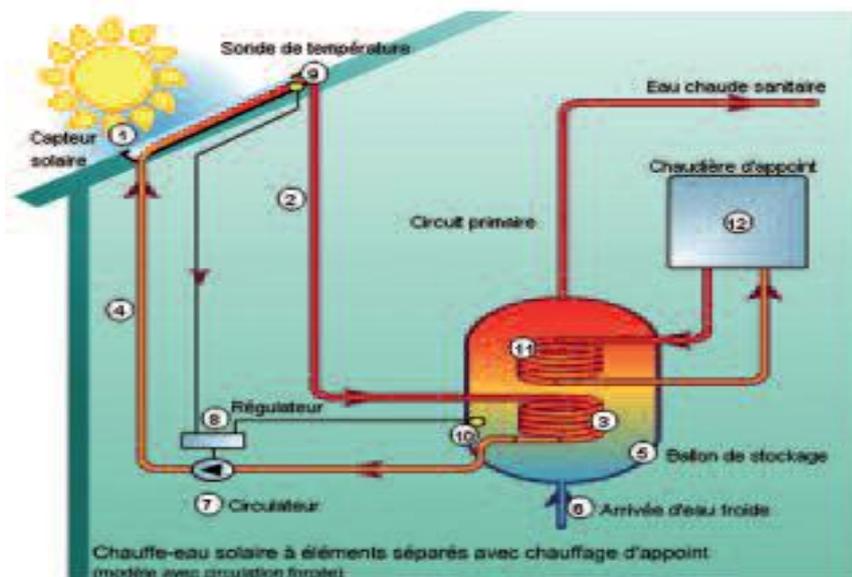


Figure 16 : Schéma descriptif d'une chauffe eau solaire

Le chauffe eau solaire comprend des capteurs solaires thermiques posés en toiture, un système de circulation et de régulation ; et un ballon de stockage d'eau chaude. Un capteur solaire se présente sous la forme d'un coffre rigide et vitré à l'intérieur duquel une plaque et des tubes métalliques noirs (absorbeurs) reçoivent le rayonnement solaire et chauffent un liquide caloporteur (antigel). Ce liquide s'échauffe au contact des tubes du capteur, puis se dirige vers un ballon de stockage. Grâce à un échangeur thermique, ce liquide cède ses calories solaires à l'eau sanitaire présente dans le ballon. Le liquide primaire, alors refroidi, repart vers les capteurs pour se chauffer, le ballon stocke ainsi de l'eau chaude. Cette eau chaude, qui sera utilisée pour les besoins, sera alors remplacée par de l'eau froide du réseau, réchauffée sur le même principe.

La circulation peut se faire soit de façon naturelle, soit de façon forcée.

Choisir l'énergie solaire pour participer au chauffage de l'eau et de la maison, c'est participer à l'utilisation des énergies renouvelables, non polluante, gratuite, facilement disponible et aisément transformable. Les chauffe-eau solaires individuels (CESI, pour produire de l'eau chaude sanitaire) et les systèmes solaires combinés (SSC ou COMBI, pour produire l'eau chaude sanitaire et l'eau de chauffage) sont des systèmes robustes et fiables qui demandent peu d'entretien. Par conséquent, ABBASSI aurait réalisé des économies plus importantes s'il arrive à installer ce système.

5-La Compensation d'énergie réactive

L'efficacité énergétique dans un bâtiment passe par une amélioration de la qualité de l'énergie et de la continuité de service dont le facteur de puissance est un des éléments. La compensation d'énergie réactive apporte les avantages suivants :

- ♠ suppression de la facturation d'énergie réactive ;
- ♠ diminution des pertes d'énergie par effet joule par la diminution de l'intensité véhiculée dans les câbles ;
- ♠ réduction des chutes de tension en bout de ligne;
- ♠ augmentation de la puissance active disponible avec la même installation.

L'amélioration du facteur de puissance de l'immeuble consiste à mettre une batterie de condensateurs, ce qui permettra de corriger l'énergie réactive.

F-MESURES ET CALCUL DES ECONOMIES D'ENERGIE.

1-Climatisation

Nous estimons en moyenne l'heure de l'utilisation à dix (10) heures par jour durant tous les mois de l'année exceptés les mois de décembre et de janvier. Pour évaluer la puissance frigorifique nécessaire afin de maintenir un local à la température de consigne de climatisation, il faut calculer la somme des chaleurs apportées par les postes d'apports thermiques.

Un dimensionnement simplifié de la puissance de l'appareil par rapport aux besoins de rafraîchissement et de chauffage peut avoir un ratio est de 100W/m², mais peut varier en fonction de l'apport thermique de la pièce. Plusieurs méthodes permettent le calcul, parmi lesquelles la méthode des surfaces. Cette méthode consiste à évaluer la surface au plancher du local à climatiser et à appliquer un coefficient multiplicateur pour obtenir la puissance frigorifique à installer. La surface à climatiser est de 248.53m² pour chaque niveau, ce qui équivaut une surface totale de 1242.65m² pour l'ensemble de l'immeuble. Nous allons supposer que l'immeuble est placé dans un endroit ensoleillé avec un apport thermique relativement bas.

Le tableau ci-dessous nous aide à choisir le facteur surfacique pour le calcul des charges frigorifiques de climatisation.

Nous avons pour chaque niveau $200W/m^2 \times 248.53m^2 = 49,706KW$, nous déduisons pour tout l'immeuble une puissance frigorifique de 248,5KW. Or, si nous comptabilisons le nombre des climatiseurs installés dans chaque chambre et salle de séjour avec leur puissance frigorifique ; nous obtenons une puissance de 541,6KW. La répartition nous donne pour les huit mono split une puissance de 6,77KW, ce qui fait 54,16KW et pour les trois split en duo de 7KW une

puissance de 21KW par niveau. Le total par niveau donne une puissance 75,16KW pour une petite surface de 248,53m². Nous constatons de ce fait, qu'il y a surdimensionnement. La puissance électrique de tous ces climatiseurs est évaluée à 115KW, ce qui donne une consommation journalière de 1150KWh. Ceci représente la moitié de la consommation souscrite par le bailleur. Les dépenses journalières pour la consommation électrique de la climatisation valent approximativement 138000FCFA.

Le tableau 5 ci-dessous donne les coefficients utilisables dans les différents cas de figure.

Tableau 5 : Les coefficients utilisés pour une surface donnée.

| Exposition du local et puissance à retenir | Pmin (W/m ²) | Pmax (W/m ²) |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Local non exposé au soleil et sans apport interne | 150 | 170 |
| Local non exposé mais avec léger apport interne | 170 | 200 |
| Local exposé au soleil sans apport de chaleur Interne | 200 | 225 |

2-Eclairage.

Les mesures de lumière dans le bâtiment ont indiqué que tous les espaces de travail et de circulation de personnes ont des niveaux d'intensité d'éclairage variés, certains en deçà et d'autres au delà de ce que stipulent les recommandations et avec un degré d'efficacité d'illumination supérieur à ce qui est fixé par la norme aujourd'hui en vigueur.

Les résultats des mesures donnent des valeurs d'intensité d'éclairage entre les 95 lux dans les chambres et 140 lux dans les couloirs et 60 lux dans les séjours. On note que certains appareils d'éclairage pourraient être éteints lorsqu'il n'y a pas d'occupants ou en présence de très forte lumière naturelle. Or, en comparant ces mesures avec les données du tableau ci-dessous, nous constatons que l'éclairage dans les séjours et les chambres ne respecte pas la norme.

Tableau 6 : Extrait du tableau de niveau d'éclairage moyen en service

| Habitations | Eclairage |
|-----------------------------------------|-----------|
| Activité de lecture, travail d'écolier. | 300 |
| Chambre (éclairage localisé) | 200 |

| | |
|-----------------------|---------|
| Préparation culinaire | 300 |
| Couloir, escalier | 100-300 |

L'estimation chiffrée en termes d'économie réalisée sera basée exclusivement sur les trois points suivants :

- ☀ La réduction du temps de fonctionnement de l'éclairage,
- ☀ Le remplacement des lampes par des lampes plus économes en énergie et de bon éclairage.
- ☀ La réduction de la densité d'éclairage.

En effet la puissance de toutes les lampes installées est de 18,62KW, l'heure d'utilisation est en moyenne de 11H par jour dans les conditions d'installations actuelles, ce qui équivaut à une consommation journalière de 204.82KWh. La facture pour la consommation journalière de l'éclairage équivaut à une somme **24578.4FCFA** en raison de 120FCFA le kilowattheure. Cette puissance est répartie comme suit :

- ☐ Lampes à incandescence de 60W x230= 13,8KW
- ☐ Lampes fluorescentes de 60Wx45=2,7KW
- ☐ Lampes de sécurité de 8Wx95=760W
- ☐ Dow lights H-EQUI de36Wx2x12=864W
- ☐ Lampes halogènes dichroïques de 50Wx10=500W.

Nous allons orienter la réduction d'économie sur les lampes à incandescences et les lampes fluorescentes qui consomment beaucoup mais n'ont pas un bon éclairage.

Pour un éclairage de 200Lux dans la pièce de 13,30m², nous avons un flux de 2660lumens. Comme une bonne ampoule fluo a un rendement de 50 à 65lm/w, nous obtenons 2660/50=53.2W. Ainsi, les chambres de 13.30m², on réduit la puissance qui est de **120W à 53.2W**. On va donc installer quatre lampes fluo de 15W avec un niveau d'éclairage qui respecte la norme au lieu de deux Lampes à incandescence de 60W avec un éclairage de moins de 100LUX.

Pour les séjours, la surface est 30,45m²; avec un éclairage de 300Lux, nous avons 300*30.45=9135lumens. La puissance à installer serait donc de **182,7W** avec un bon niveau d'éclairage de **300Lux** au lieu de **60Lux** avec les installations actuelles.

Si nous automatisons la commande de ces lampes par les différentes techniques de performance énergétique énumérées dans la partie performance économique, nous réduisons le temps d'allumage à douze heures et si nous remplaçons les lampes à incandescence par des lampes fluo compactes, nous allons faire les économies suivantes :

Nous avons par niveau sept chambres et quatre salles de séjour, ce qui nous donne ;

- ☉ 53,2Wx7x5=1862W et 182Wx4x5=3640W ; le total nous donne **5,5KW** au lieu de **13,8KW**.

Les autres calculs restent les mêmes :

☐ Lampes fluorescentes de $60W \times 45 = 2,7KW$

☐ Lampes de sécurité de $8W \times 95 = 760W$

☐ Dow lights H-EQUI de $36W \times 2 \times 12 = 864W$

☐ Lampes halogènes dichroïques de $50W \times 10 = 500W$.

Le total de la consommation est réduit à **10,32KW**.

Etant donné que l'heure d'utilisation est aussi réduite à douze (8) heures par jour, nous en déduisons la consommation journalière due à l'éclairage :

$10,32KW \times 8h = 82,56KWh$ au lieu de $204,82KWh$, ce qui donne en termes de gain financier journalier de $82,56 \times 120 = 9907,2FCFA$.

3- Eau Chaude sanitaire

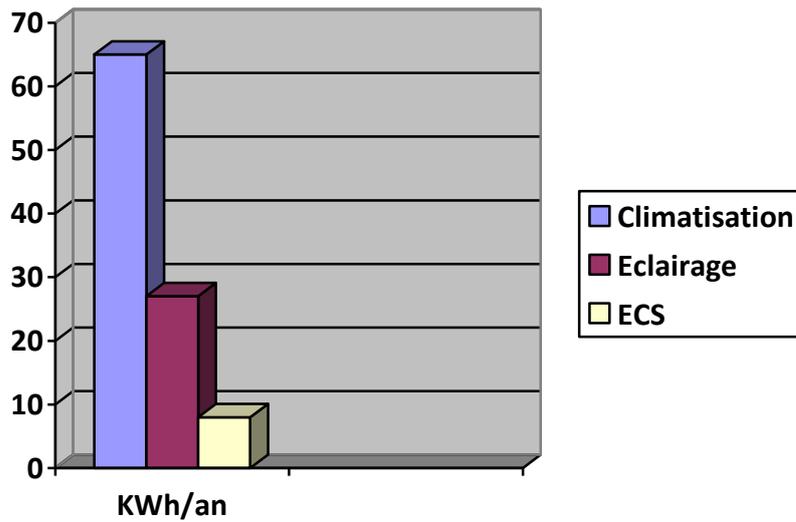
L'installation d'une chauffe solaire en lieu et place d'une chauffe électrique est d'un intérêt capital parce qu'elle fait bénéficier de plus 70% après amortissement du coût d'installation.

4- Récapitulatif des économies d'énergie.

On constate que l'électricité est surtout consommée en climatisation. L'éclairage en n'est pas aussi du reste, il mérite aussi une attention afin de réduire la consommation énergétique. Le tableau 7 suivant représente la consommation annuelle de l'immeuble ABBASSI et le coût relatif aux dépenses de la consommation. La consommation électrique est caractérisée par un fort besoin en réfrigération durant toute la période février-novembre

Tableau 7. Bilan de la consommation par catégorie.

| | KWh/an | FCFA/an |
|-------------------------|----------|----------|
| Climatisation. | 414000 | 49680000 |
| Eclairage | 73735.2 | 8848224 |
| Eau chaude sanitaire | 58320 | 6998400 |
| Total | 582753.6 | 71157312 |



Graphique 1 : Représentation graphique de la consommation annuelle par poste d'utilisation.

Tableau 8: Récapitulatif du gain énergétique réalisé après l'audit.

| | PUISSANCE EN KWH/AN | CFA/AN | Gain en CFA |
|-----------------------|---------------------|----------|-------------|
| CLIMATISATION | 289800 | 34776000 | 14904000 |
| ECLAIRAGE | 29721.6 | 3566592 | 5281632 |
| CHAUFFE EAU SANITAIRE | 17496 | 2099520 | 4898880 |
| TOTAL | 337017.6 | 40442112 | 25084512 |

Le tableau ci-dessus décrit les gains énergétiques et financiers annuels, et le gain potentiel qu'on peut réaliser après cet audit. On réalise ainsi un gain de 35%.

IV-DIFFICULTES RENCONTREES.

Lors de la réalisation de cet audit, nous avons rencontré plusieurs obstacles qui ont limité notre travail et qu'il est bon de les souligner afin d'orienter les lecteurs. En effet, compte tenu du manque de matériels, nous avons pris certaines données par simulation ou par comparaison grâce aux visites sur le terrain, aux entretiens avec le propriétaire de l'immeuble et le directeur de l'entreprise GEC ; et aux documents techniques de l'immeuble. La plus grande partie de nos données est basée sur les simulations.

Les limites sont situées essentiellement sur les difficultés de rapprochement de consommations prévisionnelles des consommations réelles, les difficultés à déterminer avec fiabilité les caractéristiques thermiques de l'immeuble et ses équipements, les incertitudes non maîtrisées et non prises en compte pour le calcul des consommations d'énergie.

L'autre plus grande difficulté réside dans la façon de rassembler les factures demandées du fait du changement de la société STEE en SNE.

Pour répondre à ces problèmes posés, nous devons produire des méthodes d'appréciation de la qualité intrinsèque de l'immeuble et des méthodes d'appréciation de l'usage de l'immeuble. Pour aboutir à un travail complet exempt de toutes données subjectives, un travail d'une grande envergure nécessitant de gros moyen matériel devrait être entrepris.

V-CONCLUSION

L'entreprise GEC, est une jeune entreprise œuvrant pour une meilleure utilisation et meilleure consommation de l'énergie électrique au Tchad. C'est dans ce cadre que nous avons décidé ensemble de voir ce qu'il faut pour mieux gérer cet immeuble dénommé Immeuble ABBASSI dans le domaine de la consommation énergétique. L'audit énergétique que nous avons mené même si les moyens matériels ne nous permettent pas de réaliser d'une manière efficace, a permis de déceler les points forts et faibles en termes d'efficacité énergétique. Les principaux points positifs du bâtiment sont le système d'isolation thermique de la toiture de l'immeuble, et l'utilisation d'eau chaude sanitaire moins gourmand. Le système de chauffe eau, après l'audit demande à être remplacé par une chauffe eau solaire plus performante qui peut réaliser un gain énergétique de plus de 80% par rapport à l'ancienne chauffe électrique. Le système de climatisation mérite d'être revu complètement afin d'avoir un système qui joint à la fois confort et efficacité énergétique. L'éclairage en n'est pas du reste, nous proposons au propriétaire de l'immeuble ABBASSI de s'y mettre afin de réduire le coût élevé de la facture en électricité et assurer aussi le confort visuel des locataires. L'absence d'isolation thermique des murs extérieurs, le manque de suivi des consommations en énergie et les gestes du quotidien des occupants constituent de poche très important d'économie énergétique. Chaque action a été caractérisée en terme de gain énergétique et financier mais également en terme de coût et de retour sur investissement afin que cet audit serve d'outil d'aide à la décision pour le propriétaire. La réduction des consommations énergétiques passe dans un premier temps par la réduction des déperditions thermiques par une meilleure isolation (fenêtres et parois) et par un renouvellement d'air maîtrisé (VMC) avant d'optimiser les systèmes énergétiques. Nous proposons un programme de maîtrise des consommations énergétiques nécessitant la mise en place d'un comptage général des énergies. Ce dernier permet d'une part de connaître avec exactitude les consommations de l'immeuble, d'autre part d'apporter un suivi de ces dernières et de réagir rapidement en cas de constatation de dérive des consommations ; le gain énergétique et donc économique et environnemental généré par la mise en place d'un comptage n'est plus à démontrer. Ainsi, il est désormais plus que nécessaire de mettre en place un programme d'investissements à long terme afin d'améliorer l'isolation et le rendement énergétique des systèmes de climatisation et d'éclairage.

BIBLIOGRAPHIE

- ☐ Audit énergétique bâtiment – Publication ADEME.
- ☐ Pour une gestion efficace de l'énergie au niveau communal-Guide pratique ; LEMA-Région Wallonne
- ☐ Bâtiment basse consommation –Guide AITF/EDF
- ☐ Valorisation économique des bâtiments énergétiques performants- ICADE ; Foncière-développeur.
- ☐ Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale, Tome 1 et 2 ; IEPF.
- ☐ Entreprises- Guide pratique « économies d'énergie dans les bâtiments », GOODPlanet.org.
- ☐ Cahier de charges relatives à l'audit énergétique dans le secteur industriel. Agence Nationale pour la Maîtrise de l'énergie.
- ☐ Cours d'audit énergétique, L3GM2IE. YEZOUMA Coulibaly.
- ☐ Etude de Sensibilité de paramètres des Bâtiments climatisés en Algérie. Centre de Développement des énergies Renouvelables en Algérie en Algérie.
- ☐ Calculer la totalité des besoins en refroidissement des centres de données. – Neil Rasmussen.
- ☐ Le Larousse du Bricolage. -Michel GALY.
- ☐ L'électricité dans l'habitat, Henri Ney, Janvier 2002.
- ☐ TECHNOLOGIE D'ELECTROTECHNIQUE, HABITAT ET TERTIAIRE, HENRI NEY, Septembre 2007.
- ☐ Electrotechnique et normalisation : Equipements de puissance. Henri Ney, Noel Morel.