



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



CONTRIBUTION A LA MISE EN ŒUVRE D'UNE POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE AU 2iE : SITE DE KAMBOINSE

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER SPECIALISE EN GENIE
ELECTRIQUE, ENERGETIQUE ET ENERGIES RENOUVELABLES**

**Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE) de l'Institut International
d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2iE**

Présenté et soutenu publiquement le 15 septembre 2010 par :

MOUSSA MAIGA Amadou

Travaux dirigés par : Dr Yao AZOUMAH

Eng. Henri KOTTIN

Jury d'évaluation :

Président : Prof. Yézoumah COULIBALY

Membres correcteurs : Dr Yao AZOUMAH

Dr Ahmed Bagré

Promotion 2009/2010

DEDICACE

A ceux qui prônent pour la Justice et la Vérité,

A ceux qui sont victimes de l'oppression et de l'exploitation,

Aux faibles.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont tout d'abord à la Coopération Technique Belge (CTB) qui m'a financé cette formation.

Si ce travail a abouti, c'est aussi grâce aux encouragements et au soutien permanent de plusieurs personnes :

En premier lieu, Dr Yao AZOUMAH , Responsable de la formation Master Spécialisé Génie Energétique et Responsable du Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE) qui a bien voulu nous accueillir dans son laboratoire et nous accorder un encadrement bien suivi.

A l'Ingénieur Toudonou Henry KOTTIN pour son encadrement et ses conseils précieux.

Au personnel du laboratoire LESEE, pour leur accueil chaleureux.

Au corps professoral du 2iE en général et de l'Unité Thématique d'Enseignant et de Recherche Génie Energétique et Industriel en particulier pour les connaissances dispensées durant cette formation de master.

Enfin, à tous mes promotionnels, amis et frères, pour les moments agréables passés ensemble durant une année d'études.

Qu'elles trouvent ici toutes l'expression de mes sincères remerciements.

SOMMAIRE

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
SOMMAIRE.....	iv
SIGLES.....	vii
RESUME.....	viii
ABSTRACT	ix
GLOSSAIRE	x
INTRODUCTION	1
1. Contexte	1
2. Objectifs	2
3. Méthodologie	2
4. Résultats attendus.....	3
5. Les contraintes de l'étude.....	3
CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SITE DE L'ETUDE.....	4
1. Présentation de l'institution d'accueil.....	4
2. Description du site de Kamboinsé.....	6
CHAPITRE II : ETATS DES LIEUX.....	8
I. LES MESURES ET RECOMMANDATIONS D'ECONOMIE D'ENERGIE SUR LE SITE8	
1- Mesures et recommandations des audits réalisés de 2003-2010 sur le site de Kamboinsé 8	
2- Mesures appliquées et mécanisme de suivi de la consommation:	11
3- Mesures pertinentes retenues:	12
II. RECEUIL ET ANALYSE DES DONNEES	14
1- Données sur les effectifs d'étudiants du site de Kamboinsé.....	14
2- La facture énergétique du site de Kamboinsé	16
3- La consommation en carburant du site	18
CHAPITRE III : ESTIMATION FINANCIERE DE QUELQUES MESURES RETENUES	21
I. Climatisation	21
II. L'éclairage.....	22
III. La ventilation :	24
CHAPITRE IV: PROPOSITIONS POUR UNE MISE EN ŒUVRE D'UNE POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE AU 2iE	25
I. PROGRAMME DE SENSIBILISATION	25
1. Objectif :	25
2. Les avantages à tirer :.....	25
3. Les étapes de mise en place d'un PSEE.....	26
4. Tableau récapitulatif	29
5. Calendrier détaillé des activités de sensibilisation.....	29
6. Evaluation financière du programme.....	30
II. PROGRAMME DE PLANTATION D'ARBRE.....	31
1. But et importance de plantation d'arbres	31
2. Quantification des arbres à planter.....	32
3. Estimation de gain d'énergie à travers la plantation d'arbres.....	34
III- PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE BANCS D'ETUDES.....	36
1. Contexte	36
2. Eléments d'un banc de soupis et choix architectural.....	36
3. Lieux d'implantation sur le site	37
4. Coût estimatif.....	37

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

IV- PROGRAMME D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	38
1. Analyse de l'existant.....	38
2. Estimation de la part du solaire sur la facture électrique du site.....	39
3. La biomasse dans la réduction de la facture du site.....	40
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	42
BIBLIOGRAPHIE	43
ANNEXES	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution des effectifs des étudiants sur les deux sites de 2iE (de 2004 à 2010)	14
Tableau 2 : Evolution d'effectif d'étudiants sur les deux sites	14
Tableau 3 : Effectif des étudiants logés sur le site de Kamboinsé	15
Tableau 4 : Consommation électrique annuelle par zones du site de Kamboinsé	16
Tableau 5 : Caractéristiques du groupe électrogène de secours de K1	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 6 : Consommation du groupe électrogène	19
Tableau 7 : Part du groupe dans la production d'énergie à K1	19
Tableau 8 : Consommation en carburant des véhicules de transport	19
Tableau 9 : les composantes de la facture énergétique du site	20
Tableau 10 : Estimation financier du programme de sensibilisation	30
Tableau 11 : Devis estimatif par type d'arbres	32
Tableau 12 : Propositions des lieux d'implantation des bancs sur le site	37
Tableau 13 : Devis estimatif de bancs d'études	37
Tableau 14 : Estimation du coût des rideaux à poser	44
Tableau 15 : Estimation du coût des rappels automatiques à poser	44
Tableau 16 : Estimation du coût des dismatics à poser	45

FIGURES

Figure 1 : Organisation opérationnelle de 2iE	5
Figure 2 : Plan de masse de la zone K1	7
Figure 3 : Plan de masse des zones K2 et K3 du site de Kamboinsé	7
Figure 4 : Evolution en termes d'accueil d'étudiants sur les deux sites	15
Figure 5 : Evolution des effectifs d'étudiants sur le site Kamboinsé	15
Figure 6 : Répartition de la consommation par parties du site	17
Figure 7 : Dépassements de la puissance souscrite de K1	17
Figure 8 : Répartition actuelle de la facture de K1	18
Figure 10 : Extrait du dépliant conçu par le LESEE	46
Figure 11 : Modèles d'affiches	47
Figure 12 : Exemples d'autocollants	48
Figure 13 : Modèles de chevalets	49

PHOTOS

Photo1 : Groupe électrogène de secours de K1	18
Photo 2 : Salles de classes annexes (Zone K2) et de BD (Zone K2)	21
Photo 3 : Illustration d'un rappel automatique	22
Photo 4 : Lampes allumées inutilement dans les toilettes et couloirs du pavillon C (il était 12H30)	22
Photos 5 : Façades exposées l'Amphi 2 et du logement C29	31
Photo 6 : Concession 20 de K3	32
Photo 7 : Façade Est des salles BN de K1	32
Photo 8 : Arbre KANKANGA	33
Photo 9 : Arbre MILALA	33
Photo 10 : Arbre BOUGAINVILLIERS	33
Photo 11 : Arbre PINGWELL	33
Photo 12 : Arbre FINSAND	33
Photo 13 : Milala en plein centre de la concession No1 de la zone K3	34
Photo 14 : Exemple de banc de soupir à la concession 15 de K3	36

SIGLES

2iE : Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

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

LBEB : Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburant

K1 : Site Kamboinsé 1

K2 : Site Kamboinsé 2

K3 : Site Kamboinsé 3

GEI : Génie Energétique et Industriel ;

SATI : Service d'Assistance Technique Interne

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina

PS : Puissance souscrite

PE : Puissance Enregistrée

PV : Photovoltaïque

MT / BT : Moyenne Tension / Basse Tension

TRI : Temps de Retour à l'Investissement

EE : Efficacité énergétique

PSEE : Programme de Sensibilisation à l'Efficacité Energétique

EEE : Equipe d'Efficacité Energétique

JEE : Journée d'Economie d'Energie

RESUME

L'efficacité énergétique vise l'utilisation rationnelle de l'énergie au niveau international, national et local. Au plan local, la mise en œuvre d'une efficacité énergétique dans une structure (comme la Fondation 2iE), signifie maîtriser sa consommation énergétique en vue de réduire les coûts d'exploitation de son patrimoine matériel et de ses services, d'améliorer le confort sur ses deux campus et de participer à la protection de l'environnement.

Ce présent travail se veut être une preuve que des économies d'énergie sont bien réalisables sur la facture énergétique du site de Kamboinsé à court, moyen et /ou long terme, en posant des actions nécessitant un investissement nul, faible, et/ ou élevé.

A court terme et à investissement nul, une économie annuelle de l'ordre de 3 005 256 F CFA (soit 8%) est réalisable sur la facture électrique du site en souscrivant à une nouvelle puissance de 157kW.

A court terme et à investissement faible, un gain annuel en énergie de 933kWh par bâtiment exposé aux rayons solaires est atteignable sur **la climatisation** en évitant l'apport solaire à travers les murs, les portes et fenêtres vitrées, en évitant les infiltrations et renouvellement excessif d'air extérieur. Dans le même ordre d'idée, un gain annuel en énergie de 29 143 kWh (soit 3 140 109 F CFA/an) est réalisable sur **l'éclairage** en installant des minuteries dans les douches de bâtiments. Au niveau de la **ventilation**, des économies de l'ordre de 7752 KWh par an (soit 711 634 F CFA/an) sont possibles en procédant au remplacement des brasseurs à pales par ceux en hélices.

Enfin, à moyen terme et investissement élevé, le pilote flexy du LESEE prouve que plus 3555KWh par an d'énergie pure est réalisable à travers l'intégration de photovoltaïque sur le toit des bâtiments.

Cependant, pour parvenir à toutes ces économies et d'en tirer profit, il faut une stratégie de coordination et de planification des mesures d'économies d'énergie. C'est pourquoi, la Fondation 2iE se doit de mettre en place une politique d'efficacité énergétique sur ces deux sites (Kamboinsé et Ouagadougou).

Ce travail propose comment mettre en place une telle politique. Pour cela, nous axerons cette dernière autour de quatre programmes à savoir la **sensibilisation**, la **plantation d'arbres**, la **construction des bancs d'études** et **l'intégration des énergies renouvelables**. Nous tenterons de chiffrer ces programmes et ressortir les avantages à y tirer en termes d'économie d'énergie.

Mots Clés: Energie, Economie, Politique, Efficacité énergétique, Retour sur investissement.

ABSTRACT

Energy efficiency focuses on how to rationally consume energy at international, national and local levels. Implementing energy efficiency at local level, as it is the case of Foundation 2iE, means controlling its energy consumption so as to reduce its operating expenditures, to improve comfort at its campuses, to protect environment.

This work shows that energy saving is really achieved at the campus of Kamboinsé by undertaking some actions that could require an average or neglected and /or high investment.

For a short term with nil investment, a financial gain of 3 005 256 F CFA (ie 8%) can be achieved by subscribing to a new electric power.

For a short term with average investment, an annual energy saving of 933kWh could be achieved on the air conditioned buildings exposed to sun rays, by preventing these rays' infiltration trough windows and doors, by preventing excess air renewing.

Also, an annual energy saving of 29 143 kWh (ie 3 140 109 F CFA/year) can be achieved in lightening, by installing time switches in the showers of all the buildings. At the post of ventilation, an energy saving of 7752 KWh per year (ie 711 634 F CFA) can be gained by replacing high consuming fans by low consuming ones.

Finally, for high investment, the flexy Energy of LESEE shows that more than 3555kWh energy can be gained through installing photovoltaic equipments on the roofs of buildings.

However, to achieve these energy savings and benefit from them, 2iE must implement energy efficiency policy on its two campuses (Ouagadougou and Kamboinsé).

This study focuses on how to plan this policy. The later is going to be centralized around four programs: awareness, planting of trees, construction of external benches for study and the integration of renewable energy (solar energy). We will attempt trough this work to evaluate the cost of implementing these programs, the advantages derived from these programs will also be determined.

Key words: Energy, Economy, Policy, Energy efficiency, investment

GLOSSAIRE

Efficacité énergétique¹ :

En *Physique et ingénierie Mécanique*, l'efficacité énergétique est un nombre sans dimension, qui est le rapport entre ce qui peut être récupéré utilement de la machine sur ce qui a été dépensé pour la faire fonctionner.

En *Economie*, le terme d'efficacité énergétique est utilisé de manière synonyme de l'**efficience énergétique**, qui consiste à réduire les consommations d'énergie, à service rendu égal.

L'efficacité énergétique peut également se rapporter à l'utilisation des techniques ou des pratiques pour réduire l'utilisation d'énergie.

Réchauffement climatique :

Les scientifiques s'accordent sur un réchauffement climatique de notre planète. L'émission de Gaz à effet de serre (GES) notamment de CO₂ est une des principales causes du réchauffement climatique. Ce sont les activités humaines et notamment la production et la consommation d'énergie combustibles qui sont responsables de ces émissions croissantes de manière forte depuis la révolution industrielle.

Politique Énergétique² : mesures mises en place à différentes échelles mondiales, régionales et nationales, locales visant à améliorer l'efficacité énergétique, à réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), à trouver de nouvelles sources d'énergie ou à changer les comportements culturels dans une logique de développement durable.

¹ <http://www.wikipedia.com>

² http://www.nrtee-trnee.ca/fre/programs/Current_Programs/Energy-Climate-Change/ECC-glossary_f.htm : glossaire énergie et changement climatique

INTRODUCTION

1. Contexte

L'énergie est au cœur de tout développement, elle représente cependant un poste le plus souvent négligé, peu étudié et mal connu des décideurs.

Les chocs pétroliers intervenus dans les années 1973 et 1979 vont marquer une étape importante vers une prise de conscience internationale du poids de la facture énergétique sur les économies des pays du monde. Un concept nouveau va naître : la maîtrise des consommations d'énergie ou l'efficacité énergétique visant l'économie d'énergie, sa gestion efficace et la diversification de ses sources d'approvisionnements. De la Conférence de Rio en 1992 au Sommet Mondial pour le Développement Durable tenu à Johannesburg en 2002, il sera question de la nécessité d'entreprendre des actions visant l'utilisation rationnelle de l'énergie au niveau international, national et local³.

Sur le plan international, le changement climatique est considéré comme le plus grand défi environnemental et économique auquel le monde actuel est confronté – un défi exigeant une intervention sur de nombreux fronts⁴. Les Etats se doivent de jouer un rôle prépondérant dans la création d'initiatives à accroître l'efficacité énergétique, à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à s'adapter aux répercussions des changements climatiques.

Sur le plan national, 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.

Sur le plan local, les chefs d'entreprises, les gestionnaires des établissements doivent adopter l'efficacité énergétique pour améliorer la rentabilité de leurs organisations en réduisant les coûts d'exploitation de ces dernières, en améliorant le confort dans le milieu de travail et en protégeant l'environnement.

C'est dans ce cadre que l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Fondation 2iE) structure de formation phare en Afrique ambitionne à travers son Laboratoire d'Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE) de mettre en place une politique d'efficacité énergétique sur ses deux campus : Ouagadougou et Kamboinsè.

Vu la pertinence et la taille de ce thème, il a été traité en binôme et est scindé en deux parties importantes : **l'audit énergétique du site de Kamboinsé** et **les propositions pour une mise en place d'une politique d'efficacité énergétique au 2iE**. Ce présent travail se focalisera sur la deuxième partie.

³ *Guide pour la Maîtrise de l'Énergie dans les Établissements de Santé des Pays en Développement*

⁴ <http://www.oee.rncan.gc.ca>.

2. Objectifs

✓ Objectif général :

Mettre en place des outils devant permettre à la future équipe d'efficacité énergétique du 2iE de réaliser des économies d'énergie.

✓ Objectifs spécifiques:

- ❖ Réduire de 20% à court terme la consommation énergétique du 2iE ;
- ❖ Sensibiliser le public interne et externe du 2iE aux mesures des économies d'énergie et à la problématique du changement climatique ;
- ❖ Développer, utiliser et vulgariser les énergies renouvelables ou hybrides dans le bâtiment et le transport ;
- ❖ Promouvoir autrement le confort dans le milieu de travail suite aux économies d'énergie réalisées ;

3. Méthodologie

Pour mener à bien notre étude, nous avons suivi la démarche ci après :

- **L'Etude bibliographique** : elle s'est articulée principalement sur la lecture de l'ensemble des audits énergétiques réalisés sur le site de Kamboinsé pour la période allant de 2003 à 2010. Il s'agit de cerner dans un premier temps l'état des lieux du site et les mécanismes du suivi de sa consommation énergétique. Puis dans un second temps, de recenser toutes les mesures pertinentes et réalisables à court et moyen terme ;
- **La collecte et l'analyse des données sur la période allant de 2005 à 2010**: il est question ici de recueillir et d'analyser les effectifs d'étudiants accueillis sur le site de Kamboinsé durant cette période, de déterminer, en se basant sur les plans actualisés des bâtiments dudit site, la surface totale des infrastructures. Puis d'établir une corrélation entre ces données et la consommation d'énergie par année académique de ce site ;
- **L'Etude financière** : il s'agira d'estimer le coût d'investissement de quelques mesures pertinentes retenues sur les économies d'énergie ainsi que le retour sur investissement ;
- **L'élaboration d'une politique énergétique** : au finish, c'est de parvenir, en tenant compte de projection du 2iE en matière d'effectif d'étudiants à accueillir et des extensions futures sur ses deux sites, à faire des propositions concrètes pour une mise en place d'une politique d'efficacité énergétique. Cette dernière visera à permettre au 2iE de réduire sa consommation de 20 % à court terme et de 40 % à long terme.

4. Résultats attendus

- L'état actuel de la consommation énergétique du site de Kamboinsé ;
- Un énoncé chiffré de quelques mesures d'économie d'énergie réalisables à court terme et moyen terme;
- Une estimation financière des programmes proposés dans le cadre de la mise en place d'une politique de l'efficacité énergétique au 2iE Kamboinsé.

5. Les contraintes de l'étude

- Champ d'action de l'étude : ce travail requiert une connaissance pluridisciplinaire notamment en génie civil, électricité, énergétique et techniques de communication pour être mené à fond ;

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SITE DE L'ETUDE

1. Présentation de l'institution d'accueil

Le 2iE est basé à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso. Pays enclavé et sahélien de l'Afrique Occidentale, le Burkina Faso est limité au Sud par la Côte d'Ivoire, le Bénin, le Ghana et le Togo, au Nord par le Mali et à l'Est par le Niger.

Créé il y a 40 ans par 14 Etats africains francophones, c'est la fusion de l'Ecole inter-états des ingénieurs de l'Equipement rural (l'EIER) et de l'Ecole inter-états des Techniciens de l'Hydraulique et de l'Equipement rural (L'ETSHER) qui a donné naissance en 2005 au Groupe EIER- ETSHER. En juin 2006, ce Groupe EIER-ETSHER devient 2iE (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement) et à partir de février 2008, le 2iE passe à la Fondation 2iE⁵.

Le 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. Le 2iE réalise des formations continues et à distance. Il offre des prestations d'ingénierie, en forte synergie avec le secteur privé et mène des travaux de recherche, en collaboration avec des établissements du Sud et du Nord.

Si au plan régional, il est une institution retenue comme une référence et un pôle d'excellence par la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CDEAO), l'Union Economique et Monétaire et le Nouveau Partenariat pour le Développement en Afrique (NEPAD) Ouest Africain (UEMOA), sur le plan international, il a l'accréditation de la Commission des Titres d'Ingénieurs (CTI), le plaçant ainsi comme première école d'ingénieurs africaine dont les diplômes sont reconnus internationalement.

Comprenant deux campus (Ouagadougou 6ha et Kamboinsé 103ha), sa plate forme technologique et technique intègre des salles de cours, des amphithéâtres, des laboratoires, des sites expérimentaux et d'un centre de documentation et d'information de plus de 28 000 références.

Selon le plan d'orientation 2008-2012, le 2iE ambitionne d'accueillir 1000 étudiants en 2011 et 2500 à l'horizon 2012. Il prévoit également une extension de 18 000 m² de nouvelles infrastructures sur ses deux sites.

⁵ <http://www.2ie-edu.org>

Sur le plan organisationnel, le 2iE est composé d'une direction générale, de cinq directions opérationnelles dont 19 services associés et de quatre unités thématiques d'enseignement et de recherche (UTER) dont 7 laboratoires rattachés et d'une Unité de Valorisation de l'information Scientifique et Technologique (voir l'organigramme ci après) :

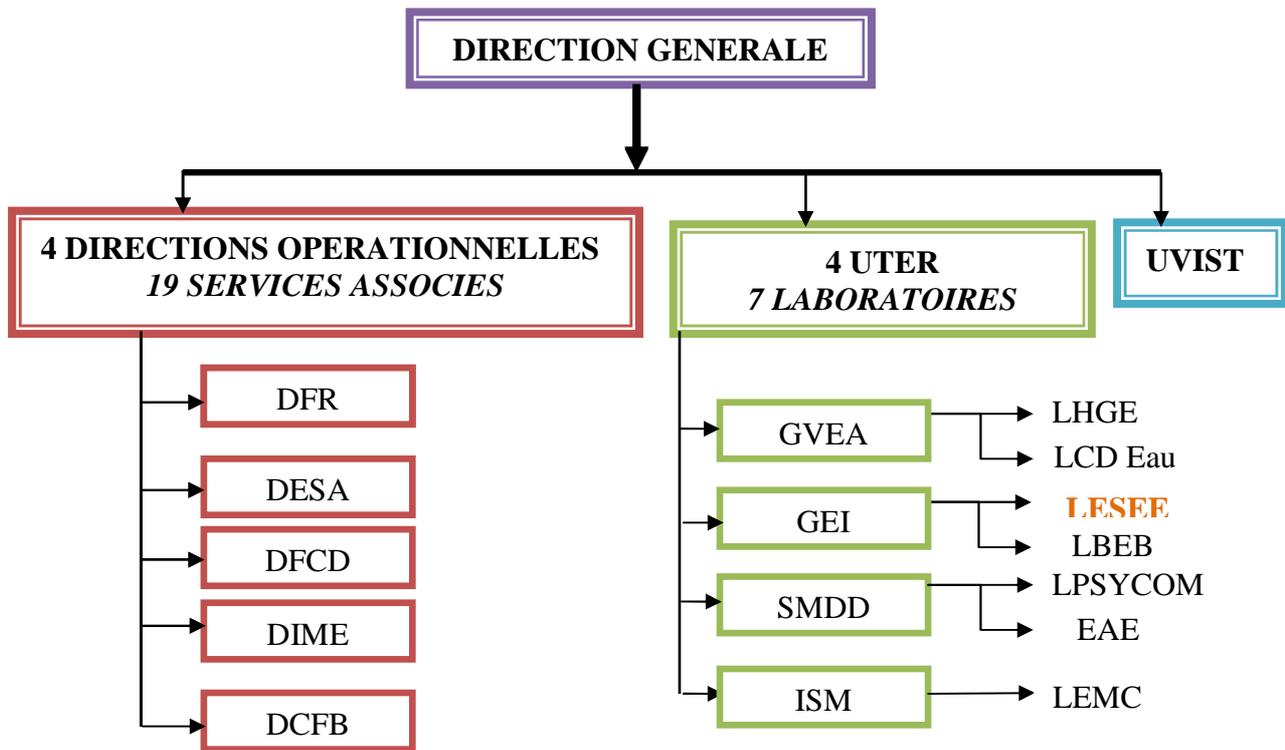


Figure 1 : Organisation opérationnelle de 2iE⁶

LES DIRECTIONS OPERATIONNELES :

DFR. Direction des Finances du Budget et des Ressources

DESA : la Direction des Etudes et des Services Académiques

DFCD : Direction de la Formation Continue et à Distance - la Direction de l'Ingénierie et de l'Appui au Secteur Privé

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

DCFB : Direction de Contrôle Financier et du Budget

⁶ http://www.2ie-edu.org/IMG/pdf/Plan_Orientations_Strat%E9giques_2008-2012_VFinale.pdf

LES LABORATOIRES ASSOCIES :

LESEE : Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie

LBEB: Laboratoire Biomasse Energie Biocarburant

LHGE : Laboratoire Hydrologie et Gestion de l'Eau

LCP-Eau : Laboratoire de Contrôle des Pollutions et des Procédés de Traitement des Eaux

LPSYSCOM : Laboratoire de Plateforme Transdisciplinaire de Recherche sur les Systèmes Complexes

EAE : Environnement et Approche Eco santé

LEMC : Laboratoire Eco Matériaux de Construction

LES UNITES THEMATIQUES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE (UTER) :

GVEA : Gestion et Valorisation de l'Eau et Assainissement

GEI : Génie Energétique et Industriel

SMDD: Sciences Managériales et Développement Durable

ISM : Infrastructures et Science des Matériaux

UVIST : Unité de Valorisation de l'information Scientifique et Technologique

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études, nous avons été accueillis au laboratoire LESEE se trouvant dans l'UTER GEI. L'objectif principal du LESEE est de contribuer à l'innovation industrielle dans le domaine du solaire pour une production et une utilisation rationnelle d'énergies électrique /thermique en Afrique.

2. Description du site de Kamboinsé

Le site de Kamboinsé, objet de notre présente étude, est situé à 15 kilomètres de la ville de Ouagadougou et comprend trois zones K1, K2 et K3 (à entendre Kamboinsé 1, 2 et 3). La zone K1 appelée aussi site historique est héritée de l'ancien ETSHER. Quant aux zones K2 et K3, elles ont été léguées au 2iE par le Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) depuis 2005. Certains bâtiments de ce 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**.

Le plan de masse actualisé (2010) ci-dessous nous donne la localisation des bâtiments de K1, K2 et K3.

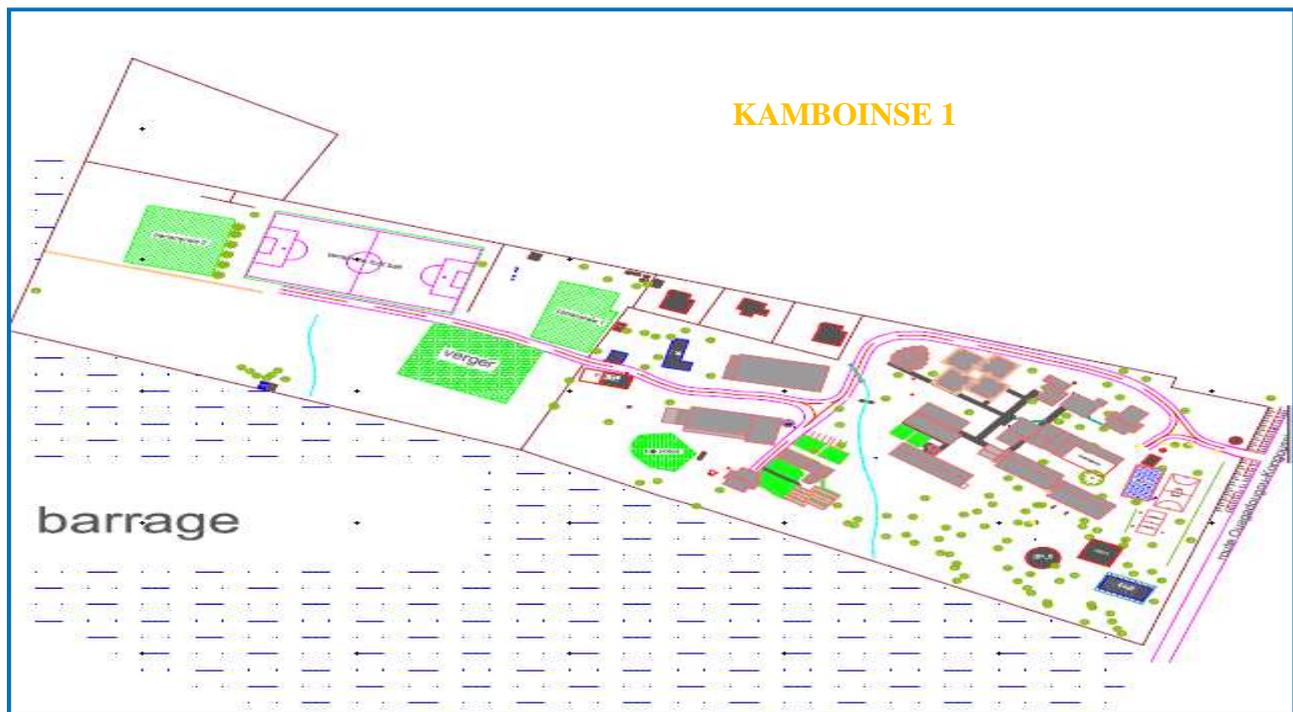


Figure 2 : Plan de masse de la zone K1

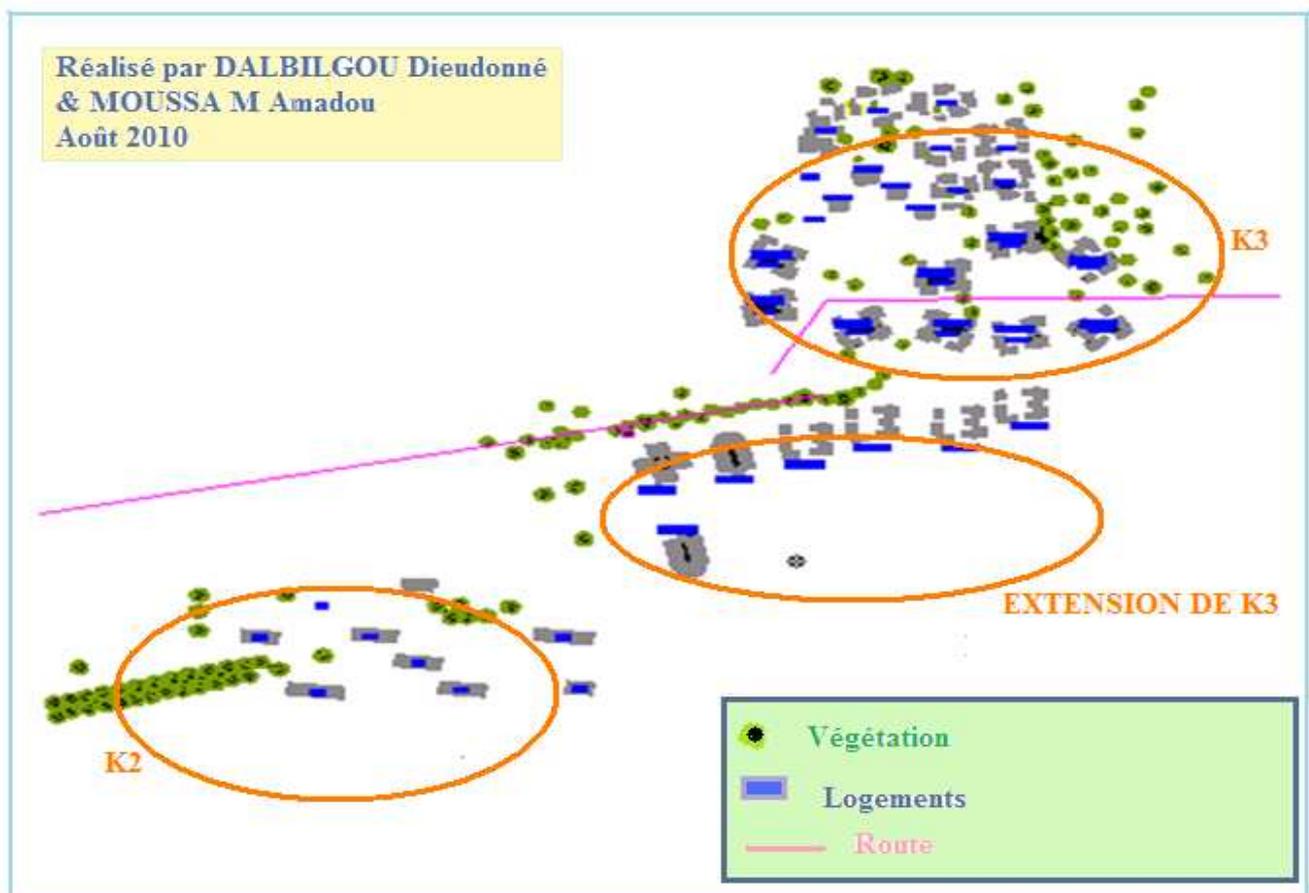


Figure 3 : Plan de masse des zones K2 et K3 du site de Kamboinsé

CHAPITRE II : ETATS DES LIEUX

I. LES MESURES ET RECOMMANDATIONS D'ECONOMIE D'ENERGIE SUR LE SITE

1- Mesures et recommandations des audits réalisés de 2003-2010 sur le site de Kamboinsé

De 2003 à 2010 nous avons recensé huit (08) rapports d'audits énergétiques⁷ sur les bâtiments de Kamboinsé (K1). Un mémoire de fin d'études a également porté sur l'audit énergétique de deux sites du 2iE⁸. Les rubriques ci-après résument les recommandations et mesures suggérées pour parvenir à des économies d'énergie sur le site:

LA SENSIBILISATION :

Dans cette rubrique les rapports ont préconisé de :

- Instaurer une campagne de sensibilisation auprès de tout le public interne du 2iE, par des moyens de communication portant sur les sujets qui traitent de différents thèmes (éclairage, ventilation, climatisation....) dans le but de donner à ce dernier les réactions nécessaires à une utilisation rationnelle de l'énergie.

A cet effet, les exemples de messages suivants ont été proposés : « *Couper l'éclairage en dehors des périodes d'occupation* », « *fermer les fenêtres des locaux climatisés* », « *arrêter les appareils de climatisation et autre équipement en marche* », « *arrêter les écrans cathodiques, les photocopieurs et les cafetières laissés en marche à la fin de la période d'occupation* », « *mettre en marche l'imprimante uniquement pendant les temps d'impression de même que le photocopieur* », « *arrêter l'ordinateur pendant les absences de longue durée car il consomme 40 W environ en état de veille* », : « *arrêt après utilisation* ».

- Sensibiliser le public 2iE à des notions des économies d'énergie ;
- Sensibiliser les usagers de certains équipements (comme réfrigérateurs, pompes ...) aux notions d'heures pleines(HPL) et d'heures de pointe (HPT);

⁷ Rapport d'Audit Énergétique des bâtiments de Kamboinsé 1 des étudiants en Master spécialisé Génie Énergétique, promotion 2003 -2004 et 2009-2010

⁸ Mémoire de fin d'études portant sur la « Contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique à 2iE » de BOUHAN G. Rodrigue Hermann Fidele, 2008

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

- Responsabiliser des personnes pour la surveillance des salles climatisées (salles contenant des équipements électriques) susceptibles d'être abandonnées après usage comme : les salles de cours climatisées, les salles informatiques..... ;
- Organiser des « **journées spéciales économies d'énergie** ».

LA CLIMATISATION :

Poste important en matière de consommation d'énergie au 2iE, les rapports ont suggéré de :

- ✓ Réduire le temps de fonctionnement des climatiseurs durant les périodes froides ;
- ✓ Isoler les conduites d'aspirations avec une épaisseur d'isolant normalisée ou mousse de polyuréthane ;
- ✓ Installer les condenseurs de climatisation à l'ombre (arbre, hangar, auvent) pour éviter l'impact du soleil ;
- ✓ Remplacer les anciens isolants de conduit de fluide frais par des isolants neufs afin d'éviter les pertes à travers les conduits ;
- ✓ Etancher les menuiseries des portes pour éviter l'infiltration d'air ;
- ✓ Teinter les vitres des bureaux et placer les rideaux pour la protection contre les solaires et réduire ainsi les charges thermiques ;
- ✓ Respecter les longueurs des tuyauteries prévues par les normes ;
- ✓ Remplacer tous les climatiseurs triphasés par des monophasés lors de renouvellement ;
- ✓ Arrêter les climatiseurs dans les salles inoccupées ou faiblement chargées ;
- ✓ Remplacer les climatiseurs *Windows* par des *Split* lors de renouvellement ;
- ✓ Dégager la salle de tout appareil non fonctionnel et tout meuble non utilisé afin de permettre une bonne circulation de l'air dans la salle ;
- ✓ Eviter de poser des objets (bouteilles d'eau) sur la bouche de soufflage des climatiseurs ;
- ✓ Réduire les sources d'infiltration d'air extérieur dans les locaux climatisés en remplaçant les vitrages *naco* par des vitres pleines ;
- ✓ Eviter les chocs thermiques entre l'intérieur et l'extérieur (en général on tolère des écarts de 6 à 12°C) en adoptant les températures de consigne dans les salles de classe et les bureaux au dessus de 23 degrés ;
- ✓ Placer des rappels automatiques sur les portes des locaux climatisés en particulier sur celles des salles de cours ;
- ✓ Installer des *dismatics* à proximité des climatiseurs pour faciliter leur arrêt ;
- ✓ Réguler les heures de mise en marche des climatiseurs, avec un système d'horloge et ou de minuteries.

L'ECLAIRAGE :

Deuxième poste énergétivore après la climatisation, les propositions retenues ici sont les suivantes :

- ❖ Réduire le temps d'éclairage en utilisant davantage l'éclairage naturel ;

- ❖ Couper l'éclairage en dehors des périodes d'occupation;
- ❖ Changer les lampes de 60 W par les lampes en U de 11 W ;
- ❖ Remplacer les lampes existantes par des lampes fluo compactes de 16 W ;
- ❖ Remplacer les lampes fluorescentes de 36 W, de 18 W avec ballasts par les lampes fluo compactes beaucoup plus économiques et ayant une bonne efficacité allant de 60 à 80 lm/W et consommant très peu d'énergie ;
- ❖ Réduire le nombre de lampes dans les locaux où l'éclairage est élevé ou au besoin les supprimer ;
- ❖ Installer des minuteries pour couper l'éclairage des couloirs et dans les toilettes ;
- ❖ Remplacer les luminaires peu efficaces par des luminaires de haute efficacité énergétique ;
- ❖ Remplacer les lampes à incandescences par des tubes fluorescents ;
- ❖ Remplacer les ballasts électromagnétiques (qui consomment 25% de la puissance nominale des lampes) par des ballasts électroniques (qui ne consomment que 10% de la puissance nominale des lampes) ; en cas de rénovation envisager l'utilisation des ballasts électroniques ;
- ❖ Mettre hors circuit les lampes grillées car les ballasts consomment de l'énergie ;
- ❖ Eteindre les lampes extérieures et de sécurité dès 6 heures du matin ou en posant sur leur circuit des interrupteurs crépusculaires ;
- ❖ Remplacer les lampes incandescentes de 40W utilisées pour l'éclairage des douches par des lampes économiques (lampes fluorescentes de 11W par exemple) ;
- ❖ Peindre en couleur blanche les murs intérieurs des bureaux (GEI, ...) et salles de cours (BJ, ...)

LA VENTILATION :

Dans cette rubrique, les suggestions sont restreintes car la ventilation concerne le plus les dortoirs des étudiants. Ainsi, les propositions ci-après ont été relevées :

- Placer des moustiquaires aux fenêtres pour permettre aux étudiants de profiter de l'air frais naturel : ce qui minimiserait l'utilisation des brasseurs ;
- Remplacer les ventilateurs à pales par des ventilateurs à hélices.

LA MAINTENANCE :

Ici, les rapports s'accordent que le 2iE se doit de mettre en place une politique de maintenance pour rendre fiable ses équipements et de ce fait, réaliser des économies d'énergie. Les recommandations suivantes ont été mises en avant :

➤ Mettre en place un programme d'entretien préventif des équipements (climatiseurs, lampes, ventilateurs,..) tenant compte de :

- ↳ changer l'huile des compresseurs pour permettre une bonne lubrification ;
- ↳ faire un nettoyage et graisser les ventilateurs de l'évaporateur et du condenseur ;
- ↳ changer ou compléter le fluide frigorigène ;

- ↳ nettoyer les condenseurs et les évaporateurs afin de permettre un bon échange thermique ;
 - ↳ vérifier le bon fonctionnement du thermostat et équiper les climatiseurs de thermostats pour qu'ils ne fonctionnent pas à tout moment ;
 - ↳ nettoyer périodiquement les lampes et luminaires;
 - ↳ remplacer les lampes défectueuses ;
- Identifier et fermer toutes les ouvertures pouvant favoriser l'infiltration excessive d'air dans les locaux climatisés.

AUTRES DISPOSITIONS :

D'autres mesures et recommandations ont été enfin suggérées:

- ✚ Souscrire à une nouvelle puissance pour éviter des pénalités imposées par la SONABEL en cas de dépassement de puissance souscrite;
- ✚ Placer des compteurs sur le départ vers chaque bâtiment pour mieux suivre la consommation énergétique ;
- ✚ Configurer les ordinateurs pour la mise en mode veille (*ne pas confondre mise en veille de l'ordinateur et écran de veille !*) ;
- ✚ Eteindre les ordinateurs pendant les périodes prolongées de non utilisation ;
- ✚ Susciter une prise de conscience collective de la consommation énergétique de 2iE (Ecran de publicité, intranet, ...)
- ✚ Planter des arbres autour des bâtiments, surtout aux façades **Est** et **Ouest** ;
- ✚ Réduire le temps de veille des appareils ;
- ✚ Installer les distributeurs d'eau froide par endroits sur les différentes zones afin de diminuer l'utilisation des réfrigérateurs individuels dans les chambres.

2- Mesures appliquées et mécanisme de suivi de la consommation:

Suite à ces audits, la fondation 2iE a plus ou moins mis en application certaines mesures ainsi que des mécanismes de suivi de sa consommation électrique ci-dessous énumérés :

Climatisation :

- Mise en marche/ arrêt des climatiseurs effectuée par un agent administratif ;
- Changement des climatiseurs triphasés par des climatiseurs monophasés lors des rénovations ;
- Changement des climatiseurs *windows* par des *Split* lors des rénovations ;
- Utilisation de rideaux dans certains locaux climatisés.

Eclairage :

- Rondes pour la mise en marche/arrêt des lampes extérieures effectuées par le personnel de sécurité ;
- Remplacement de lampes à incandescence par des lampes fluorescentes ;

- Peinture des parois de certaines salles de classes en couleur blanche ;
- Installation de *dismatics* dans certaines salles de classes climatisées ;
- Utilisation de l'éclairage naturel.

Sensibilisation :

- Affiches portant sur la fermeture des portes des salles climatisées ;
- Note de service règlementant les heures d'utilisation de la climatisation.

Maintenance :

- Mise en place d'une équipe de maintenance

Autres :

- Souscription à une nouvelle puissance souscrite de la zone K1 de 50 kW à 80 kW en 2008 ;
- Changement de transformateur de 160 KVA en 250 KVA puis en 400 KVA en avril 2010 ;
- En plus de la politique de zéro papier prônée, le matériel de bureautique (imprimante et photocopieur) est mis en réseau.

3- Mesures pertinentes retenues:

De toutes les mesures et recommandations citées ci-haut, les plus pertinentes sont celles applicables à court terme (c'est-à-dire à investissement nul ou faible) puis celles applicables à long terme nécessitant un investissement important. Se basant sur ce critère nous avons trié et retenu les mesures ci-après :

A- AU POSTE DE LA CLIMATISATION :

↳ A court terme :

- ✓ Etancher les menuiseries des portes et fenêtres pour éviter l'infiltration d'air ;
- ✓ Placer les rideaux pour la protection contre les rayons solaires et réduire ainsi les charges thermiques ;
- ✓ Eviter les chocs thermiques entre l'intérieur et l'extérieur en adoptant les températures de consigne dans les salles de classe et les bureaux au dessus de 23 degrés ;
- ✓ Placer des rappels automatiques sur les portes en particulier sur celles à forte fréquentation (des salles de cours) ;
- ✓ Installer des *dismatics* à proximité des climatiseurs des salles de classes et amphi pour faciliter leur arrêt.

↳ A long terme :

- ✓ Remplacer tous les climatiseurs triphasés en monophasés lors de renouvellement du matériel ou dans les futures constructions ;
- ✓ Remplacer les climatiseurs *Windows* par des *Split* lors de renouvellement du matériel ;
- ✓ Réduire les sources d'infiltration d'air extérieur dans les locaux climatisés en remplaçant les vitrages *naco* par des vitres pleines, en bouchant les trous sur le faux plafond;
- ✓ Réguler les heures de mise en marche des climatiseurs, avec un système d'horloge et ou de minuteries.

B- AU POSTE DE L'ECLAIRAGE :

↳ **A court terme :**

- Réduire le temps d'éclairage en utilisant davantage l'éclairage naturel;
- Réduire le nombre de lampes dans les locaux où l'éclairage est élevé;
- Mettre hors circuit les lampes grillées car les ballasts consomment de l'énergie.
- Installer des minuteries pour mettre hors service l'éclairage des couloirs et des toilettes ;
- Peindre en couleur blanche les murs intérieurs des bureaux (GEI, ...) et salles de cours (BJ,...)

↳ **A long terme :**

- Remplacer les luminaires peu efficaces par des luminaires de haute efficacité énergétique (lors de renouvellement ou dans les futures constructions ;
- Remplacer les ballasts électromagnétiques par des ballasts électroniques, en cas de rénovation envisager l'utilisation des ballasts électroniques ;
- Eteindre les lampes extérieures et de sécurité dès 6 heures du matin ou en posant sur leur circuit des interrupteurs crépusculaires ;

C- AU POSTE DE LA VENTILATION :

↳ **A court terme :**

- Placer des moustiquaires aux fenêtres pour permettre aux étudiants de profiter de l'air frais naturel, ce qui limiterait l'utilisation des brasseurs.

↳ **A long terme :**

- Remplacer les ventilateurs à pales par des ventilateurs à hélices lors de renouvellement, des nouvelles constructions.

D- AU NIVEAU DE LA SENSIBILISATION :

↳ **A court terme :**

- ❖ Instaurer une campagne de sensibilisation auprès des occupants, par des moyens de communication portant sur les sujets qui traitent de différents thèmes dans le but de donner aux occupants les réactions nécessaires à une utilisation rationnelle de l'énergie et des notions des économies d'énergie ;
- ❖ Sensibiliser les occupants à l'utilisation de certains équipements aux notions d'heures pleines (HPL) et heures de pointe (HPT) ;
- ❖ Responsabiliser des personnes pour la surveillance des salles climatisées (salles contenant des équipements électriques) susceptibles d'être abandonnées après usage comme : les salles de cours climatisées, les salles informatiques.

↳ **A long terme :**

- Planifier une organisation des « **journées spéciales économies d'énergie** ».

E- AUTRES

↳ **A court terme :**

- Configurer les ordinateurs pour la mise en mode veille ou veille prolongée ;
- Planter des arbres autour des bâtiments surtout aux façades **Est** et **Ouest**
- Réduire le temps de veille des appareils.

↳ **A long terme :**

- Placer des compteurs sur le départ vers chaque bâtiment pour mieux suivre la consommation énergétique ;
- Installation de distributeurs d'eau froide et chaude par endroits sur les différentes zones du site afin de diminuer l'utilisation des réfrigérateurs individuels dans les chambres.

II. RECEUIL ET ANALYSE DES DONNEES

1- Données sur les effectifs d'étudiants du site de Kamboinsé

Les données concernant les effectifs d'étudiants sur les sites du 2iE sont résumés dans le **tableau 1** ci après :

Tableau 1 : Evolution des effectifs des étudiants sur les deux sites de 2iE (de 2004 à 2010)

Site	Effectif	Année académique						TOTAL
		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	
Kamboinsé	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

En termes de pourcentage, le **tableau 2** montre que le site de Kamboinsé accueille de plus en plus la part importante des effectifs d'étudiants du 2iE.

Tableau 2 : Evolution d'effectif d'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%

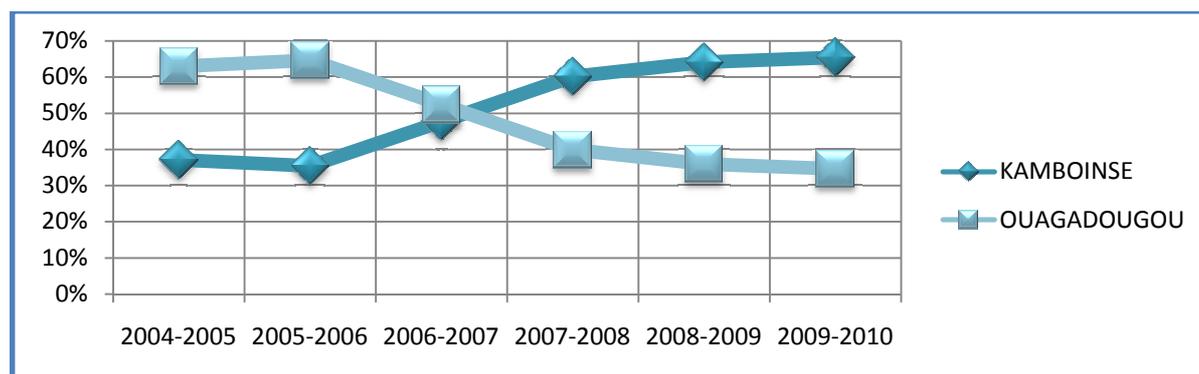


Figure 4 : Evolution en termes d'accueil d'étudiants sur les deux sites

Ces deux courbes de la figure 4, nous renseignent que l'effectif des étudiants du site de Ouagadougou décroît au profit de celui de Kamboinsé depuis l'année académique 2007-2008 : l'accueil d'étudiants sur les deux sites s'inverse. L'année en cours 2009-2010 est marquée par un taux élevé des effectifs d'étudiants sur le site de Kamboinsé : 65% des étudiants du 2iE sont logés à Kamboinsé.

Le site Kamboinsé objet de notre étude, accueille sur ses zones le nombre d'étudiants reparti comme suit :

Tableau 3 : Effectif des étudiants logés sur le site de Kamboinsé

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

La figure 5 suivante montre l'évolution des effectifs d'étudiants sur le site de Kamboinsé

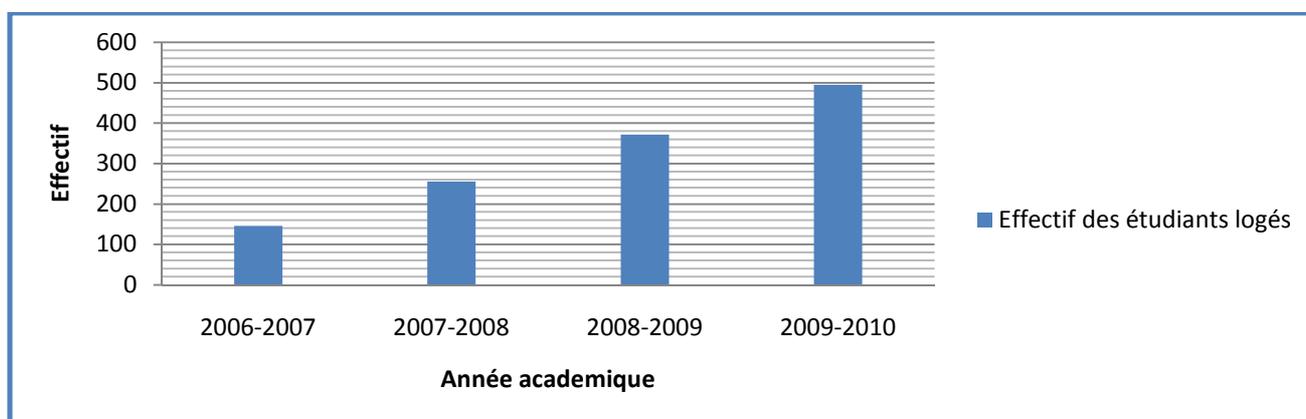


Figure 5 : Evolution des effectifs d'étudiants sur le site Kamboinsé

2- La facture énergétique du site de Kamboinsé

2.1 - La facture électrique du site

2.1.1- Alimentation électrique du site :

Le site de 2iE Kamboinsé 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 KAMBOINSE 1 :

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.

➤ ZONE KAMBOINSE 2 et 3 :

Ces parties sont aussi alimentées en basse tension à partir de deux transformateurs publics sur poteau de 160 KVA.

2.1.2 - Consommation électrique du site :

Le tableau ci après nous fournit la consommation électrique annuelle des zones du site de Kamboinsé.

Tableau 4 : Consommation électrique annuelle par zones du site de Kamboinsé

Année	Consommation électrique annuelle (en kWh/an)				Part dans la consommation annuelle du site		
	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%

Le camembert suivant résume les parts des zones K1, K2 et K3 sur la consommation électrique totale du site de Kamboinsé pour la période allant de 2004 à 2010 :

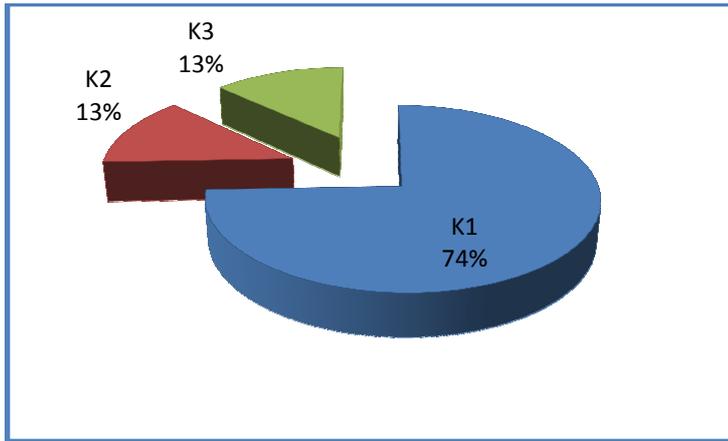


Figure 6 : Répartition de la consommation par parties du site

Au cours de la période (2004 à 2010), K1 occupe la part importante de la consommation électrique du site de Kamboinsé. K3 commence à dépasser K2. Un scénario qui pourrait se poursuivre dans l'avenir car les extensions sont plus axées sur la zone K3.

La figure 6 nous donne une idée sommaire de par où commencer la mise en place d'un programme de sensibilisation. En effet, des efforts portant sur les mesures d'économie d'énergie doivent plus s'accroître sur les zones K1 et K3 dans un premier temps.

2.1.3 - L'analyse de la facturation :

L'analyse des factures d'électricité du site nous a permis de constater des multiples dépassements de la puissance souscrite (10 dépassements par an depuis 2008). La puissance moyenne atteinte au cours de ces deux dernières années est de 114 kW nettement supérieure à la puissance souscrite (80kW), ce qui engendre des pénalités de l'ordre de deux millions quatre vingt neuf mille cent soixante dix (2 089 170 F CFA).

Cependant, l'étude (confère la première partie de ce mémoire) montre qu'un gain annuel de 3 005 256 F CFA est réalisable sur la facture électrique de la zone K1 (soit 8% de la facture) si et seulement si le 2iE revoyait sa souscription de puissance à 157 kW. Il est important de souligner que cette souscription est à investissement nul.

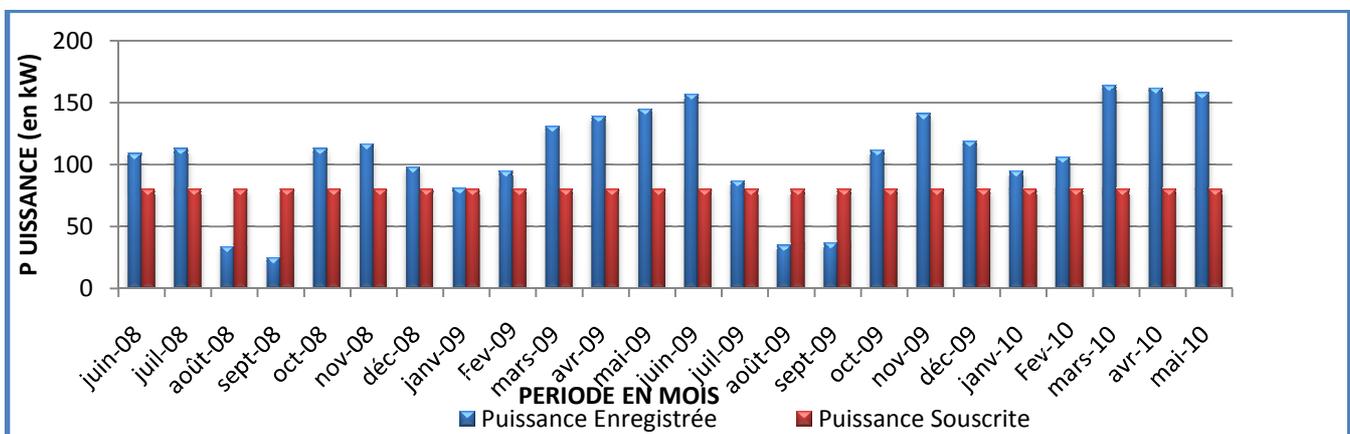


Figure 7 : Dépassements de la puissance souscrite de K1

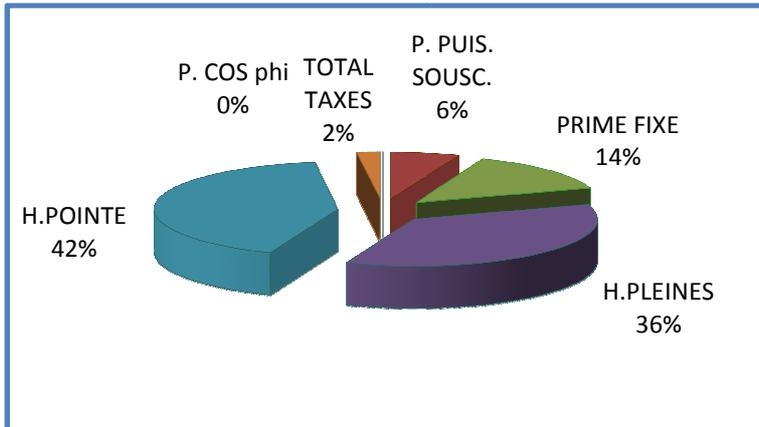


Figure 8 : Répartition actuelle de la facture de K1

Cette figure 5 montre 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

Enfin, cette étude révèle que la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique (PEE) passe nécessairement par une nouvelle souscription de puissance du site au risque de se voir imposer une puissance supérieure par la SONABEL. Les responsables de la future équipe d'efficacité énergétique doivent aussi non seulement s'atteler à savoir pourquoi la consommation est si élevée aux heures de pointe mais aussi sensibiliser les utilisateurs des climatiseurs, réfrigérateurs et autres équipements aux notions d'heures de pointe (HPT) et d'heures pleines(HPL).

3- La consommation en carburant du site

2.2.1 - Le groupe électrogène :

L'importance de la continuité et de la qualité de l'alimentation électrique justifie l'utilisation d'un groupe électrogène. Dans le cadre de ses activités académiques, le 2iE pour faire face à toute interruption ou perturbation dans cette alimentation, a doté le site Kamboinsé d'un groupe électrogène de secours dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci après :

Tableau 5 : Caractéristiques du groupe électrogène de secours de K1

Photo1 : Groupe électrogène de secours de	
 <p style="text-align: center;">K1</p>	• Puissance apparente : 200 KVA
	• Consommation horaire : 49,4 l/h
	• Consommation spécifique (Cs) : 0,309 l/kWh = 49,4 /160
	• 1 litre de Gasoil permet de produire 3,24 kWh = 1/0,309
	• Coût moyen du gasoil 575 FCFA le litre
	• Coût du kWh produit par le GE : 575/3,24 = 177,5 FCFA

Nous remarquons que le coût du kWh produit par le groupe est supérieur à celui de la SONABEL qui est de 139 F CFA en HPT et 64 F CFA en HPL⁹.

Tableau 6 : Consommation du groupe électrogène

Année	Quantité de gasoil consommé (litre)	Dépenses en gasoil (en F CFA)
2005	347	199 600
2006	2 627	1 510 430
2007	2 089	1 201 170
2008	2 470	1 420 280
2009	4 136	2 378 150
2010	2 639	1 517 180

Il est important de souligner que la consommation en gasoil du groupe croit d'année en année (tableau 6).

Tableau 7 : Part du groupe dans la production d'énergie à K1

Année	quantité de carburant consommé (litre)	kWh produites par le groupe	Consommation SONABEL de K1 en kWh	kWh consommées par K1	Part du groupe en pourcentage
2005	347	1 124,28	308 851	309 975 ,28	0,36%
2006	2627	8 511,48	326 502	335 013,48	2,5%
2007	2089	6 768,36	357 561	364 329 ,36	1,86%
2008	2470	8 002,8	376 788	384 790,8	2,07%
2009	4136	13 400,64	460 377	473 377,64	2,83%
2010	2639	8 550,36	200 912	209 462,36	4%

2.2.2- Les véhicules de transport :

Pour faciliter la navette entre ses deux sites et pour des raisons de voyage d'études, le 2iE assure la mobilité de son personnel ainsi que de ses étudiants par véhicules de transport consommant du gasoil et de l'essence. Les données sur la consommation en carburant de 2005 à 2010 de ces véhicules de transport sont résumées dans le tableau récapitulatif ci après :

Tableau 8 : Consommation en carburant des véhicules de transport

Année	DEPENSES EN CARBURANT (en F CFA)		QUANTITE (en litres)		COÛT TOTAL (F CFA)
	Gasoil	Essence	Gasoil	Essence	
2005	5 815 787	2 167 150	10 114	3 376	7 982 937
2006	20 801 403	5 267 230	36 176	8 204	26 068 633
2007	19 273 701	6 784 885	33 519	10 568	26 058 586
2008	25 314 843	5 875 450	44 026	9 152	31 190 293
2009	27 152 800	7 940 095	47 222	12 368	35 092 895
2010	11 541 505	4 617 068	20 072	7 192	16 158 573
TOTAL	109 900 039	32 651 878	191 131	50 860	142 551 917

⁹ <http://www.sonabel.bf>

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

A travers ce tableau, nous observons une augmentation annuelle de la consommation en carburant du site et de ce fait la part de contribution du 2iE dans la pollution. Exception faite cependant pour l'année 2010 où le coût de consommation en carburant est réduit et cela se justifie au fait que nous ne sommes pas d'abord à la fin l'année.

D'une manière générale, il est important de souligner que la facture de carburant des véhicules de transport occupe une part importante dans la facture énergétique du 2iE. En effet, elle est estimée en moyenne annuelle à plus de **23 758 653 F CFA**.

Conclusion: la facture énergétique du site

La facture énergétique du site est de deux composantes principales :

- ❖ Les dépenses liées aux factures électriques fournies par la SONABEL et constituant la consommation électrique du site .L'analyse de ces factures sur les deux dernières années révèle une multitude de dépassements (10 par an) .Un gain annuel de **3 005 256 F CFA** est réalisable en adoptant une nouvelle souscription.
- ❖ Les dépenses liées à la consommation en gasoil et essence super pour le groupe de secours et les véhicules de transport.

Tableau 9 : les composantes de la facture énergétique du site

Année	FACTURE SONABEL			DEPENSES ANNUELLES EN CARBURANT (F CFA)		Facture annuelle payée
	K1 (F CFA)	K2 (F CFA)	K3 (F CFA)	GROUPE ELECTROGENE	TRANSPORT	
2005	22 169 096	6 043 986	3 910 764	199 600	7 982 937	30 351 633
2006	22 431 707	7 187 044	4 675 691	1 510 430	26 068 633	48 500 340
2007	28 198 646	9 252 888	5 337 027	1 201 170	26 058 586	54 257 232
2008	31 422 660	7 376 894	6 239 617	1 420 280	31 190 293	62 612 953
2009	40 240 068	9 664 500	10 759 385	2 378 150	35 092 895	75 332 963
2010	14 321 283	4 429 111	4 672 995	1 517 180	16 158 573	30 479 856

Ce tableau montre que la facture énergétique actuelle du site de Kamboinsé croit d'année en année. Elle est de 75 332 963 F CFA en 2009 contre 30 351 633 F CFA en 2005. Elle est estimée en moyenne annuelle à **54 211 024 F CFA**. Il est important de souligner que cette facture ne prend pas en compte les consommations des zones K2 et K3 du site qui ne sont jusque là pas au compte du 2iE.

CHAPITRE III : ESTIMATION FINANCIERE DE QUELQUES MESURES RETENUES

I. Climatisation

La climatisation occupe le premier poste de consommation au 2iE. Parmi les recommandations à appliquer à court terme pour réduire cette consommation, nous avons relevé les suivantes :

- Placer les rideaux pour la protection contre les rayons solaires ;
- Placer des rappels automatiques sur les portes des locaux climatisés en particulier sur celles des salles de cours ;
- Installer des *dismatics* à proximité des climatiseurs des salles de classes et amphi pour faciliter leur arrêt ;
- Planter des arbres aux façades Est et Ouest de bâtiments exposés aux rayons solaires¹⁰.

3.1.1- Les rideaux :

La pose de rideaux sur les parties vitrées réduit l'apport de chaleur à l'intérieur d'un local climatisé donc les pertes thermiques. Notre ronde nous a permis de déterminer les locaux où les placer. Voir en **annexe 1** l'estimation financière de pose des rideaux. Le coût total d'un tel investissement est estimé à **1 669 826 F CFA**.



Photo 2 : Salles de classes annexes (Zone K2) et de BD (Zone K2)

¹⁰ Voir chapitre IV, Programme de plantation d'arbres à la page

3.1.2- Les rappels automatiques :



La pose des rappels automatiques permet de faire des économies par la limitation du renouvellement d'air. En **annexe 1**, nous avons évalué le coût de pose de ces rappels automatiques en rapport avec le nombre des locaux climatisés du site. Le coût d'investissement s'élève à **560 000 F CFA**

Photo 3 : Illustration d'un rappel automatique

3.1.3- Pose des dismatics :

Les dismatics permettent de mettre hors service les climatiseurs des salles climatisées susceptibles d'être abandonnées par les étudiants faute de télécommande. L'estimation financière d'un tel investissement est de **66 000 F CFA** voir **annexe1**.

II. L'éclairage

L'éclairage occupe la deuxième position après la climatisation sur la consommation électrique du site. L'enquête nous a permis de constater que les lampes de couloirs et des douches sont en général laissées allumer inutilement, ce qui constitue un gaspillage d'énergie. Les photos ci après illustrent bien cet état de fait.

Les mesures et recommandations applicables à court terme au niveau de ce poste sont :

- Installer des minuteries pour mettre hors service l'éclairage des couloirs et des toilettes ;
- Remplacer les luminaires peu efficaces par des luminaires de haute efficacité énergétique (lors de renouvellement ou dans les futures constructions).



Photo 4 : Lampes allumées inutilement dans les toilettes et couloirs du pavillon C (il était 12H30)

ESTIMATION DE GAIN D'ENERGIE REALISABLE PAR LA POSE DES MINUTERIES DANS LES TOILETTES DE CERTAINS BATIMENTS

Bâtiments concernés pour K1 : CEFOC, Salles des profs 1, CDI, Classes BN, Pavillons A, B et C
Nombres des lampes : 42

Bâtiments	Types de lampes			Puissance totale Installée en kW
	Réglottes de 120cm de 36W	Réglottes de 60 cm de 18W	Lampes lavabo 75W	
CEFOC	0	6	0	0,14
Bureau des profs 1	0	1	0	0,02
CDI	3	0	1	0,23
Salles de classe BN	2	1	0	0,11
Pavillon A	0	4	0	0,72
Pavillon B	0	4	0	0,72
Pavillon C	3	12	0	6,075
TOTAL	8	32	1	8,015

Sans minuteries :

- ☀ Hypothèse de temps de fonctionnement des lampes abandonnées : 12 heures sur les 303 jours de l'année académique

- ☀ **Energie annuelle perdue** : $8,015 \times 12 \times 303 = 29\ 142,54$ kWh

Heures de pointes : de 10h à 14h et de 16h à 19h **Heures pleines** : de 0h à 10h ; de 14h à 16h et de 19h à 0h

Le coût du kWh en HPL : 64 FCFA et le coût du kWh en HPT : 139 FCFA

- ☀ **Coût de l'énergie perdue par an**: $8,015 \times 303 (139 \times 7 + 64 \times 5) = 3\ 140\ 109$ F CFA

Installation des minuteries

- ☀ Energie économisée : 29 143 kWh

- ☀ Nombre des minuteries type EMN001 EAN 3250612339969 ¹¹ à installer : 16

- ☀ Coût d'investissement : $43,28 \times 656 \times 16 = 454\ 267$ F CFA

- ☀ Economie annuelle réalisable : **3 140 109 F CFA**

- ☀ **Facture électrique annuelle de K1** (juin 09 à Mai 2010) : **36 588 022 F CFA**

- ☀ **Pourcentage des gains sur la facture annuelle de K1** : **8,6 %**

- ☀ Retour sur investissement : 0,14 an = 1 mois 21 jours

Conclusion : A investissement faible (achat de 16 minuteries) un gain de 8,6% est réalisable sur la facture électrique annuelle du site. Une solution consisterait alors à installer des minuteries dans toutes les douches du site. Ces minuteries permettent en effet de réaliser des économies d'énergie en assurant automatiquement la coupure des circuits d'éclairage en fin de temporisation.

¹¹ <http://www.catalogue.hager.fr>

III. La ventilation :

- Remplacer les ventilateurs à pales par des ventilateurs à hélices lors de renouvellement et pendant les nouvelles constructions.

Une ronde nous a permis de constater une large utilisation des ventilateurs à pales surtout dans les nouvelles constructions de logements étudiants de la zone K3.

Les brasseurs à hélices présentent beaucoup d'avantage .Outre leur faible consommation (55w), ils procurent aux occupants des dortoirs un confort : brassage uniforme de l'air dans tous les sens ; ils sont silencieux et n'obstruent pas la lumière émise par les lampes d'études.

GAINS REALISABLES PAR L'UTILISATION DES VENTILATEURS A HELICE A LA PLACE DES VENTILATEURS A PALES

Données :

- Puissance électrique d'un ventilateur à pales 0,074 kW
- Puissance électrique d'un ventilateur à hélices 0,055 kW
- Gain en puissance **0,019 kW** = (0,074-0,055)
- Nombre de ventilateurs à pales à remplacer dans les chambres d'étudiants au niveau de K2 et K3 : **272** = (37+235).
- Une enquête menée auprès des étudiants (Projets intégrateurs) logés à K2 et K3 montrent que les ventilateurs sont utilisés en moyenne **10 heures par jour**.
- Pour notre estimation nous considérerons les mois de février, mars, avril, mai et juin où les appareils sont utilisés au maximum, soit un total de **150 jours** = (28+31+30+31+30).
- Gain annuel en énergie réalisé par un ventilateur à hélices : **28,5 kWh** = 0,019*10*150
- Gain annuel en énergie réalisé sur les 272 ventilateurs à hélices : **7 752 kWh** = 28,5*272

Economies réalisées

Tarifs : HPL = 64 FCFA et HPT = 139 FCFA

Les 10heures de fonctionnement des ventilateurs se décomposent en 8 HPL et 2 HPT.

Coût d'un ventilateur à pales : 30 000 FCFA¹²

Investissement : 30 000*272 = **8 160 000 FCFA**

Gain annuel par ventilateur : 0,019*150*(8*64+2*139) = **2 616 FCFA**

Total gain annuel: 2616*272 = **711 634 FCFA**

TRI = 8 160 000 / 711 634= **11,5 ans**.

¹² Prix fourni par le Comptoir Burkinabè du Bâtiment (CBB)

CHAPITRE IV: PROPOSITIONS POUR UNE MISE EN ŒUVRE D'UNE POLITIQUE D'EFFICACITE ENERGETIQUE AU 2iE

I. PROGRAMME DE SENSIBILISATION

1. Objectif :

Le but poursuivi à travers un programme de sensibilisation au 2iE est de parvenir à des économies d'énergie grâce au changement des comportements, des mentalités voir des reflexes de personnes qui le composent. Un programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique (PSEE) au 2iE visera ainsi à réduire sa facture énergétique sans compromettre le confort ni sur ses sites ni au lieu de travail, sans engager de dépenses ou d'efforts importants et en protégeant l'environnement.

« Le simple fait d'éteindre les lampes allumées inutilement représente le moyen le plus efficace et le plus facile de réaliser des économies. Chaque dollar économisé sur l'exploitation des bâtiments représente plus d'argent à dépenser.... »¹³ –

Comme ce PSEE se focalisera sur le facteur humain, il est essentiel que chacun(e) au 2iE soit concerné(e) : de la haute personnalité administrative aux employés, des professeurs aux étudiants, des chefs des services sous traitants aux manœuvres.... En effet, le succès d'un tel programme dépend de la collaboration, de l'acceptation et de l'engagement de chaque membre du 2iE.

2. Les avantages à tirer :

Un programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique permet de tirer les avantages ci après :

- Apprendre des notions de l'efficacité énergétique à tout le monde qui le compose;
- réduire la consommation d'énergie et économiser de l'argent ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre;
- Présenter une bonne image de 2iE en tant que pionnier dans la préservation de l'environnement au sein de la collectivité.

Un programme de sensibilisation efficace offre une occasion facile, peu coûteuse et peu risquée de diminuer les coûts d'exploitation du 2iE. Grâce à un plan de gestion de l'énergie à long terme le 2iE peut réaliser des économies de coûts qui se perpétueront au fil des ans et permettront de libérer des fonds d'exploitation et d'entretien.

¹³ « *Engineering and Maintenance* » KGH Spectrum, vol. 7, n° 21, 23 November 1998

3. Les étapes de mise en place d'un PSEE¹⁴

Etape 1 : mise en place d'une équipe d'efficacité énergétique (EEE)

Une équipe d'efficacité énergétique au 2iE se doit d'être pluridisciplinaire c'est à dire réunissant la plus grande variété de compétences possible, mieux, une équipe composée des personnes ayant une gamme étendue de compétences, de connaissances et d'intérêts et provenant de tous les secteurs d'activités du 2iE. Cependant, comme nous sommes au début des activités d'une telle équipe, nous proposons qu'elle soit composée comme suit :

- ↳ **Un directeur ou responsable** d'EEE, qui sera responsable du lancement des programmes des activités de l'efficacité énergétique, de sa planification et de sa mise en action pour les deux sites. Que ce dernier soit mandaté par l'administration, qu'il soit donné plein pouvoir et surtout des moyens pour l'exécution du programme sensibilisation en particulier et de tous les autres programmes ayant trait à l'économie d'énergie.
- ↳ Deux ou trois ingénieurs provenant au mieux du LESEE ;

Etape 2 : Réalisation d'un audit énergétique

Cette étape consistera à avoir des données sur la consommation actuelle d'énergie de 2iE c'est-à-dire de déterminer comment, où et par qui est utilisée l'énergie ? Puis, l'étape débouchera sur le fait de saisir le niveau de connaissance des questions d'énergie et des mesures d'efficacité au sein de 2iE, avant le début du programme à travers un questionnaire. Le travail effectué par mon binôme dans le cadre de ce mémoire trouvera toute son importance ici. Voir en **annexe 2** un modèle de questionnaire précédant un programme de sensibilisation.

Etape 3 : Définition des objectifs du programme de sensibilisation

Cette étape tourne autour de la question de **pourquoi** le 2iE met-elle en œuvre un programme de sensibilisation? La réponse peut englober les points suivants :

- Réduire de 20% à 40% la consommation d'énergie du 2iE à moyen et à long termes ;
- Promouvoir autrement le confort dans le milieu de travail suite aux améliorations de l'efficacité énergétique ;

Un autre objectif serait par exemple de réutiliser une partie de l'argent consacré à l'énergie aux domaines de 2iE qui en ont le plus besoin, par exemple, les ressources pédagogiques, la modernisation des logements, les restaurants ou même pour aider à réduire les frais de scolarité voir des logements.

¹⁴Http: // www.oee.rncan.gc.ca Juillet 2010

Etape 4 : Elaborer un plan de communication

QUI est le public cible? Une connaissance précise du public cible permettra de concevoir des messages, des activités et des plans particuliers à chaque groupe.

QUELS sont les messages clés, les outils et les activités?

Le public cible

Nous proposons ci-dessous la composition du public cible 2iE :

Les internes : ce sont les personnes visées directement par la campagne de sensibilisation c'est-à-dire celles qui participent aux activités quotidiennes de 2iE. Ils sont :

1. Le personnel administratif et le corps professorat ; 2. les employés ; 3. les étudiants ; 4. les services de sous-traitance.

Les externes : ce sont les personnes visées indirectement par la campagne, c'est-à-dire les personnes qui ne participent pas nécessairement aux activités quotidiennes de 2iE, mais qui sont susceptibles d'être intéressées par les méthodes de travail et les réussites en matière d'économies d'énergie au 2iE.

Ils sont : *les étudiants de la FOAD, les visiteurs, les clients, les fournisseurs et le grand public.*

Les moyens de communication :

La détermination des messages :

Les messages sont les vecteurs de transmission de l'essence du programme de sensibilisation. Ils porteront sur les avantages tirés des économies d'énergie, sur l'interdiction de gaspillage de l'énergie et sur la corrélation qui existe entre l'efficacité énergétique et préservation de l'environnement. Ces messages serviront d'affiches sur les portes d'entrée des salles de classes, des bureaux, des chambres. Ils seront aussi sur certains équipements d'usage quotidien comme les ordinateurs. Ci-dessous quelques messages ou slogans clés que nous proposons :

Climatisation :

« Local climatisé : « j'arrête en sortant ! » », « Local climatisé : « fermer portes et rideaux ! » »

Eclairage :

« Éteindre quand c'est nécessaire? Quelle bonne affaire! » ; « Personne dans les environs? Éteignons! » ; « Eteindre en dehors des périodes d'occupation ! » ; « Eteignez la lumière avant de dormir ! » ; « Mettre hors tension les équipements en s'absentant ! » ; « Eteignez la lumière en sortant de la chambre ! » ; « Eteindre les lampes en sortant du bureau ! » ; « Utilisons le plus souvent l'éclairage naturel ! ».

Généralités:

« *Éteindre, ça rapporte!* » ; « *Bons reflexes, grosses économies!* » ; « *L'économie d'énergie, c'est l'affaire de tous!* » ; « *Économisez votre énergie pour de meilleures choses!* » ; « *Energie rare, énergie chère !* » ; « *L'énergie est notre avenir économisons la !* » ; « *L'énergie la moins chère est celle qu'on ne consomme pas !* » ; « *L'énergie est au développement ce que l'eau est à la vie !* » ;
« *Poser un geste qui préserve l'environnement = un geste qui limite les gaspillages d'énergie !* » ;

✿ Les outils

❖ Les documents imprimés :

Parmi ces documents nous retiendrons principalement les dépliants, les affiches, les autocollants et les chevalets (sur table).

Les dépliants : Le LESEE dans le cadre de ses activités de sensibilisation sur les économies d'énergie a conçu et mis en place un dépliant très instructif. Ce dernier pourrait être multiplié et distribué à tout le public cible (interne comme externe) du 2iE (voir figure 9 de l'**annexe2**).

Les affiches : elles constituent les supports de messages ou slogans énumérés ci haut. Les formes retenues sont les A5 et A4. Ces affiches seront placées sur les portes des salles climatisées, sur les ordinateurs des salles informatiques, sur les portes des dortoirs ... Bref, partout où un appareil électrique pourrait être abandonné en fonctionnement (voir quelques modèles d'affiches à la figure 10 de l'**annexe 2**).

Les autocollants : Ils constituent d'autres formes de supports efficaces des slogans /messages en faveur de la sensibilisation des économies d'énergie. A la différence d'une affiche qui peut facilement être déchirée ou détachée de son port, l'autocollant est un outil presque permanent à l'usage. Nous proposons à la figure 11 de l'**annexe2** quelques modèles.

Les chevalets :

Les chevalets servent aussi de supports pour véhiculer de l'information axée sur les économies d'énergie. Ils servent également de rappel et encouragent une meilleure participation. Nous préconisons de les placer dans les restaurants et cafétérias, dans les salles d'attente de la direction de deux sites du 2iE (Kamboinsé et Ouagadougou) ainsi qu'aux entrées des dortoirs des étudiants. Voir figure 12 de l'**annexe 2**.

Utilisés aussi sur les tables des bureaux, ils sont des bons outils destinés à l'administration et aux professeurs.

❖ Internet :

A ce niveau nous proposons d'utiliser les outils ci après :

- Site web du 2iE ([http:// www.2ie-edu.org](http://www.2ie-edu.org));
- Courrier électronique (sur *Zimbra* et sur *Outlook*) : dix (10) leçons sur l'économie d'énergie à envoyer sur *Outlook* au cours de l'année académique 2010-2011. (Voir contenu de quelques leçons en **annexe 2**);
- Bulletins de 2iE newsletter.

❖ les canaux publics :

- Insertion d'un dépliant dans un journal de la place ;
- Présentoirs aux stands.

❖ Organisation de quelques activités

- Journées spéciales d'économie d'énergie ;
- Jeu concours

4. Tableau récapitulatif

Le public cible peut être composé de personnes de rang social différent, de niveau d'instruction et d'information plus avancé des unes par rapport aux autres et de fois des milieux culturels et linguistiques variés. Bref, les notions d'économies d'énergie et des enjeux climatiques ne sont pas cernés au même niveau dans le public cible. Pour cela, nous avons classé les outils de communication à adresser aux personnes suivant la composition du groupe cible. Voir tableau récapitulatif en **annexe 2**.

5. Calendrier détaillé des activités de sensibilisation

Le but de dresser un calendrier des activités est de permettre de suivre le programme de sensibilisation dans le temps ce qui permettra un suivi et une évaluation des activités. Voir en **annexe 2** un modèle de tableau qui permet de situer toutes les étapes du programme sur une année académique.

6. Evaluation financière du programme

Tableau 10 : Estimation financier du programme de sensibilisation

NO	DESIGNATION	QTE	PU (F CFA)	PRIX TOTAL
1	LES DOCUMENTS IMPRIMES			
	Affiches A5	32	150	4 800
	Affiches A4	98	300	29 400
	Dépliant	1000	250	250 000
	Autocollant1	800	300	240 000
	chevalet	500	500	250 000
2	CANNAUX PUBLICS			
	Insertion de dépliant (forme A4) dans un journal de la place	200	260 000	260 000
3	JOURNEE D'ECONOMIE D'ENERGIE			
	T shorts	200	1500	300 000
	Autocollants	200	250	50 000
	Dépliants	200	250	50 000
	Posters	5		
	Rafraichissement	50	400	20 000
	TOTAL			1 454 200

Source : Direction du contrôle Financier et du budget (DCFB 2iE)

Il est important de noter que ces prix ne sont qu'à titre indicatif. En effet, selon la DCFB 2iE, ces derniers varient et dépendent de plusieurs facteurs dont essentiellement du type de design, de la quantité,

II. PROGRAMME DE PLANTATION D'ARBRE

1. But et importance de plantation d'arbres

L'enquête nous a permis de constater que toutes les nouvelles constructions sont exposées aux rayons solaires. Le but poursuivi à travers la plantation des arbres aux façades Est et Ouest des bâtiments exposés aux rayonnements solaires est de diminuer l'apport de chaleur extérieure. Cette diminution de la chaleur externe a une incidence directe sur le fonctionnement des appareils électriques des locaux concernés.



Photos 5 : Façades exposées l'Amphi 2 et du logement C29

Les arbres jouent en effet un rôle majeur dans le fonctionnement écologique terrestre, en raison de leur capacité de capter l'énergie solaire (photosynthèse) (production et stocker de carbone en excès dans l'atmosphère). Du fait de la rotation de la terre, les rayons solaires sont captés tout au long de la journée par les feuilles des arbres qui absorbent le dioxyde de carbone (CO₂) et parfois d'autres substances. Ils constituent un véritable isolant¹⁵.

¹⁵ [Http:// www. fr.wikipedia.org/wiki/Arbre](http://www.fr.wikipedia.org/wiki/Arbre)

Imaginons le confort que procurent les arbres ci après aux occupants de ces habitations :



Photo 6 : Concession 20 de K3



Photo 7 : Façade Est des salles BN de K1

2. Quantification des arbres à planter

Une ronde nous a permis d'identifier les façades des bâtiments exposés au soleil. Nous avons pu ainsi déterminer le nombre d'arbres à planter par bâtiment et concession voir **annexe 3**.

Tableau 11 : Devis estimatif par type d'arbres¹⁶

Type d'arbre	Quantité	Prix unitaire	Prix total (F CFA)
Finsand	385	1 500	577 500
Pingwell	385	1000	385 000
Kankanga	385	1000	385 000
Bougainvilliers	385	1000	385 000
Milila	385	1000	385 000

NB : les noms de ces arbres ne sont pas dérivés de la langue française mais de la langue MOORE largement parlée au Burkina Faso.

¹⁶ Prix fourni par le PEPINIERISTE BILGO Tél. : 76215945 Ouagadougou

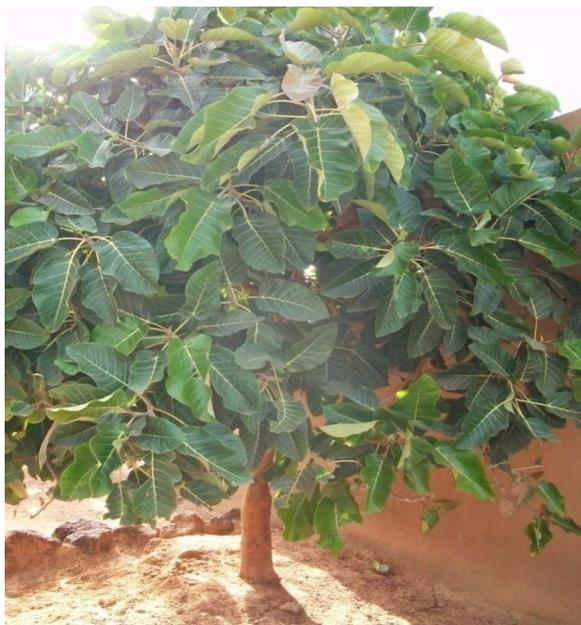


Photo 8 : Arbre KANKANGA

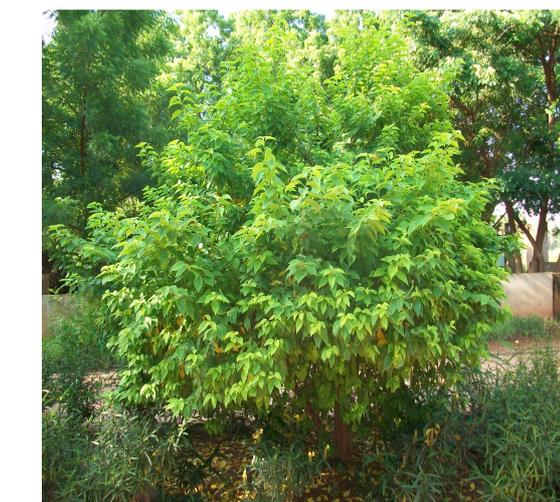


Photo 10 : Arbre BOUGAINVILLIERS



Photo 11 : Arbre PINGWELL



Photo 12 : Arbre FINSAND

De ces cinq types d'arbres, nous avons choisi en ordre le Kankanga, le Milala et le Finsand. Ce choix est motivé par les ombrages qu'ils offrent et le développement de leurs racines ne présente pas un danger pour les fondations des bâtiments.

Notre enquête sur la partie K3 nous a permis d'identifier par exemple un Milala en pleine forme au milieu de concessions 1 (voir photo ...), ce qui procure un vrai confort aux occupants de la concession .



Photo 13 : Milala en plein centre de la concession No1 de la zone K3

3. Estimation de gain d'énergie à travers la plantation d'arbres

Pour l'estimation de gain d'énergie à travers la plantation d'arbres, nous avons effectué une étude de cas sur le bâtiment des classes annexes situé dans la zone K2. Il est exposé aux rayonnements du soleil en ces façades Sud, Est et Ouest. Le logiciel Energy+ nous a permis d'estimer l'apport solaire actuel dans ce bâtiment. Voir en **annexe 3** les détails du calcul.

SYNTHESE :

- ✿ En situation initiale (sans arbre) la chaleur totale à évacuer est : $Q_1 = 33\,833\text{ W}$
- ✿ Après plantation d'arbres nous obtenons : $Q_2 = 28\,235\text{ W}$
- ✿ Le gain : $Q = Q_1 - Q_2 = 5\,598\text{ W}$
- ✿ Les économies en Electricité non consommée : $E = Q / \text{COP} = 5\,598 / 3 = 1\,866\text{ We}$
- ✿ L'économie d'énergie mensuelle sur la base de 5 heures par jour et 5 jours par semaine de fonctionnement : $E_e = 1\,866 \times 5 \times 5 \times 4 = 186,6\text{ kWh}$
- ✿ L'économie d'énergie annuelle sur la base de 5 mois chauds : $E_e = 5 \times 186,6 = 933\text{ kWh}$
- ✿ kWh moyenne : 102 F CFA
- ✿ Gain financier annuel : $933 \times 102 = 95\,166\text{ F CFA}$
- ✿ Investissement : 10 arbres à planter soit : 10 000 F CFA

Coût de main d'œuvre : $(52\,360\text{ F CFA} / 385) \times 12 \times 10 = 16\,320\text{ F CFA}$

Coût d'investissement total : 26 320 F CFA

- ✿ Retour sur investissement : $\text{Investissement} / \text{gain} = 26\,320 / 95\,165 = 0,27\text{ an}$ soit 3 mois et 9 jours

Conclusion : A travers cette étude de cas, il est facilement démontré que des économies peuvent être réalisées par la plantation d'arbre avec un temps de retour sur investissement faible. Si avec un seul bâtiment nous pouvons parvenir à économiser jusqu'à 95 165 F CFA par an, imaginons la somme que cela représenterait pour les 9 salles climatisées et exposées au soleil.

III- PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE BANCS D'ETUDES

1. Contexte

Le troisième trimestre de l'année académique 2009 -2010 a été marqué par un nombre récurrent de délestages. Or, cette période (couvrant les mois de mars, avril et mai) coïncide avec une forte activité académique au 2iE caractérisée par les projets intégrateurs des étudiants et la préparation de leurs examens.

Durant cette période, la SONABEL ne peut plus satisfaire la forte demande nationale. Aussi, dû à l'extension du site et à l'effectif croissant des étudiants, le groupe électrogène du 2iE Kamboinsé ne peut secourir que les charges prioritaires de la zone K1 notamment les blocs pédagogiques. Du coup, les salles de classes et d'informatique sont prises d'assaut par les étudiants, ce qui va au-delà de leur capacité d'accueil et de leurs charges électriques maximales.

La solution a été alors de songer à la construction des bancs d'étude dont les objectifs poursuivis sont:

- offrir aux étudiants un cadre de travail convenable ;
- Parvenir à des économies d'énergie en diminuant la charge électrique du site à travers la libération des locaux climatisés, éclairés et /ou ventilés au profit d'éclairage et d'air frais naturel ;
- Prolonger la durée de vie du groupe électrogène en diminuant sa charge électrique.

2. Eléments d'un banc de soupirs et choix architectural



Photo 14 : Exemple de banc de soupir à la concession 15 de K3

Construits en ciment ou en bois ils peuvent revêtir plusieurs formes :

- Circulaire ;
- Rectangulaire ;
- Ou plus simplement la forme de trois voir quatre chaises autour d'une table.

Dans notre cas, un ensemble banc d'étude est composé des éléments suivants :

- Trois bancs accueillant chacun au maximum 3 étudiants
- Une table mobile ou fixe
- Un tableau fixe ou mobile
- Deux points lumineux
- Installations électriques
- Emetteur wifi

3. Lieux d'implantation sur le site

Le lieu d'implantation des bancs d'étude doivent tenir compte de certaines conditions dont les plus importantes :

- Aspect sécuritaire ;
- Lieux ombrageux (sous des arbres) ;
- Non loin des dortoirs.

Une enquête sur le terrain nous a permis de choisir des lieux propices ci après d'implantation future de ces bancs:

Tableau 12 : Propositions des lieux d'implantation des bancs sur le site

SITE K1		SITE K2		SITE K3
Lieu	Nombre	Lieu	Nombre	
A l'Est des salles BJ	3	A l'Est du bâtiment dortoir N°3	3	Chaque concession est déjà équipée d'une forme de banc d'étude munie de hangars et d'installation électrique. Seul manque un tableau, une table et émetteur wifi
Dans le jardin situé derrière la station de pompage photovoltaïque, côté barrage	3			

4. Coût estimatif

Dans le cadre de projet sectoriel énergie des étudiants en fin de cycle L3S, un thème d'étude leur a été proposé par le LESEE consistant à proposer un plan architectural des bancs de soupirs assorti d'une étude génie civil et d'électricité d'un tel ouvrage. Selon ces études, le prix unitaire d'un ouvrage de construction d'un banc d'études s'estime à **665 637 F CFA**, soit pour les 9 bancs proposés sur l'ensemble du site une estimation de **5 990 733 F CFA**.

Tableau 13 : Devis estimatif de bancs d'études¹⁷

Désignation	Unité	Coût total
Génie Civil	541 750	4 875 750
Electricité	57 920	521 280
Main d'œuvre	65 967	593 703
TOTAL	665 637	5 990 733

¹⁷ Rapport Sectoriel Energie de fin de cycle de licence « *Projet de construction de bancs d'étude dans les jardins du site 2iE a Kamboinsé* » de TRAORE Dramane, OUEDRAOGO Sountong, TIGASSE Assoawé Mai 2010

IV- PROGRAMME D'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

1. Analyse de l'existant

En matière d'utilisation des énergies renouvelables au 2iE, seule l'énergie solaire est explorée pour le moment quoique des recherches se poursuivent sur la biomasse. Le 2iE dispose présentement sur la zone K1 de son site Kamboinsé de deux champs photovoltaïques :

- ❖ Le champ constitué de 90 modules type BPX47A délivre une puissance 0,8kWc et est destiné au pompage solaire photovoltaïque alimentant un réservoir de stockage de 20m³. Ce champ assure l'irrigation du jardin du site, l'alimentation du banc hydraulique ainsi que l'arrosage de toutes les fleurs de K1.
- ❖ Le pilote Flexy Energy s'inscrit dans le cadre d'expérimentation visant à prouver que la réduction de la facture énergétique de certains pays africains, est possible via les énergies renouvelables en particulier à travers le solaire et la biomasse dont ces pays (comme le Burkina Faso) sont tributaires.

Composé de 15 panneaux de marque SANYO HIT, ce champ produit une puissance de 2,85 kWc et génère une énergie utilisable en production directe sur le réseau sans stockage. L'objectif à atteindre dans sa première phase d'exploitation est de parvenir à substituer 35% de la production électrique par voie thermique, c'est-à-dire à base de ressources fossiles, par une production électrique solaire.

Ainsi, l'un des résultats attendus à partir de ce prototype est de trouver le pourcentage optimal du solaire dans les systèmes hybrides en tenant compte du profil des charges journalières¹⁸.

De sa date de fonctionnement en octobre 2009 au 07 août 2010, il a été enregistré 3200,3Kg de CO₂ évité et une énergie pure de 3555KWh injectée dans le réseau électrique interne du site de Kamboinsé.

Enfin, il est à noter que dans un futur proche, le 2iE à travers le LESEE projette d'installer un champ photovoltaïque de 20kWc sur le toit du bâtiment du laboratoire Electrotechnique. Le but étant d'injecter l'électricité produite par ce champ sur le réseau interne des charges électriques de son site Kamboinsé, ce qui contribuerait à la réduction de la facture électrique de ce site.

¹⁸ RAPPORT DU PROJET « FLEXY ENERGY : Montage d'un prototype de centrale hybride solaire PV/Groupe électrogène Sans batteries de stockage au 2iE-Kamboinsé » de Daniel YAMEGUEU, Ingénieur de recherche, LESEE, Octobre 2009

2. Estimation de la part du solaire sur la facture électrique du site

CONTRIBUTION A LA REDUCTION DE LA FACTURE DU 2iE PAR LE PILOTE

Caractéristiques du champ :

- ☀ 15 panneaux de 190W
- ☀ Surface du toit : 4,5m x 4m = 18m²
- ☀ Coût d'investissement du PV : 14 025 254 FCFA
- ☀ Energie injectée en 9 mois de fonctionnement : 3555KWh
- ☀ CO2 évité : 3,2 tonnes

Analyse financière :

- ☀ Energie mensuelle injectée : 3555KWh/9 = 395KWh
- ☀ Temps moyen de fonctionnement du PV (8h à 16h) : 8 heures par jour dont 2h en HPL et 6h en HPT
- ☀ Economie annuelle réalisée :

$$12 \times 395 / (2 \times 64 \text{ F CFA} + 6 \times 139 \text{ F CFA}) = \mathbf{569\ 985 \text{ F CFA}}$$

- ☀ Retour sur investissement: 14 025 254 / 569 985 = 24,6 ans.
- ☀ Facture électrique annuelle de K1 (juin 09 à Mai 2010) : **36 588 022 F CFA**
- ☀ Réduction annuelle de la facture de K1 par ce champ : **1,6%**

Conclusion : Ce prototype de 2,85KwC prouve qu'une réduction sur la facture énergétique est bien réalisable à travers l'intégration du PV sur le toit des bâtiments. A travers ce petit champ de 18m² de surface délivrant 2,85KwC une réduction de 1,6% est atteignable sur la facture électrique du site. Quand se concrétisera le projet d'installation d'un champ de 20KwC sur le toit du laboratoire électrotechnique, une réduction significative de la facture totale du site de Kamboinsé serait certainement atteinte.

Cependant, il est important de souligner que le retour sur investissement d'un tel projet est long car les dépenses de départ sont élevées.

3. La biomasse dans la réduction de la facture du site

La consommation moyenne en gasoil du groupe électrogène du site de Kamboinsé durant les cinq dernières années (2005-2010) est estimée à **2 500 litres** par an correspondant à une dépense moyenne annuelle de **1 437 500 F CFA**. Les dépenses en gasoil pour le fonctionnement de ce groupe représenteraient alors **2,65%** de la facture énergétique du site (qui s'élève en moyenne à 54 211 024 F CFA par an). Une réduction de cette facture en gasoil serait également possible en songeant à l'automatisation du basculement gasoil/huile végétale du moteur du groupe électrogène à travers un kit de bicarburation. Ce système qui a déjà fait l'objet d'un thème de projet intégrateur d'étudiants en génie énergétique en avril 2010 a abouti à des résultats concluants¹⁹.

En effet, ce système consiste à n'utiliser le gasoil que pour les phases de démarrage et d'arrêt du moteur, la phase du fonctionnement normal du moteur étant effectuée grâce à l'huile pure végétale (l'huile de jatropha). Ce qui résulterait à un gain significatif en gasoil et à une préservation de l'environnement (car selon les études, les huiles pures utilisés comme carburant émettent moins des gaz polluants que le gasoil)²⁰.

Dans le cadre de la recherche sur les biocarburants, le 2iE à travers son **Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants (LBEB)** ambitionne expérimenter un champ de culture de jatropha²¹ sur son site Kamboinsé. L'état des lieux du site montre que la zone K1 dispose d'un large jardin. Ce jardin constitue un champ propice d'implantation des arbustes de jatropha. Ainsi, le 2iE produira son propre huile destinée non seulement à un but pédagogique mais aussi à l'utilisation de cette huile sur son groupe électrogène de secours.

¹⁹ Rapport de projet intégrateur « *Automatisation du basculement gasoil/huile végétale du banc moteur du LBEB 2iE* » des Etudiants en master spécialisé Génie électrique Avril 2010

²⁰ BLIN Joël, DABAT Marie-Hélène, FAUGERE Garance, HANFF Elodie, WEISMAN Nathalie. *Opportunités de développement des biocarburants* au Burkina Faso. Ouagadougou : s.n., 2008.

²¹ Source : Laboratoire Biomasse Energie et Biocarburants(LBEB) du 2iE

ESTIMATION FINANCIERE :

Etat actuel de la consommation du groupe de secours :

- ✿ Consommation moyenne annuelle: **2 500 litres**
- ✿ Consommation du gasoil par heure : **49,4 L /h**
- ✿ Prix du litre du gasoil : **575 F CFA**
- ✿ Dépenses annuelles moyennes : **1 437 500 F CFA**
- ✿ Part sur la facture énergétique du site : **2,65%**

Estimation de substitution du gasoil par l'huile de jatropha :

- **cas où le 2iE disposerait de son propre champ de jatropha :**
- ✿ Rendement par hectare : 1,2 tonne de graine soit une production de **300L/hectare²²**
- ✿ Superficie du champ pour couvrir la consommation annuelle du groupe: **8 hectares !**

Sans tenir compte de :

- Main d'œuvre (pour pressage et entretien du champ)
- Equipements d'extraction de l'huile :
- Equipements du kit de bicarburation automatique:
- Frais d'installation :
- ✿ Quantité du gasoil pour l'appoint (pendant 10 min) au démarrage et à l'arrêt:
(10 x 49,4/60)=8,33litres
- ✿ Si on estime 50 arrêts et démarrage du groupe dans l'année le coût d'appoint en gasoil serait:
 $8,33 \times 575 \times 50 = 239\ 487,5\ \text{F CFA}$
- **cas où le 2iE achèterait l'huile de jatropha sur le marché local :**
- ✿ Coût actuel du litre de jatropha sur le marché : **600F CFA**
- ✿ Coût pour combler la consommation annuelle en huile de jatropha:
 $(2500 - (10 \times 49,4/60) \times 50) \times 600 = 1\ 253\ 000\ \text{F CFA}$
- ✿ Coût total de carburant : **1 492 487 F CFA**
- ✿ **Perte =54 987 F CFA**

Conclusion : Dans l'un ou l'autre des deux cas, nous observons qu'à l'état actuel du marché, le 2iE ne gagnerait pas en optant pour une substitution de l'huile de jatropha sur son groupe de secours. Ainsi, dans le premier cas, l'étude montre qu'il faudrait disposer d'un champ de **huit hectares** pour la production de l'huile de jatropha devant couvrir la consommation annuelle du groupe sans ajouter le coût des équipements du kit de bicarburation et de la production de l'huile, ce qui n'est pas stimulant !

Cependant, avec le projet de l'état burkinabé de commercialiser l'huile de jatropha assortie des 70 000ha du champ de jatropha planté en 2008²² et de certains acteurs de culture de jatropha sur l'étendu du territoire burkinabé, nous pensons que le prix de cette huile connaîtrait une baisse par rapport au prix du litre de gasoil. En ce moment, le second cas pourrait être envisageable.

²² Jean-Paul LAUDE *Table ronde : Situation de la filière Jatropha au Burkina Faso, perspectives pour le court terme, 2009*

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Tout développement dépend de l'énergie, elle ne peut en manquer dans une structure donnée sans hypothéquer les activités de cette dernière. Cependant, le poste énergie dans les institutions (éducatives et sanitaires) est le plus souvent négligé et mal connu de décideurs ou gestionnaires de ces établissements.

La présente étude fait ressortir qu'à investissement faible, des économies d'énergie annuelle de l'ordre de 96 686 kWh -représentant un gain financier annuel de **9 861 972 F CFA**- sont actuellement réalisables sur le site de Kamboinsé, sans détériorer le confort. Ceci représente une économie de plus de 19 % réalisable à court terme sur la facture énergétique du site.

Toute fois, pour mieux tirer profit et concrétiser cet état de fait, la fondation 2iE doit maîtriser sa consommation énergétique par la mise en place d'une politique d'efficacité énergétique. Cette politique bien structurée autour des programmes, canaliser les mesures d'économies d'énergie réalisables à court, moyen et long terme.

La mise en place d'une telle politique au 2iE requiert l'engagement de tous ses membres. A cet effet, nous recommandons :

- ❖ L'engagement ferme, en premier lieu, de la plus haute instance du 2iE : cet engagement doit se matérialiser par la nomination officielle des membres de l'Equipe d'Efficacité Energétique au 2iE ;
- ❖ Cette équipe ainsi constituée doit être associée à la conception architecturale des futures constructions du 2iE, pour que ces dernières prennent en compte l'aspect économie d'énergie dans les bâtiments ;
- ❖ La rénovation du réseau électrique du site de Kamboinsé : l'installation électrique du site, en effet, date de 1969, l'année de création de l'Ecole. Actuellement, le site ne dispose pas d'un schéma électrique complet de ses installations électriques, ce qui rend difficile la maintenance du réseau.
- ❖ L'unification du système de comptage du site : actuellement chaque zone du site à savoir K1, K2 et K3 dispose chacune de son propre système de comptage. L'unification favorisera le suivi de la consommation du site à temps réel et permettra au 2iE de posséder et de maîtriser sa consommation électrique sur les zone K2 et K3.
- ❖ Equiper chaque bâtiment d'un système de comptage interne : ce qui permettra le suivi de la consommation des bâtiments et de ressortir ainsi les blocs les plus énergétivores.

BIBLIOGRAPHIE

1. André Caillé et Majid Al-Moneef, Les politiques d'efficacité énergétique : une vision mondiale, ISBN: 0 946121 30 3, 2007
2. BLIN Joël, DABAT Marie-Hélène, FAUGERE Garance, HANFF Elodie, WEISMAN Nathalie. Opportunités de développement des biocarburants au Burkina Faso. Ouagadougou : s.n., 2008.
3. Bernard Laponche, Maitrise de l'énergie pour un monde vital, 1997
4. BOUHAN G.H. Fidèle, Mémoire de fin d'étude : Contribution à l'amélioration de l'efficacité énergétique à 2ie Kamboinsé., année 2008-2009
5. Jean-Paul LAUDE , *Table ronde : Situation de la filière Jatropha au Burkina Faso, perspectives pour le court terme*, 2009.
6. Etudiants de master spécialisé génie énergétique, Audit Energétique des bâtiments de K1. 2003-2004
7. Etudiants de master spécialisé génie énergétique, Projets intégrateurs « Contribution à la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique au site 2iE Kamboinsé », mars 2010
8. Francis SEMPORE, Cours de technologie de climatisation, 2008
9. Marie-Aimée QUADRIO, Eric BUCHET (*et al*), Guide pour la Maîtrise de l'Énergie dans les Établissements de Santé des Pays en Développement, ISBN : 2-907590-22-7, janvier 2003
10. Serges Meyer, Economies d'énergie et confort dans l'habitation, Ed.SAEP (ISBN 2-7372- 4654-7), 1999
11. Yézouma COULIBALY, Cours d'audit énergétique, 2009
12. Rapport de projet intégrateur « *Automatisation du basculement gasoil/huile végétale du banc moteur du LBEB 2iE* » des Etudiants en master spécialisé Génie électrique , Avril 2010
13. Logiciel Energie + version 6

Sites internet:

- [Http://www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org) consulté le 20 mai 2010
- [Http: //www.oeec.mcan.gc.ca/iee](http://www.oeec.mcan.gc.ca/iee), consulté le 20 mai 2010
- <http://www.anme.nat.fn> consulté le 30 mai 2010
- [Http : //www.actionenergy.org.uk/ActionEnergy/Search/default.asp](http://www.actionenergy.org.uk/ActionEnergy/Search/default.asp) , consulté le 31 mai 2010
- [Http : //www.eere.energy.gov/femp/yhttp/strategies.html](http://www.eere.energy.gov/femp/yhttp/strategies.html) , consulté le 31 mai 2010.

ANNEXES

ANNEXE I: ESTIMATION FINANCIERE DE QUELQUES MESURES D'ECONOMIE D'ENERGIE

1- Coût de pose des rideaux

Tableau 14 : Estimation du coût des rideaux à poser

(Source : Entreprise CHENOU, contact : 76 42 12 81 ou 78 07 10 20)

ZONE	Bâtiment	Désignation	Nombre	Prix unitaire 19 300 FCFA/m ²	Total en FCFA
K1	Salle de classe BN2	Fenêtres (vitres naco)	1	33 775	33 775
	Salle de classes BD (1, 2,3 et 4)	Portes	4	40 530	162 120
		Fenêtres	16	33 775	540 400
	LBEB (bureau 1)	Fenêtres (Vitres naco)	1	33 775	33 775
K2	Salles de classes annexes	Fenêtres	18	33 775	607 950
		Portes	6	48 636	291 816
TOTAL1		Fenêtres	36	135 100	1 215 900
		Portes	10	97 272	453 936
TOTAL					1 669 826

2- Coût de pose des rappels automatiques

Tableau 15 : Estimation du coût des rappels automatiques à poser

Désignation	Observation	Nbre	Prix unitaire en FCFA	Total en FCFA
Porte de la DESA	Porte d'accès au secrétariat à double battant	1	35 000	35 000
Porte d'entrée du CDI	Porte à double battant	1	35 000	35 000
Porte de la salle informatique du local BN	Porte d'entrée	1	35 000	35 000
Portes de la salle de classe BN2	Portes d'entrée en bois	1	35 000	35 000
	Portes d'entrée métallique vitrée	1	35 000	35 000
Porte de la salle de classe BN1	Porte d'entrée	1	35 000	35 000
Porte de la salle de classe BN3	Porte d'entrée vitrée	1	35 000	35 000
Portes des salles de classes BJ1 et BJ2	Porte d'entrée en bois à double battant	2	35 000	70 000
Amphithéâtre 1	Portes d'entrée en bois en double battant	1	35 000	35 000
Portes des salles de classes annexes	Portes d'entrée	6	35 000	210 000
Total		16		560 000

Source : Comptoir Burkinabè du Bâtiment (CBB) 401-423 Av.N. Mandela Tel. 71949300/ 20 97 24 40

3- Coût de pose des dismatics

Tableau 16 : Estimation du coût des dismatics à poser

N°	Bâtiment	Désignation	nombre	Prix unitaire en FCFA	Total en FCFA
1	Salles de classes BN 1	<i>dismatic</i>	2	16 500	33 000
2	Salles de classes BN 2	<i>dismatic</i>	2	16 500	33 000
Total				33 000	66 000

ANNEXE II: OUTILS DE COMMUNICATION

1- Questionnaire précédant le programme de sensibilisation :

- ↳ Croyez-vous que la gestion de l'énergie constitue une question importante au 2iE?
- ↳ Sur une échelle de 1 à 10 (10 étant l'appréciation la plus élevée), quelle est, selon vous, l'importance de la gestion de l'énergie au sein de 2iE ?
- ↳ Avez-vous entendu parler du programme de gestion de l'énergie de 2iE?
- ↳ Savez-vous si des projets d'économie d'énergie ont été mis en œuvre ou sont en cours au sein de 2iE? Dans l'affirmative, quels sont-ils?
- ↳ Pensez-vous que chaque employé/Étudiant a une influence sur l'utilisation de l'énergie au sein de 2iE? Dans l'affirmative, quelles mesures pouvez-vous prendre pour économiser de l'énergie?
- ↳ Le fait d'éteindre dix ordinateurs tous les soirs et les weekends pendant un an permettrait d'économiser combien de F CFA?
- ↳ À la fin de la journée, éteignez-vous l'équipement électronique (ordinateur, imprimante, éclairage, photocopieur, etc.) que vous utilisez ou dont vous avez la responsabilité?
- ↳ Au travail, quelles mesures prenez-vous pour obtenir un bon rendement énergétique?
- ↳ À la maison, quelles mesures prenez-vous pour obtenir un bon rendement énergétique?
- ↳ Pouvez-vous envisager un moyen qui permettrait au 2iE d'améliorer son efficacité énergétique?

2- Dépliant :

**Économisons de l'énergie !
Économisons de l'argent !
Préservons l'environnement !**

Le Laboratoire Energie Solaire et Economie d'Energie (LESEE) vous y accompagne !!!

1- Pourquoi faire des économies d'énergie?

- pour réduire le montant de sa facture d'électricité ;
- Aider nos pays dans la résolution de la crise énergétique ;
- Protéger l'environnement en limitant la production des gaz à effet de serre.

2- Comment réduire sa facture d'électricité à la maison ?

- En évitant d'utiliser les ampoules à incandescence
- En installant 2 types de lampes :
 - o les lampes fluorescentes à allumer lorsqu'on a besoin d'un éclairage important
 - o les lampes à économie d'énergie à allumer lorsque l'on a pas besoin d'une lumière trop forte.

Lampe Incandescente	Lampe Fluorescente	Puissance consommée (W)	Énergie économisée en kWh (par an)	Énergie économisée en kWh (par an)	Économie en FCFa/an
100W	18W	85W	0,85	229,4	26138
60W	11W	49W	0,49	143,1	16774
40W	9W	31W	0,31	93,4	10779
25W	3W	20W	0,20	58,4	6774

3- Comment réduire sa consommation énergétique au bureau ?

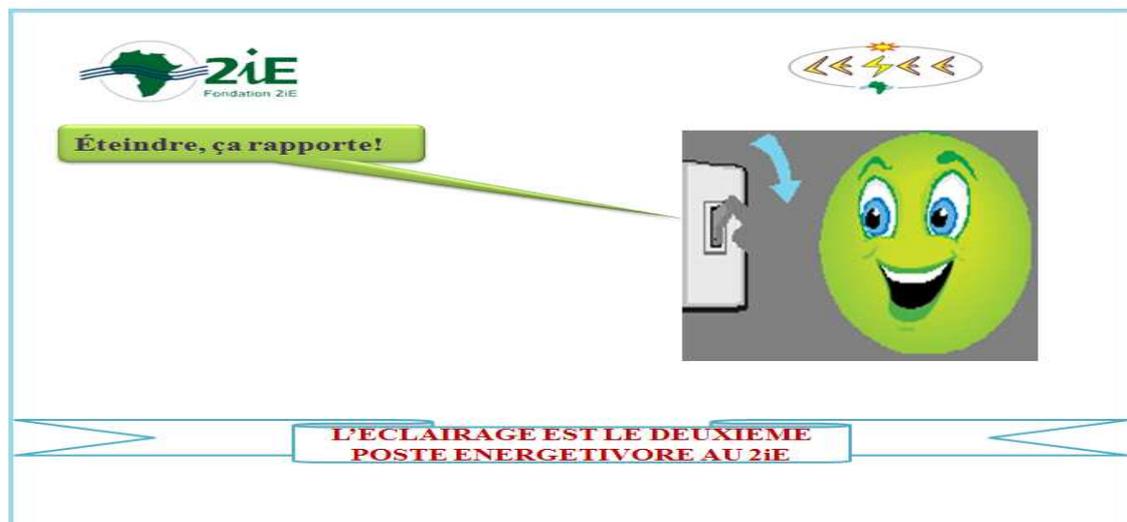
- En dégivrant souvent le réfrigérateur car 5mm de givre c'est jusqu'à 30% de consommation en plus.
- En laissant refroidir les plats avant de les mettre à l'intérieur du réfrigérateur.
- En éteignant complètement tous les appareils le soir et à l'heure de pause (lampes, écrans d'ordinateurs, unités centrales, photocopieurs, climatiseurs, etc.) ;
- En fermant toutes les ouvertures lorsque le climatiseur est en marche ;
- En remontant à l'aide de la télécommande la consigne de climatisation à 26 ou 27 ° C ;
- En faisant régulièrement nettoyer les climatiseurs ;
- En faisant analyser sa facture électrique par des experts en efficacité énergétique
- En demandant des audits énergétiques pour vos bâtiments et procédés énergétiques une fois tous les 4 ans afin de déterminer et éliminer les causes de gaspillage d'énergie.

4- En éloignant les réfrigérateurs et congélateurs des murs et de toute source de chaleur :
Pour fonctionner de façon économique un réfrigérateur a besoin d'être aéré. Pour une bonne circulation d'air autour du réfrigérateur il faut l'éloigner d'au moins 30cm des murs.

Figure 9 : Extrait du dépliant conçu par le LESEE

3- Les affiches :

❖ Affiche pour éclairage :



❖ Affiches à utiliser sur les portes des salles climatisées :



❖ Affiche à utiliser sur les ordinateurs des salles informatiques :



Figure 10 : Modèles d'affiches

4- Modèles d'autocollants :

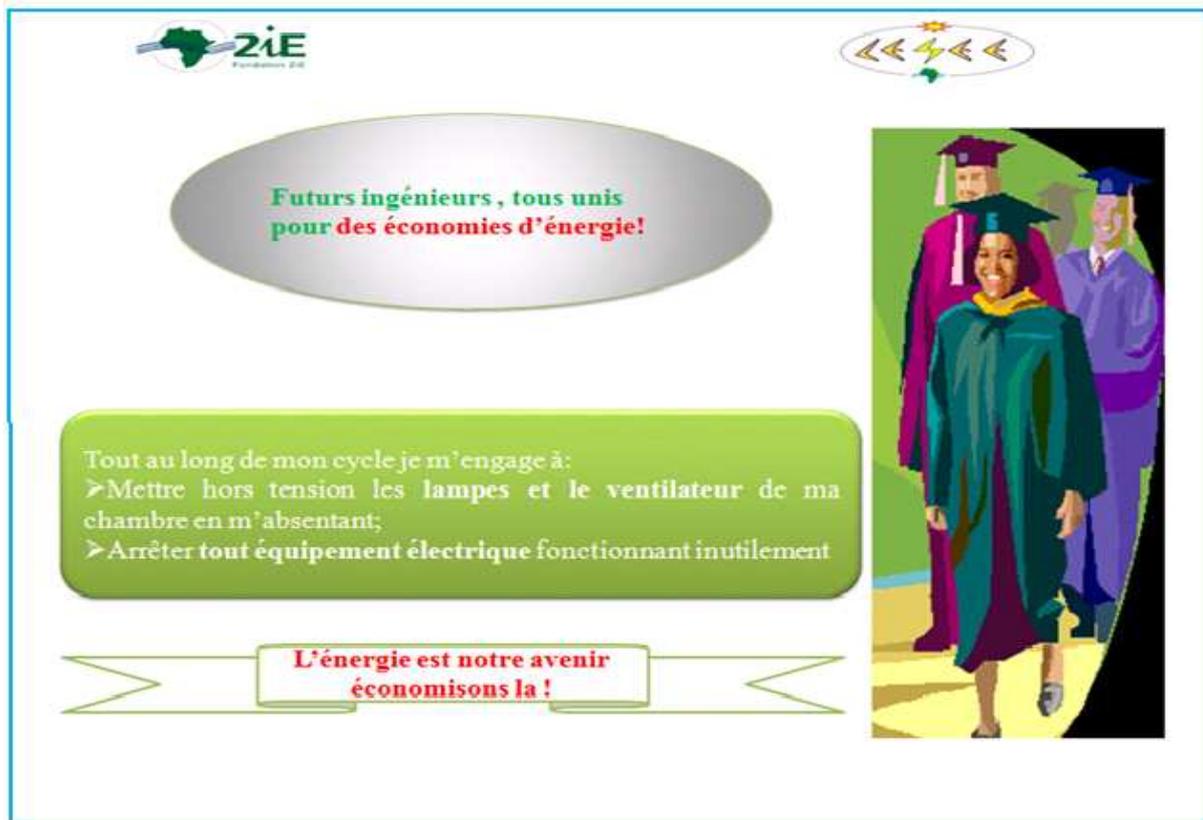


Figure 11 : Exemples d'autocollants

5-Modèles de chevalets:



Figure 12 : Modèles de chevalets

6-Exemples de leçons :



LEÇON D'ECONOMIES D'ENERGIE : N°1



Titre de la leçon : l'éclairage

Thème : les lampes

Objectif final : à la fin de la séance vous serez capables à partir d'images de distinguer et de nommer les ampoules.

Généralités

L'éclairage c'est l'apport de la lumière saine nécessaire à la vision dans le bâtiment.
On peut citer essentiellement deux types d'éclairage :

L'éclairage naturel : c'est le rayonnement solaire

L'éclairage artificiel : c'est une source lumineuse fabriquée

On retiendra qu'en économie d'énergie l'éclairage constitue la deuxième source de consommation d'énergie dans le bâtiment après la climatisation.

Les types de lampes et quelques exemples

Les lampes à incandescence standard (sans ballast)

Les lampes incandescentes à quartz (sans ballast)

Les tubes fluorescents (fonctionnant avec ballast)

Les lampes fluo compacts (avec ballast)

Les lampes à décharges (toutes avec ballast)

Les lampes à vapeur de mercure

Les lampes à vapeur de sodium haute pression

Les lampes à vapeur de sodium basse pression



Evaluation

Dans le bâtiment quel est le premier poste consommateur d'énergie :

a) La climatisation

b) L'éclairage

c) La ventilation

L'équipe d'efficacité énergétique (E.E.E) du ZiE vous souhaite bonne lecture et vous informe que la prochaine leçon portera sur les lampes fluorescentes.



LEÇON D'ECONOMIES D'ENERGIE : N°2



Titre de la leçon : la climatisation

Thème : Utilisation des climatiseurs

I- Objectif : Acquérir des notions en climatisation pour faire des économies d'énergie.

II- Généralités :

2.1- Le savez-vous ?

La climatisation représente 50 à 60 % de la consommation énergétique des bâtiments en Afrique. Elle occupe de ce fait le **premier poste énergétivore dans les bâtiments**.

2.2- Qu'est-ce que la climatisation ?

Climatiser revient à amener l'air d'une ambiance dans des conditions de température et d'humidité confortables pour les individus (conditions estimées à **24°C** et **50%**).

2.3- Comment atteindre le confort ?

Pour vous procurer le confort (**24°C** et **50%**), votre climatiseur doit vaincre les apports calorifiques de votre local qui sont :

- ↪ L'air atmosphérique (à travers les murs, ouvertures vitrées, le plafond, les infiltrations d'air, etc.)
- ↪ Le soleil (à travers les murs, les ouvertures, les vitres....)
- ↪ L'interne (à travers les occupants et les équipements électriques s'y trouvant)

III- Les 4 règles d'or pour réduire la consommation de votre climatiseur ?

- ↪ Réglez le thermostat de votre climatiseur à une température adéquate (**24°C**) : rappelez-vous que chaque degré en moins augmente sensiblement votre consommation ;
- ↪ Eteignez votre climatiseur lorsque vous quittez votre bureau,
- ↪ Faire fonctionner votre climatiseur avec les fenêtres et les portes fermées,
- ↪ Faire nettoyer régulièrement le filtre de votre climatiseur.

IV- Important à retenir !

« PLUS DE **80%** DE L'ENERGIE ELECTRIQUE PRODUITE AU BURKINA, EST D'ORIGINE THERMIQUE : UNE SOURCE QUI EMET BEAUCOUP DE FUMEE ET DE GAZ ACIDES ! PAR CONSEQUENT, MOINS VOUS CONSOMMEZ, MIEUX VOUS CONTRIBUEZ A LA SAUVEGARDE DE L'ENVIRONNEMENT ! »

V- Testez vos connaissances :

L'équipe d'efficacité énergétique (E.E.E) du 2iE vous souhaite bonne lecture et vous informe que la prochaine leçon portera sur les lampes fluorescentes.

Sources : Cours d'audit énergétique de Coulibaly Yezoumah & [http:// www.sonabel.bf](http://www.sonabel.bf)

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

7- classification des outils de communication selon le groupe cible

Outils pertinents		GROUPES CIBLES					Observations
		Interne				Externe	
		1.	2.	3.	4.	5.	
s imprimésDocument	Bulletins spécifiques à l'économie d'énergie						Deux éditions par an
	Dépliants (ou brochures d'information)						Quantité pour toute l'année académique
	Communiqués						1 fois l'an dans un journal de la place
	Affiches						Grand format
	Enseignes et autocollants						Pour ordinateurs, moto, véhicules, Bus et portes
	Chevalets sur pieds, Chevalets sur les tables du coin repas au restaurant, salle d'attente, bureaux						Supports durables utilisables plusieurs fois
	Trousses d'informations aux nouveaux inscrits						
Internet	Site web du 2ie (page dédiée au LESEE)						Déjà existant dans l'onglet recherche de la page d'accueil
	(Zimbra)	Outlook					Message hebdomadaire et 10 leçons à envoyer dans l'année académique
	Bulletins électroniques						Edition mensuelle
Canaux publics	Communiqué de presse						
	Présentoirs au stand						Lors des grands événements : journées d'entreprises et remise des diplômes.
	Bulletins mensuels de 2ie (Newsletter)						
Autres	Macarons, Pins, badge						
	Tee-shirt						Journée d'économie d'énergie, JEE2iE
	Bannières						Journée d'économie d'énergie, JEE2iE
	Informatique						écran de veille des ordinateurs de la salle d'informatique et fond d'écran

1. Personnel administratif et corps professorat ; 2. Les employés (chauffeurs, personnel subalterne) ; 3. Les étudiants ; 4. Le corps sous-traitant ; 5. Etudiants de la FOAD, visiteurs, clients, fournisseurs, grand public.

8- Modèle de calendrier détaillé des activités du programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique

		ANNEE ACADEMIQUE											
ETAPES	ACTIONS	Septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août
1	Mise en place d'une équipe d'efficacité énergétique												
2	Réalisation d'un audit énergétique												
3	Définition des objectifs du programme de sensibilisation												
4	Elaboration d'un plan de communication												
5	Mise en action du programme de sensibilisation												
6	suivi et évaluation du programme												

ANNEXE III: QUANTIFICATION DES ARBRES A PLANTER

K1		Nombre de plantes par façades				
		EST	OUEST	NORD	SUD	TOTAL
1	AMPHI 2	0	6	0	0	6
2	LESEE	0	6	0	0	6
3	CLASSES BD 1	4	0	0	0	4
4	CDI	0	2	0	0	2
5	BU. PROF. N°1	1	0	0	0	1
6	CLASSES BN	0	4	0	0	4
7	PAVILLON C	0	4	0	0	4
8	RESTAURANT	0	2	0	0	2
TOTAL1		0	6	0	0	29
K2						
1	DIME	0	3	6	0	9
2	CLASSES ANNEXES	0	3	0	7	10
3	SATI	3	3	4	4	14
4	DORTOIR 1	3	2	5	0	10
5	DORTOIR 3	0	0	3	0	3
TOTAL2		6	11	18	11	46
K3						
1	Concession 1	FLEURIR	2	1	0	3
2	Concession 2	4	1	3	4	12
3	Concession 3	3	2	4	0	9
4	Concession 4	FLEURIR	2	1	0	3
5	Concession 5	FLEURIR	2	1	0	3
6	Concession 6	FLEURIR	2	1	0	3
7	Restaurant (bloc 7)	2	0	0	4	6
8	Salle d'étude (B10)	2	2	0	0	4
9	Administration (B11)	2	2	0	0	4
10	(B12)	2	2	0	0	4
11	Concession 14	2	5	3	5	15
12	Concession 15	2	5	3	5	15
13	Concession 16	2	5	3	5	15
14	Concession 17	2	5	3	5	15
15	Concession 18	2	5	3	5	15
16	Concession 19	2	5	3	5	15
17	Concession 20	2	5	3	5	15
18	Concession 21	2	5	3	5	15
19	Concession 22	2	5	3	5	15
20	Concession 23	2	5	3	5	15
21	Concession 24	2	5	3	5	15
22	Concession 25	2	5	3	5	15
23	Concession 26	2	5	3	5	15
24	Concession 27	6	6	6	2	20
25	Concession 28	6	6	6	6	24
26	Concession 29	6	6	2	6	20
TOTAL3		59	100	64	87	310
TOTAL						385

ANNEXE IV: BILAN THERMIQUE DE SALLES ANNEXES DE K2

**BILAN THERMIQUE DU BATIMENT DES SALLES ANNEXES
ZONE K2**

Calcul de la puissance frigorifique nécessaire pour maintenir °C dans le local pour une température extérieure est de °C

Puissance totale 33833 W

- 1. Fenêtres ensoleillées**

orientation

surface m²

type de vitrage

protections solaires

2763 W
- 2. Fenêtres non ensoleillées**

surface m²

536 W
- 3. Murs extérieurs ensoleillés**

orientation

surface m² (fenêtres comprises)

inertie thermique lourds légers

isolation isolés non isolés

2835 W
- 4. Murs extérieurs non ensoleillés**

surface m²

901 W
- 5. Murs intérieurs en contact avec des locaux non climatisés**

surface m²

0 W
- 6. Toiture ensoleillée**

surface m²

inertie thermique lourde légère

isolation isolée non isolée

présence d'un faux plafond oui non

4050 W
- 7. Plafond sous local non climatisé**

surface m²

0 W
- 8. Plafond sous comble**

surface m²

5888 W

10. Eclairage général par tube TL		3456 W
nombre de tubes	<input type="text" value="80"/>	
puissance des tubes	<input type="radio"/> 58 W <input checked="" type="radio"/> 36 W	
type de ballast	<input type="radio"/> électroniques <input type="radio"/> faible perte <input checked="" type="radio"/> traditionnel	
11. Eclairage individuel		0 W
puissance installée	<input type="text" value="0"/> W	
12. Equipements de bureau		0 W
ordinateurs	nombre	<input type="text" value="0"/>
	processeur	pentium
	écran	15" couleurs
imprimantes	nombre	<input type="text" value="0"/>
	type	laser

13. Occupants		11200 W									
nombre de personnes	<input type="text" value="160"/>										
14. Ventilation		2205 W									
naturelle	volume du local	<input type="text" value="945"/> m ³									
	<input checked="" type="radio"/> local peu étanche <input type="radio"/> local plutôt étanche										
mécanique	débit	<input type="text" value="0"/> m ³ /h									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Puissance frigorifique totale</td> <td style="text-align: right; color: red;">33833</td> <td style="text-align: right;">W</td> </tr> <tr> <td colspan="3">X 1,2 (coefficient de déshumidification de la batterie)</td> </tr> <tr> <td>Puissance totale à installer</td> <td style="text-align: right; color: red;">40600</td> <td style="text-align: right;">W</td> </tr> </table>			Puissance frigorifique totale	33833	W	X 1,2 (coefficient de déshumidification de la batterie)			Puissance totale à installer	40600	W
Puissance frigorifique totale	33833	W									
X 1,2 (coefficient de déshumidification de la batterie)											
Puissance totale à installer	40600	W									