

CITATIONS

« Un élève qui ne réussit pas a appris à ne pas apprendre, c'est-à-dire à ne pas changer. Il a donc appris. Il a appris quelque chose de très difficile : résister à l'aptitude (innée) de s'adapter »

Hélène TROCME Sabre (1987)

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de toutes les personnes morales et physiques qui n'ont ménagé aucun effort pour nous soutenir tout au long de cette formation. Il s'agit de :

- ma famille
- sur le plan pédagogique de tous les professeurs et particulièrement ceux qui nous ont encadrés durant le stage au LESEE : Pr Yézouma COULIBALY, Dr Yao AZOUMAH et Eng. Henri KOTTIN.
- M. Gorostiza Larabaño LUIS et Samaïla ISSAKA de la Cellule de Gestion du Plan d'Investissement (CGPI) de la DIME de qui nous tenons les merveilleux plans architecturaux de tous les bâtiments du site d'étude.
- M. Arno LESCURE de la Direction du Contrôle Financier et du Budget (DCFB)
- de l'Ambassade d'Autriche à travers son Bureau de Coordination de la Coopération au Burkina Faso pour le financement en partie de la formation.
- enfin des amis et de tous les étudiants de la promotion 2009-2010 de master spécialisé, Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables.

RESUME

La contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique est d'actualité à travers le monde entier, surtout chez les défenseurs de l'environnement. 2iE n'est pas en reste, lui qui a en charge la formation des étudiants aux enjeux environnementaux veut passer de la forme théorique à la pratique en mettant en place une politique d'efficacité énergétique et bien sûr une équipe d'efficacité énergétique au 2iE pour mettre en œuvre ladite politique. Qui parle de politique, parle certainement de moyens de sa politique. Ici les moyens de l'équipe d'efficacité énergétique sont les économies d'énergie chiffrées obtenues à travers l'audit énergétique :

Sur la facture d'électricité :

Actuellement 111 200 FCFA sont économisés depuis le mois de mai 2010 suite au changement de transformateur. A **court terme**, des économies annuelles de l'ordre de **13%** (soit 4 741 477,40 FCFA) sur la facture annuelle d'électricité sont réalisables sans investissement notamment par la sensibilisation à l'arrêt des climatiseurs pendant **1HPT** de la journée (gain de 1 736 221,2 FCFA/an) et la rédaction d'une demande de souscription à une nouvelle puissance (157 kW) adressée à la SONABEL (gain de 3 005 256 FCFA/an). A **long terme**, des économies annuelles de l'ordre de **18%** (soit 6 829 051 FCFA) sur la facture annuelle sont réalisables avec un investissement. L'investissement consiste dans le long terme à remplacer chaque année un climatiseur conventionnel par un climatiseur équipé de la technologie INVERTER plus économe en énergie (gain de 3 823 794,75 FCFA/an avec un TRI de 4,2 ans).

Sur l'enveloppe des bâtiments :

Des économies significatives ne sont pas réalisables sur l'enveloppe des bâtiments en BC et BTC des locaux climatisés du site. Cependant on peut faire des économies sur les locaux climatisés donc les matériaux de construction sont des parpaings. La pose de rideaux sur les parois vitrées des bâtiments climatisés permet également de réaliser des économies. (*Confer deuxième partie de l'étude pour les économies chiffrées*).

Mots clés :

1. Politique d'efficacité énergétique (PEE),
2. Equipe d'efficacité énergétique (EEE),
3. Efficacité énergétique,
4. Audit énergétique,
5. Économie d'énergie,
6. Enveloppe des bâtiments.

ABSTRACT

The contribution to the implementation of an energy efficiency policy is valid throughout the world, especially among environmentalists. 2iE is no exception, he who is in charge of training students to environmental issues will take the form of theoretical practice by implementing a policy of energy efficiency and of course a team of energy efficiency 2iE to implement that policy. Who talks of politics, certainly speaks of how his policy. Here the means of the energy efficiency team is the energy savings figures obtained an energy audit:

On the electricity bill:

Currently 111,200 FCFA are saved from the month of May 2010 following the change of transformer. In the short term, annual savings of around **13%** (or 4,741 FCFA 477.40) on the annual electricity bill are achievable without investment includes educating the cessation of air conditioners during the day 1HPT (1736 gain of 221.2 CFAF / year) and the drafting of a subscription request to a new power (157 kW) addressed to SONABEL (saving 3,005,256 FCFA / year). In the long term annual savings of around **18%** (or 6,829,051 FCFA) on the annual bill are achievable with an investment. The investment is in the long term to replace a conventional air conditioner every year by an air conditioner equipped with INVERTER technology more energy efficient (gain of 3823 CFAF 794.75 per year with an IRR of 4.2 years).

The envelope of buildings :

Significant savings are not achievable on the envelope of buildings in BC and BTC in conditioned spaces of the site. However we can make savings on air-conditioned spaces so the building materials are brick. The curtain raises on the glass walls of the buildings air conditioning can also save money.

(Confer second part of the study for the savings figures).

Key Words:

1. Energy efficiency policy (EEP)
2. Team Efficiency (EEA)
3. Energy Efficiency
4. Energy audit,
5. Saving energy
6. Building envelope

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

2IE : Institut International de l'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement

CC : Cooling Capacity

CDI : Centre de Documentation et d'Information

CEFOC : Cellule de la Formation Continue

Coef. : Coefficient

COP : Coefficient de Performance

DESA : Direction des Etudes de la Scolarité et de l'Administration

DIME : Direction de l'Innovation, du Management et de l'Entreprise

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

ETSHER : Ecole Inter Etats des Techniciens Supérieurs de l'hydraulique et de l'Equipement Rural

FP : Facteur de puissance aussi appelé cos phi

GEE : Groupe EIER- ETSHER

GEI : Génie Energétique et Industriel : **ANCIEN CEFOC**

GVEA : Gestion et Valorisation de L'eau et assainissement ;

ISM : Infrastructure et Sciences des Matériaux

LBEB : Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburant

LESEE : Laboratoire d'Energie Solaire et d'Economie d'Energie ;

MI : Maximum Input

MT / BT : Moyenne Tension / Basse Tension

NI : Normal Input

Pe : Puissance électrique

PE : Puissance Enregistrée

PS : Puissance souscrite

RDC : Rez de Chaussée

RI : Rated Input

SATI: Service d'Assistance Technique Interne

SONABEL : Société National d'Electricité du Burkina Faso

TDE : Taxe pour le Développement de l'Energie

TRI : Temps de Retour à l'Investissement

TSAAE : Taxe pour le Soutien des Activités Audiovisuel de l'Etat ;

TVA : Taxes sur la Valeur Ajoutée

UTER : Unité Thématique d'Enseignement et de Recherche

SOMMAIRE :

CITATIONS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
REMERCIEMENTS.....	II
RESUME	III
ABSTRACT	IV
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	III
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES	X
LISTE DES PHOTOS	XI
CHAPITRE : I- MISE EN SITUATION.....	1
I.1- CONTEXTE.....	1
I.2- OBJECTIFS	2
I.3- METHODOLOGIE.....	2
I.4- RESULTATS ATTENDUS.....	2
I.5- LES DIFFICULTES	2
CHAPITRE : II- ETAT DES LIEUX.....	3
II.1 PRESENTATION DE 2iE.....	3
II.2- DESCRIPTION DU SITE DE KAMBOINSE	3
II.3- EFFECTIFS DES ETUDIANTS.....	4
CHAPITRE : III- AUDIT DE LA FACTURATION	6
III.1- ANALYSE DE LA FACTURE D'ELECTRICITE	6
A)- INSTALLATIONS ELECTRIQUES DU SITE DE KAMBOINSE :	6
B)- CONSOMMATIONS ELECTRIQUES DU SITE	6
C)- OBJECTIF DE L'AUDIT DE LA FACTURATION.....	8
III.2- ANALYSE DE LA CONSOMMATION DU GROUPE ELECTROGENE	19
A)- DONNEES SUR LE GROUPE ELECTROGENE ET COMPARAISON DES COUTS DU KWH	19
B)- CONSOMMATION DU GROUPE ELECTROGENE.....	20
C)- EMISSION DE CO ₂	21
CHAPITRE : IV- CARTHOGRAPHIE ENERGETIQUE DES BATIMENTS	22
IV.1- L'ENVELOPPE DES BATIMENTS	22
A)- L'ENVELOPPE DES BATIMENTS DE K1	22
B)- L'ENVELOPPE DES BATIMENTS DE K2	24
C)- L'ENVELOPPE DES BATIMENTS DE K3	24
IV.2- CONSOMMATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS.....	26

A)- BILAN DE PUISSANCE	26
B)- ESTIMATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU SITE	27
IV.3- ANALYSE DES CORRELATIONS	33
A) RATIO : CO ₂ EMIS/ETUDIANTS/AN	33
B) RATIO : CONSOMMATION SPECIFIQUE (KWH /ETUDIANTS/AN)	34
C) RATIO : CONSOMMATION SPECIFIQUE : COUT FCFA /ETUDIANTS/ AN	34
D) RATIO : CONSOMMATION SPECIFIQUE : KWH/M ² /AN	34
E) RATIO PAR POSTES DE CONSOMMATION DU SITE : CLIMATISATION, ECLAIRAGE, VENTILATION	35
RECOMMANDATIONS	37
CONCLUSION.....	38
BIBLIOGRAPHIE	39
ANNEXES.....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution de l'effectif des étudiants du 2iE (2004-2010).....	4
Tableau 2 : Evolution en termes de pourcentage de l'effectif des étudiants sur les deux sites.....	4
Tableau 3 : Effectif des étudiants logés à Kamboinsè.....	5
Tableau 4 : Caractéristiques des transformateurs K2 et K3	6
Tableau 5 : Consommations électriques des différentes zones du site.....	7
Tableau 6 : Constante de la facturation	10
Tableau 7 : Dépassements des puissances souscrites	12
Tableau 8 : Modification de constantes SONABEL suite à un changement de transformateur.....	15
Tableau 9 : Situation actuelle de la consommation électrique de K1	15
Tableau 10 : Situation actuelle de la facture d'électricité de K1	16
Tableau 11 : Paramètres de la facturation après optimisation.....	17
Tableau 12 : Analyse financière dès la première année	18
Tableau 13 : Récapitulatif de l'étude de la facturation de la zone K1 du site	19
Tableau 14 : Données sur le groupe électrogène	19
Tableau 15 : Consommation du Groupe électrogène de secours.....	20
Tableau 16 : Quantité de CO2 émise par le site et le groupe électrogène	21
Tableau 17 : Résistances thermiques des bâtiments avec isolation.....	23
Tableau 18 : Résistances des bâtiments sans isolation	23
Tableau 19 : Bilan de puissances des récepteurs	26
Tableau 20 : Bilan de puissance et de la consommation	32
Tableau 21 : Ratio : Quantité de CO2 émis par étudiants et par an.....	33
Tableau 22 : Consommation spécifique (kWh) par étudiant et par an	34
Tableau 23 : Consommation spécifique (coût) par étudiant et par an	34
Tableau 24 : Consommation spécifique (kWh) par mètre carré et par an	34
Tableau 25 : Plaque signalétique du Groupe Electrogène	51
Tableau 26 : Données sur la consommation du groupe électrogène de 2005 à 2010.....	52
Tableau 27 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments administratifs du site	64
Tableau 28 : Estimation du temps d'utilisation des climatiseurs des bâtiments pédagogiques du site.....	64
Tableau 29 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments pédagogiques du site	65
Tableau 30 : Consommation énergétique annuelle des logements du site	65
Tableau 31 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments administratifs du site	66
Tableau 32 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments pédagogiques du site	67
Tableau 33 : Consommation énergétique annuelle des logements du site	67
Tableau 34 : Consommation d'énergie annuelle : éclairage public, terrains de sport et lieux de loisirs.....	68

Tableau 35 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments administratifs du site	69
Tableau 36 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments pédagogiques du site	69
Tableau 37 : Estimation du temps d'utilisation des ventilateurs dans les dortoirs	69
Tableau 38 : Consommation énergétique annuelle des logements du site	70
Tableau 39 : Ratio de consommation spécifique (kWh/m ² /an) des bâtiments du site.....	71
Tableau 40 : Audit de la climatisation de la villa n°1 de la partie K1	73
Tableau 41 : Ratio puissance spécifique (W/m ² /100 lux) des bâtiments du site :	74

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan de masse de K2 et K3.....	4
Figure 2 : Evolution de l'effectif des étudiants en termes de pourcentage sur les deux sites	5
Figure 3 : Courbe de l'évolution des étudiants sur les deux sites.....	5
Figure 4 : Profil des consommations du site.....	7
Figure 5 : Pourcentage de la consommation annuelle de chaque zone.....	7
Figure 6 : Consommation en pourcentage des zones.....	8
Figure 7 : Profils des consommations d'énergies pour l'année de référence : période 2.....	13
Figure 8 : Dépassements de la puissance souscrite de K1	13
Figure 9 : Contrôle de la conformité de la facture pour : Juin 2008 à mai 2009.....	14
Figure 10 : Contrôle de la conformité de la facture pour l'année de référence : Juin 2009 à mai 2010	14
Figure 11 : Répartition de la facture de K1 avant optimisation.....	15
Figure 12 : Répartition de la facturation après optimisation	18
Figure 13 : Taux d'utilisation du GE de 2005 à 2009	20
Figure 14 : Répartition de la puissance installée par poste de consommation	27
Figure 15 : Répartition annuelle par poste de la consommation d'énergie	33

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Logement d'étudiants à K3	3
Photo 2 : Amphithéâtre 2 à K1	3
Photo 3 : Groupe électrogène de secours de K1	19
Photo 4 : LESEE en parpaings.....	22
Photo 5 : bâtiment du CEFOC en BTC	22
Photo 6 : Amphithéâtre1 en brique cuite	22
Photo 7 : Salles de classes annexes.....	24
Photo 8 : Concession 6 (C6) en BTC de 30 cm.....	25
Photo 9 : Concession 22 (C22) en BTC d de 20 cm.....	25
Photo 11 : Revêtement extérieur.....	25
Photo 10 : Toiture en voûte nubienne.....	25
Photo 12 : Transformateur de 100 kVA de la zone K2	41
Photo 13 : Transformateur de 400 kVA de la zone K1 du site.....	41
Photo 14 : Transformateur de 100 kVA de la zone K3	41
Photo 15 : Local abritant le groupe électrogène	51
Photo 16 : Mur et faux plafond en couleur blanche.....	53
Photo 17 : Plancher revêtu avec des carreaux	53
Photo 18 : Faux plafond et mur d'une chambre	53
Photo 19 : Plancher et mur d'une chambre.....	53
Photo 20 : Faux plafond d'une chambre.....	54
Photo 21 : Plancher du restaurant	54
Photo 22 : vue extérieure d'une concession en BTC.....	54
Photo 23 : Plancher d'une chambre	54
Photo 24 : Toiture des bâtiments	54
Photo 25 : Ouvertures vitrées	54

CHAPITRE : I- MISE EN SITUATION

I.1- Contexte

Les crises énergétiques des années 1973 et 1979 ont fait naître un concept nouveau dans le milieu économique¹. Il s'agit de l'efficacité énergétique visant l'économie d'énergie. Le pétrole (le gaz), bien qu'estimé à des millions de barils en terme de réserve, est devenu dès lors extrêmement cher et classé désormais comme ressource rare. IL est aussi source de nombreux conflits.

L'utilisation des énergies provenant du bois, des énergies fossiles ont engendré le réchauffement climatique dû aux émissions de gaz à effet de serre (GES). Face à ce problème et à la demande de plus en plus croissante en énergie tant par les pays industrialisés que ceux en voie de développement, il sera développé d'autres formes d'énergie dites énergies renouvelables : biomasse, énergie photovoltaïque, etc.

Le besoin mondial en énergie est inversement proportionnel à sa disponibilité. En prenant l'exemple sur l'énergie électrique et d'après World Energy Outlook (WEO), The Electricity Access Data base, 2009 « *la moitié de la population mondiale est située à l'écart des réseaux électriques et le restera probablement longtemps encore pour les zones isolées* »².

Sachant qu'aucun développement n'est possible sans énergie que faut-il faire alors?

Les pays en voie de développement pour permettre à leur population rurale d'accéder à l'énergie et aux services énergétiques se doivent d'adopter des politiques d'économie d'énergie c'est-à-dire gérer l'énergie existante avec parcimonie et réinvestir les économies réalisées dans l'énergie au profit des zones reculées.

C'est dans ce cadre que l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) se dote à travers le Laboratoire d'Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE) d'une politique d'économie d'énergie visant une efficacité énergétique de ses deux sites : Ouagadougou et Kamboinsè.

La revue de la littérature nous a permis de nous imprégner des travaux antérieurs traitant de l'efficacité énergétique sur le site de Kamboinsè. Les thèmes de travaux ayant retenu notre attention sont :

1. *Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE, site de Kamboinsè*, avril 2010. Thème traité par un groupe d'étudiants en master spécialisé, Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables,
2. *Contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique au 2iE*, année académique 2008-2009. Thème traité par BOUHAN Gueï Rodrigue Hermann Fidèle
3. *Diagnostic énergétique du laboratoire et atelier de l'ETSHER*, 2005. Thème traité par KOKORA KOFFI Achille. Ces travaux ont constitué pour nous des jalons afin d'éviter les répétitions ainsi les reprises.

¹ Yézouma COULIBALY, cours d'économie d'énergie, MS, 2009-2010

² www.worldenergyoutlook.org de 20 juin 2010

Ce présent travail portera essentiellement sur une contribution à la mise en place d'une politique d'efficacité énergétique (PEE) au 2iE, site de Kamboinsè. Il s'agira plus précisément de faire l'état des lieux du site et aux mécanismes existants pour le suivi de la consommation d'énergie, de faire une cartographie énergétique des bâtiments. Le recueil suivi du traitement des données de 2005 à 2010 conduira à réaliser un audit de la facture d'électricité du site et à l'analyse de certaines corrélations. Au terme de l'étude, des économies d'énergie de l'ordre de 20% à court terme et 40% à long terme seraient réalisées.

I.2- Objectifs

➤ Objectif général

Mettre en place des outils devant permettre à l'équipe d'efficacité énergétique (EEE) du 2iE de réaliser des économies d'énergie est l'objectif final de ce mémoire.

➤ Objectifs spécifiques

A terme, ce travail permettra d'atteindre les objectifs spécifiques suivants :

- ❖ Réduire de 20% à court terme la consommation énergétique du 2iE ;
- ❖ Promouvoir autrement le confort dans le milieu de travail suite aux économies d'énergie réalisées ;

I.3- Méthodologie

La méthodologie de travail adoptée pour atteindre les objectifs ci-dessus est la suivante :

- ❖ Recueil des données
- ❖ Analyse de la facturation
- ❖ Analyse des corrélations
- ❖ Réalisation de la cartographie énergétique des bâtiments du site en relation avec la DIME

I.4- Résultats attendus

A l'issue de l'étude l'Equipe d'Efficacité Energétique (EEE) de 2iE disposera

- ✓ De propositions chiffrées des mesures d'économie sur la facture d'électricité
- ✓ Du profil de consommation d'énergie par poste (climatisation, éclairage et ventilation) du site
- ✓ Des instruments de suivi et de mesure de la consommation d'énergie dans les différents bâtiments du site (ratio).
- ✓ Des plans architecturaux des bâtiments du site

I.5- Les difficultés

Durant notre période de stage, nous avons été confrontés à une difficulté majeure qui mérite d'être soulignée : l'accès aux informations au sein de 2iE. L'accès à certaines informations au sein de la fondation 2iE est difficile, malgré le TDR et lettres de recommandations signés par le directeur de mémoire et qu'on présente aux personnes ressources. Il règne un climat de méfiance entre le personnel et aussi entre les différents services. Cet état de fait entraîne des lourdeurs administratives qui affectent le travail de mémoire des postulants au master.

CHAPITRE : II- ETAT DES LIEUX

II.1 Présentation de 2iE

L'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est un établissement bilingue d'enseignement et de recherche dans les domaines de l'eau, de l'énergie, de l'environnement et du génie du civil. Il a pour mission de former des cadres compétents pour le développement du continent africain. C'est la fusion de l'EIER et de L'ETSHER qui a donné naissance en 2005 au Groupe EIER-ETSHER (GEE) appelé fondation 2iE à partir de février 2008. IL comprend deux sites : celui de Ouagadougou d'une superficie de 6 hectares et de Kamboinsè de 103 hectares. Selon le plan d'orientation 2008-2012, le 2iE ambitionne d'accueillir 1000 étudiants en 2011 et 2500 à l'horizon 2012³. Il prévoit également une extension de 18 000 m² de nouvelles infrastructures sur ses deux sites.

Extension de 2009



Photo 2 : Amphithéâtre 2 à K1



Photo 1 : Logement d'étudiants à K3

II.2- Description du site de Kamboinsè

Le site de Kamboinsè, objet de notre présente étude, est situé à 15 kilomètres de la ville de Ouagadougou et comprend trois zones K1, K2 et K3. La zone K1 appelée aussi site historique est héritée de l'ancien ETSHER. Les zones K2 et K3 ont été léguées au 2iE par le Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) depuis 2005. Certains bâtiments du site font l'objet de rénovation depuis lors. La surface totale climatisée du site est estimée à **2 720,02 m²**, celle éclairée à **13 251,32 m²** et celle ventilée à **6 971,28 m²**. La figure 1 donne la localisation des bâtiments de K2 et K3.

³[Http : // www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org) du 15 juillet 2010

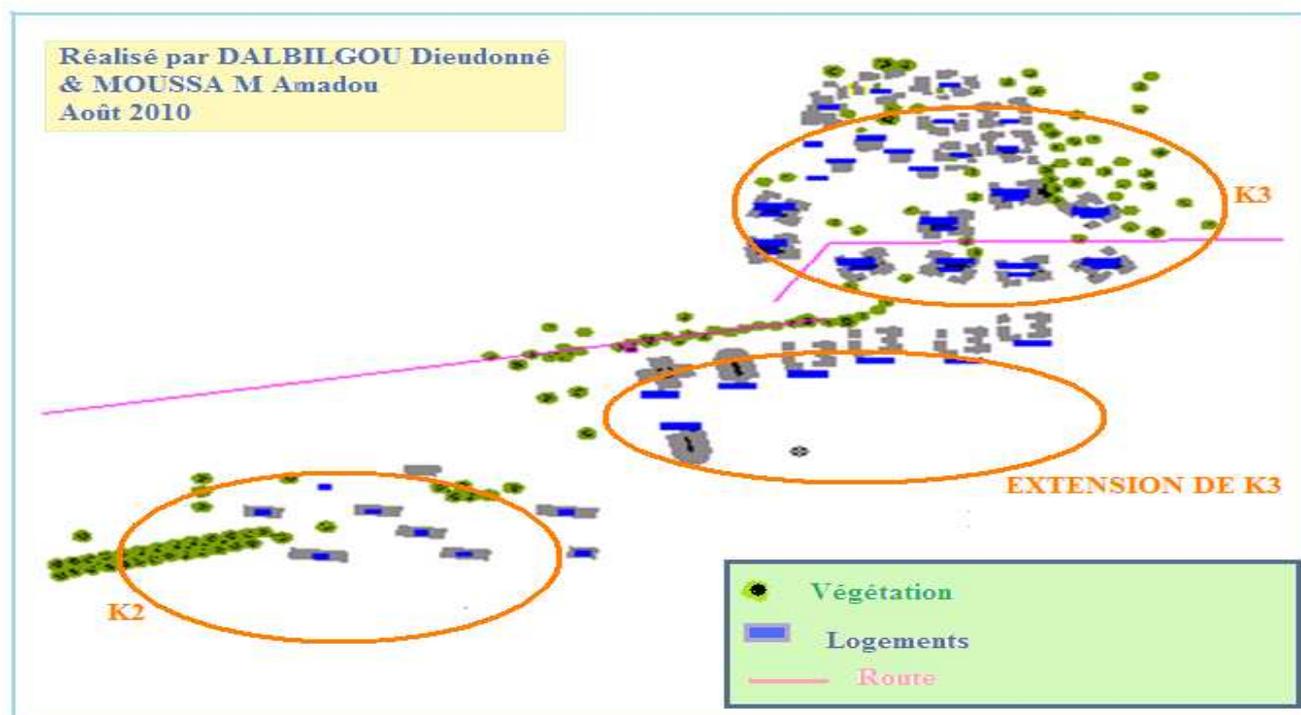


Figure 1 : Plan de masse de K2 et K3

II.3- Effectifs des étudiants

Les données concernant les effectifs des étudiants pour les sites sont résumés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Evolution de l'effectif des étudiants du 2iE (2004-2010)

Site	Effectif	Année académique						TOTAL
		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	
Kamboinsè	Filles	12	18	35	51	62	104	282
	Garçons	77	112	185	251	371	456	1452
	Total 1	89	130	220	302	433	560	1734
Ouagadougou	Filles	17	27	36	26	36	44	186
	Garçons	134	210	205	174	207	252	1182
	Total 2	151	237	241	200	243	296	1368
TOTAL GENERAL								
Cumul des deux sites	Filles	29	45	71	77	98	148	
	Garçons	211	322	390	425	578	708	
TOTAL		240	367	461	502	676	856	

Tableau 2 : Evolution en termes de pourcentage de l'effectif des étudiants sur les deux sites

Site	Année académique					
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
KAMBOINSE	37%	35%	48%	60%	64%	65%
OUAGADOUGOU	63%	65%	52%	40%	36%	35%

Nous constatons que l'effectif des étudiants du site de Ouagadougou décroît à partir de l'année académique 2005-2006 au profit de celui de Kamboinsè. L'accueil d'étudiants sur les deux sites s'inverse selon les courbes de la figure 2. Pour l'année en cours 2009-2010, l'effectif du site de Kamboinsè représentent 65% de l'effectif total de 2iE.

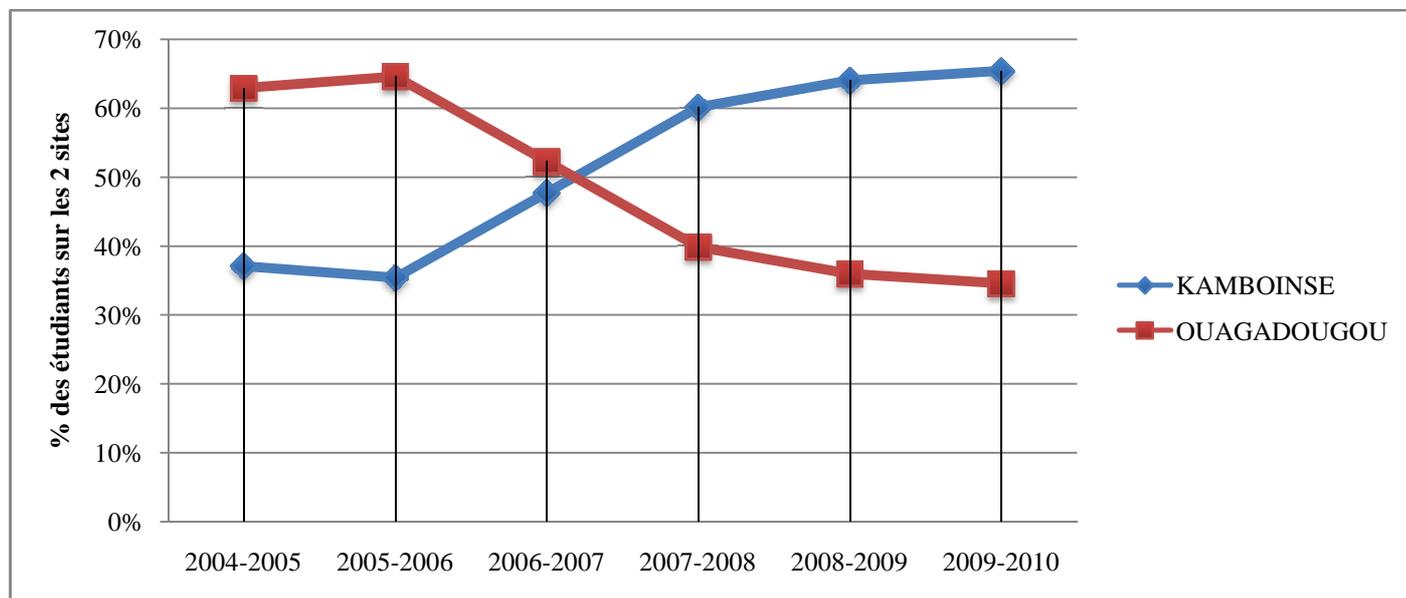


Figure 2 : Evolution de l'effectif des étudiants en termes de pourcentage sur les deux sites

La courbe de la figure 3 nous montre que l'effectif des étudiants sur les deux sites croît annuellement, avec une moyenne de 100 étudiants par an.

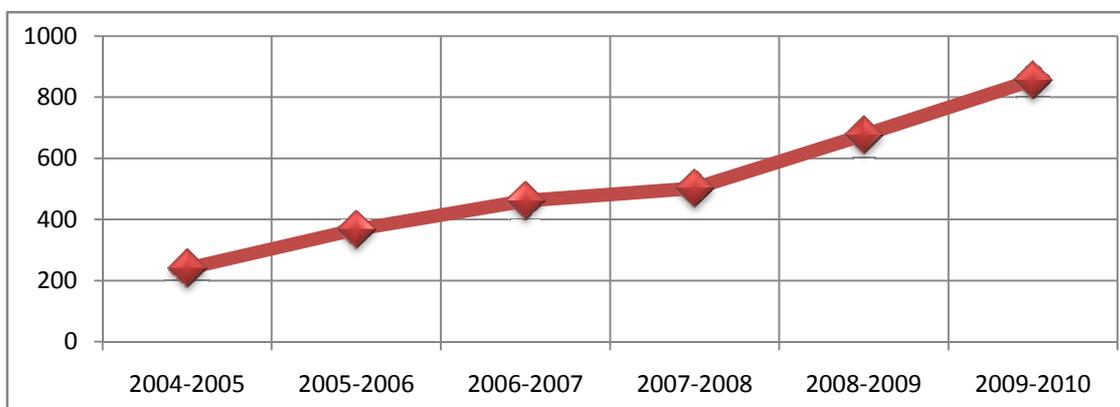


Figure 3 : Courbe de l'évolution des étudiants sur les deux sites

Sur le site de Kamboinsè les trois zones comportent des logements pour l'hébergement des étudiants. La capacité d'accueil se répartie comme suit dans le tableau 3:

Tableau 3 : Effectif des étudiants logés à Kamboinsè

Année	Répartition par zones			Total
	K1	K2	K3	
2006-2007	131	15	0	146
2007-2008	131	64	61	256
2008-2009	131	64	177	372
2009-2010	131	64	300	495

CHAPITRE : III- AUDIT DE LA FACTURATION

III.1- Analyse de la facture d'électricité

a)- Installations électriques du site de Kamboinsè :

Le site de 2iE Kamboinsè est alimenté en énergie électrique via le réseau SONABEL à travers trois poteaux de distribution moyenne tension (MT). Les trois zones K1, K2, K3 que compose le site disposent chacune de son propre système de comptage basse tension (BT).

- **Zone : K1 :**

L'installation électrique de K1 existe depuis 1969 et a connu de nombreuses modifications pour des raisons d'extension et de rénovation.

Elle dispose d'un transformateur de puissance de 160 KVA ; mais à cause de sa faible puissance par rapport aux besoins actuels il a été changé par celui de 400 KVA au mois d'avril 2010. Cette partie est également secourue par un groupe électrogène de 200 KVA consommant du gasoil. Voir photo 13 en **annexe 1**.

- **Zones K2 et K3 :**

Ces zones sont aussi alimentées en basse tension à partir de deux transformateurs publics sur poteau dont les caractéristiques sont décrites dans le tableau 4 ci-après :

Tableau 4 : Caractéristiques des transformateurs K2 et K3

	Puissance transformateurs	Police	Code tarif	Situation	Branchement	Type	Nom
K2	100 KVA	22 Z	22215	A	KA 90 1 700	1 client ordinaire	centre Education rurale
K3		4 E	22205	A	KA 91 1 700		centre Formation monitrices

Les photos 12 et 14 des transformateurs de K2 et K3 sont en **annexe 1**.

b)- Consommations électriques du site

Les données sur la consommation du site de 2003 à 2010, (voir **annexe 2**) permettent de définir le profil des consommations mensuelles de la figure 4 ci-dessous et de déterminer la part de consommation annuelle de chaque zone : tableau

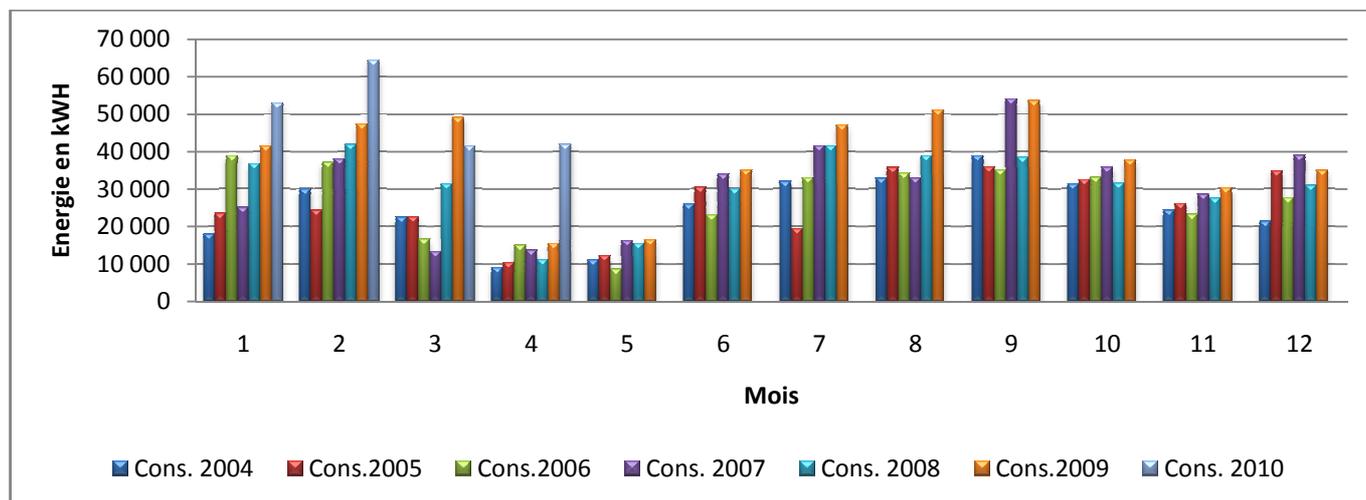


Figure 4 : Profil des consommations du site

Tableau 5 : Consommations électriques des différentes zones du site

Année	Consommation électrique annuelle (en kWh/an)				consommation annuelle en %		
	K1	K2	K3	Total	K1	K2	K3
2004	235 770	33 122	29210	298 102	79,1%	11,1%	9,8%
2005	239 081	39 245	30701	309 027	77,4%	12,7%	9,9%
2006	250 833	40 477	35192	326 502	76,8%	12,4%	10,8%
2007	283 023	51 912	38200	373 135	75,8%	13,9%	10,2%
2008	291 688	38 443	46657	376 788	77,4%	10,2%	12,4%
2009	314 804	60 088	85485	460 377	68,4%	13,1%	18,6%
2010	129 701	33 643	37568	200 912	64,6%	16,7%	18,7%
Total	1 744 900	296 930	303 013	2 344 843	74,21%	12,87%	12,91%

A partir de 2008 la consommation de K3 a dépassé celle de K2. Ceci peut s'expliquer par l'accroissement des effectifs et l'installation de projecteurs de grande puissance pour l'éclairage des terrains de sport et la prise en compte de la consommation des lampes d'éclairage public par le compteur de k3. La figure 5 ci-dessous illustre cet état de fait.

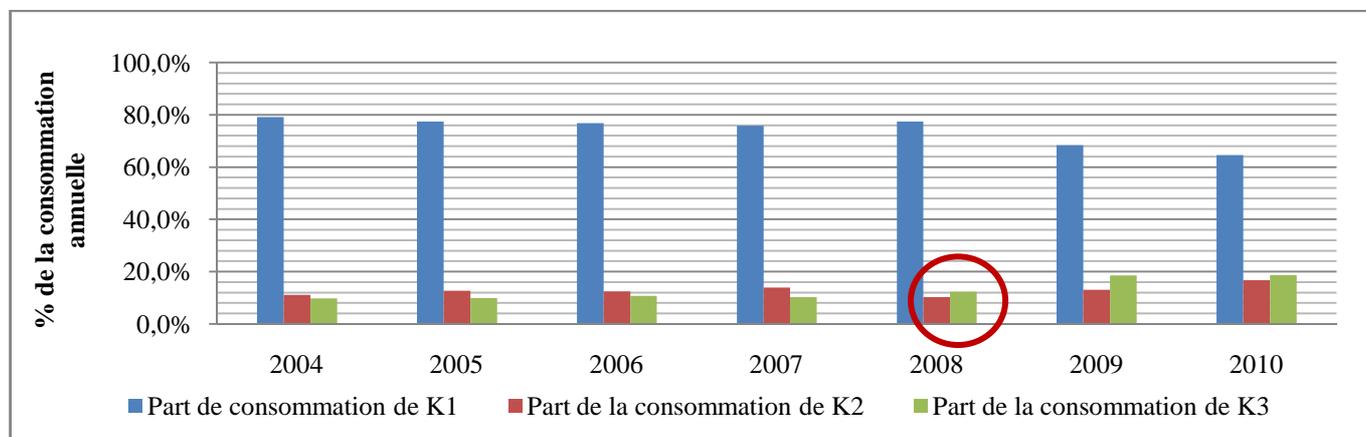


Figure 5 : Pourcentage de la consommation annuelle de chaque zone

Au cours de ces 7 années académiques (2004-2010), les consommations électriques des trois zones du site se présentent en termes de % comme suit :

- 1 744 900 kWh pour la zone de K1 soit **74,41%**
- 296 930 kWh pour la zone de K2 soit **12,66%**
- 303 013 kWh pour la zone de K3 soit **12,92% ce qui donne**
- 2 344 843 kWh pour le site soit **100,00%**

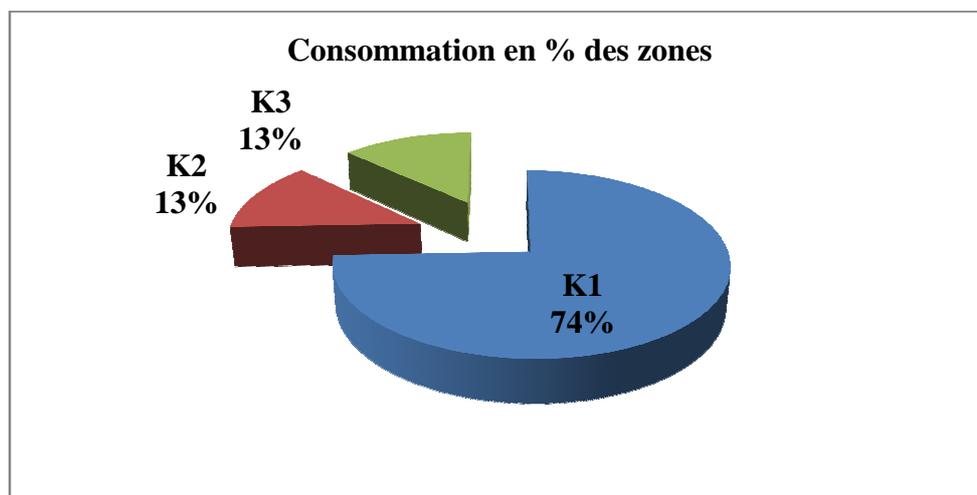


Figure 6 : Consommation en pourcentage des zones

K1 occupe la part importante de la consommation du site. K3 commence à dépasser aussi K2.

Est-ce parce qu'elle a accueilli plus d'étudiants ces dernières années ? Ou bien c'est à cause des équipements énergétivores (climatiseurs, postes téléviseurs, réfrigérateurs, appareils de musique) utilisés de plus en plus par les étudiants ? Ou bien par des pénalités dues aux dépassements de puissance souscrite ? Ces questions trouveront des réponses lors de l'analyse des corrélations.

Nous retiendrons que les mesures d'économie d'énergie doivent plus s'accroître sur la zone K1.

c)- Objectif de l'audit de la facturation

Procéder à l'analyse et à l'optimisation des factures électriques est l'objectif principal visé par un audit de la facturation. L'étude de la conformité des factures et de l'optimisation ne portera que sur les factures d'électricité de la zone K1 de Kamboinsè sur une période de deux ans allant de juin 2008 à mai 2010. Le choix de ces deux années consécutives se justifie non seulement par le fait qu'il actualise l'audit de la facturation de cette zone K1 mais aussi il correspond à une période où cette dernière a passé à une nouvelle souscription de puissance (80kW soit 160 kVA). Rappelons que sur cette période, notamment en avril 2010 il y a eu un changement du transformateur au niveau de K1. Ce changement n'a pas été pris en compte dans nos calculs d'optimisation de la facture suite au non renouvellement de la puissance souscrite.

Soulignons également que les factures⁴ d'électricités de K2 et K3 ont été inaccessibles pour la présente étude due au fait que ces deux parties appartenaient au MAHRH. Par conséquent un audit complet du site n'a pu être réalisé.

CONSTANTES DE LA FACTURE

Les paramètres d'une facture MT SONABEL est composée de :

- L'identité de l'abonné
- Les coefficients de comptage
- Les puissances correspondantes au type d'abonnement
- La tarification : elle est entrée en vigueur depuis le 26 juillet 2006 suivant l'arrêté du ministère des finances du Burkina. (voir **annexe 3**).
- Les taxes (TSDAAE, TDE)

Un logiciel⁵ adapté à l'audit de la facturation permet de vérifier la conformité de la facture calculée avec celle émise par la SONABEL, il ne prend cependant pas en compte la TDE (Taxe pour le Développement de l'Electrification) introduite en janvier 2009. Elle vaut 2 FCFA le kWh consommé. Nous avons utilisé le logiciel en tenant compte de la TDE à travers la formule suivante :

$$\text{TDE} = 2 * (\text{Energie active HPT} + \text{Energie active HPL} + \text{Energie perte active})$$

⁴ Il s'agit des factures physiques d'électricités sur lesquelles figurent des informations telles que les constantes de facture.

⁵ Classeur EXCEL de **THIOMBIANO**

Tableau 6 : Constante de la facturation

Période	Juin 2008 - mai 2009	Juin 2009-mai 2010
Nom de l'abonné:	2iE Kamboinsè	2iE Kamboinsè
N° abonné:	KA9301700	KA9301700
Police d'abonnement:	20X	20X
COEFFICIENTS DE COMPTAGE		
Coef. pertes actives consommation	0,015	0,015
Coef. pertes actives horaires	0,46	0,46
Coef. pertes réactives consommation	0,04	0,04
Coef. pertes réactives horaires	3,7	3,7
Coef. comptage consommation	1	1
Coef. comptage horaire	1	1
CONSTANTES DE LA FACTURE		
abonnement	MT	MT
Puissance des transformateurs	160	160 kVA
Puissance souscrite	80	80 kW
Puissance des condensateurs	5	5 kVAr
TARIFICATION		
Tarif prime fixe	70826	70826 F CFA
Tarif heures pleines	64	64 F CFA/kWh
Tarif heures de pointe	139	139 F CFA/kWh
Location et entretien compteur	8538	8538 F CFA
TDE	2*(Enr. act.HPT + Enr. act.HPL + Enr.Pertes actives)	
DATE DE LA DERNIERE FACTURE DISPONIBLE		
	mai-09	mai-10
NATURE DE L'ABONNE POUR LE CALCUL DES TAXES		
(1=Privé, 2=Administration)	2	2
TVA	0%	0%
TSDAAE	0	0

PROCEDURES D'OPTIMISATION

L'analyse des résultats se fera suivant le schéma ci-après :

- Dans un premier, il s'agira d'analyser la facture avant optimisation (étude des dépassements relevés par rapport à la puissance souscrite, contrôle de la conformité entre la facture calculée et celle fournie par la SONABEL) et en dernier lieu la répartition de la dite facture en termes de pourcentage de ses composantes.
- Dans un deuxième temps, interviendront l'optimisation proprement dite et l'après optimisation. Durant ces deux phases, les causes engendrant les pénalités seront étudiées, à savoir la puissance souscrite et le facteur de puissance.

Faut-il souscrire à une nouvelle puissance pour diminuer les pénalités dues aux dépassements ?

Faut-il augmenter la puissance des condensateurs pour mieux améliorer le cos phi et bénéficier de ce fait des bonifications? Quelle sera la répartition de la facture pour une souscription à une nouvelle puissance ? Quelles économies aura-t-on réalisé?

Facture avant optimisation, situation actuelle de la facture :

✓ **Dépassements de puissance souscrite**

La SONABEL qui est la société de distribution d'électricité accorde au maximum à tous ses abonnés MT trois (03) dépassements de la puissance souscrite par an. Au-delà, le client pourrait être pénalisé. Le tableau 7 montre les différents dépassements observés pour la période de juin 2008 à mai 2010. Dix (10) dépassements par an (83%), ont été enregistrés au cours de cette période.

Tableau 7 : Dépassements des puissances souscrites

CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA PERIODE 1: JUIN 2008 à MAI 2009								
PERIODE	ENERGIE ACTIVE HPL	ENERGIE ACTIVE HPT	ENERGIE REACTIVE	HEURE	P.E	MONTANT	P.S	DPT
	KWH	KWH	KVARH		KW	FCFA	KW	KW
<i>juin-08</i>	23 320	11 010	6 460	754	109	3 511 121	80	29
<i>juil-08</i>	16 357	7 635	2 262	600	113	2 597 758	80	33
<i>août-08</i>	7 964	3 096	5 000	806	34	1 437 213	80	-46
<i>sept-08</i>	5 751	2 343	0	667	25	1 114 935	80	-55
<i>oct-08</i>	15 600	8 433	0	786	113	2 637 456	80	33
<i>nov-08</i>	19 332	11 633	4 678	694	117	3 357 614	80	37
<i>déc-08</i>	16 147	9 509	5 809	694	98	2 836 748	80	18
<i>janv-09</i>	15 612	8 015	3 967	787	81	2 557 199	80	1
<i>Fev-09</i>	13 789	6 945	3 780	645	95	2 352 676	80	15
<i>mars-09</i>	17 335	10 097	6 544	586	131	3 187 802	80	51
<i>avr-09</i>	25 209	13 597	8 577	741	139	4 202 091	80	59
<i>mai-09</i>	24 668	13 165	7 712	706	145	4 120 177	80	65
MOYENNE	16 757	8 790	4 566	706	100	2 826 066		
TOTAL	201 084	105 478	54 789	8 466	1 200	33 912 790		
CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA PERIODE 2 : JUIN 2009 à MAI 2010								
PERIODE	ENERGIE ACTIVE HPL	ENERGIE ACTIVE HPT	ENERGIE REACTIVE	HEURE	P.E	MONTANT	P.S	DPT
	KWH	KWH	KVARH		KW	FCFA	KW	KW
<i>juin-09</i>	21 443	10 289	5 339	683	157	3 548 494	80	77
<i>juil-09</i>	16 551	8 334	1 620	814	87	2 633 299	80	7
<i>août-09</i>	7 628	3 339	0	673	35	1 379 792	80	-45
<i>sept-09</i>	6 611	2 783	1	1 290	37	1 266 530	80	-43
<i>oct-09</i>	21 626	12 203	3 669	924	112	3 605 103	80	32
<i>nov-09</i>	20 104	12 132	5 566	636	141	3 652 253	80	61
<i>déc-09</i>	14 601	8 728	3 401	569	119	2 734 652	80	39
<i>janv-10</i>	15 536	8 547	1 731	762	95	2 635 802	80	15
<i>fev-10</i>	16 588	8 967	3 174	723	106	2 829 951	80	26
<i>mars-10</i>	27 887	17 387	8 117	750	164	4 967 416	80	84
<i>avr-10</i>	22 675	12 114	5 334	617	162	3 888 114	80	82
<i>mai-10</i>	19 902	9 239	3 463	518	158	3 446 616	80	78
MOYENNE	17 596	9 505	3 451	747	114	3 049 002		
TOTAL	211 152	114 062	41 415	8 959	1 373	36 588 022		

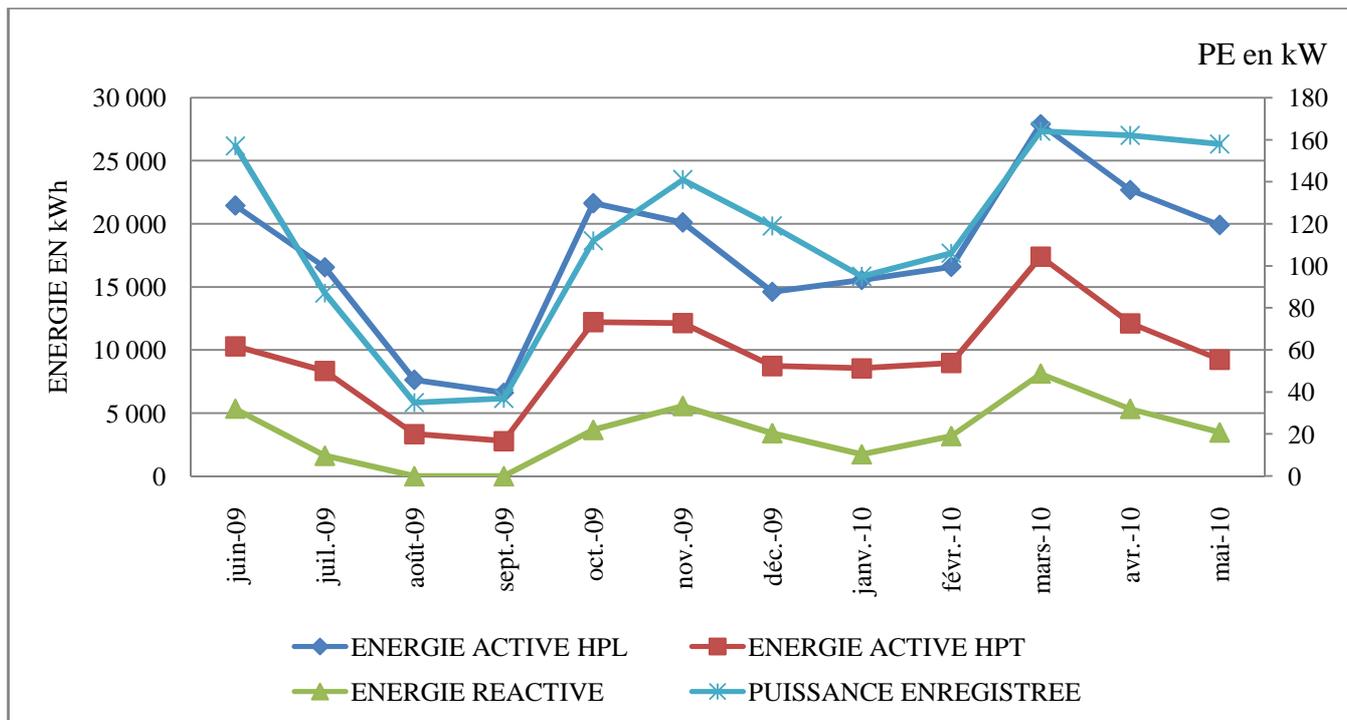


Figure 7 : Profils des consommations d'énergies pour l'année de référence : période 2

On constate à travers les courbes ci-dessus que beaucoup de récepteurs sont en fonctionnement pendant les heures de pointes HPT. Des pics de consommation sont observés principalement aux mois d'octobre, novembre, mars et avril dues certainement à l'utilisation intensive des récepteurs tels que les climatiseurs pendant ces périodes.

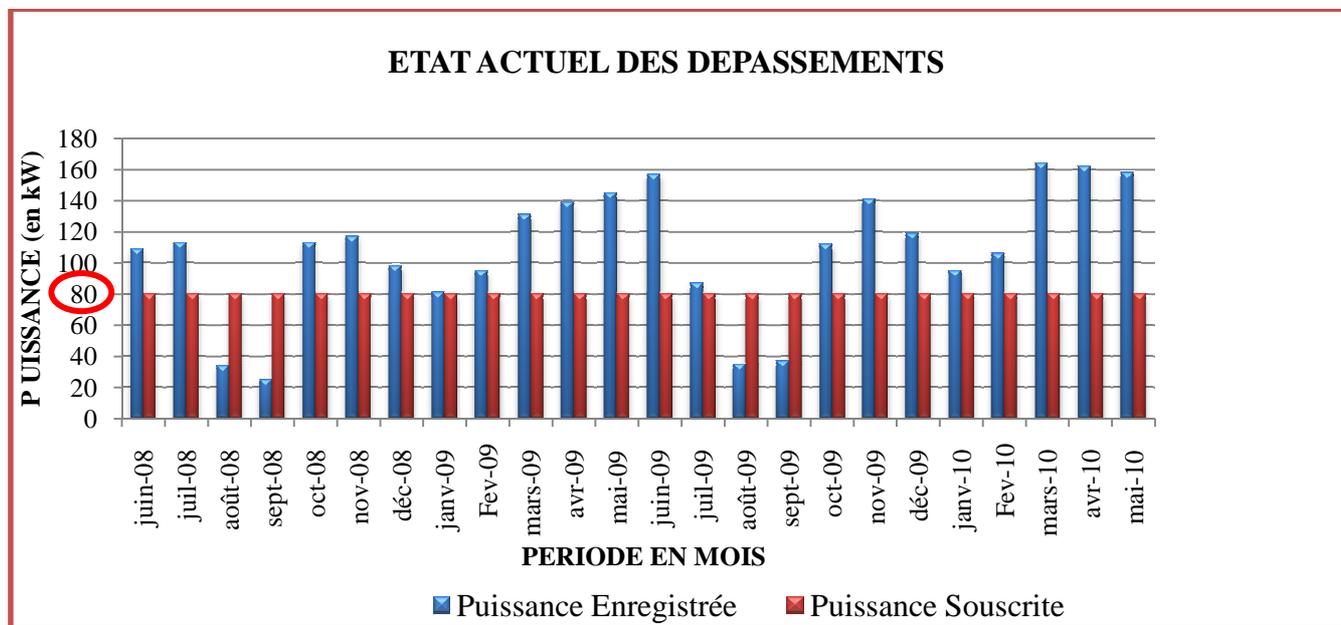


Figure 8 : Dépassements de la puissance souscrite de K1

Au regard de la figure ci-dessus, 2iE paye des pénalités liées aux dépassements multiples constatés.

✓ **Contrôle de conformité de la facture**

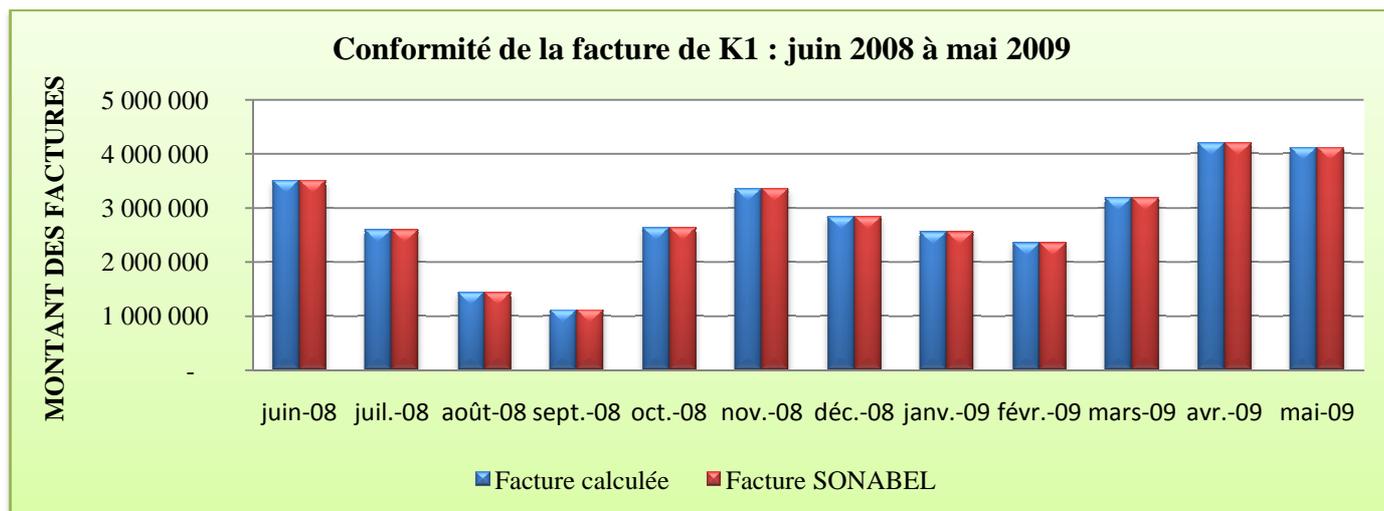


Figure 9 : Contrôle de la conformité de la facture pour : Juin 2008 à mai 2009

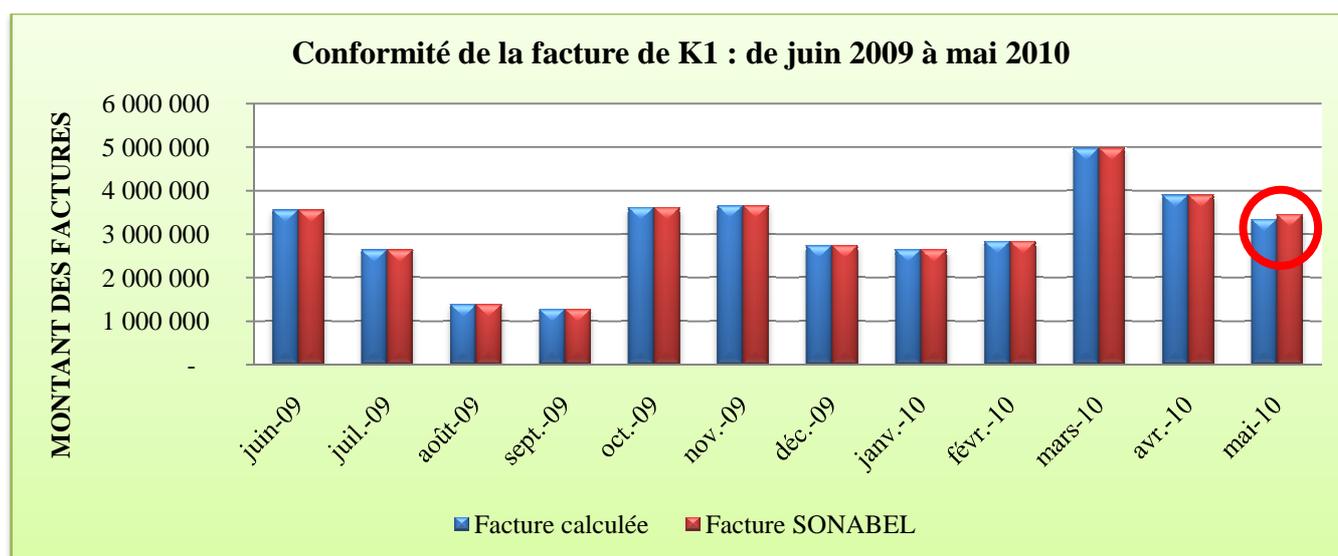


Figure 10 : Contrôle de la conformité de la facture pour l'année de référence : Juin 2009 à mai 2010

Nous remarquons qu'il y a conformité entre la facture calculée et la facture émise mensuellement par la SONABEL et effectivement payée par le 2iE exception faite pour le mois de mai 2010 où une économie de **111 200** FCFA sur la facture est réalisée. Cette différence trouve son explication au changement de transformateur intervenu au mois d'avril 2010 et ayant engendré la modification de certaines constantes telles que indiqué sur le tableau 8. En effet la facture SONABEL pour le mois de mai est de 3 446 616 FCFA contre celle calculée qui s'élève à 3 335 416 FCFA.

Tableau 8 : Modification de constantes SONABEL suite à un changement de transformateur

PUISSANCE DES Transformateurs	160 KVA	400 KVA
	Constantes	
COEF. PERTES ACTIVES CONSOMMATION	0,015	0,012
COEF. PERTES ACTIVES HORAIRES	0,46	0,93
COEF. PERTES REACTIVES CONSOMMATION	0,04	0,04
COEF. PERTES REACTIVES HORAIRES	3,7	7,6
COEF. COMPTAGE CONSOMMATION	1	1
COEF. COMPTAGE HORAIRE	1	1

REPARTITION DE LA FACTURE AVANT OPTIMISATION

La figure 11 révèle que 42% du montant de la consommation électrique de K1 se déroule aux heures de pointe (qui se situent entre 10h-14h et 16h-19h), 36% aux heures pleines (14h-16h, 19h-00h et 00h-10h). La prime fixe représente 14% de la facture, les pénalités 6% et 2% pour les différentes taxes.

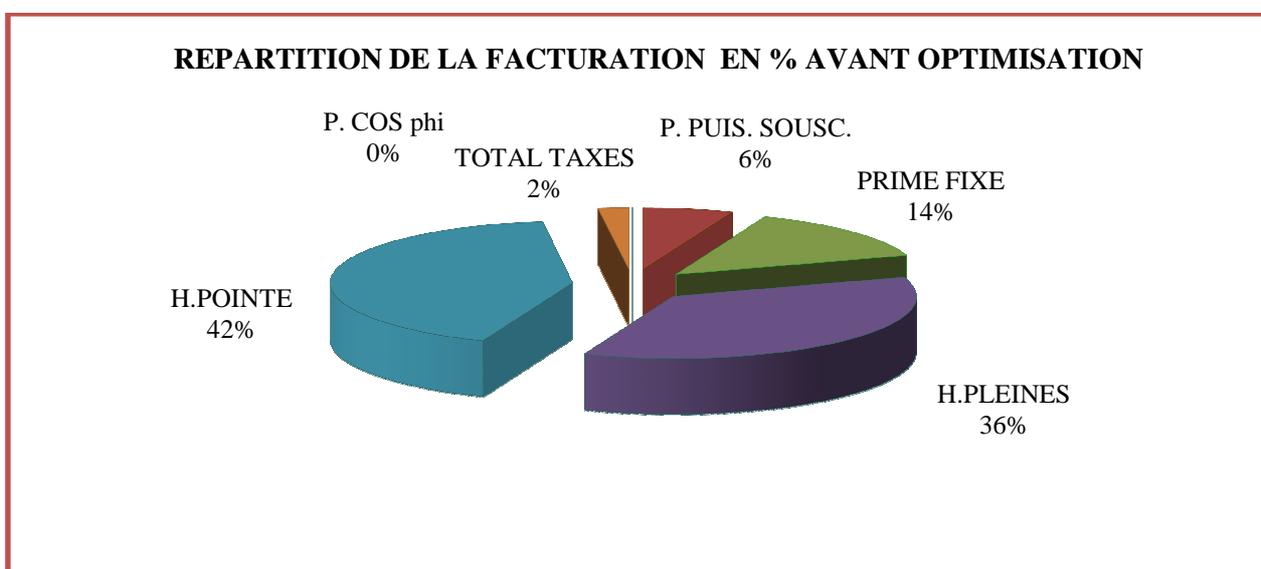


Figure 11 : Répartition de la facture de K1 avant optimisation

Tableau 9 : Situation actuelle de la consommation électrique de K1

SITUATION DE L'ANNEE DE REFERENCE		
Puissance moyenne atteinte	114	kW
Puissance Souscrite	80	kW
Facteur de Puissance moyenne	0,998	
Puissance des batteries de condensateurs existantes	5	kVAr
Puissance Apparente moyenne (Pa)	115	kVA
Consommation d'énergie apparente (S)	334 883	kVAh/an
Pénalités dues au facteur de puissance (cos phi)	0	F CFA
Pénalités dues aux dépassements de puissance souscrite	2 089 170	F CFA
pénalités de sous consommation	0	
Pénalités Totales	2 089 170	F CFA
Montant de la facture avant optimisation	36 588 022	F CFA
Prix du kWh avant optimisation	109 F	F CFA

Le montant de la facture de K1 pour la période de juin 2009 à mai 2010 est de trente six millions cinq quatre vingt sept mille cinq vingt deux (36 587 522) Francs CFA. La puissance moyenne atteinte est de 114 kW nettement supérieure à la puissance souscrite, ce qui engendre des pénalités de l'ordre de deux millions quatre vingt neuf mille cent soixante dix (**2 089 170 F CFA**). Nous remarquons cependant que le site ne souffre pas de pénalité due à un mauvais facteur de puissance.

Analyse de la facture pour une nouvelle puissance imposée par la SONABEL à la zone K1 du site :

En principe, la SONABEL n'accorde que trois dépassements de puissance souscrite par an (25% de dépassement autorisé). Au delà l'abonné pourrait être contraint par la SONABEL à la puissance maximale enregistrée dans sa consommation dans l'année. Dans le cas de la zone K1 du site de Kamboinsè, cette puissance est de **164 kW** enregistrée au mois de mars 2010. Le tableau 10 donne les détails sur les avantages et les inconvénients d'une puissance imposée.

Tableau 10 : Situation actuelle de la facture d'électricité de K1

SITUATION IMPOSEE		
Puissance maximale atteinte	164	kW
Puissance Souscrite	80	kW
Facteur de Puissance moyenne	1,00	
Puissance des batteries de Condensateurs existantes	5	kVA
Puissance Apparente moyenne (Pa)	115	kVA
Consommation d'énergie apparente (S)	335 039	kVA/an
Pénalités dues au facteur de puissance (COS phi)	0	F CFA
Pénalités dues aux dépassements de puissance souscrite	0	F CFA
Pénalités de sous consommation	0	
Pénalités Totales	0	F CFA
Montant de la facture avant optimisation	40 619 063	F CFA
Prix du kWh avant optimisation	121	F CFA

On constate une hausse de la facture d'électricité due au fait que le prix du kWh passe de 109 F CFA (coût moyen du kWh) à 121 FCFA. Cette situation est à éviter.

Optimisation de la facture

L'optimisation peut être réalisée par :

➤ **Révision du contrat d'abonnement de la puissance souscrite :**

L'état actuel de la facture a montré qu'il y a eu 83% de dépassements annuel sur la période d'étude. Ce qui a engendré des pénalités d'un montant annuel de l'ordre de **2 089 170 F CFA**. Pour éviter ces pénalités dues aux dépassements il faudrait procéder à une nouvelle souscription de puissance.

Conformément au contrat d'abonnement liant l'abonné à la SONABEL, la nouvelle puissance souscrite doit être égale à la puissance maximale atteinte au quatrième mois⁶. Dans ce cas précis c'est la puissance enregistrée de 157 kW au mois de juin 2010 qui a été retenue.

➤ **Amélioration du facteur de puissance**

Nous avons remarqué que le site possède un bon facteur de puissance (Cos phi = 0,998) ce qui l'épargne des pénalités.

Les résultats de la facture optimisée (voir **annexe 4**) sont résumés dans le tableau 11 ci-dessous.

Tableau 11 : Paramètres de la facturation après optimisation

OPTIMISATION		
Puissance à Souscrire	157	kW
Puissance des batteries de Condensateurs à installer	0	kVAr
Facteur de Puissance attendu	1,00	
Puissance apparente moyenne (Pa)	115	kVAr
Gain en puissance apparente	0%	kVA
Consommation d'énergie apparente (S)	335 039	kVAh/an
Gain en Energie apparente	0%	F CFA
Pénalités (+)/Bonifications (-) dues au COS phi	-2 595 868	F CFA
Pénalités dues aux dépassements de Puissance	54 210	
Pénalités Totales (+)/Economies totales(-)	-2 541 658	F CFA
Montant de la facture après optimisation	37 613 807	F CFA
Prix du kWh après optimisation	102	F CFA

En souscrivant à une nouvelle puissance de 157 kW, 2iE aurait non seulement respecté son contrat avec la SONABEL, mais aussi gagnerait en termes de bonification la somme de **2 541 658 F CFA** par an pour un meilleur facteur de puissance. Le montant de la facture serait réduit par rapport à la situation où la SONABEL imposerait une nouvelle puissance de 164 kW. Soit un bénéfice annuel de **3 005 256 F CFA**.

REPARTITION DE LA FACTURATION APRES OPTIMISATION

La facturation après optimisation se présente comme suit :

⁶ Bapio BAYALA, cours de technologie électrique des machines; Ahmed O.BAGRE, cours d'installation électrique, MS, 2010

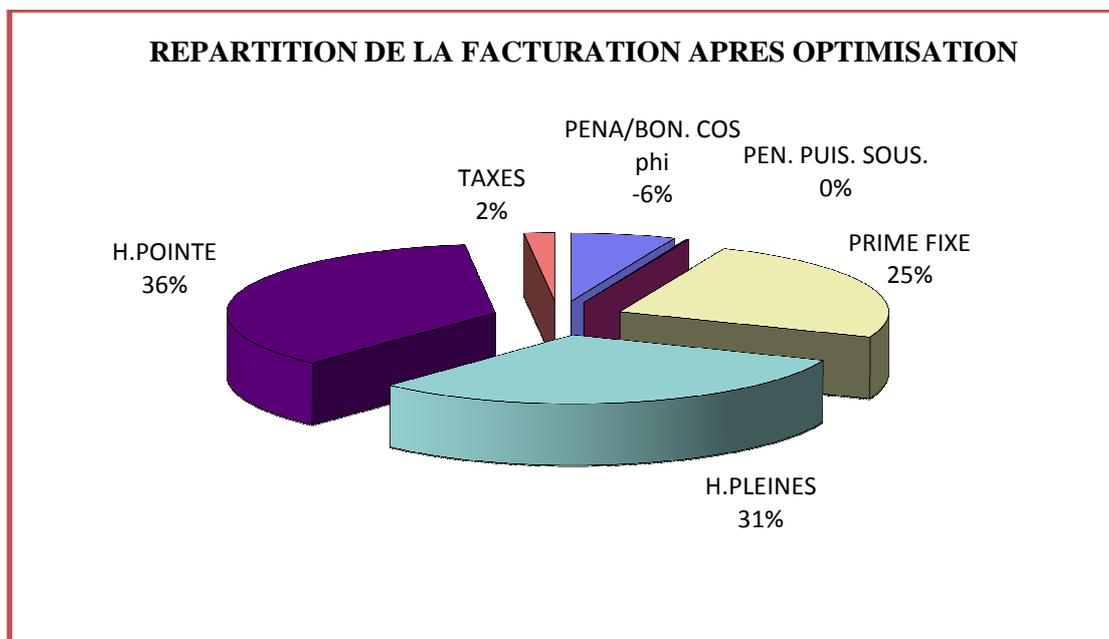


Figure 12 : Répartition de la facturation après optimisation

Nous remarquons dans ce cas que les pénalités dues aux dépassements seraient amoindries de l'ordre de 0,1% du montant de la facture. Des gains seraient réalisés grâce à un bon cos phi (-6% du montant de la facture). Cependant, la prime fixe subirait une hausse de 9% et la consommation aux heures de pointes une baisse de 6%.

ANALYSE FINANCIERE ET ACTION

Sur le tableau 12 on remarque que les gains de **3 005 256 F CFA** sont réalisés avec un réajustement de la puissance souscrite, par une demande adressée à la SONABEL donc par une action à investissement nul.

Tableau 12 : Analyse financière dès la première année

Investissement	0	FCFA
Gain brut annuel	3 005 256	FCFA
Economies réalisables dès la première année	3 005 256	FCFA
Temps de retour de l'investissement	0,00	Mois
Bénéfice actualisé au taux de 10% et sur 10 ans		FCFA
Réajustement de la puissance souscrite	OUI	

CONCLUSION PARTIELLE:

Au terme de cet audit de la facturation , nous sommes parvenus aux résultats ci-après et résumés dans le tableau 13.

↳ La situation actuelle de la facture de K1 est caractérisée par 83% de dépassements non autorisés engendrant des pénalités annuelles de l'ordre de **2 089 170 F CFA** .

↳ Une réduction de la facture du site d' un montant de **3 005 256 F CFA** (soit 8% de la facture) pourrait se réaliser si et seulement si 2iE revoyait sa souscription de puissance à **157 kW**. Ceci l'épargnerait aussi

d' une possible imposition de puissance de 164 kW engendrant une facture annuelle de **40 619 063 F CFA**. Il est important de souligner que cette réduction est à **investissement nul** .

↳ Un gain de **111 200F** est déjà réalisé lors du changement de puissance de transformateur à 400 kVA au mois d'avril 2010.

Tableau 13 : Récapitulatif de l'étude de la facturation de la zone K1 du site

	Situation actuelle	Optimisation	Situation imposée
Puissance moyenne atteinte (kW)	114		
Puissance maximale atteinte (kW)			164
Puissance à souscrire (kW)		157	
Prix du kWh (F CFA)	109	110	121
Pénalités dues aux dépassements de Puissance (F CFA)	2 089 170	54 210	0
Bonifications dues au meilleur facteur de puissance (FCFA)	0	2 634 140	0
Montant de la facture (F CFA)	36 476 322	37 613 807	40 619 063
Gain annuel (F CFA)		3 005 256	

III.2- Analyse de la consommation du groupe électrogène

a)- Données sur le groupe électrogène et comparaison des coûts du kWh

Les données sur la consommation du groupe électrogène de 2005 à 2010 se trouvent en **annexe 5**.

Tableau 14 : Données sur le groupe électrogène



- Consommation horaire : **49,4 l/h**
- consommation spécifique (Cs) :
0,309 g/kWh = 49,4 /160
- 1 litre de gasoil permet de produire
3,24 kWh = 1/0,309
- Coût moyen du gasoil : **575 FCFA/L**
- coût du kWh produit par le GE :
177,5 FCFA = 575/3,24

Photo 3 : Groupe électrogène de secours de K1

Le coût moyen du kWh produit par le groupe électrogène (**177,53 FCFA**) est largement élevé par rapport au coût du kWh de l'heure de pointe (**139 FCFA HPT**) de la société d'électricité du Burkina. L'utilisation du groupe électrogène comme alternative de production continue d'électricité n'est donc pas rentable.

b)- Consommation du groupe électrogène

La consommation du groupe électrogène de secours dépend non seulement du coût du litre de gasoil mais aussi d'autres facteurs comme l'aération (ventilation) du local et de la maintenance préventive qu'il faut assurer régulièrement (nettoyage du radiateur, etc.).

Tableau 15 : Consommation du Groupe électrogène de secours

Année	Cons. en carburant du GE en Litres	Coût du carburant	Production d'énergie du GE en kWh	Consommation		Part dans la consommation de K1 du GE
				SONABEL de K1	GE + SONABEL de K1	
2005	347	199 600	1 124,28	239 081	240 206	0,47%
2006	2 627	1 510 430	8 511,48	250 833	259 344	3,28%
2007	2 089	1 201 170	6 768,36	283 023	289 791	2,34%
2008	2 470	1 420 280	8 002,80	291 688	299 691	2,67%
2009	4 136	2 378 150	13 400,64	314 804	328 205	4,08%
2010	2 639	1 517 180	8 550,36	129 701	138 251	6,18%
Total	14 308	8 226 810	46 358	1 509 130	1 555 488	19,02%

La courbe de la figure 13 montre que le groupe électrogène était moins sollicité en 2006 par rapport aux autres années. *Est-ce l'année ou il y a eu moins de délestage au niveau de la SONABEL ?*

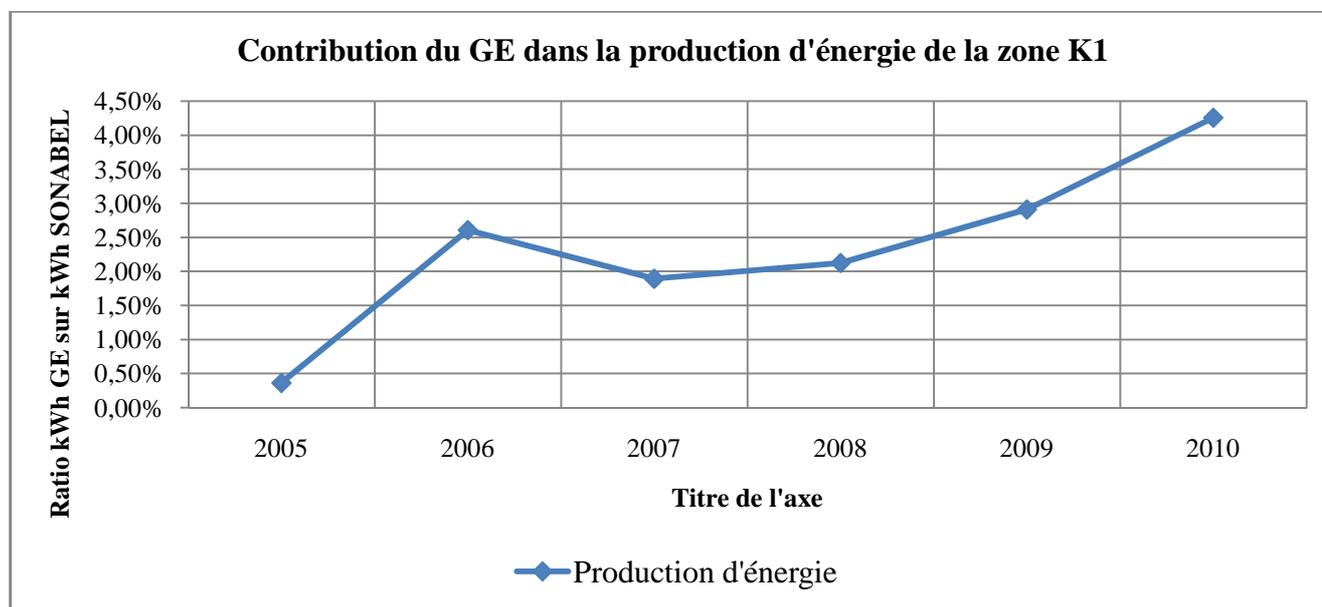


Figure 13 : Taux d'utilisation du GE de 2005 à 2009

c)- Emission de CO₂

La littérature montre que la SONABEL dégage **0,7 kg** de CO₂ (**0,0007 tonnes**) pour un kWh produit. Sur le tableau16 nous avons les quantités annuelles de CO₂ émises par le site de Kamboinsè.

Tableau 16 : Quantité de CO₂ émise par le site et le groupe électrogène

Année	Production du GE (kWh)	Consommation du site +GE (kWh)	CO ₂ émis par le GE (Tonne)	CO ₂ émis par le site + GE (Tonne)
2004	0,0	29 8102,0	0,0	208,7
2005	1 124,3	310 151,6	0,8	217,1
2006	8 511,5	335 013,5	6,0	234,5
2007	6 768,4	379 902,9	4,7	265,9
2008	8 002,8	384 790,8	5,6	269,4
2009	13 400,6	473 777,6	9,4	331,6
2010	8 550,4	209 462,4	6,0	146,6
Total	46 357,9	2 391 200,8	32,5	1 673,8

Le groupe électrogène de secours de la zone K1 est de plus en plus sollicité du fait des nombreux délestages de la SONABEL. Les multiples arrêt/démarrage entraînent une usure précoce et une augmentation de sa consommation.

Pour un meilleur suivi de sa consommation nous suggérons que sa gestion soit confiée au LESEE. Nous suggérons également la construction d'un nouveau local pour le groupe électrogène de la zone K1. Il est aussi nécessaire de prévoir un groupe de secours pour les zones K2 et K3.

CHAPITRE : IV- CARTHOGRAPHIE ENERGETIQUE DES BATIMENTS

La cartographie permet à l'équipe d'efficacité énergétique (EEE) de disposer d'une banque de donnée devant lui permettre de suivre les consommations énergétiques des bâtiments. Une classification mensuelle ou annuelle des bâtiments pourra ainsi être faite. Une enquête auprès des utilisateurs des différents récepteurs permettra aussi en temps opportun de déterminer les temps d'utilisation. Cependant nous recommandons vivement la pose de compteurs horaires d'énergie dans chaque bâtiment et aussi sur les compresseurs des climatiseurs.

IV.1- L'enveloppe des bâtiments

a)- L'enveloppe des bâtiments de K1



Photo 6 : Amphithéâtre en brique cuite



Photo 5 : bâtiment du GEI en BTC



Photo 4 : LESEE en parpaings

La zone K1 du site de Kamboinsè comprend 23 bâtiments fonctionnels. Ils sont utilisés comme bureaux administratifs, logements d'étudiants, salles de classes, restaurant, infirmerie, etc. Divers matériaux sont utilisés dans la construction des bâtiments de cette zone. Il s'agit des briques en parpaings, des BC⁷, et des BTC⁸. La plupart des bâtiments possède des parois ou des ouvertures (portes, fenêtres) vitrées. Les vitres sont soit pleines ou de type *naco*.

Les parois extérieures des bâtiments construits en parpaings ont un revêtement en tyrolienne de couleur ocre sauf pour le bâtiment abritant le LESEE et le LBEB où les murs extérieurs sont peints en couleur blanc sale.

Le bâtiment abritant le LESEE abrite également les laboratoires suivants : le laboratoire électrotechnique (UTER-GEI), le laboratoire chimie des eaux (UTER-GVEA), l'atelier mécanique, et celui abritant le LBEB les laboratoires : hydraulique (UTER-GVEA), génie civil (UTER-ISM), énergie solaire et photovoltaïque, biomasse : banc d'essai et plate forme moteur (UTER-GEI).

La toiture de tous les bâtiments à l'exception du foyer et du bâtiment socio a un faux plafond fait de feuille de contreplaqué peint en couleur blanche. Cependant le faux plafond de l'amphi 1 et des salles de classes BJ sont de couleur sombre (marron).

⁷ BC= Briques Cuites

⁸ BTC = Briques en Terre Compressée

• Les murs intérieurs de presque tous les bâtiments sont peints en couleur blanche. Les murs intérieurs des villas n°1 et 3 et le bâtiment socio sont enduits avec une peinture à huile de couleur respectivement verte et bleue. Aucune peinture n'est appliquée sur les bâtiments abritant : le GEI, l'amphi 1, les salles de classes BJ, et le restaurant.

• Le plancher de tous les bâtiments est revêtu par des carreaux. Exception est cependant faite pour le plancher des villas n°1 et 3, des salles de classes BJ, du bâtiment abritant le GEI qui est revêtu avec du granit fin. Le plancher des bâtiments abritant le LESEE et le foyer a comme revêtement le ciment.

☞ **Classification des bâtiments :**

Nous proposons une classification des bâtiments de la zone K1 en fonction de leur pouvoir isolant c'est-à-dire de la résistance thermique des parois extérieures des bâtiments. Aucun bilan thermique de bâtiments n'est fait car des travaux précédents portant sur l'audit énergétique⁹ dans les bâtiments se sont intéressés à cet aspect.

Il est important de souligner que de tous les bâtiments de la zone K1 seulement deux ont un isolant (air) au niveau des parois. Il s'agit de l'amphi 1 et des salles de classes BD où l'isolant est l'air. L'isolation est réalisée grâce à une construction en double murs. Notons que les (BC) plus petites en dimension sont beaucoup adaptées et utilisées pour les constructions en double murs. Les résistances thermiques¹⁰ des trois types de matériaux utilisés dans la construction des bâtiments sont déterminées dans les tableaux 17 et 18 ci-dessous.

- **R** : Résistance thermique : $R = \frac{e}{\lambda} \frac{m^2.C}{W}$
- **E** : épaisseur..... m
- λ : conductivité thermique $\frac{W}{m.C}$

Tableau 17 : Résistances thermiques des bâtiments avec isolation

Désignation	Bâtiments					
	Amphi1			Salles de classes BD		
	$\lambda(\frac{W}{m.C})$	E(m)	$R(\frac{m^2.C}{W})$	$\lambda(\frac{W}{m.C})$	E(m)	$R(\frac{m^2.C}{W})$
Paroi extérieur	0,84	0,15	5,6	0,84	0,12	7
Isolant	0,0262	0,06	0,44	0,0262	0,11	0,24
Paroi intérieur	0,84	0,15	5,6	0,84	0,12	7
TOTAL			11,64			14,24

Tableau 18 : Résistances des bâtiments sans isolation

	Parpaings	BTC	BC
λ	1,15	1,1	0,84
E	0,2	0,2	0,2
R	0,17	0,18	0,24

⁹ KOKORA Koffi Achille, Diagnostic énergétique du Laboratoire et Atelier de l'ETSHER : 2005

¹⁰ Dr Yao AZOUMAH, cours de transfert thermique, MS, 2009-2010

On constate que pour la même épaisseur (20 cm) c'est la BC qui possède le meilleur pouvoir isolant.

On peut ainsi classer les bâtiments de la zone K1 en trois types de bâtiments :

- ✓ Les bâtiments en BC comprenant les *salles de classes BD, l'amphi 1 et 2, les bureaux de professeur n°1, DESA, les salles de classes BN, les pavillons C, B et A, l'infirmierie, le restaurant.*
- ✓ Les bâtiments en BTC avec une résistance thermique égale à $0,18 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{C}}{\text{W}}$ regroupent les bâtiments suivants : *local du pompage PV, le GEI et les salles de classes BJ*
- ✓ Les bâtiments en parpaings avec une résistance thermique égale à $0,17 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{C}}{\text{W}}$ regroupent les bâtiments suivants : *les villas n°1, 2 et 3 le bâtiment abritant le LESEE, le CDI, le LBEB, les bureaux de professeurs n°2, le SOCIO, le FOYER.*

b)- L'enveloppe des bâtiments de K2

La partie K2 comprend 8 bâtiments :

- Deux (02) bâtiments administratifs dont les bureaux sont climatisés
- Des salles de classes climatisées (salles de classes annexes)
- Cinq (05) bâtiments dont quatre sont utilisés comme logements d'étudiants et un bâtiment est utilisé comme une salle télé, buanderie et comprenant des toilettes.



Photo 7 : Salles de classes annexes

Tous les bâtiments de K2 sont construits avec des briques en parpaings d'une épaisseur de 20 cm. Les parois extérieures ont un revêtement en tyrolienne de couleur ocre comme le montre la Photo 7. La partie intérieure des bâtiments est recouverte avec une peinture de couleur blanche (photo 16 en **annexe 6**). Les planchers comportent des carreaux à l'exception des logements d'étudiants (photo 17 et 19 en **annexe 6**). Les toits de tous les bâtiments comportent un faux plafond fait de feuille de contreplaqué et revêtus d'une peinture de couleur blanche (photo 18 en **annexe 6**). Les matériaux de construction utilisés sont des briques en parpaings de 20 cm d'épaisseur et de conductivité thermique $\lambda=1,15 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{C}}$. Les parois extérieures des bâtiments ont donc la même résistance thermique $R = \frac{e}{\lambda} = 0,17 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{C}}{\text{W}}$.

c)- L'enveloppe des bâtiments de K3

Les bâtiments de la zone K3 du site sont construits avec des BTC d'épaisseur 20 cm (photo 9 : *nouvelle construction*) ou de 30 cm pour les concessions C1, C4, C5, C6 (photo 8 : *ancienne construction héritée du centre féminin de formation du MAHRH*), une partie de la concession C2 ainsi que les bâtiments B7 =

restaurant, B8 et B9 = guérites A et B, B10 = administration, B11 = salle d'étude, B12 = salle de télévision et B13).



Photo 8 : Concession 6 (C6) en BTC de



Photo 9 : Concession 22 (C22) en BTC de 20 cm



Photo 11 : Toiture en voûte nubienne



Photo 10 : Revêtement extérieur

La partie interne des murs des BTC de 30 cm est recouverte d'une peinture de couleur blanche. La partie externe des murs est recouverte d'une peinture ocre ou jaune (photo 8 et 11). Les toitures sont faites de voûtes nubiennes et peintes en couleur blanche (photo 10 et 11). Le plancher de tous les bâtiments sont revêtus avec du ciment à l'exception de celui du restaurant qui est revêtu avec des carreaux.

Les concessions C14 à C29, C3 et une partie de la concession C2 sont des constructions faites avec des BTC d'une épaisseur de 20 cm. Les parties interne et externe des murs n'ont aucun revêtement. Les toitures de tous ses bâtiments sont constituées de tuiles et ont un faux plafond en contreplaqué revêtu avec de la peinture blanche. Les planchers sont recouverts par du ciment. Les ouvertures (portes et fenêtres de certaines de ses concessions sont vitrées. Les photos 20, 21, 22, 23, 24 et 25 de l'**annexe 7** illustrent ses propos.

☞ **Classification des bâtiments de K3:**

Les anciennes constructions en BTC de 30 cm ont un meilleur pouvoir isolant $R = 0,27 \frac{m^2.C}{W}$ contre $R = 0,18 \frac{m^2.C}{W}$ pour les BTC de 20 cm.

Conclusion partielle:

Les bâtiments du site peuvent être regroupés en deux familles suivant leur inertie :

↳ **Les bâtiments en BC et BTC :** L'inertie des locaux construits avec des BC et BTC est plus ou moins grande, par conséquent des économies d'énergie ne peuvent pas être réalisées sur l'enveloppe de ses bâtiments surtout lorsqu'ils ne sont pas climatisés. Lorsqu'ils le sont, et pour réduire l'apport de chaleur extérieure, on peut envisager la plantation d'arbre sur les façades exposés au soleil, la pose de rideaux sur toutes les parois et ouvertures vitrées et éviter l'infiltration d'air à travers le faux plafond. Ainsi des économies d'énergies peuvent se réaliser (**confer 2^{ème} partie du mémoire**).

↳ **Les constructions en parpaings :** L'inertie de ses bâtiments est faible, l'apport de chaleur extérieure est grande, pour la diminuer et réaliser des économies d'énergies surtout lorsque les locaux sont climatisés, on peut en plus des mesures proposées ci-dessus, envisager la pose d'isolant (polyuréthane par exemple).

On peut donc conclure qu'il y a peu de pertes d'énergie dues à l'enveloppe des bâtiments du site car 71% des bâtiments sont en BTC.

IV.2- Consommation énergétique des bâtiments

a)- Bilan de puissance

Une inspection minutieuse des différents bâtiments du site et les travaux d'audits¹¹ réalisés sur le site de Kamboinsè nous a permis d'identifier : la climatisation, l'éclairage et la ventilation comme postes principaux de consommation d'énergie. Le tableau 19 fait le point des puissances installées par poste de consommation.

Tableau 19 : Bilan de puissances des récepteurs

N°	Postes	Nombre	Puissances installées en kW	Surface en m ²
1	Climatisation	118	222,14	2 720,02
2	Eclairage	2709	174,07	13 251,32
3	Ventilation	541	41,19	6 971,28
TOTAL		3 368	437,40	22 942,62

La figure14 donne les pourcentages par poste de la puissance électrique installée. La climatisation est le poste qui a la plus grande puissance électrique installée dans le bâtiment (**51%**) suivi de l'éclairage avec (**40%**) et enfin la ventilation avec (**9%**).

¹¹ Projets intégrateurs des étudiants de Master Spécialisé, promotion 2009-2010 : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE, site de Kamboinsè, avril 2010

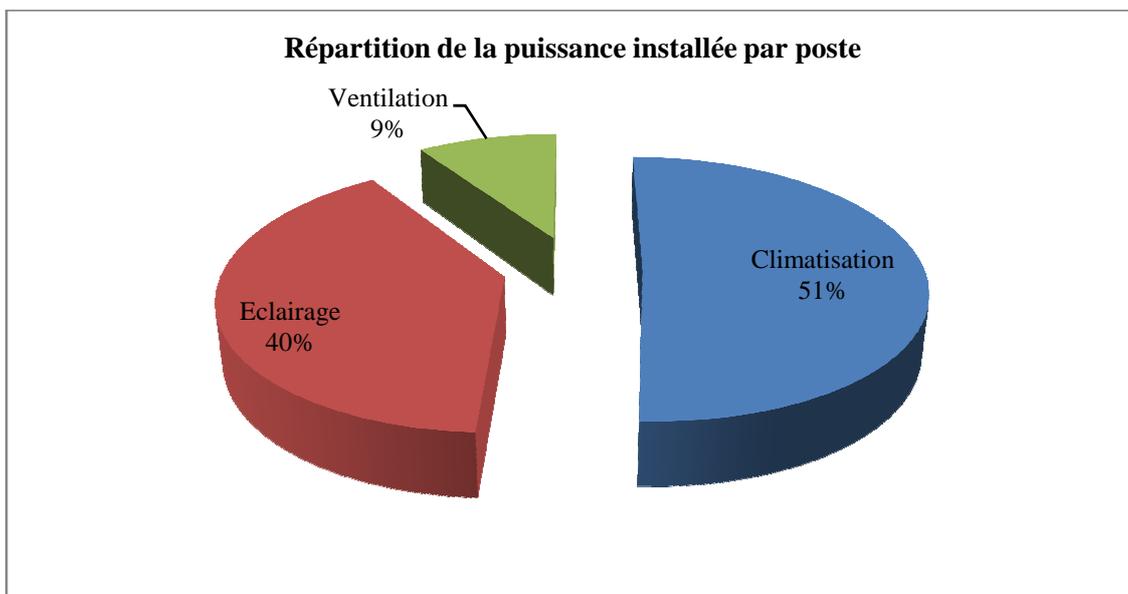


Figure 14 : Répartition de la puissance installée par poste de consommation

b)- Estimation de la consommation énergétique du site

Cette partie de l'étude consiste à estimer les temps d'utilisation des différents récepteurs afin de calculer leur consommation énergétique annuelle (Energie/an en kWh), connaissant leur puissance électrique installée. Pour ce faire nous avons conçu des tableaux Excel permettant de traiter les données par poste de consommation et par bâtiment. Voir en **annexe 8** le bilan énergétique par poste de consommation de la villa n°1 et en **annexe 9** le résumé des bilans énergétiques de tous les bâtiments et récepteurs du site.

Nous proposons dans ce qui suit un audit sur la consommation énergétique par type de bâtiments (administratifs, pédagogiques, logements) et par poste de consommation :

La climatisation

Le site compte au total 118 climatiseurs installés, tous sont presque fonctionnels (un est supposé en panne). La puissance totale installée est de 222,14 kW. Parmi les 118 climatiseurs du site 10 fonctionnent continuellement (24 heures sur 24) pour le refroidissement des serveurs informatiques installés dans des locaux dont la plupart est également utilisée comme bureaux. La puissance totale installée des 10 climatiseurs est de 13,96 kW. La surface totale climatisée du site est estimée à **2 720,02 m²**.

☞ Les bâtiments administratifs du site : (K1+K2)

Pour le besoin des calculs et toujours dans le souci de préserver le confort des usagers nous estimerons que les climatiseurs installés fonctionnent huit (08) heures de temps par jour et cinq (05) jours dans la semaine (du lundi au vendredi) soit vingt (20 = 5*4) jours dans le mois. Nous supposerons également qu'ils fonctionnent en plein temps durant six (06) mois dans l'année (février, mars, avril, mai, juin et juillet) soit cent vingt (120 = 20*6) jours de fonctionnement annuel et neuf cent soixante (960 = 120*8) heures annuelles.

Le tableau 27 de l'**annexe 11** indique la consommation annuelle estimée et les surfaces climatisées.

Les 64 climatiseurs installés dans les bâtiments administratifs d'une puissance électrique de 98,08 kW consomment annuellement 149 210,062 kWh pour climatiser une surface totale de 1 067,78m².

☞ **Les bâtiments pédagogiques du site**

Nous estimerons que les locaux pédagogiques sont occupés en moyenne sept (07) heures par jour et six (06) jours dans la semaine. Le nombre de jours d'enseignement annuel est évalué à environ deux cent dix (210) jours déterminés suivant le tableau 28 de l'**annexe 11** soit au total mille deux cent soixante (1 260 = 210*6) heures d'enseignement annuel.

Nous considérerons également que les climatiseurs fonctionnent pendant cinq (05) heures dans la journée au niveau de chaque bâtiment pédagogique quand bien même les bâtiments sont occupés que durant sept (07) heures. Le tableau 29 de l'**annexe 11** situe les niveaux de consommation annuelle des bâtiments pédagogiques du site.

La consommation annuelle d'énergie des 50 climatiseurs des bâtiments pédagogiques est estimée à 147 629,41 kWh pour une surface de 1 567,67m² à climatiser.

☞ **Les logements**

De tous les logements du site, seule la villa n°1 est climatisée avec un climatiseur fonctionnant continuellement (24 heures sur 24). Ce local est transformé présentement en bureaux.

Un local de serveur informatique est situé à proximité de la concession 28 de la zone K3. La surface du local est de 9 m² et l'énergie annuellement consommée par ce climatiseur est estimée à **10 434,27 kWh**.

La consommation annuelle d'énergie des 4 climatiseurs des logements est estimée à 31 652,41 kWh pour climatiser une surface de 84,57m². (Voir tableau 30 en **annexe11**).

CONCLUSION : La consommation annuelle d'énergie de la climatisation par type de bâtiments est estimée à **328 491,88 kWh/an** (=149 210,06+147 629,41+31 652,41).

Estimation des gains réalisables sur la consommation d'énergie des climatiseurs

Des gains significatifs peuvent être réalisés par l'Equipe d'Efficacité Énergétique (EEE) aux heures de pointes sur les climatiseurs (premier poste énergétivore dans les bâtiments du 2iE). A ces heures, la consommation d'énergie représente 36% de la facture. Pour ce faire, une sensibilisation ou une ronde permettant d'arrêter les climatiseurs (*sans altérer le confort des usagers*) pendant une heure de la journée, par exemple entre 13H-14H permet de réaliser les économies suivantes :

Investissement à coût nul (sensibilisation) :

Coût du kWh HPT : **139 FCFA**

Puissance électrique installée des dix (10) climatiseurs du site pour le refroidissement des locaux des serveurs informatiques : **13,96 kW**

Puissance électrique installée des cent huit (108) autres climatiseurs du site : **208, 18 kW**

Energie consommée en 1heure : **208,18 kWh**

Economie réalisée quotidiennement : **28 937,02 FCFA** = $139 \times 208,18$

Considérant **5** jours de fonctionnement dans la semaine, **4** semaines dans le mois et **3** mois les plus chauds (mars, avril, mai) dans l'année académique, on estimerait l'économie annuelle à **1 736 221, 2 FCFA** = $28\ 937,02 \times 5 \times 4 \times 3$

Avec un investissement :

Pour un salaire mensuel d'un contractuel chargé de la ronde estimé à 52 360¹² FCFA soit **157 080 FCFA/ an**, l'économie serait de **1 579 141,2 FCFA** = $1\ 736\ 221,2 - 157\ 080$

Temps de Retour sur Investissement (TRI) : $1\ 579\ 141,2 / 157\ 080 = 10$ mois.

Gains réalisables par l'utilisation des climatiseurs équipés de la technologie : INVERTER

La littérature montre que la technologie INVERTER¹³ offre un triple avantage : *Un meilleur confort, une longévité accrue des compresseurs et une économie d'énergie de l'ordre de 10 à 15%.*

On dénombre sur le site 10 climatiseurs fonctionnant continuellement (7 au niveau de K1, 2 à K2 et 1 à K3). On suppose que les compresseurs de ses climatiseurs fonctionnent 20 heures d'affilée avec 4 heures d'arrêt sur les 24 heures. Nous supposons également que les 4 heures d'arrêt des compresseurs correspondent à 2 HPT et 2 HPL.

Remplaçons le climatiseur de la villa n°1 de la partie K1

Caractéristique du climatiseur refroidissant la villa n°1 de la partie K1

Marque : LG 18 000 BTU, NI= 1800W, MI=1330W, Puissance frigorifique (CC) = **5,27 kW**, COP : **2,50**

Puissance installée : **2,11kW**, Surfaces climatisées : **48,42 m²**

Energie journalière consommée par le climatiseur LG conventionnel : $2,11 \times 20 = 42,20$ kWh

par un climatiseur

• LG Mono S 18 AT INVERTER DC : ensemble mono - split mural DC pour climatiser une pièce de 30 à 50 m² (*Confer Climatisation ©ENERCO 2006-2010. Licence d'entrepreneur RBO 5595-3990-01*).

• Puissance frigorifique = 5,28 kW

• EER = 3,28

• COP = 3,69

• Poids : 46 kg

• Prix : 1 386,96 euros soit **909 786,12 FCFA** = $1\ 386,96 \times 655,957$

Energie journalière consommée par le climatiseur LG INVERTER : $2,11 \times (1 - 15\%) \times 20 = 35,87$ kWh

Gain journalier en énergie : $42,20 - 35,87 = 6,33$ kWh

Economies annuelles réalisées : $6,33 \times 365 \times (64 \times 15 + 139 \times 5) = 3\ 823\ 794,75$ FCFA

Temps de Retour à l'Investissement (TRI) : $3\ 823\ 794,75 / 909\ 786,12 = 4,20$ ans (environ **49** mois).

¹² Salaire des manœuvres et ouvriers de 2iE, source DRH 2iE

¹³ http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/maison/d/la-climatisation-fraicheur-a-la-demande_880/c3/221/p6/, août 2010

L'éclairage :

On dénombre au total 2 709 lampes (ampoules à incandescence, néon, des lampes économiques,...) sur le Site. Les lampes sont utilisées non seulement pour l'éclairage des bâtiments administratifs, pédagogiques et des logements (dortoirs) mais aussi pour l'éclairage de sécurité et aussi pour éclairer les différents lieux de sport et de loisirs. La puissance totale installée des lampes est estimée à **174,07** kW pour éclairer une surface de **13 251,32** m².

➤ **Les bâtiments administratifs du site :**

Pour la détermination de la consommation dans les bâtiments administratifs liée à l'éclairage, les considérations suivantes ont été faites :

Les lampes sont allumées en moyenne huit (08) heures de temps par jour et ce pendant cinq (05) jours (du lundi au vendredi) à l'exception des locaux comme : les restaurants K1 et K3, le local socio, le foyer, le local de la piscine, le local du groupe électrogène, les salles télé K2 et K3, les locaux des guérites A et B de K3, le local : administration de K3, le magasin. On supposera que les lampes sont allumées pendant vingt ($20 = 5*4$) jours dans le mois et cent quatre vingt ($180=20*9$) jours dans l'année en considérant que l'année académique compte 10 mois (mi-septembre à mi-juin). Le total annuel des heures d'utilisation est de mille quatre cent quarante ($1\ 440 = 180*8$). Le tableau 31 de l'**annexe 12** donne la consommation énergétique annuelle de chaque bâtiment du site.

On constate que c'est le LBEB qui est classé bâtiment énergétivore avec une consommation d'énergie de 8 534,70 kWh/an. La consommation d'énergie annuelle de l'éclairage au niveau des bâtiments administratifs est estimée à 48 554,46 kWh avec une surface à éclairer estimée à 3 967,31m² et une puissance installée des lampes de 29,75 kW.

➤ **Les bâtiments pédagogiques du site**

Nous supposerons que les lampes des locaux pédagogiques sont utilisées en moyenne huit (08) heures par jour et six (06) jours dans la semaine (ce qui donne 24 jours dans le mois $24=6*4$). Le nombre de jours d'enseignement annuel est évalué à environ deux cent dix (210) jours soit au total mille deux cent soixante ($1\ 260 = 210*6$) heures d'enseignement annuel. Le tableau 32 de l'**annexe 12** renseigne sur la consommation annuelle de chaque bâtiment pédagogique.

La consommation annuelle de l'éclairage dans les bâtiments pédagogiques du site est de 39 054,15 kWh pour éclairer une surface de 1 772, 75 m², avec une puissance installée des lampes de 20,54 kW.

➤ **Les logements du site :**

Les trois zones du site comportent des logements. La consommation d'énergie est le fait des 495 étudiants logés dans le site pour l'année 2010. La littérature sur l'audit énergétique¹⁴ des bâtiments de Kamboinsè permet d'estimer l'utilisation des lampes à 7 heures par jour et durant toute la semaine (7 jours). On supposera également que leur utilisation est permanente (tout au long de l'année académique) soit 273 jours malgré l'existence de 28 jours de congés annuels. Le tableau 33 de l'**annexe 12** donne un aperçu sur la consommation d'énergie des différentes chambres du site.

Les 1 413 lampes, d'une puissance électrique de 65, 19 kW installées dans les différentes chambres consomment annuellement 152 918,49 kWh pour une surface à éclairer de 7 511,26 m².

➤ **Les lieux publics, de sport et de loisirs**

L'éclairage de sécurité, des lieux publics, de sport et de loisirs consomme annuellement 12 893,63 kWh. La puissance installée des lampes est de 58,59 kW. (Voir tableau 34 annexe 12).

CONCLUSION : L'éclairage des bâtiments administratifs, pédagogiques, des logements et des espaces publics de sport et de loisirs du site de Kamboinsè consomme annuellement **253 420,73 kWh**.

La ventilation

Deux types de ventilateurs sont utilisés pour le brassage de l'air dans les bureaux, laboratoire et logements d'étudiants. Il s'agit des ventilateurs à pales et des ventilateurs à hélices. La surface totale ventilée est estimée à **6 971,28 m²**. On dénombre au total **541** ventilateurs d'une puissance électrique totale installée de **41,19 kW**.

➤ **Les bâtiments administratifs du site :**

Nous supposons que les ventilateurs tournent 2 heures par jour, pendant 5 jours dans la semaine et 4 semaines dans le mois. Sur les 10 mois que comptent l'année académique (mi-septembre à mi-juin) on estimera à 180 jours le temps annuel de fonctionnement des ventilateurs dans les bureaux administratifs du site. La consommation d'énergie par les ventilateurs est estimée dans le tableau 35 de l'**annexe 13**.

Les 106 ventilateurs des bâtiments administratifs avec 11, 51 kW de puissance installée consomment annuellement 3 991,20 kWh et brassent l'air sur une aire de 1 802,35m².

➤ **Les bâtiments pédagogiques : K1 et K2**

Les suppositions faites ci-dessous pour les bâtiments administratifs sont celles qui seront appliquées aux bâtiments pédagogiques. Consulter le tableau 36 de l'**annexe 13** pour avoir les différentes consommations annuelles des bâtiments pédagogiques.

¹⁴ Projets intégrateurs, étudiants master spécialisé, Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE, site de Kamboinsè, avril 2010

Ainsi on note que les 22 ventilateurs des bâtiments pédagogiques avec 1,609 kW de puissance installée consomment annuellement 579,24 kWh et brassent l'air sur une aire de 272,347m².

➤ Les logements du site :

L'estimation du temps moyen d'utilisation journalière des brasseurs pendant les périodes les plus chaudes de l'année académique est de 10 heures¹⁵. Nous avons retenu les mois se trouvant dans le tableau 37 de l'annexe 13 comme les plus chauds de l'année académique.

Au total 413 ventilateurs avec 28,07 kW de puissance installée consomment annuellement 50 812,13 kWh. La surface totale ventilée des logements est de 4 896,58 m². (Voir tableau 38 en annexe 13).

Conclusion partielle

Le bilan énergétique fait à travers le tableau 20 et la figure 15 montre que la climatisation avec 51% de l'énergie consommée est le premier poste énergétivore dans les bâtiments du 2iE, site de Kamboinsè, suivi de l'éclairage avec (40%) puis vient la ventilation avec (9%). Cet état de fait corrobore avec les informations issues de la littérature situant la climatisation comme premier poste énergétivore dans le bâtiment suivi de l'éclairage et de la ventilation.

Tableau 20 : Bilan de puissance et de la consommation

N°	Postes	Nombre	Puissances installées en kW	Energie annuelle en kWh	Surface en m ²
1	Climatisation	118	222,14	328 491,88	2 720,02
2	Eclairage	2709	174,07	253 421,73	13 251,32
3	Ventilation	541	41,19	55 382,57	6 971,28
TOTAL		3368	437,40	637 296,18	22 942,62

¹⁵ Projets intégrateurs, master spécialisé, Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE, site de Kamboinsè, avril 2010

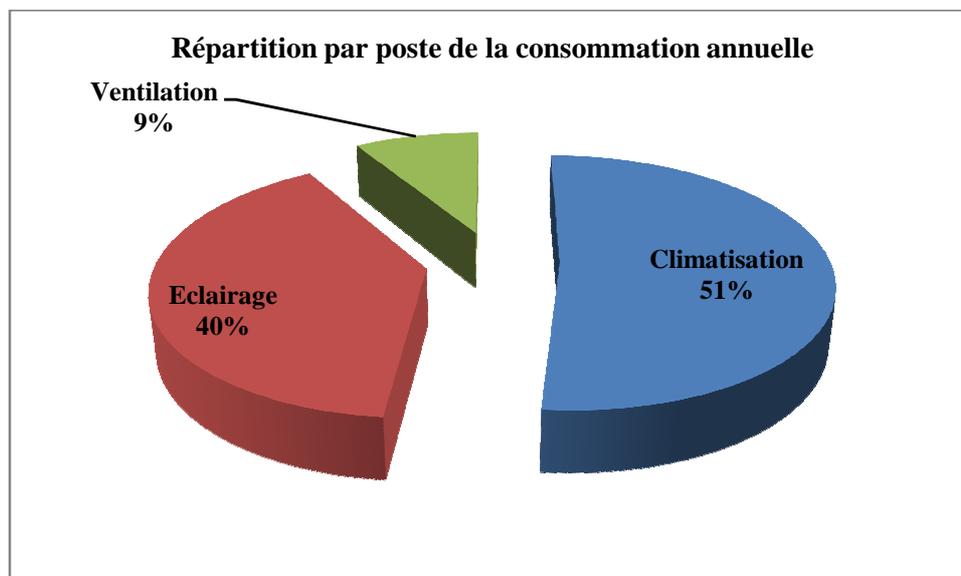


Figure 15 : Répartition annuelle par poste de la consommation d'énergie

IV.3- Analyse des corrélations

a) Ratio : CO₂ émis/étudiants/an

Tableau 21 : Ratio : Quantité de CO₂ émis par étudiants et par an

Année	CO ₂ émis par le GE (Tonne)	CO ₂ émis par le site+GE en (Tonne)	Nombre d'étudiants	Ratio : CO ₂ (GE)/étudiants/an du GE	Ratio : CO ₂ (site+GE)/étudiants/an
2004	0,0	208,7	0	-	-
2005	0,8	217,1	89	0,01	2,44
2006	6,0	234,5	130	0,05	1,80
2007	4,7	265,9	220	0,02	1,21
2008	5,6	269,4	302	0,02	0,89
2009	9,4	331,6	433	0,02	0,77
2010	6,0	146,6	560	0,01	0,26
Total	32,5	1673,8	1734	0,02	0,97

On constate que les ratios diminuent lorsque l'effectif des étudiants augmente, en d'autres termes la quantité de CO₂ émise par étudiant diminue si l'effectif des étudiants augmente.

b) Ratio : consommation spécifique (kWh /étudiants/an)

Tableau 22 : Consommation spécifique (kWh) par étudiant et par an

Année	Consommation du site en kWh	production du GE en kWh	TOTAL en kWh	Nombre d'étudiants	Ratio : kWh /étudiants/an
2004	2981 02	0	298 102	0	-
2005	309 027	1 124	310 152	89	3 485
2006	326 502	8 511	335 013	130	2 577
2007	373 135	6 768	379 903	220	1 727
2008	376 788	8 003	384 791	302	1 274
2009	460 377	13 401	473 778	433	1 094
2010	200 912	8 550	209 462	560	374
Total	2 344 843	46 358	2 391 201	1 734	1 379

La consommation spécifique baisse au fur et à mesure que l'effectif des étudiants augmente.

c) Ratio : consommation spécifique : Coût FCFA /étudiants/ an

Tableau 23 : Consommation spécifique (coût) par étudiant et par an

Année	Coût de la consommation du site en FCFA	Coût carburant du GE en FCFA	TOTAL en FCFA	Nombre d'étudiants	Ratio Coût /étudiants/an
2004	10 594 934	0	10 594 934	0	-
2005	32 347 310	199 600	32 546 910	89	365 696
2006	34 294 442	1 510 430	35 804 872	130	275 422
2007	44 406 825	1 201 170	45 607 995	220	207 309
2008	45 039 171	1 420 280	46 459 451	302	153 839
2009	60 663 953	2 378 150	63 042 103	433	145 594
2010	23 423 389	1 517 180	24 940 569	560	44 537
Total	250 770 025	8 226 810	258 996 835	1 734	149 364

Le coût de la consommation annuelle d'énergie par étudiant baisse au fil des ans et avec l'augmentation de l'effectif des étudiants.

d) Ratio : consommation spécifique : kWh/m²/an

A partir du bilan de la consommation d'énergie nous avons pu établir le ratio spécifique kWh/m²/an par poste de consommation.

Tableau 24 : Consommation spécifique (kWh) par mètre carré et par an

N°	Postes	Energie annuelle en kWh	Surface en m ²	Ratio : kWh/m ² /an
1	Climatisation	328 491,88	2 720,02	120,8
2	Eclairage	253 421,73	13 251,32	19,1
3	Ventilation	55 382,57	6 971,28	7,9
TOTAL		637 296,18	22 942,62	27,8

Les ratios kWh/m²/an de la climatisation et de l'éclairage sont largement au dessus des ratios standards : *Consommation spécifique moyenne*¹⁶ *recommandées*. Les ratios de consommation spécifique moyenne sont pour les écoles de **100** et **11**, respectivement pour la climatisation et pour l'éclairage.

Il y a un surdimensionnement des puissances installées par rapport aux surfaces à climatiser ou à éclairer. Ceci induit des surcoûts de consommation.

e) **Ratio par postes de consommation du site : climatisation, éclairage, ventilation**

❖ **La climatisation**

Ratio : consommation spécifique (kWh/an/étudiants)

Pour l'année académique 2009-2010, le ratio consommation énergétique des bâtiments pédagogiques par an et par étudiant (kWh/an/étudiant) est de **320,93**. En rappel le site Kamboinsè a accueilli 460 étudiants au cours de cette année.

Ratio : consommation spécifique : kWh/m²/an

Le tableau 39 de l'**annexe 14** donne les ratios de tous les locaux climatisés du site. Le ratio kWh/m²/an calculé est comparé à un ratio de référence. Cette procédure permet de savoir si les puissances des climatiseurs sont en excès ou pas, autrement dit si des économies peuvent être réalisées par un redimensionnement des puissances installées des climatiseurs. Les ratios de références sont tirés du document : [EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN REGION TROPICALE, tom2](#).

Ratio : puissance frigorifique spécifique : (Wf/m²)

Le ratio Wf/m² calculé est également comparé à un ratio standard et permet d'apprécier la puissance installée des climatiseurs. Les ratios standards¹⁷ du tableau 40 de l'**annexe 15** sont ceux d'énergie plus.

❖ **L'éclairage**

Ratio : puissance spécifique : We/m²*100lux

« Le ratio W/m²/100 lux est de **2,5** pour les locaux de type bureaux et de 3 W/m²/100 lux à 8,5 W/m²/100 lux pour des locaux de type couloir¹⁸. Si la valeur du ratio est nettement supérieure (proche du double) aux valeurs ci-dessus (2,5 à 3 W/m²/100 lux) pour des temps d'occupation de 2000 h/an l'installation d'éclairage ne permet pas de réaliser des économies d'énergie » (**confer Energie Plus**). Le tableau 41 de l'**annexe 16** fournit les ratios pour les bâtiments administratifs et pédagogiques du site.

¹⁶ [EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN REGION TROPICALE](#) , MM. Jacques CLAESSENS, et Jean-Pierre NDOUTOUM à l'IEPF, tom2, exploitation des installations existantes.

¹⁷ www.energie-plus.com, ratios sur la climatisation

¹⁸ www.energie-plus.com, ratios sur l'éclairage

Conclusion partielle

Les ratios sont constituent des outils et des indicateurs permettant à l'EEE d'apprécier et d'ajuster le niveau de consommation d'un récepteur ou l'ensemble de la consommation d'énergie par poste (climatisation, éclairage, ventilation) et par type de bâtiments (salles de classes, amphithéâtre, dortoirs, bureaux, etc.)

RECOMMANDATIONS

Au terme de cet audit, nous formulons les recommandons suivantes :

- ✓ L'installation de compteurs d'énergie au niveau de chaque bâtiment et de chaque compresseur de climatiseur
- ✓ L'utilisation de climatiseurs moins énergétivores lors des remplacements avec une bonne durée de vie tels que les climatiseurs équipés de la technologie INVERTER qui consomment 10 à 15% moins d'énergie.
- ✓ La suppression des réglettes ne portant pas d'ampoules afin d'éviter la consommation du ballast.
- ✓ La révision de l'installation électrique du site pour disposer d'un réseau électrique sûr et sécurisé.
- ✓ La réalisation d'un audit dans le transport du personnel et étudiants de la fondation2iE
- ✓ Confier la gestion du groupe électrogène au LESEE
- ✓ L'utilisation d'un transformateur unique pour les zones K2 et K3 de même qu'un seul système de comptage.

CONCLUSION

Au terme de l'étude nous concluons que des économies d'énergie sont réalisées et peuvent encore l'être. Les objectifs fixés sont partiellement atteints. En effet :

- ✓ à court terme la réduction annuelle de la facture d'électricité, serait de **13%**.
- ✓ Pour le long terme la réduction annuelle serait de **18%**.
- ✓ Les **plans architecturaux** de tous les bâtiments du site sont disponibles.
- ✓ L'EEE du 2iE dispose des **ratios** pour le suivi de la consommation énergétique par poste et par type de bâtiment.

BIBLIOGRAPHIE

1. Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE, site de Kamboinsè, groupe d'étudiants en master spécialisé, Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables, avril 2010.
2. Contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique au 2iE, BOUHAN Gueï Rodrigue Hermann Fidèle, année académique 2008-2009.
3. Diagnostic énergétique du laboratoire et atelier de l'ETSHER, KOKORA KOFFI Achille, 2005.
4. Mémotech d'électrotechnique, R. BOUGEOIS, D. COGNEIL ^{4^{ème}} édition- Collection A-CAPELIER. Edition CATEILLA 1992.
5. [EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN REGION TROPICALE](#), MM. Jacques CLAESSENS, Chercheur à l'Université Catholique de Louvain, et Jean-Pierre NDOUTOUM à l'IEPF
6. Logiciel énergie plus

ANNEXES

ANNEXE1 : Transformateurs de puissances des zones K1, K2 et K3



Photo 13 : Transformateur de 400 kVA de la zone K1 du site



Photo 12 : Transformateur de 100 kVA de la zone K2



Photo 14 : Transformateur de 100 kVA de la zone K3

ANNEXE 2 : Résumé des factures d'électricité de K1, K2 et K3 de 2003-2010

K1						
période	H pleines (kWh)	H pointes (kWh)	Nbre Heures	H réactif (kVArh)	MONTANT (FCFA)	Total : K1 kWh
avr-10	22 675	12 114	617	5 334	3 888 114	34 789
mars-10	27 887	17 387	750	8 117	4 967 416	45 274
févr-10	16 588	8 967	723	3 174	2 829 951	25 555
janv-10	15 536	8 547	762	1 731	2 635 802	24 083
déc-09	14 601	8 728	569	3 401	2 734 652	23 329
nov-09	20 104	12 132	636	5 566	3 652 253	32 236
oct-09	21 626	12 203	924	3 669	3 605 103	33 829
sept-09	6 611	2 783	1 290	1	1 266 530	9 394
août-09	7 628	3 339	673	0	1 379 792	10 967
juil-09	16 551	8 334	814	1 620	2 633 299	24 885
juin-09	21 443	10 289	683	5 339	3 548 494	31 732
mai-09	24 668	13 165	706	7 712	9 120 177	37 833
avr-09	25 209	13 597	741	8 577	4 202 091	38 806
mars-09	17 335	10 097	586	6 544	3 187 802	27 432
févr-09	13 789	6 945	645	3 780	2 352 676	20 734
janv-09	15 612	8 015	787	3 967	2 557 199	23 627
déc-08	16 147	9 509	694	5 809	2 836 748	25 656
nov-08	19 332	11 633	694	4 678	3 357 614	30 965
oct-08	15 600	8 433	786	0	2 637 456	24 033
sept-08	5 751	2 343	667	0	1 114 935	8 094
août-08	7 964	3 096	806	5 000	1 437 213	11 060
juil-08	16 357	7 635	600	2 262	2 597 758	23 992
juin-08	23 320	11 010	759	6 460	3 511 121	34 330
mai-08	21 039	11 017	656	6 372	3 373 189	32 056
avr-08	20 828	10 379	740	5 280	3 226 505	31 207
mars-08	16 547	8 561	722	4 038	2 731 797	25 108
févr-08	14 988	6 911	661	4 149	2 266 732	21 899
janv-08	15 781	7 507	95	3 455	2 331 592	23 288
déc-07	12 723	6 957	563	3 603	2 205 786	19 680
nov-07	19 340	10 258	834	3 789	3 028 104	29 598
oct-07	7 993	3 594	642	133	1 302 096	11 587
sept-07	6 142	2 395	683	0	982 533	8 537
août-07	7 046	2 670	780	0	1 075 672	9 716
juil-07	17 188	8 490	810	2 616	2 653 794	25 678
juin-07	22 024	10 631	656	6 161	3 362 855	32 655
mai-07	18 426	9 462	545	5 277	2 955 829	27 888
avr-07	27 465	14 230	828	7 528	4 223 826	41 695
mars-07	16 464	8 742	779	3 228	2 617 868	25 206
févr-07	13 224	7 094	597	4 145	2 245 880	20 318

Thème : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE

janv-07	20 128	10 336	707	5 464	3 162 667	30 465
déc-06	18 624	9 308	599	4 607	2 772 639	27 932
nov-06	18 304	9 264	752	4 933	2 742 011	27 568
oct-06	7 848	3 138	727	83	1 182 664	10 986
sept-06	6 854	2 253	858	0	1 012 020	9 107
août-06	4 071	1 332	405	0	609 084	5 403
juil-06	11 860	5 942	638	1 433	1 648 400	17 802
juin-06	18 656	9 107	704	4 239	2 451 538	27 763
mai-06	19 628	10 038	612	5 970	2 674 189	29 666
avr-06	19 115	10 717	742	5 115	2 194 471	29 832
mars-06	19 724	7 184	758	2 758	1 905 651	26 908
févr-06	11 905	5 560	666	1 749	1 518 769	17 465
janv-06	14 001	6 400	806	1 338	1 720 271	20 401
déc-05	12 393	6 104	663	214q	1 613 500	18 497
nov-05	12 604	6 829	667	2 244	1 824 357	19 433
oct-05	8 074	9 617	666	873	1 286 852	17 691
sept-05	3 585	1 149	782	0	708 766	4 734
août-05	4 616	1 412	476	0	782 902	6 028
juil-05	15 306	8 133	888	1 974	2 131 576	23 439
juin-05	9 986	5 773	471	2 027	1 595 688	15 759
mai-05	19 042	10 647	726	5 601	2 713 465	29 689
avr-05	18 650	11 209	746	5 862	2 794 199	29 859
mars-05	16 989	9 636	660	5 517	2 519 472	26 625
févr-05	13 533	7 093	662	3 140	1 882 302	20 626
janv-05	17 230	9 471	678	214q	2 539 481	26 701
déc-04	9 241	5 182	503	1 803	1 913 799	14 423
nov-04	14 838	8 909	735	3 755	2 262 955	23 747
oct-04	10 183	6 215	759	1 306	1 647 696	16 398
sept-04	3 209	1 340	669	5	521 451	4 549
août-04	3 770	1 351	1 559	0	752 019	5 121
juil-04	13 125	7 610	718	2 547	1 841 695	20 735
juin-04	17 312	9 946	740	5 072	2 361 158	27 258
mai-04	17 713	10 712	621	6 394	12 973 606	28 425
avr-04	20 978	12 684	764	7 335	2 932 159	33 662
mars-04	15 900	9 384	816	4 485	2 151 922	25 284
févr-04	12 733	6 748	692	3 359	1 608 212	19 481
janv-04	10 730	5 957	577	3 525	1 369 525	16 687
déc-03	13 446	7 957	765	3 684	1 795 816	21 403
nov-03	15 533	9 885	816	4 217	2 194 857	25 418
oct-03	8 519	5 163	1 218	1 207	1 287 749	13 682
sept-03	3 415	1 876	588	19	584 846	5 291
août-03	3 942	1 202	978	0	549 614	5 144
juil-03	9 247	5 690	678	2 289	1 465 458	14 937
juin-03	11 629	5 914	643	2 593	1 553 088	17 543
mai-03	21 488	11 686	782	5 119	2 854 844	33 174

Thème : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE

K2						
période	H pleines (kWh)	H pointes (kWh)	Nbre Heures	H réactif (kVArh)	MONTANT (FCFA)	Total : K2 kWh
avr-10	7 613	3 007	618	8 715	1 356 948	10 620
mars-10	5 632	1 988	751	7 231	988 536	7 620
févr-10	5 219	1 758	655	7 586	942 932	6 977
janv-10	6 000	2 426	832	8 400	1 140 695	8 426
déc-09	7 578	2 861	740	8 314	1 327 039	10 439
nov-09	4 290	1 469	720	5 400	872 024	5 759
oct-09	2 834	962	663	3 823	665 935	3 796
sept-09	2 795	811	653	4 237	662 716	3 606
août-09	2 522	929	673	3 444	633 037	3 451
juil-09	3 187	1 147	814	3 790	716 281	4 334
juin-09	5 209	1 942	671	8 967	1 123 222	7 151
mai-09	3 371	1 319	720	730	688 765	4 690
avr-09	3 950	1 573	741	5 080	858 409	5 523
mars-09	2 791	1 064	587	4 176	690 050	3 855
févr-09	2 776	912	645	4 793	701 726	3 688
janv-09	2 834	962	788	4 885	725 296	3 796
déc-08	3 045	1 070	695	5 183	753 546	4 115
nov-08	2 839	902	696	4 559	685 126	3 741
oct-08	1 830	537	787	3 285	551 916	2 367
sept-08	1 211	286	667	2 590	468 705	1 497
août-08	1 656	376	947	3 166	531 565	2 032
juil-08	2 738	826	557	4 302	649 688	3 564
juin-08	2 696	765	755	4 243	649 100	3 461
mai-08	2 588	726	650	3 964	620 820	3 314
avr-08	2 558	706	676	3 927	617 626	3 264
mars-08	2 318	706	308	4 011	590 362	3 024
févr-08	2 334	696	0	4 336	586 799	3 030
janv-08	4 751	283	0	5 662	671 641	5 034
déc-07	2 046	1 504	720	6 482	853 131	3 550
nov-07	4 081	1 414	720	6 381	883 195	5 495
oct-07	0	0	684	0	304 408	0
sept-07	2 814	863	684	4 915	693 032	3 677
août-07	3 376	1 082	2 670	5 334	892 285	4 458
juil-07	4 181	1 323	811	5 898	858 049	5 504
juin-07	4 354	1 344	652	6 061	863 802	5 698
mai-07	1 041	331	427	1 476	385 616	1 372
avr-07	5 150	1 657	879	7 264	1 006 140	6 807
mars-07	4 254	1 423	745	6 487	895 921	5 677
févr-07	3 453	1 184	597	5 426	778 467	4 637
janv-07	3 676	1 361	667	5 945	838 842	5 037
déc-06	4 938	1 685	896	7 664	1 013 317	6 623
nov-06	3 888	1 204	752	5 505	803 995	5 092
oct-06	2 650	771	727	9072 1	635 753	3 421

Thème : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE

sept-06	2 269	731	858	2818 1	567 399	3 000
août-06	1 284	367	497 1	1594 1	345 793	1 651
juil-06	1 773	973	638 1	2219 1	406 436	2 746
juin-06	2 001	527	1316 1	2562 1	973 553	2 528
mai-06	1 793	495	612	2 295	411 583	2 288
avr-06	2 244	621	742	2 780	467 581	2 865
mars-06	2 463	726	757	3 098	500 580	3 189
févr-06	2 338	750	666	2 879	486 015	3 088
janv-06	3 070	916	806	3 840	575 039	3 986
déc-05	2 086	700	663	2 633	461 926	2 786
nov-05	2 245	852	667	2 611	484 120	3 097
oct-05	2 244	855	667	2 634	485 933	3 099
sept-05	2 637	976	782	2 943	531 289	3 613
août-05	2 610	920	476	2 956	506 658	3 530
juil-05	2 869	965	888	3 382	561 830	3 834
juin-05	1 563	510	471	1 840	377 615	2 073
mai-05	2 613	922	726	2 991	523 630	3 535
avr-05	2 484	838	746	3 043	512 554	3 322
mars-05	2 326	833	567	2 648	479 556	3 159
févr-05	2 168	767	662	2 540	467 818	2 935
janv-05	3 173	1 089	1 518	4 056	651 057	4 262
déc-04	1 498	595	502	1 977	395 409	2 093
nov-04	2 412	982	735	2 880	519 606	3 394
oct-04	2 547	1 055	759	3 027	540 210	3 602
sept-04	1 919	728	668	2 318	405 748	2 647
août-04	2 327	898	1 559	2 951	509 579	3 225
juil-04	2 079	750	717	2 692	430 449	2 829
juin-04	2 040	692	740	2 729	425 870	2 732
mai-04	1 783	629	621	2 365	392 230	2 412
avr-04	2 098	681	764	2 746	427 822	2 779
mars-04	2 308	664	816	2 864	438 378	2 972
févr-04	1 851	554	694	2 400	390 093	2 405
janv-04	1 565	467	577	1 986	351 121	2 032
déc-03	2 148	711	765	2 843	435 774	2 859
nov-03	2 316	832	816	3 024	463 509	3 148
oct-03	1 755	604	648	2 254	385 252	2 359
sept-03	6 294	2 232	600	8 818	931 307	8 526
août-03	0		0	0	128 349	0
juil-03	0	0	0	0	128 349	0
juin-03	1 895	637	643	2 733	411 057	2 532
mai-03	5 104	1 708	8 036	7 393	1 164 184	6 812
avr-03	0	0	0	0	128 349	0
mars-03	1 051	381	443	2	259 904	1 432
févr-03	2 240	849	809	8	401 108	3 089
janv-03	1 946	747	719	17	367 714	2 693

K3						
période	H pleines (kWh)	H pointes (kWh)	Nbre Heures	H réactif (kVArh)	MONTANT (FCFA)	Total : K3 kWh
avr-10	5 393	2 200	611	6 087	998 772	7 593
mars-10	8 741	2 798	751	7 064	1 374 047	11 539
févr-10	6 730	2 240	723	5 687	1 113 780	8 970
janv-10	6 978	2 488	763	6 560	1 186 396	9 466
déc-09	5 611	2 152	570	5 457	1 016 851	7 763
nov-09	6 869	2 538	633	6 095	1 178 838	9 407
oct-09	8 599	2 937	921	6 957	1 379 917	11 536
sept-09	2 147	430	645	2 163	368 123	2 577
août-09	1 698	366	672	1 994	322 970	2 064
juil-09	4 408	1 493	814	4 698	734 734	5 901
juin-09	6 201	2 053	683	6 410	999 615	8 254
mai-09	6 378	2 234	706	7 354	1 045 146	8 612
avr-09	6 872	2 413	741	7 968	1 115 567	9 285
mars-09	4 891	1 641	586	5 756	823 531	6 532
févr-09	4 381	1 569	645	5 569	796 649	5 950
janv-09	5 584	2 020	787	7 404	977 444	7 604
déc-08	5 125	1 936	694	6 637	888 205	7 061
nov-08	5 352	1 945	696	6 167	891 379	7 297
oct-08	3 739	1 337	786	4 434	646 946	5 076
sept-08	1 297	336	667	2 306	283 740	1 633
août-08	1 992	496	946	3 244	368 165	2 488
juil-08	2 005	559	556	2 094	372 980	2 564
juin-08	2 889	911	755	3 042	504 065	3 800
mai-08	2 740	912	650	2 826	490 974	3 652
avr-08	3 093	963	738	3 055	527 114	4 056
mars-08	2 767	797	722	3 053	474 792	3 564
févr-08	2 101	641	662	2 603	396 200	2 742
janv-08	2 107	617	839	2 573	395 057	2 724
déc-07	1 523	390	561	1 822	307 436	1 913
nov-07	2 365	655	833	2 296	412 437	3 020
oct-07	1 419	325	639	2 247	289 751	1 744
sept-07	1 278	234	683	2 370	271 577	1 512
août-07	1 769	359	780	3 014	333 162	2 128
juil-07	2 321	550	810	3 226	400 142	2 871
juin-07	2 627	661	649	3 498	440 894	3 288
mai-07	2 949	792	544	4 077	503 637	3 741
avr-07	4 456	1 177	828	5 974	688 388	5 633
mars-07	3 991	1 037	778	5 959	648 015	5 028
févr-07	2 980	778	597	4 742	527 005	3 758
janv-07	2 852	712	667	4 871	514 583	3 564
déc-06	3 528	904	899	5 741	590 448	4 432
nov-06	3 476	1 032	752	5 186	591 725	4 508

Thème : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE

oct-06	1 727	570	726	3111 1	366 001	2 297
sept-06	2 201	751	858	3 166	423 430	2 952
août-06	1 233	390	497	1 692	299 267	1 623
juil-06	1 996	601	638	2 559	328 067	2 597
juin-06	2 135	650	704	2 813	345 755	2 785
mai-06	1 780	563	612	2 436	307 631	2 343
avr-06	1 925	540	742	2 441	315 943	2 465
mars-06	2 404	682	757	2 697	369 300	3 086
févr-06	2 123	651	666	2 386	344 489	2 774
janv-06	2 558	772	806	2 956	393 635	3 330
déc-05	1 768	550	663	1 993	302 756	2 318
nov-05	1 407	483	667	1 629	264 680	1 890
oct-05	1 376	429	667	1 637	255 770	1 805
sept-05	1 622	511	782	1 777	282 221	2 133
août-05	2 110	667	476	2 250	342 999	2 777
juil-05	2 397	865	888	2 964	398 120	3 262
juin-05	1 169	437	471	1 569	245 964	1 606
mai-05	1 944	704	708	2 392	341 096	2 648
avr-05	2 124	720	764	2 611	356 419	2 844
mars-05	2 087	703	661	2 239	347 309	2 790
févr-05	2 035	635	662	1 959	328 979	2 670
janv-05	2 967	991	1 518	3 137	444 451	3 958
déc-04	1 151	375	502	1 275	230 342	1 526
nov-04	2 181	697	735	2 485	355 567	2 878
oct-04	1 894	622	759	2 433	326 393	2 516
sept-04	1 451	441	668	1 881	242 405	1 892
août-04	2 164	650	1 559	2 706	309 438	2 814
juil-04	1 864	568	718	2 466	286 538	2 432
juin-04	1 611	513	740	2 240	264 063	2 124
mai-04	1 615	520	621	2 311	263 540	2 135
avr-04	1 953	614	764	2 551	298 866	2 567
mars-04	2 342	761	816	2 966	343 107	3 103
févr-04	1 927	602	692	2 417	294 632	2 529
janv-04	1 972	722	577	2 767	311 833	2 694
déc-03	1 523	440	720	1 806	243 692	1 963
nov-03	1 711	529	816	2 233	271 257	2 240
oct-03	1 246	332	1 218	1 592	206 759	1 578
sept-03	1 087	316	452	1 312	200 062	1 403
août-03	2 049	583	977	2 090	291 108	2 632
juil-03	1 808	570	691	2 526	283 067	2 378
juin-03	1 775	522	643	2 670	273 840	2 297
mai-03	2 029	606	782	3 337	306,546	2 635
avr-03	1 966	570	664	2 907	292 246	2 536
mars-03	1 974	577	631	2 734	293 205	2 551
févr-03	2 644	846	809	3 665	372 806	3 490
janv-03	2 021	689	719	13 186	313 388	2 710

ANNEXE 3 : Tarification de la SONABEL en vigueur depuis le 26 juillet 2006

Arrêté n°...../MMCE/MCPEA/MFB du 26 juillet 2006

TENSION		Catégories et tranches tarifaires	Tarifs du kWh (F CFA)			Redevance (F CFA)	PRIME FIXE (F CFA)	Avance sur Consommation (F CFA)	Frais ETS police et de pose (F CFA)	Timbres (F CFA)	Liasses (F CFA)	TOTAL Abonnement (F CFA)
B A S E T E N S I O N B T		I) USAGE DOMESTIQUE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION										
	MONOPHASE 2 FILS	Tarif type A (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 100 kWh	Tranche 3 plus de 100 kWh	1 132	-	3 375	691	400	108	4 574
		1 à 3A	75	128	138							
		Tarif type B (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
		5A	96	102	109	457	1 774	8 175	691	400	108	9 374
		10A	96	102	109	457	3 548	16 350	691	400	108	17 549
		15A	96	102	109	457	5 322	24 525	691	400	108	25 724
		20A	96	102	109	764	7 097	32 700	691	400	108	33 899
	25A	96	102	109	764	8 870	40 875	691	400	108	42 074	
	30A	96	102	109	764	10 644	49 050	691	400	108	50 249	
	TRIPHASE 4FILS	II) USAGE DOMESTIQUE ET FORCE MOTRICE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
		Tarif type C (triphasé)										
		10A	96	108	114	1 226	10 613	51 300	1 380	400	108	53 188
		15A	96	108	114	1 226	15 918	76 950	1 380	400	108	78 838
		20A	96	108	114	1 373	21 224	102 600	1 380	400	108	104 488
	25A	96	108	114	1 373	26 531	128 250	1 380	400	108	130 138	
	30A	96	108	114	1 373	31 837	153 900	1 380	400	108	155 788	
	DOUBLE TARIF	III) B.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Heures de pointe	Heures pleines								
Tarif type D1 Non industriel			165	88	8 538	34 582 par kW par an	PS X 100 X 165	1 380	4 000	108		
Tarif type D2 Industriel			140	75	7 115	28 818 par kW par an	PS X 100 X 140	1 380	4 000	108		
MOYENNE TENSION (MT)	IV) M.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Heures de pointe	Heures pleines									
	Tarif type E1 Non industriel		139	64	8 538	70 826 par kW par an	PS X 100 X 139	1 380	4 000	108		
	Tarif type E2 Industriel		118	54	7 115	64 387 par kW par an	PS X 100 X 118	1 380	4 000	108		
ECLAIRAGE PUBLIC Tarif type F		TARIF UNIQUE		5A - 15A mono 20A et plus mono	381 637	- PS = Puissance Souscrite - Pour la BT double tarif et la MT : Pénalisation si Cos phi < 0,8 et Bonification si Cos phi > 0,9 - Heures de pointe : de 10h à 14 h et de 16h à 19h - Heures pleines : de 0h à 10h, de 14h à 18h et de 19h à 0h - L'administration est dispensée du versement de l'avance sur consommation						
122		20A et plus triphasé		1 022 1 144								

ANNEXE 4 : OPTIMISATION DE LA FACTURE

**FACTURE
OPTIMISEE**

NOM DE L'ABONNE: 2iE Kamboinsé

NATURE DE L'ABONNEMENT MT
PUISSANCE DES TRANSFORMATEURS 160 kVA
PUISSANCE A SOUSCRIRE 157 kW
PUISSANCE CONDENSATEURS 5 kVAr
TARIF HEURES PLEINES 64 FCFA/kWh
TARIF HEURES DE POINTE 139 FCFA/kWh
PRIME FIXE ANNUELLE 70 826 FCFA/kWh/AN
LOCATION ET ENTRETIEN COMPTEUR 8 538 FCFA

PERIODE	ENE. ACTIVE		ENER REAC.	HEURES H	PUIS. ATTEINTE kW	PROD. REAC. kVAr	PUIS. APPAR. kVA	CONDO MAX kVAr	PENAL./BONI COS phi FCFA	PENAL. PUIS.S FCFA	PRIME FIXE FCFA	MONTANT ELEC			TAXES TV&TVA FCFA	Taxe TDE	FACT. Calculée FCFA
	HPL kWh	HPT kWh										HPL FCFA	HPT FCFA	Taxe TDE			
juin-09	21 443	10 289	5 339	683	157	3 415	159	1	-216 539	0	873 822	1 326 356	1 382 207	73 582	65 044	3 504 472	
juil-09	16 551	8 334	1 620	814	87	4 070	87	0	-247 249	0	855 289	1 007 059	1 101 430	59 804	51 266	2 827 599	
août-09	7 628	3 339	0	673	35	3 365	35	0	-153 607	0	852 509	468 567	445 406	31 420	22 882	1 667 177	
sept-09	6 611	2 783	1	1 290	37	6 450	38	0	-143 987	0	852 509	419 697	383 640	28 794	20 256	1 560 909	
oct-09	21 626	12 203	3 669	924	112	4 620	112	0	-274 149	0	864 555	1 326 920	1 626 145	78 060	69 522	3 691 053	
nov-09	20 104	12 132	5 566	636	141	3 180	143	1	-218 416	0	875 675	1 245 162	1 631 955	74 562	66 024	3 674 962	
déc-09	14 601	8 728	3 401	569	119	2 845	120	0	-187 838	0	871 042	901 437	1 170 322	56 420	47 882	2 859 265	
janv-10	15 536	8 547	1 731	762	95	3 810	95	0	-238 014	0	857 142	946 904	1 131 460	58 128	49 590	2 805 210	
févr-10	16 588	8 967	3 174	723	106	3 615	106	0	-214 457	0	866 409	1 020 452	1 198 017	61 080	52 542	2 984 043	
mars-10	27 887	17 387	8 117	750	164	3 750	166	2	-276 830	29 190	877 528	1 728 419	2 340 435	101 134	92 596	4 892 472	
avr-10	22 675	12 114	5 334	617	162	3 085	163	0	-239 792	20 850	872 895	1 398 682	1 622 977	79 728	71 190	3 826 530	
mai-10	19 902	9 239	3 463	518	158	2 590	160	3	-184 990	4 170	878 455	1 241 956	1 252 098	68 482	59 944	3 320 115	
TOTAL	211 152	114 062	41 415	8 959					-2 595 868	54 210	10 397 830	13 031	15 286 092	771 194	668 738	37 613 807	
MOY.	17 596	9 505	3 451	747	114	3 733	115	1	-216 322	4 518	866 486	1 085 968	1 273 841	64 266	55 728	3 134 484	

Thème : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE

REPARTITION MONTANT FACTURE :

PENALITES(+)/BONIFICATIONS(-)

COÛT MOYEN DU KWh	=	
FACTEUR DE PUISSANCE MOYEN		
CONSUMMATION TOTALE APPARENTE	S =	
CONSUMMATION TOTALE REACTIVE	Q =	
ENERGIE REACTIVE EN FRANCHISE Tgphi=.75	Bn=	
ENERGIE REACTIVE A FACTURER	Fact =	
PUISSANCE MINIMALE DE BATTERIES DE CONDENSEURS	=	
INVESTISSEMENT A RAISON 300000FCFA/5kVAr	I0 =	
GAIN BRUT ANNUEL	Gn =	
BENEFICE REALISABLE A LA PREMIERE 'ANNEE	Bf =	

	-6,9%	0,1%	27,6%	34,6%	40,6%	2,1%
	-2 541 658	FCFA	SOIT	-6,8%	DE LA FACTURE	
AVANT	121	FCFA	APRES	112	FCFA	
	0,998			0,998		
	335 039	kVAh		335 039	kVAh	
	23 395	kVArh		23 395	kVArh	
	250 777	kVArh		250 777	kVArh	
	0	kVArh		0	kVArh	
	0	kVAr		0	kVAr	
				0	FCFA	
				3 005 256	FCFA	
				3 005 256	FCFA	

ANNEXE 5 : Données sur le groupe électrogène de secours de la zone K1



Photo 15 : Local abritant le groupe électrogène

Tableau 25 : Plaque signalétique du Groupe Electrogène

Marque	:	OLYMPIAN POWER SYSTEM
Modèle	:	GEH200
Numéro de série	:	OLY00000HRNS00273
Puissance	:	200 KVA Service continu, 160 KW
Cos phi	:	0,8
Tension	:	400/230 V
Phase	:	3
Fréquence	:	50 Hz
Courant	:	288,7 A
Vitesse	:	1500 tr/min
Altitude maximum	:	152,4 m
Température maximum	:	27 °C
Consommation horaire (débit horaire)	:	49,4 l/h
Consommation spécifique (Cs)	:	$49,4 / 160 = 0,309$ g/kWh
1 litre de Gasoil produit	:	$1 / 0,309 = 3,24$ kWh

Tableau 26 : Données sur la consommation du groupe électrogène de 2005 à 2010

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	TOTAL en LITRES	COÛT TOTAL
2005	Carburant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208	139	0	347	
	Coût										119 800	79 800			199 600
2006	Carburant	100	0	204	312	87	527	174	0	628	235	0	360	2 627	
	Coût	57 300		117 420	179 400	50 000	302 910	100 000		361 200	135 000		207 200		1 510 430
2007	Carburant	164	224	203	319	0	101	199	0	0	331	448	101	2 089	
	Coût	94 080	129 000	116 760	183 200		57 800	114 600			190 600	257 330	57 800		1 201 170
2008	Carburant	193	105	465	210	0	113	434	0	121	359	87	384	2 470	
	Coût	111 180	60 300	267 500	120 600	0	65 000	249 300	0	69 500	206 200	50 000	220 700		1 420 280
2009	Carburant	201	410	489	201	199	323	273	0	456	217	797	570	4 136	
	Coût	115 500	235 500	281 000	115 500	114 450	186 000	157 200	0	262 000	125 000	458 500	327 500		2 378 150
2010	Carburant	400	455	100	1649	35	0	0	0	0	0	0	0	2 639	
	Coût	230 000	261 500	57 500	948 180	20 000	0	0	0	0	0	0	0		1517180
TOTAL	Carburant	1 057	1 194	1 461	2 690	321	1 064	1 080	0	1 205	1 351	1 471	1 414	14 307	
	Coût	608 060	686 300	840 180	1 546 880	184 450	611 710	621 100	0	692 700	776 600	845 630	813 200		8 226 810

ANNEXE 6 : Photos 16, 17, 18 et 19 de la zone K2 du site

Intérieur des salles de classe annexe



Photo 16 : Mur et faux plafond en couleur blanche



Photo 17 : Plancher revêtu avec des carreaux

Intérieur des logements



Photo 19 : Plancher et mur d'une chambre



Photo 18 : Faux plafond et mur d'une

ANNEXE 7 : Photos 20, 21, 22, 23, 24, 25 de la zone K3 du site



Photo 21 : Plancher du restaurant



Photo 20 : Faux plafond d'une chambre



Photo 23 : Plancher d'une chambre



Photo 22 : vue extérieure d'une concession en BTC



Photo 25 : Ouvertures vitrées



Photo 24 : Toiture des bâtiments

ANNEXE 8 : Bilan énergétique par poste de consommation de la villa n°1 de la zone K1 du site

2 VILLA n°1 : climatisation									
N°	Désignation	CC en kW	COP	Pe en kW	Tu	Nbj	Energie/an en kWh	SC en m²	Ratio : Wf/m²
1	LG a	5,27	2,50	2,11	24	365	18 473,79	48,42	108,89
2	LG e	3,57	2,50	1,43	8	120	1 372,18	13,66	261,56
3	LG g	3,57	2,50	1,43	8	120	1 372,18	13,49	264,90
TOTAL		12,42	2,50	4,97			21 218,14	75,57	164,34
2 VILLA n°1 : Eclairage									
N°	Désignation	Nbre	Pe en kW	Tu	Nbj	Energie/an en kWh	SE en m²	Ratio : We/m²	
1	Réglettes internes de 120 cm (a)	8	0,36	8	180	518,4	48,42	11,15	0,036 Pe. réglettes 120 cm
	Lampes incandescentes (a)	3	0,18	8	180	259,2			
2	Réglettes internes de 120 cm (b)	1	0,05	8	180	64,8	11,64	3,87	0,075 Pe. lampes LL
3	Lampes internes LL (c)	1	0,09	8	180	135	2,05	75,01	0,06 Pe.lampes incandescentes
	Lampes incandescentes (c)	1	0,06	8	180	86,4			1,25 Coef. Ballast
4	Lampes internes LL (d)	1	0,09	8	180	135	6,49	23,70	15 réglettes internes de 120 cm
	Lampes incandescentes (d)	1	0,06	8	180	86,4			2 réglettes externes de 120 cm
5	Réglettes internes de 120 cm (e)	2	0,09	8	180	129,6	13,66	6,59	2 réglettes externes de 60 cm
6	Lampes internes LL (f)	1	0,09	8	180	135	2,74	56,20	3 lampes internes LL
	Lampes incandescentes (f)	1	0,06	8	180	86,4			6 lampes incandescentes
7	Réglettes internes de 120 cm (g)	2	0,09	8	180	129,6	13,49	6,67	
8	Réglettes internes de 120 cm (h)	2	0,09	8	180	129,6	13,49	6,67	
9	Réglettes externes de 120 cm	2	0,09	12	30	32,4			
10	Réglettes externes de 60 cm	2	0,05	12	365	197,1			
TOTAL		28	1,45			2124,90	111,97	11,79	
2 VILLA n°1: ventilation									
N°	Désignation	Nbre	Pe en kW	Tu	Nbj	Energie/an en kWh	SV en m²	observation	
1	Ventilateurs à pales	2	0,15	10	181	267,88	48,42		0,074 Puissance ventilateurs à pales
TOTAL		2	0,15			267,88	48,42	0,00	

ANNEXE 9 : Résumé des tableaux Excel des bilans énergétiques de tous les bâtiments et récepteurs du site

CLIMATISATION

N°	Bâtiments	Nombre de climatiseurs	CC	COP	Puissance en kW	Temps d'utilisation par jour	Nombre de jours par an	Energie annuelle en kWh	Surface climatisée en m ²	Ratio : Wf/m ²
1	AMPHI 2	16	88,98	2,50	33,23			44079,40	327,58	271,64
2	VILLA n°1	3	12,42	2,50	4,97			21218,14	75,57	164,34
3	LESEE	11	53,07	2,50	19,48			27798,30	282,44	187,90
4	AMPHI 1	4	26,80	2,50	10,72			11256,00	205,21	130,60
5	CLASSES BD	12	80,40	2,50	32,16			33768,00	514,80	156,18
6	CDI	2	8,61	3,00	3,21			3083,14	72,71	118,48
7	BUREAU PROF. N°1	8	27,13	2,50	9,22			17946,72	111,67	242,97
8	DESA	9	38,45	2,50	13,96			10602,87	125,00	307,56
9	POMPAGE PV	2	6,06	2,50	2,19			10090,24	28,00	216,44
10	LBEB	5	20,71	2,50	9,92			20441,54	116,88	177,23
11	BUREAU PROF. N°2	6	26,90	2,50	10,59			10163,20	80,37	334,71
12	GEI	6	17,65	2,50	6,59			5198,52	73,70	239,45
13	CLASSES BJ	4	17,57	2,50	6,56			6889,01	128,15	137,14
14	CLASSES BN	10	62,80	2,50	24,51			40381,00	303,24	207,10
15	INFIRMERIE	2	7,03	2,50	4,69			4498,94	25,91	271,36
16	DIME	8	28,00	2,50	11,20			21672,00	104,16	268,81
17	CLASSES ANNEXE	4	26,80	2,50	10,72			11256,00	184,83	145,00
18	SATI	5	17,57	2,50	7,03			17714,59	46,94	374,43
19	CONC.28	1	3,57	3,00	1,19			10434,27	9,00	397,04
	TOTAL	118	570,54		222,13	0,00	0,00	328491,88	2816,17	4348,36

ECLAIRAGE

N°	Bâtiments	Nombre de lampes	Puissance en kW	Temps d'utilisation par jour	Nombre de jours par an	Energie annuelle en kWh	Surface éclairée en m ²	Ratio : We/m ²
1	AMPHI 2	170	4,46			8625,15	343,03	11,75
2	VILLA n°1	28	1,45			2124,90	111,97	11,79
3	VILLA n°2	14	0,50			1279,26	99,87	3,60
4	VILLA n°3	20	0,85			1904,50	111,97	6,61
5	LESEE	106	4,77			7794,90	712,43	6,26
6	AMPHI 1	35	1,58			2767,50	214,32	7,14
7	CLASSES BD	114	5,13			9833,40	446,84	10,47
8	CDI	29	1,35			2346,30	136,57	8,93
9	BUREAU PROF. N°1	21	0,90			1560,60	146,66	5,52
10	DESA	24	1,01			1559,25	125,00	6,88
11	POMPAGE PV	12	0,54			1439,10	96,07	3,23
12	LBEB	122	5,47			8534,70	728,11	7,20
13	BUREAU PROF. N°2	22	0,86			1892,70	82,87	7,60
14	GEI	29	1,06			2845,80	137,21	4,45
15	CLASSES BJ	16	0,72			1452,60	128,15	4,92
16	CLASSES BN	90	4,03			7252,20	387,34	9,94
17	PAVILLON C	221	12,36			17156,23	923,06	13,00
18	PAVILLON B	156	8,46			18944,69	496,78	14,78
19	PAVILLON A	156	8,46			18944,69	496,78	14,78
20	INFIRMERIE	13	0,73			1185,30	52,19	13,22
21	RESTAURANT K1	98	4,39			4987,71	429,01	10,02
22	SOCIO	10	0,29			704,70	89,59	1,79
23	FOYER	13	0,59			488,70	138,54	3,90
24	LOCAL PISCINE	8	0,41			1086,75	15,03	12,64
25	LOCAL GROUPE ECL.	3	0,24			689,85	40,19	2,24

26	LOCAL GUERITE K1	1	0,02			98,55	0,00	0,00
27	ECLAIRAGE Public K1	24	2,91			1629,68	0,00	0,00
28	DIME	37	1,64			3026,70	117,53	12,08
29	CLASSES ANNEXE	91	4,10			8216,10	183,83	19,58
30	SATI	29	1,36			2484,00	101,15	11,67
31	DORTOIR 1	20	0,90			2830,95	142,08	3,17
32	SALLE TELE K2	34	1,46			1973,70	144,96	7,59
33	DORTOIR 2	20	0,90			2830,95	142,08	3,17
34	DORTOIR 3	27	1,22			3432,92	185,62	4,15
35	DORTOIR 4	12	0,54			1698,57	85,25	3,17
36	CONC.1	23	0,59			1395,70	218,78	2,15
37	CONC.2	34	1,53			4145,99	254,59	4,08
38	CONC.3	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
39	CONC.4	21	0,56			1297,15	218,78	2,15
40	CONC.5	25	0,65			1635,80	231,79	2,16
41	CONC.6	34	0,88			2343,53	288,32	2,12
42	RESTAURANT K3	33	1,49			2065,50	428,67	3,15
43	GUERITE, A, K3	4	0,16			361,35	26,01	4,23
44	GUERITE, B, K3	4	0,16			361,35	26,01	4,23
45	ADMINISTRATION	10	0,41			739,13	60,64	5,28
46	SALLE D'ETUDE K3	12	0,54			907,20	69,24	7,80
47	SALLE TELE K3	5	0,23			245,70	66,44	3,39
48	MAGASIN K3	5	0,23			82,13	66,44	3,39
49	CONC.14	30	1,35			4135,32	192,00	3,75
50	CONC.15	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
51	CONC.16	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
52	CONC.17	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
53	CONC.18	30	1,35			4135,32	192,00	3,75
54	CONC.19	28	1,26			1570,32	192,00	3,75

55	CONC.20	30	1,35			4135,32	192,00	3,75
56	CONC.21	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
57	CONC.22	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
58	CONC.23	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
59	CONC.24	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
60	CONC.25	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
61	CONC.26	28	1,26			3741,12	192,00	3,75
62	CONC.27	68	2,48			5951,88	304,00	6,51
63	CONC.28	68	2,50			7661,45	207,53	6,41
64	CONC.29	68	2,48			5951,88	304,00	6,51
65	ECLAIRAGE Public K2+K3	72	55,68			11263,95	0,00	0,00
TOTAL		2709	174,07	0,00	0,00	253420,73	13251,31	383,26

VENTILATION

N°	Bâtiments	Nombre de ventilateurs	Puissance en kW	Temps d'utilisation par jour	Nombre de jours par an	Energie annuelle en kWh	Surface ventilée en m²	observation
1	VILLA n°1	2	0,15			267,88	48,42	
2	VILLA n°2	3	0,22			401,82	39,19	
3	VILLA n°3	5	0,37			669,70	89,06	
4	LESEE	23	1,65			592,20	476,84	
5	CDI	3	0,22			79,92	49,47	
6	LBEB	32	2,31			831,96	530,31	
7	CLASSES BN	6	0,43			153,00	19,28	
8	PAVILLON C	59	3,25			5873,45	524,63	
9	PAVILLON B	36	1,98			3583,80	280,44	
10	PAVILLON A	36	1,98			3583,80	280,44	

11	RESTAURANT K1	12	0,81			292,32	200,54	
12	SOCIO	3	0,22			79,92	64,88	
13	CLASSES ANNEXE	12	0,89			319,68	183,83	
14	SATI	2	4,00			1440,00	27,64	
15	DORTOIR 1	10	0,74			1339,40	142,08	
16	SALLE TELE K2	6	0,44			8,88	59,00	
17	DORTOIR 2	10	0,74			1339,40	142,08	
18	DORTOIR 3	11	0,81			1473,34	146,45	
19	DORTOIR 4	6	0,44			803,64	85,25	
20	CONC.1	9	0,67			1205,46	100,80	
21	CONC.2	13	0,96			1741,22	172,20	
22	CONC.3	10	0,74			1339,40	150,00	
23	CONC.4	9	0,67			1205,46	100,80	
24	CONC.5	9	0,67			1205,46	100,80	
25	CONC.6	12	0,89			1607,28	134,40	
26	RESTAURANT K3	12	0,89			319,68	180,05	
27	GUERITE, A, K3	1	0,07			26,64	11,55	
28	GUERITE, B, K3	1	0,07			26,64	11,55	
29	ADMINISTRATION	5	0,37			133,20	57,64	
30	SALLE D'ETUDE K3	4	0,30			106,56	69,24	
31	SALLE TELE K3	3	0,22			79,92	66,44	
32	MAGASIN K3	3	0,22			79,92	66,44	
33	CONC.14	10	0,74			1339,40	150,00	
34	CONC.15	10	0,74			1339,40	150,00	
35	CONC.16	10	0,74			1339,40	150,00	
36	CONC.17	10	0,74			1339,40	150,00	
37	CONC.18	10	0,74			1339,40	150,00	
38	CONC.19	10	0,74			1339,40	150,00	
39	CONC.20	10	0,74			1339,40	150,00	

40	CONC.21	10	0,74			1339,40	150,00	
41	CONC.22	10	0,74			1339,40	150,00	
42	CONC.23	10	0,74			1339,40	150,00	
43	CONC.24	10	0,74			1339,40	150,00	
44	CONC.25	10	0,74			1339,40	150,00	
45	CONC.26	10	0,74			1339,40	150,00	
46	CONC.27	14	1,04			1875,16	137,88	
47	CONC.28	15	1,11			2009,10	133,80	
48	CONC.29	14	1,04			1875,16	137,88	
TOTAL		541	41,19	0,00	0,00	55382,57	6971,27	

ANNEXE 10 : Généralité sur la technologie INVERTER

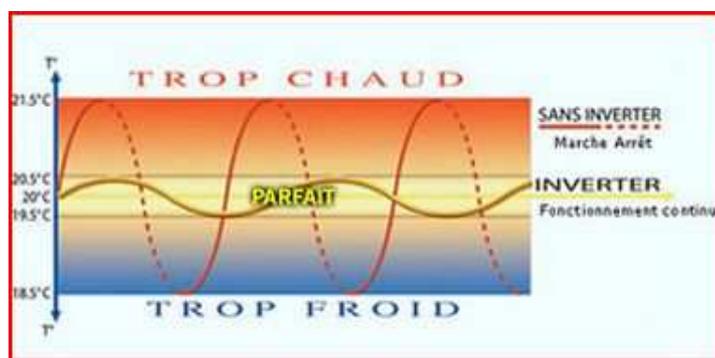
La technologie INVERTER permet au climatiseur d'adapter sa puissance à tout moment en fonction des besoins de refroidissement. Les principaux avantages de cette technologie sont de diminuer le nombre d'arrêt/départ du compresseur et de faire en sorte que la température soit beaucoup plus stable. Lorsque la température ambiante approche de celle qui est désirée, un module électronique fait diminuer la vitesse du compresseur réduisant ainsi sa puissance. Un appareil à puissance variable fonctionne donc beaucoup plus longtemps mais à puissance réduite (juste assez pour maintenir la température désirée). Même s'ils fonctionnent plus longtemps, les appareils à puissance variable sont un peu moins énergivores en électricité.

Ex : Quand la température extérieure atteint 30 C avec un haut taux d'humidité, nous avons besoin de 100% de la puissance du climatiseur. Pour maintenir une température intérieure confortable (disons 24 C), il faut que l'appareil absorbe la même quantité de chaleur que celle qui s'infiltré par les murs, plafonds et fenêtres. Mais lorsque la température extérieure est de 26 C, vous n'avez pas besoin de 100% de la puissance...mais seulement d'environ 50%. Dans ces conditions un appareil à technologie conventionnelle passerait son temps à partir et arrêter (ON-OFF). Un appareil à technologie INVERTER ajustera automatiquement sa puissance afin de maintenir très exactement la température désirée.

La technologie INVERTER offre donc un triple avantage : Un meilleur confort, une longévité accrue et une économie d'énergie (environ 10 à 15%).

De plus en plus de manufacturiers offrent la technologie INVERTER même sur des appareils plus bas de gamme.

L'illustration suivante montre la différence entre la technologie INVERTER (ligne jaune) et celle dite conventionnelle (ligne rouge). La ligne rouge pontillée signifie que le compresseur est arrêté tandis que la ligne rouge pleine indique que le compresseur est en fonction.



Avec un appareil à technologie conventionnelle (ON/OFF), la température fluctue de 18.5 C à 21.5 C

Tandis qu'avec un appareil à puissance variable (INVERTER), la fluctuation n'est que de 1 C soit de 19.5 à 20.5 C.

Au point de vue du confort, la différence entre ces 2 technologies, c'est comme le jour et la nuit. Même si les appareils de type Inverter sont un peu plus dispendieux, nous les recommandons fortement.

Les splits classiques fonctionnent selon le principe du « tout ou rien ». Ils tournent à plein régime pour obtenir la température choisie et s'arrêtent quand le thermostat indique qu'elle est atteinte. Tant que la clim est en service, elle alterne ainsi des cycles de marche-arrêt qui génèrent sensation d'inconfort, surconsommation d'électricité et usure prématurée du compresseur. Avec la technologie Inverter, d'origine japonaise, le compresseur est à vitesse variable (VEV) : il compense automatiquement les variations de température et régule en conséquence son allure. La température sélectionnée étant atteinte plus rapidement, la dépense énergétique est mieux maîtrisée et le confort total. Au Japon, la clim Inverter représente plus de 80 % du parc résidentiel. En France, c'est aujourd'hui le procédé le plus préconisé.

Pour des informations complémentaires, consulter le site :

<http://fr.daikinafrica.com/faq/items/inverter-technology.jsp>

ANNEXE 11 : CLIMATISATION : Estimation de la consommation d'énergie par la climatisation et par type de bâtiments : administration, salles de classes, logements

Tableau 27 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments administratifs du site

N°	Bâtiments	Nombre de climatiseurs	Puissance installée en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces climatisées en m ²
1	LESEE	11	19,48	27 798,30	282,44
2	DIME	8	11,20	21 672,00	104,16
3	LBEB	5	9,92	20 441,54	116,88
4	Bureau prof. n°1	8	9,22	17 946,72	111,67
5	SATI	5	7,03	17 714,59	46,94
6	DESA	9	13,96	10 602,87	125,00
7	Bureau n°2	6	10,59	10 163,20	80,37
8	Pompage PV	2	2,19	10 090,24	28,00
9	GEI	6	6,59	5 198,52	73,70
10	Infirmierie	2	4,69	4 498,94	25,91
11	CDI	2	3,21	3 083,14	72,71
TOTAL		64	98,08	149 210,06	1 067,78

Tableau 28 : Estimation du temps d'utilisation des climatiseurs des bâtiments pédagogiques du site

Mois	Nombre jours	Nombre de dimanche	Nombre jours fériés	jours d'enseignement
Septembre	15	2	0	13
Octobre	31	4	0	27
Novembre	30	4	1	25
Décembre	31	2	14	15
Janvier	31	4	1	26
Février	28	3	0	25
Mars	31	4	0	27
Avril	30	3	14	13
Mai	31	4	1	26
Juin	15	2	0	13
Total	273	32	31	210

Tableau 29 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments pédagogiques du site

N°	Bâtiments	Nombre de climatiseurs	Puissance installée en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces climatisées en m ²
1	AMPHI 2	16	33,23	4 4079,40	327,58
2	Classes BN	10	24,51	4 0381,00	207,10
3	Classes BD	12	32,16	33 768,00	514,80
4	AMPHI 1	4	10,72	11 256,00	205,21
5	Classes annexe	4	10,72	11 256,00	184,83
6	Classes BJ	4	6,56	6 889,01	128,15
TOTAL		50	117,9	147 629,41	1 567,67

Tableau 30 : Consommation énergétique annuelle des logements du site

N°	Bâtiments	Nombre de climatiseurs	Puissance installée en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces en m ²
1	VILLA n°1	3	4,97	21 218,14	75,57
2	CONC. 28	1	1,19	10 434,27	9
TOTAL		4	6,16	31 652,41	84,57

ANNEXE 12 : ECLAIRAGE : Estimation de la consommation d'énergie par l'éclairage et par type de bâtiments : administration, salles de classes, logements

Tableau 31 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments administratifs du site

N°	Bâtiments	Nombre de lampes	Puissance en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces en m ²
1	LBEB	122	5,47	8 534,70	728,11
2	LESEE	106	4,77	7 794,90	712,43
3	Restaurant K1	98	4,39	4 987,71	429,01
4	DIME	37	1,64	3 026,70	117,53
5	GEI	29	1,06	2 845,80	137,21
6	SATI	29	1,36	2 484,00	101,15
7	CDI	29	1,35	2 346,30	136,57
8	Restaurant K3	33	1,49	2 065,50	428,67
9	Salle télé K2	34	1,46	1 973,70	144,96
10	Bureau prof. n°2	22	0,86	1 892,70	82,87
11	Bureau prof. n°1	21	0,90	1 560,60	146,66
12	DESA	24	1,01	1 559,25	125,00
13	Pompage PV	12	0,54	1 439,10	96,07
14	Infirmierie	13	0,73	1 185,30	52,19
15	Local piscine	8	0,41	1 086,75	15,03
16	administration K3	10	0,41	739,13	60,64
17	SOCIO	10	0,29	704,70	89,59
18	Local GE	3	0,24	689,85	40,19
19	FOYER	13	0,59	488,70	138,54
20	GUERITE A, K3	4	0,16	361,35	26,01
21	GUERITE B, K3	4	0,16	361,35	26,01
22	Salle télé K3	5	0,23	245,70	66,44
23	local guérite, K1	1	0,02	98,55	0
24	magasin K3	5	0,23	82,13	66,44
Total		672	29,75	48 554,46	3 967,31

Tableau 32 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments pédagogiques du site

N°	Bâtiments	Nombre de lampes	Puissance en kW	Energie par an en kWh	Surfaces en m ²
1	Classes BD	114	5,13	9 833,4	446,84
2	Amphi 2	170	4,46	8 625,15	343,03
3	Classes Annexes	91	4,10	8 216,10	183,83
4	Classes BN	90	4,03	7 252,2	387,34
5	Amphi 1	35	1,58	2 767,5	214,32
6	Classes BJ	16	0,72	1 452,6	128,15
7	Salle d'étude K3	12	0,54	907,2	69,24
TOTAL		528	20,54	39 054,15	1 772,75

Tableau 33 : Consommation énergétique annuelle des logements du site

N°	Bâtiments	Nombre de lampes	Puissance en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces en m ²
1	Pavillon B	156	8,46	18 944,69	496,78
2	Pavillon A	156	8,46	18 944,69	496,78
3	Pavillon C	221	12,36	17 156,23	923,06
4	CONC.28	68	2,50	7 661,45	207,53
5	CONC.27	68	2,48	5 951,88	304,00
6	CONC.29	68	2,48	5 951,88	304,00
7	CONC.2	34	1,53	4 145,99	254,59
8	CONC.14	30	1,35	4 135,32	192,00
9	CONC.18	30	1,35	4 135,32	192,00
10	CONC.20	30	1,35	4 135,32	192,00
11	CONC.3	28	1,26	3 741,12	192,00
12	CONC.15	28	1,26	3 741,12	192,00
13	CONC.16	28	1,26	3 741,12	192,00
14	CONC.17	28	1,26	3 741,12	192,00
15	CONC.21	28	1,26	3 741,12	192,00
16	CONC.22	28	1,26	3 741,12	192,00
17	CONC.23	28	1,26	3 741,12	192,00
18	CONC.24	28	1,26	3 741,12	192,00
19	CONC.25	28	1,26	3 741,12	192,00
20	CONC.26	28	1,26	3 741,12	192,00
21	Dortoir 3	27	1,22	3 432,92	185,62
22	Dortoir 1	20	0,90	2 830,95	142,08
23	Dortoir 2	20	0,90	2 830,95	142,08
24	CONC.6	34	0,88	2 343,53	288,32

25	VILLA n°1	28	1,45	2 124,90	111,97
26	VILLA n°3	20	0,85	1 904,50	111,97
27	Dortoir 4	12	0,54	1 698,57	85,25
28	CONC.5	25	0,65	1 635,80	231,79
29	CONC.19	28	1,26	1 570,32	192,00
30	CONC.1	23	0,59	1 395,70	218,78
31	CONC.4	21	0,56	1 297,15	218,78
32	VILLA n°2	14	0,50	1 279,26	99,87
TOTAL		1 413	65,19	152 918,49	7 511,26

Tableau 34 : Consommation d'énergie annuelle : éclairage public, terrains de sport et lieux de loisirs

N°	Désignation	Nombre de lampes	Puissance en kW	Energie annuelle en kWh
1	Eclairage public K1	24	2,91	1 629,675
2	Eclairage public K3	72	55,68	11 263,95
Total		96	58,59	12 893,63

ANNEXE 13 : VENTILATION : Estimation de la consommation d'énergie par la ventilation et par type de bâtiments : administration, salles de classes, logements

LA VENTILATION

Tableau 35 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments administratifs du site

N°	Bâtiments	Nombre de ventilateurs	Puissance en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces en m ²
1	SATI	2	4,00	1 440,00	27,64
2	LBEB	32	2,31	831,96	530,31
3	LESEE	23	1,65	592,20	476,84
4	Restaurant K3	12	0,89	319,68	180,05
5	Restaurant K1	12	0,81	292,32	200,54
6	Administration	5	0,37	133,20	57,64
7	CDI	3	0,22	79,92	49,47
8	SOCIO	3	0,22	79,92	64,88
9	Salle télé K3	3	0,22	79,92	66,44
10	Magasin, K3	3	0,22	79,92	66,44
11	Guérite A, K3	1	0,07	26,64	11,55
12	Guérite B, K3	1	0,07	26,64	11,55
13	Salle télé K2	6	0,44	8,88	59,00
TOTAL		106	11,51	3 991,20	1 802,35

Tableau 36 : Consommation énergétique annuelle des bâtiments pédagogiques du site

N°	Bâtiments	Nombre de ventilateurs	Puissance en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces en m ²
2	Classes Annexes	12	0,89	319,68	183,83
1	Classes BN	6	0,43	153,00	19,28
3	Salle d'étude K3	4	0,30	106,56	69,24
TOTAL		22	1,609	579,24	272,347

Tableau 37 : Estimation du temps d'utilisation des ventilateurs dans les dortoirs

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Septembre	Octobre	TOTAL
Nombre de jours	28	31	30	31	15	15	31	181

Tableau 38 : Consommation énergétique annuelle des logements du site

N°	Bâtiments	Nombre de ventilateurs	Puissance en kW	Energie annuelle en kWh	Surfaces en m ²
1	Pavillon C	59	3,25	5 873,45	524,63
2	Pavillon B	36	1,98	3 583,80	280,44
3	Pavillon A	36	1,98	3 583,80	280,44
4	CONC.28	15	1,11	2 009,10	133,80
5	CONC.27	14	1,04	1 875,16	137,88
6	CONC.29	14	1,04	1 875,16	137,88
7	CONC.2	13	0,96	1 741,22	172,20
8	CONC.6	12	0,89	1 607,28	134,40
9	Dortoir 3	11	0,81	1 473,34	146,45
10	CONC.3	10	0,74	1 339,40	150,00
11	CONC.14	10	0,74	1 339,40	150,00
12	CONC.15	10	0,74	1 339,40	150,00
13	CONC.16	10	0,74	1 339,40	150,00
14	CONC.17	10	0,74	1 339,40	150,00
15	CONC.18	10	0,74	1 339,40	150,00
16	CONC.19	10	0,74	1 339,40	150,00
17	CONC.20	10	0,74	1 339,40	150,00
18	CONC.21	10	0,74	1 339,40	150,00
19	CONC.22	10	0,74	1 339,40	150,00
20	CONC.23	10	0,74	1 339,40	150,00
21	CONC.24	10	0,74	1 339,40	150,00
22	CONC.25	10	0,74	1 339,40	150,00
23	CONC.26	10	0,74	1 339,40	150,00
24	Dortoir 1	10	0,74	1 339,40	142,08
25	Dortoir 2	10	0,74	1 339,40	142,08
26	CONC.1	9	0,67	1 205,46	100,80
27	CONC.4	9	0,67	1 205,46	100,80
28	CONC.5	9	0,67	1 205,46	100,80
29	Dortoir 4	6	0,44	803,64	85,25
30	VILLA n°3	5	0,37	669,70	89,06
31	VILLA n°2	3	0,22	401,82	39,19
32	VILLA n°1	2	0,15	267,88	48,42
TOTAL		413	28,07	50 812,13	4 896,58

ANNEXE 14 : CLIMATISATION : Analyse du ratio de consommations spécifiques (kWh/m²/an)

Tableau 39 : Ratio de consommation spécifique (kWh/m²/an) des bâtiments du site

N°	Bâtiments	Energie annuelle en kWh	Surfaces climatisées en m ²	Ratio : kWh/m ² /an	Ratio de référence
Bâtiments administratifs					
1	SATI	17714,59	46,94	377,43	190
2	Pompage PV	10090,24	28,00	360,37	190
3	DIME	21672,00	104,16	208,06	190
4	LBEB	20441,54	116,88	174,89	190
5	Infirmierie	4498,94	25,91	173,64	190
6	Bureau n°1	17946,72	111,67	160,71	190
7	Bureau n°2	10163,20	80,37	126,46	190
8	LESEE	27798,30	282,44	98,42	190
9	DESA	10602,87	125,00	84,82	190
10	GEI	5198,52	73,70	70,54	190
11	CDI	3083,14	72,71	42,40	190
	Total 1	149 210,06	1 067,78	139,74	190
Bâtiments pédagogiques					
1	Classes BN	40381,00	207,10	194,98	100
2	AMPHI 2	44079,40	327,58	134,56	100
3	Classes BD	33768,00	514,80	65,59	100
4	Classes annexes	11256,00	184,83	60,90	100
5	AMPHI 1	11256,00	205,21	54,85	100
6	Classes BJ	6889,01	128,15	53,76	100
	Total 2	147 629,41	1 567,67	94,17	100
Logements					
		21 218,14	75,57	280,77	124
		10 434,27	9,00	1 159,36	124
	Total 3	31 652,41	84,57	374,27	124
TOTAL		328 491,88	2 720,02	120,77	

Les ratios de la plupart des bâtiments administratifs de K1 et de K2 sont bons (ratios inférieurs à 190) à l'exception de celui des bâtiments tels que : le local de la SATI, Pompage solaire et de la DIME. Un redimensionnement peut être envisagé lors des remplacements des climatiseurs. Deux raisons peuvent expliquer le ratio médiocre de **360,37 kWh/m²/an** de la SATI:

1. La surface climatisée est faible : 28 m²
2. Le climatiseur de marque AIRWEL fonctionne continuellement pour le refroidissement du serveur informatique situé dans le bureau de 12,19 m².

Au niveau des bâtiments pédagogiques, le ratio médiocre de 194,98 des classes BN peut également s'expliquer par la présence d'un climatiseur de marque *SHARP* fonctionnant continuellement (24 heures sur 24) pour refroidir un serveur informatique logé dans un bureau de 19,03 m². Le ratio 134,56 kWh/m²/an de l'amphithéâtre 2 peut être considéré comme mauvais car légèrement supérieur à 100 kWh/m²/an.

ANNEXE 15 : CLIMATISATION : Analyse du ratio Wf/m²

Tableau 40 : Audit de la climatisation de la villa n°1 de la partie K1

Bureaux climatisés	Situation	Surfaces	Ratio : Wf/m²	ratio recommandé	Appréciation :
Bureau (a) de 48,42 m ²	bureau non exposé au soleil avec apport important de chaleur interne	48,42	108,89	185	mauvais
Bureau (e) de 13,66 m ²	bureau exposé au soleil avec léger apport de chaleur interne	13,66	261,56	240	excès
Bureau (g) de 13,49 m ²	bureau non exposé au soleil avec léger apport de chaleur interne	13,49	264,90	185	excès

Les ratios Wf/m² des bureaux climatisés de la villa n°1 sont en excès comparés aux ratios recommandés sauf le ratio du bureau (a) où la surface climatisée est de 48,42 m² pour une puissance frigorifique de 5,27 kW.

Il est souhaitable de revoir cette installation pour ne pas détruire le confort des utilisateurs.

ANNEXE 16 : ECLAIRAGE : Analyse du ratio puissance spécifique (W/m²/100 lux)

Tableau 41 : Ratio puissance spécifique (W/m²/100 lux) des bâtiments du site :

N°	Bâtiments	Puissance spécifique : We/m ²	Eclairage : E (lux) recommandé	Ratio : (Puissance spécifique*100)/E
Bâtiments administratifs				
1	Local piscine	12,64	300	4,21
2	DIME	12,08	300	4,03
3	SATI	11,67	300	3,89
4	Restaurant K1	10,02	300	3,34
5	Infirmierie	13,22	500	2,64
6	Bureau n°2	7,60	300	2,53
7	Salle télé K2	7,59	300	2,53
8	DESA	6,88	300	2,29
9	Bureau n°1	5,52	300	1,84
10	CDI	8,93	500	1,79
11	administration K3	5,28	300	1,76
12	Local GE	2,24	150	1,49
13	GEI	4,45	300	1,48
14	LBEB	7,20	500	1,44
15	GUERITE A, K3	4,23	300	1,41
16	GUERITE B, K3	4,23	300	1,41
17	FOYER	3,90	300	1,30
18	LESEE	6,26	500	1,25
19	SOCIO	1,79	150	1,19
20	Salle télé K3	3,39	300	1,13
21	magasin K3	3,39	300	1,13
22	Pompage PV	3,23	300	1,08
23	Restaurant K3	3,15	300	1,05
24	local guérite, K1	0	0	0,00
Bâtiments pédagogiques				
1	Classes Annexes	19,58	300	6,53
2	Amphi 2	11,75	300	3,92
3	Classes BD	10,47	300	3,49
4	Classes BN	9,94	300	3,31
5	Salle d'étude K3	7,80	300	2,60
6	Amphi 1	7,14	300	2,38
7	Classes BJ	4,92	300	1,64

Thème : Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE

On constate que les ratios des locaux abritant *l'infirmierie, la DIME, le SATI et le local de la piscine* sont au dessus du ratio de référence qui est **2,5 W/m²/100 lux**. Un redimensionnement de l'éclairage de ces locaux permettra de réaliser des économies.

L'éclairage de presque tous les bâtiments administratifs de K1 et K2 est en excès, sauf l'éclairage de l'amphi 1 et des salles de classes BJ.

Les valeurs de l'éclairement sont extraites du Mémotech d'électrotechnique

ANNEXE 17: Plans architecturaux

