

Estimation du potentiel d'économie d'énergie électrique dans le secteur du bâtiment au Niger: cas du site de l'IUT de l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi

Ibrahim Harouna Gado, Idi Issa Sani and Idé Amadou Nafissa

Département de Physique, Faculté des Sciences et Technique
Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, BP: 465, Maraddi, Niger

(reçu le 20 Mars 2018 - accepté le 30 Mars 2018)

Résumé - *Le présent travail vise à évaluer la quantité d'énergie électrique qui peut potentiellement être économisée dans le secteur du bâtiment au Niger. Le cas du site de l'Institut Universitaire de Technologie de l'Université Dan Dicko Dankoulodo a été étudié. Le site a été réparti en six blocs et les appareils électriques en cinq (05) postes de consommation. Les puissances nominales et les temps d'utilisation de l'ensemble des équipements électriques ont permis d'estimer la consommation électrique par blocs et par poste de consommation. Le profil de la consommation électrique montre une forte consommation en période de chaleur, mais aussi en période de forte activité (avril et mai). La faible différence entre la consommation totale obtenue à base des factures électriques et celle estimée a montré la fiabilité des données collectés sur le site. L'éclairage et la climatisation (climatiseurs et ventilateurs) représentent les postes de plus grandes consommation avec 40 % et 32 % respectivement. Une baisse de 31 % de la consommation totale d'énergie électrique a été estimée suite aux différentes propositions d'amélioration des performances des équipements électrique. Cette importante baisse de la consommation est due principalement à la proposition d'un système d'éclairage efficace à base des lampes LED. Les propositions de climatiseurs adaptés et efficaces et des ventilateurs moins énergivore sont également concernée. Ceci démontre la nécessité pour le Niger d'élaborer et d'appliquer une politique d'efficacité énergétique dans le secteur du Bâtiment.*

Abstract - *The present work aims to evaluate the electrical energy that can potentially be saved in the building sector in Niger. The case of the site of the University Institute of Technology of Dan Dicko Dankoulodo University has been studied. The site has been divided into six blocks and electrical appliances into five consumption items group. The nominal powers and the operating times of all the electrical equipment made it possible to estimate the electrical consumption by blocks and by consumption items group. The profile of electricity consumption shows a high consumption in heat period but also in periods of high activity (April and May). The slight difference between the total consumption obtained from electric bills and the estimated one showed the reliability of the data collected on the site. Lighting and air conditioning (air conditioners and fans) represent the largest consumption items with 40 % and 32 % respectively. A 31 % drop in total electricity consumption was estimated as a result of various proposals to improve the performance of appliances. This significant drop in consumption is mainly due to the proposal of an efficient lighting system based on LED lamps. The proposals of adapted and efficient air conditioners and more energy-efficient fans have also considered. This demonstrates the need for Niger to develop and implement a policy of energy efficiency in the building sector.*

Mots clés: Efficacité énergétique - Bâtiment - LED - EER.

1. INTRODUCTION

Face à une demande sans cesse croissante en énergie au niveau mondial et plus particulièrement dans les pays en développement, il est nécessaire de trouver les voies et moyens pour réduire la consommation énergétique. De plus, des pays tels que le Niger

présente un déficit énergétique qui entrave le développement social et économique et affecte particulièrement les populations à faibles revenus [1].

Il est nécessaire pour le Niger de développer une politique de maîtrise de la consommation énergétique. En effet la maîtrise de la consommation énergétique permet de réduire le déficit énergétique et de mieux faire face à la demande. Le déficit est particulièrement important dans le secteur de la production électrique ou le pays importe l'essentiel du courant électrique pour ses besoins.

En effet, le Niger a importé en 2014 près de 727 GWh de courant électrique, soit plus de 77 % de sa consommation [2]. Le courant électrique est majoritairement consommé par les particuliers dont la part représente 70 % de la consommation totale qui est de 756 GWh en 2014.

La consommation au niveau de l'administration n'est pas négligeable car elle représente près de 10 % de la consommation totale [2]. De plus la consommation énergétique dans l'administration est similaire à celle des particuliers puisque qu'il s'agit des mêmes types d'équipement.

L'administration et les particuliers représentent le secteur du bâtiment qui consomme près de 80 % de la consommation total au Niger en 2014. Ainsi, tout effort de maîtrise de la consommation au niveau de l'administration présent un intérêt certain pour le pays.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la maîtrise de consommation énergétique et plus particulièrement la consommation électrique dans l'administration. L'Afrique de l'Ouest peut économiser jusqu'à 63 TWh d'ici 2030 en adoptant des normes de bonnes pratiques d'efficacité énergétique sur laveuses, ventilateurs, réfrigérateurs, climatiseurs individuels, éclairage, téléviseurs, alimentation de secours et les moteurs [3].

En Malaisie, l'utilisation des lampes à diodes électroluminescentes (LED) permettrait de réduire de 10 % de la consommation d'électricité d'ici l'année 2020 [4]. Ainsi, la réduction de la consommation énergétique passe nécessairement par l'utilisation rationnelle de l'énergie (une bonne performance énergétique). Notons qu'aucune étude sur les possibilités d'économie d'énergie dans le bâtiment n'est disponible pour le Niger.

C'est dans cette optique que nous nous sommes intéressés à l'efficacité énergétique du site de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM). Notons que l'analyse de l'efficacité énergétique et de l'économie d'énergie qui en découle est effectuée à l'aide des méthodes modernes basées sur les systèmes d'information d'énergie [5]. La mise en place d'un tel système nécessite l'installation de plusieurs compteurs d'énergies, ce qui a un coût difficile à supporter par la majorité des établissements des pays à faible revenu comme le Niger.

Ainsi, la démarche privilégiée dans le cadre du présent travail consiste à estimer la consommation énergétique en se basant sur la puissance et le temps d'utilisation des équipements électriques. L'objectif global de ce présent travail est d'évaluer la situation de la consommation de l'électricité du site de l'IUT afin de proposer des mesures visant à réduire significativement la consommation électrique.

2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1 Présentation du site

Le site de l'IUT est la principale composante de l'université de Maradi. Il est composé d'un:

- Bloc administratif (bureaux et les différentes salles du bloc administratif);

- Bloc d'amphithéâtre (amphithéâtre et les bureaux annexés);
- Bloc des salles de cours de l'IUT;
- Bloc du centre des œuvres universitaire, CROU (bureaux du centre et l'infirmerie du site);
- Bloc de restaurant central (salles de restauration et la cuisine);
- Bloc résidentiel des étudiants (dortoir).

Au niveau du site de l'IUT, la consommation d'énergie se traduit par la consommation d'électricité, de la biomasse (bois, charbon), de gasoil et d'eau. L'électricité est directement consommée par les appareils électriques à savoir, la climatisation, la bureautique, l'éclairage, les fours au restaurant pour chauffer l'eau, les cafetières, les réfrigérateurs,

2.2 Méthodes

2.2.1 Année de référence

La réalisation de cette étude nécessite le choix d'une année de référence. L'année de référence représente l'année considérée pour la collecte de données sur la consommation énergétique. Cette année est qualifiée de référence car les résultats sur la consommation énergétique des années ultérieures peuvent être comparée avec ceux de l'année de référence dans le but d'apprécier les efforts ainsi que les performances obtenues suite à des mesures prises pour améliorer l'efficacité énergétique du site. Dans la présente étude, l'année 2015 a été choisie comme année de référence.

2.2.2 Nature et collecte des données

Deux types de données sont à chercher. Il s'agit des données pratiques de la consommation électrique à travers les enquêtes au sein du site et celles de la consommation réelle à travers les factures. Les données liées à la consommation de l'ensemble du site ont été obtenues auprès de la société nationale d'électricité (Nigelec). La collecte des données indispensables à l'étude a été effectuée à l'aide de deux fiches d'enquête.

La première fiche d'enquête sert à recenser les nombre de différents équipements électriques utilisés et leurs caractéristiques (types, puissance,...), les surfaces (des parois opaques, des toitures, des portes en bois, des vitrages...) et le volume des différentes destinations en plus du nombre d'occupants par destination,... (Annexe 1)

La deuxième est une fiche de questionnaires sur le comportement des occupants, tels que le nombre de jours de travail par semaine, le temps d'utilisation des équipements, les oublies, le mode veille vis-à-vis des équipements... (Annexe 2).

Après avoir établi ces fiches, la campagne de données s'est effectuée bloc par bloc et bureau par bureau, chambre par chambre, salle par salle. Cette étape est critique car la pertinence de l'étude dépend de la fiabilité des données obtenues.

2.2.3 Calcul de la consommation énergétique

La consommation énergétique annuelle calculée à partir des factures électriques est qualifiée de consommation réelle (E_r) et la consommation annuelle estimée à partir des données de puissance et temps d'utilisation est qualifiée de consommation estimée (E_e). La consommation réelle est donnée par l'équation (1).

$$E_r = \sum_{N+1}^{12} E_n \quad (1)$$

E_n représente l'énergie mensuelle consommé en kWh.

La consommation estimée a été calculée par le produit de la puissance et du temps d'utilisation (Equation (2)). Cette formule est à même appliquée pour tous les différents postes consommateurs d'énergie habituelle au sein du site.

$$E_g = \sum_{i=1}^N P_i T_i \quad (2)$$

P_i est la puissance unitaire en kW, T_i le temps d'utilisation d'un appareil en heure (h/an) et N le nombre des appareils répertoriés lors de l'enquête sur l'ensemble du site.

Le temps d'utilisation a été déterminé à travers le comportement des utilisateurs, le nombre de jours par semaine et par mois afin de déterminer sur un an le nombre d'heures servant à l'estimation de la consommation, E_e (Equation (3)).

Dans ce calcul, il est supposé qu'un mois compte 30 jours soient quatre semaines plus deux jours.

$$T_i = N_h \times N_j \times N_m \quad (3)$$

N_h , N_j et N_m représentent le nombre d'heures par jour, le nombre de jours par mois et le nombre de mois par an.

2.2.4 Analyse de la consommation énergétique

La consommation énergétique du site a été analysée à partir de la consommation estimée (E_e), répartie en cinq (05) postes de consommation. Les postes de consommation ciblées sont les suivants: la climatisation, l'éclairage, la ventilation ou brassage d'air, la bureautique et divers.

Poste 1- Sur ce poste, l'analyse de l'efficacité énergétique a consisté à remplacer les ampoules énergivores par des ampoules plus économiques. De ce fait, les puissances et les types des ampoules ont été répertoriées lors de l'enquête sur le site.

Poste 2- L'efficacité au niveau de la consommation due à la climatisation consiste d'une part à réduire la puissance des climatiseurs en cas de surdimensionnement et d'autre part à remplacer les climatiseurs à faible coefficient d'efficacité frigorifique (EER).

Dans le présent travail, les EER ont été noté et les temps d'utilisation ont été estimés lors de l'enquête sur le site. De plus un bilan thermique a été réalisé dans l'ensemble de locaux climatisé afin de détecter les cas de surdimensionnement et d'y remédier convenablement

Poste 3: Ventilation ou brassage d'air- L'analyse de l'efficacité énergétique sur ce poste consiste à remplacer les ventilateurs de faible rendement. En effet, certains ventilateurs ne sont pas performants, pour cela ces derniers peuvent être remplacés par des ventilateurs plus performants.

Poste 4 et 5: Bureautique et divers- Ce poste est constitué des appareils de bureautique (photocopieuses, imprimantes, ordinateurs et fax) et autre appareils consommateur d'énergie (cafetière, chauffe-eau, ...).

Le diagnostic à ce poste est surtout lié aux comportements des utilisateurs. Le bon emplacement des appareils concernés dans les locaux peut permettre de réduire considérablement la consommation énergétique.

3. RESULTATS ET ANALYSES

Les résultats obtenus sont présentés et analysés dans cette section. Par la suite, la consommation réelle du site est analysée. Enfin, nous avons présenté les différentes

analyses de la consommation estimée pour chaque poste de consommation afin d'en déduire les possibilités d'économie d'énergie.

3.1 Présentation des résultats issus des enquêtes

La constitution de chaque bloc, les caractéristiques de base de l'enveloppe des bâtiments ainsi que la source d'alimentation en énergie ont été résumés dans le **Tableau 1**. Ces informations montrent que tous les blocs du site ont une orientation Nord-Sud avec dortoir en forme de L (58 chambres) sauf le bloc de l'administration (30 bureaux) qui a une orientation Est-Ouest en forme de l'équidistant.

En dehors de l'infirmierie dont le mur est de couleur claire, partout la couleur des murs est foncée, mais pour le cas des vitrages, ils sont tous les mêmes (simple claire) avec stores intérieurs notamment à l'infirmierie et l'administration. La nature des portes est majoritairement en bois selon le nombre des locaux par bloc.

Tableau 1: Résumé des informations recueillies sur les blocs constituant le site de l'étude

Blocs	Nb de locaux	Orientations	Couleur murs	Vitrages	Portes	Source D'énergie
Administration	30	Est-Ouest en forme L équidistant	Foncée	Simple claire + Stores int.	Bois et fer	
Amphithéâtre	06	Nord-Sud	Foncée	Simple claire	Fer	
Salles de cours	08	Nord-Sud	Foncée	Simple claire	Fer	
CROU (infirmierie)	04	Nord-Sud	Clair	Simple claire + Stores int.	Bois	Nigelec
Restaurant	15	Nord-Sud en forme +	Foncée	Simple claire	Fer	
Dortoir	58	Nord-Sud en forme L	Foncée	Simple claire	Bois	

La compilation des informations recueillies sur les fiches d'enquêtes a permis de dresser le nombre, la puissance et le temps d'utilisation de l'ensemble des appareils consommateurs d'énergie (**Tableau 2**).

Notons que la majorité des lampes sont des lampes fluocompactes de puissance variable. Seuls les tubes fluorescents (T8) de 120 cm de long et d'une puissance de 36 W fonctionnant avec un ballast ferromagnétique sont utilisés dans le site. Les tubes T8 et leur équipement consomment une puissance de l'ordre de 46 W [6]. Pour le cas des lampes fluocompactes, les puissances des lampes ont été considérées du fait des faibles pertes dû au ballast électronique utilisé par ces lampes

Tableau 2: Récapitulatif des appareils consommateurs d'énergie par poste

Poste	Nombre	Puissance (W)	Temps (h/an)
Eclairage	07; 08; 08	20; 26; 40	38160; 28356
	192; 167; 77	46; 85; 105	21300; 570290
	03	1000	536280; 191752 6960
Climatiseurs	01; 01; 01;	376; 1120; 1150	468; 462; 364
	10; 01; 03;	1350; 1366; 1400	3744; 462; 1240
	05; 10; 08	1500; 1620; 1780	3974; 3872; 2021;
	05; 06; 03;	1900; 1910; 2000	2196; 3330; 1668
	02	2040	1056

Ventilateurs	04; 14	50; 70	3360; 37590
	12; 196	75; 120	9359; 318536
Bureautique	03; 160; 94	4.5; 66; 160	192.5; 127901
	38; 13; 1	550; 1200; 1450	52654; 2730 2078; 44
Divers	01; 01; 02;	40; 56; 78	180; 6000; 3240
	04; 04; 20	90; 109;110	8448; 8560
	02; 02; 06	250; 330; 370	39488; 528; 528
	03; 03; 02	432; 500; 510	3276; 7200; 100
	02; 01; 56	550; 650; 1000	2700; 181.5; 82.5;
	31; 10; 15	1200; 1300; 1800	5132; 1410
	01; 01; 02	2500; 7140; 12000	1720; 1378; 300 2400; 600

3.2 Analyse de la facturation électrique du site

La figure 1 présente le profil de la consommation électrique établi sur la base des données fournies par la Nigelec pour l'année 2015. Cette consommation atteint son maximum aux mois d'Avril, Mai et Juin (mois les plus chauds à Maradi et où il y a beaucoup plus des activités au niveau de ce site) et son minimum en mois d'Août, Septembre (mois où il y a moins d'activités, pratiquement les vacances) et Janvier (mois où il fait frais à Maradi).

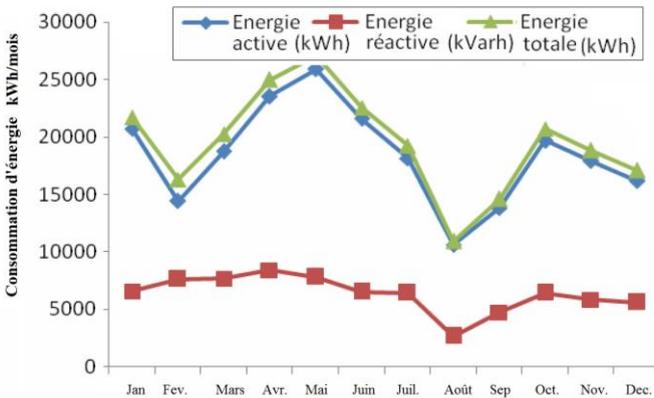


Fig. 2: Profil de la consommation énergétique en année de référence

On observe que plus il fait chaud plus la consommation augmente et plus il y a des activités plus la consommation augmente, d'où on peut conclure que la consommation est très influencée par l'utilisation de la climatisation et des activités académiques.

L'analyse de la facturation électrique porte également sur la recherche de probables dépassements de puissance et mauvais facteur de puissance. En effet, ces deux facteurs peuvent augmenter inutilement la facture électrique du site.

La figure 2 présente les puissances de pointe et la puissance souscrite en 2015. Il ressort qu'aucun dépassement n'a été enregistré d'où l'absence de pénalité. De plus, le pic de puissance reste en dessous de 100 kW. Ainsi, la réduction de la puissance souscrite de 160 kW à 100 kW pour réduire les taxes dus aux primes de puissance.

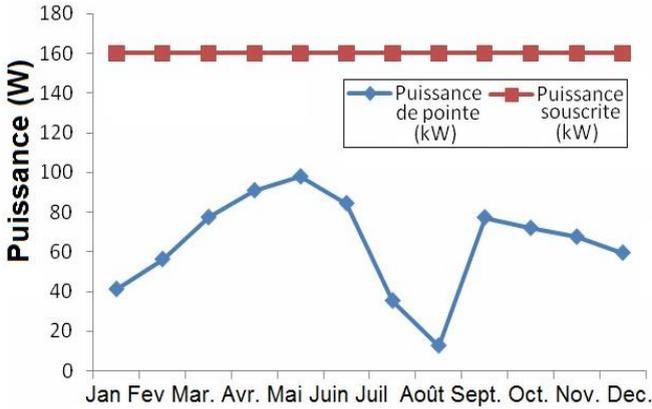


Fig. 2 : Puissance souscrite et profil de la puissance de pointe mensuelle pour l'année de référence

Le facteur de puissance est donné par l'équation (4). Notons que le facteur de puissance doit être supérieur à 0.8 pour éviter des pénalités.

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{Q^2 + P^2}} \tag{4}$$

P et Q représentent la puissance moyenne active et réactive respectivement. Les facteurs de puissance mensuelles obtenues pour l'année 2015 ont été représentés dans le **Tableau 3**.

Tableau 3: Facteurs de puissance (cosinus phi) par mois sur l'année 2015

Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97	0.99	0.99	0.99	0.98

Le facteur de puissance est bon durant la période de référence d'où l'absence de pénalité pour mauvais cos phi.

3.3 Fiabilité des données collectées

L'énergie consommée et l'énergie estimée sont rapportées dans le **Tableau 4**. Une différence de l'ordre de 8.5 % est à noter entre l'énergie consommée et l'énergie estimée par la présente méthode.

Les problèmes de coupure du courant électrique durant presque toute l'année et problème de maintenance des équipements en pannes peuvent justifiés la différence entre la consommation électrique réelle et la consommation estimée.

Tableau 4: Energie consommée et estimée du site pour l'année de référence

<u>Energie consommée</u>	<u>Energie estimée</u>
233 942 kWh	253 762 kWh

Dans un pays à faible revenu comme le Niger, l'arrêt de la fourniture du courant électrique peut durer plusieurs heures et les équipements gâtés (tels que les ampoules et les climatiseurs) peuvent rester inchangé durant plusieurs jours, voire plusieurs semaines ou mois.

Les arrêts de fourniture du courant électrique et les problèmes de maintenance n'ont pas été pris en compte lors de l'estimation de consommation énergétique par manque de données fiables. Ceci aurait pu permettre de réduire l'écart à un taux plus faible. De ce

fait, les données collectées durant les enquêtes sur le site sont considérées comme fiables.

3.4 Analyse de la consommation énergétique du site

Cette section est consacrée à une analyse de la consommation du site sur la base des estimations effectuées sur chaque poste de consommation. La figure 3 présente la répartition de la consommation par bloc et par poste de consommation.

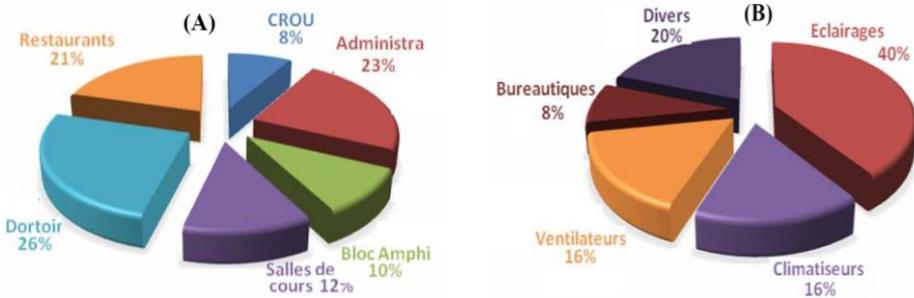


Fig. 3: Répartition de la consommation d'énergie par bloc (A) et par poste de consommation (B)

Le dortoir des étudiants constitue le plus grand consommateur d'énergie avec 26% de la consommation totale des cinq (05) blocs. L'administration (23%) et le restaurant (21%) sont les blocs les plus gros consommateurs d'énergie. Ceci s'explique par la forte consommation de l'éclairage et des brasseurs d'air pour le dortoir et par climatisation et l'éclairage pour l'administration (figure 3).

Par contre pour le restaurant, les divers et l'éclairage sont à la base de la consommation électrique du bloc. Ainsi l'éclairage apparaît comme le plus grand poste de consommation. En effet, la répartition de la consommation par postes montre que l'éclairage représente près de 40 % de la consommation de l'ensemble du site (figure 3).

La climatisation et la ventilation ne représentent que 32 % de la consommation totale. De fait, la climatisation représente une petite portion de la consommation totale contrairement à la majorité des cas répertoriés dans la littérature. Cependant, la répartition par poste pour chaque bloc (figure 4) montre que la climatisation représente le plus grand poste de consommation pour les blocs climatisés (administration et le CROU). L'éclairage est le deuxième poste de consommation après la climatisation pour les blocs climatisés.

Contrairement aux blocs climatisés, l'éclairage et la ventilation représente le premier et le deuxième poste de consommation pour le bloc non climatisé sauf le restaurant universitaire.

En effet, pour le restaurant universitaire la multiplicité des équipements électroménagers (cuisinière électrique, chambre froide, ...) font de ces divers, le poste de la plus grande consommation électrique devant l'éclairage.

Cette consommation est influencée par non seulement les performances des équipements (les climatiseurs, l'éclairage, les ventilateurs et les divers) utilisés dans ces différents blocs mais aussi par le comportement des utilisateurs.

Ainsi la consommation peut être réduite une fois que ces utilisateurs changent ses comportements et que les équipements moins performants soient remplacés par des équipements plus performants.

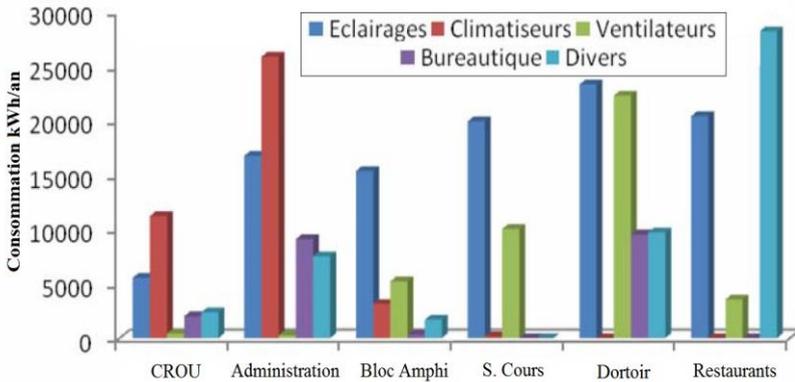


Fig. 4: Répartition par poste consommateur et par bloc de la consommation totale du site

Le gâchis énergétique occasionné par un mauvais comportement des usagers est difficile à estimer. Par manque de données fiables sur le comportement des usagers, seuls les performances des équipements sont pris en compte dans la présente étude.

3.5 Analyse sur la réduction de la consommation électrique du site

L'éclairage est le premier poste sur lequel la possibilité de réaliser d'énormes économies d'énergie doit être investigué. Le **Tableau 5** présente les types et les caractéristiques de lampes utilisées sur site. Les tubes fluorescents de type T8 de 36 W (avec ballast électromagnétique) représente près de 42 % des lampes utilisées pour l'éclairage de l'ensemble du site.

Les lampes fluo compactes de 20 W, 26 W, 40 W, 85 W et 105 W sont utilisées dans le couloir, les bureaux, les chambres à coucher des étudiants, les salles de classe et l'éclairage extérieur. Les lampes de 20 W, 26 W et 1000 W n'ont pas été considérées pour le calcul de la réduction de la consommation électrique car elles représentent une consommation électrique marginale.

Tableau 5: Caractéristiques et répartition par bloc des lampes utilisées sur le site

Type	Puissance	Adminis.	CROU	Restau.	Salles	Amphi	Dortoir	Total
LFC	20			7				7
LFC	26				1		7	8
LFC	40				6		2	8
TF	46	50		30	64	35	1	180
LFC	85	17	29	38	12	6	52	154
LFC	105	11			19	25	14	69
LED	1000	1		2				3

Les lampes les plus efficaces actuellement disponibles sont de type électroluminescente (LED). Plusieurs études ont proposé des équivalences entre les LFC et les LED en se basant sur différents types de critères dont le flux lumineux (lumens), la qualité du rayonnement, la durée de vie et le prix.

L'efficacité lumineuse de 58 lm/W obtenue par Khan *et al.*, [6] est considérée pour le calcul du flux lumineux des lampes fluo compactes (Equation (5)). L'équation (5) a été également utilisée pour estimer la puissance équivalente de la lampe LED.

Par la suite, le choix du nombre et la puissance des lampes LED est fait en se basant sur le catalogue du fabricant Philips [7]. Le choix de type et du nombre des lampes est résumé dans le **Tableau 6**.

$$\text{Flux} = \text{Puissance} \times \text{Efficacité} \quad (5)$$

Tableau 6: Proposition de remplacement des lampes fluo compactes et fluorescentes par des lampes LED

Type	Puissance	Efficacité	Flux lumi.	Efficacité	Puissance estimée	Choix du type	Nb Puissance
LFC	40	58	2320	157	15	Mast. LED	7
TF(8)	36	83.3	3000	157	19	Tube uni	8
LFC	85	58	4930	157	31	120mmUO	154
LFC	105	58	6090	157	39	16W865T8	69

En plus de l'éclairage, le conditionnement de l'air (climatisation et ventilation) présente un important potentiel d'économie d'énergie. Les résultats obtenus lors de la campagne des relevés (puissances électriques et puissances frigorifiques) sur les climatiseurs ont permis de répertorier coefficient d'efficacité frigorifique (EER). Les résultats obtenus sont résumés dans le **Tableau 7** suivant la norme chinoise [8].

Tableau 7: Classement des climatiseurs suivant la norme chinoise

Gr. Climatiseur	Grade 5	Grade 4	Grade 3	Grade 2	Grade 1
EER	2.6 - 2.8	2.8 à 3.0	3.0 à 3.2	3.2 à 3.4	>3.4
Administration	14	8	13	0	0
CROU	4	3	4	0	0
Amphithéâtre	2	7	0	0	0
Proportion (%)	36.4	32.7	30.9	0	0

Près de 70 % des climatiseurs utilisés dans les trois blocs sont de grades 5 et 4. Une prise en compte de l'efficacité énergétique des climatiseurs lors de l'installation permettra d'améliorer significativement l'efficacité énergétique du site, particulièrement au niveau des blocs de l'administration et du CROU. De ce fait, il a été proposé de remplacer tous les climatiseurs de faibles EER par des climatiseurs de grade 3 avec un EER de 3.2.

En plus de la performance des climatiseurs, le surdimensionnement de la puissance frigorifique est également fréquent sur le site. La comparaison entre la puissance frigorifique installée et la puissance frigorifique estimée dans la présente étude a permis de déceler un surdimensionnement dans 31 locaux sur les 41 locaux climatisés (figure 5).

Par ailleurs, un sous dimensionnement a été effectué dans 9 locaux. De ce fait, l'ajustement de la puissance frigorifique dans les locaux surdimensionnés (excès) et sous dimensionnés (défaut) peut engendrer une réduction considérable de la consommation électrique due à la climatisation.

Les différentes propositions de remplacement des climatiseurs sur la base des puissances frigorifiques calculées dans les locaux et d'un EER de 3.2, sont résumées dans le **Tableau 8**. La puissance électrique (P_e') adaptée à la charge thermique de chaque local est calculée par l'équation (6).

$$P_e' = \frac{P_{th}}{n_{clim} \times EER} \quad (6)$$

P_{th} représente la charge thermique estimée, n_{clim} le nombre de climatiseurs installés dans le local et EER le coefficient d'efficacité frigorifique de 3.2 choisie.

La puissance proposée est proche de la puissance électrique estimée en se basant sur les puissances électriques des climatiseurs disponibles.

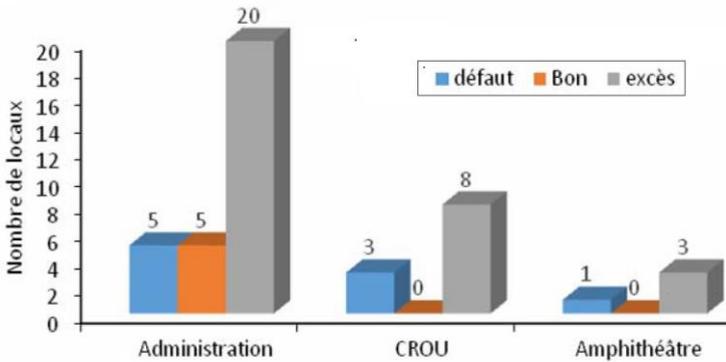


Fig. 5: Répartition de la qualité du confort en fonction du nombre des destinations par bloc

Tableau 8: Proposition de nouvelles puissances électriques et l'énergie consommée par les climatiseurs

Nb. de Climatiseur	Puissance électrique	Etat	Puissance frigorifique	Temps utilisation	Puissance calculée	Puissance proposée	Energie kWh
Administration							
01	1150	Défaut	3716	364	1161	1150	419
05	1350	Excès	12530	1880	783	1150	2162
01	1350	Défaut	5290	376	1653	1620	609
03	1350	Bon	9490	1128	989	1150	1297
01	1400	Excès	2680	494	838	1150	568
09	1620	Excès	32630	3484.2	1133	1150	4008
01	1620	Bon	5240	387.2	1638	1620	627
01	1780	Excès	3750	720	1172	1150	828
04	1900	Excès	16750	1800	1309	1350	2430
03	1910	Excès	8390	1665	874	1150	1915
01	1910	Défaut	7490	555	2341	2040	1132
01	1910	Bon	5348	555	1671	1620	899
02	2040	Défaut	11740	1056	1834	1900	2006
02	1400	Défaut	11160	1049	1744	1780	1867
	1910						
Amphithéâtre							
01	1366	Excès	2944	462	920	1120	517
01	1400	Excès	2914	252	911	1120	282
02	3130	Excès	3306	516	517	736	380
05	8900	Défaut	117131	780	7321	7320	5710
CROU							
03	1500	Excès	6623	2384.4	690	736	1755
02	1500	Défaut	9753	1586.6	1524	1500	2384
01	1120	Excès	2731	462	853	1120	517
01	1750	Défaut	6132	360	1916	1910	688
01	1900	Excès	2700	396	844	1120	444
03	2000	Excès	10277	1668	1071	1120	1868

Pour le cas des ventilateurs, la proposition consiste à remplacer les ventilateurs de 120 Watts par ceux de type ORL de 75 Watts dans les blocs de l'amphithéâtre, du dortoir, des salles de cours et du restaurant.

En effet, la consommation des ventilateurs dans l'administration et le CROU est marginale du fait de l'utilisation des climatiseurs. Le **Tableau 9** résume les énergies électriques consommées en cas de remplacement des ventilateurs.

Tableau 9: Energie consommée par les ventilateurs en cas de remplacement

Blocs	Nb	Temps utilisation	Puissance avant (W)	Puissance après (W)	Energie Après (kWh)
Amphithéâtre	32	42896	120	75	3217
Restaurant	16	22890	120	75	1717
Salle cours	51	83538	120	75	6265
Dortoir	47	164220	120	75	12317

La synthèse de la consommation électrique par postes ciblés avant et après les propositions est présentée par la figure 6. La plus forte économie d'énergie est observée pour le poste de l'éclairage ou une baisse de la consommation de près de 60 % est obtenue.

D'autres auteurs ont trouvé que l'utilisation de lampes LED de grande efficacité permet une économie d'énergie supérieure à 57.5 % [9]. Le poste de la ventilation représente le second poste en terme d'économie d'énergie ou une baisse de la consommation de près de 34% a été obtenue.

La faible baisse de la consommation énergétique au poste de la climatisation (de près de 12 %) est liée au sous dimensionnement observé dans certains locaux.

L'utilisation d'un système de climatiseurs encore plus performant (avec EER supérieur à 3.2) permettrait d'économiser encore plus d'énergie sur ce poste. En effet, avec les fluides frigorigènes de quatrième génération (R-32, R-290) des climatiseurs d'une efficacité frigorifique saisonnière variant de 5 à 11.7 sont disponibles dans beaucoup de pays et à des prix comparables aux climatiseurs actuels [10].

Une baisse de la consommation électrique de 31% est obtenue sur l'ensemble des postes consommateurs d'énergie électrique. Cet important gain montre une absence totale de politique d'efficacité énergétique au sien de l'institution universitaire.

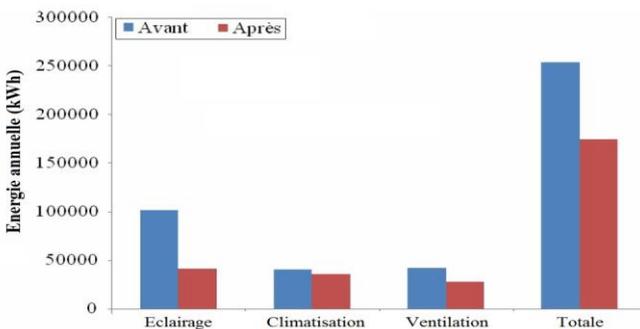


Fig. 6: Consommation énergétique avant et après les propositions d'économie d'énergie

La présente étude confirme le fort potentiel de réduction de la consommation énergétique dans les pays en développement et en particulier au Niger. Une politique

d'efficacité énergétique étendue à l'ensemble du pays permettrait de baisser encore plus la consommation électrique.

En effet, le secteur résidentiel qui représente plus 70 % de la consommation totale du pays est caractérisé par une prédominance de l'éclairage car la climatisation est rare du fait de faibles revenus des ménages.

De ce fait, la transition de l'éclairage des lampes fluo compactes vers les lampes LED représente un potentiel de réduction de consommation du même ordre de grandeur que celui obtenue dans la présente étude (60 %). D'après les simulations faites par Letschert *et al.*, [11], l'éclairage constitue le premier poste d'économie d'énergie en Afrique occidentale avec une possibilité de réduction de l'ordre de 75 % de la consommation électrique à l'horizon de 2030.

L'utilisation des LED présente également un fort potentiel de réduction de la consommation électrique au Cameroun d'après Enongene *et al.*, [12].

Par ailleurs, l'élaboration d'une norme pour la climatisation est nécessaire car le poste de la climatisation prendra de plus en plus une part importante dans la consommation du site en particulier et dans l'ensemble du pays en général. En effet, la part de la climatisation dans la consommation énergétique du secteur de bâtiment croît rapidement en fonction de l'augmentation du niveau de vie dans les pays en développement [3].

Notons que la mise en place d'une politique d'efficacité énergétique sur les climatiseurs a permis au Japon d'améliorer l'EER moyen des climatiseurs de 3.17 à 5.27 de 1997 à 2005 [13]. Pour un pays comme le Ghana, le renforcement de l'efficacité énergétique des climatiseurs peut potentiellement réduire leur consommation de 8 % [14]. Ainsi, une norme d'efficacité énergétique fixant des critères minimum d'efficacité énergétique permettra au Niger de favoriser la transition vers des systèmes d'éclairage et de refroidissement plus performants et de faire face au déficit énergétique.

4. CONCLUSION

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'étude d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, notamment le cas du site de l'IUT de l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi.

Le profil de la consommation électrique annuelle du site a montré un pic de la consommation dans le mois de Mai du fait la forte chaleur et des activités académiques. Un facteur de puissance convenable (entre 0.98 et 0.99) se retrouve sur toute l'année.

Par ailleurs, le remplacement des lampes fluo compactes et des tubes fluorescents qui sont majoritairement utilisées par des lampes LED permettra d'économiser 60 % d'énergie consommée pour ce poste.

Un dimensionnement adapté des climatiseurs avec un coefficient d'efficacité frigorifique de 3.2 permettra une réduction de 12 % de la consommation des climatiseurs. Le remplacement des ventilateurs de 120 W par ceux de 75 W permettra une baisse de 34 % de leur consommation électrique.

Ces propositions permettront de réduire de 31 % la consommation électrique de l'ensemble du site. Ce travail montre l'urgence de l'application d'une politique d'efficacité énergétique au Niger.

REFERENCES

- [1] Rapport Technique, Cedeao, '*Directive de la CEDEAO pour l'Efficacité Energétique dans les Bâtiments*', Version V2, 2014.

- [2] INS, 'Annuaire Statistique 2011-2015', Institut National de la Statistique, Niger, Edition 2016.
- [3] M. McNeil and V. Letschert, 'Future Air Conditioning Energy Consumption in Developing Countries and what can be done about it: The Potential of Efficiency in the Residential Sector', ECEEE Summer Study, Côte d'Azur, France, 2007.
- [4] H. Khorasanizadeh, J. Parkkinen, R. Parthiban and J.D. Moore, 'Energy and Economic Benefits of LED Adoption in Malaysia', Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 49, pp. 629 - 637, 2015.
- [5] J. Granderson, M.A. Piette and G. Ghatikar, 'Building Energy Information Systems: User Case Studies', Energy Efficiency, Vol. 4, pp. 17–30, 2011.
- [6] N. Khan and N. Abas, 'Comparative Study of Energy Saving Light Sources', Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp. 296 – 309, 2011.
- [7] P. Lighting, 'Universal T8 LED Tube Lighting now Easier and Simpler than Ever', Product family leaflet, 2018.
<http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf6260804-pss-global>
- [8] CNIS, 'Framework of Chin's Energy Efficiency', Standards Enforcement and Monitoring, China National Institute of Standardisation, 2005.
- [9] B.K. Nallamothu, C. Selvam, K. Srinivas and S. Prabhakaran, 'Study on Energy Savings by Using Efficient Utilites in Buildings', In: Proceedings of the paper presented at the 2015 Communication, Control and Intelligent Systems (CCIS), 2015.
- [10] W.Y. Park, N. Shah and B. Gerke, 'Assessment of Commercially Available Energy-Efficient Room Air Conditioners Including Models with Low Global Warming Potential (GWP) Refrigerants', LBNL-2001047, Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2017.
- [11] V.E. Letschert and M.A. McNeil, 'Potential Savings for Cote d'Ivoire, Ghana, Nigeria and Senegal from BUENAS Modelling', Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2012.
- [12] K.E. Enongene, P. Murray, J. Holland and F.H. Abanda, 'Energy Savings and Economic Benefits of Transition Towards Efficient Lighting in Residential Buildings in Cameroon', Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 78, pp. 731 - 742, 2017.
- [13] E.C.C.J., 'Report on Labelling System for Introduction of Efficient Energy Consuming Facilities', Energy Conservation Centre, Japan, 2006b.
- [14] AIE Report, 'Energy Efficiency of Air Conditioners in Developing Countries and the Role of CDM', Agence Internationale de l'Énergie, OECD/IEA, November 2007.