

Elaboration d'une année météorologique type de la ville de Ouagadougou pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments

E. Ouedraogo^{1*}, O. Coulibaly^{2†} et A. Ouedraogo^{1‡}

¹ Laboratoire d'Energies Thermiques Renouvelables, 'LETRE'

² Laboratoire de Physique et de Chimie de l'Environnement, 'LPCE'
Université de Ouagadougou, 'UO', 03 B.P. 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

(reçu le 11 Décembre 2011 – accepté le 29 Mars 2012)

Résumé - Dans cette étude, nous utilisons deux (02) méthodes de génération pour élaborer cinq (05) années types de sorte à déterminer la plus performante ou représentative. Ces années sont générées en utilisant des données de la température de l'air, de l'humidité relative de l'air, de la vitesse du vent et du rayonnement solaire sur une période de quinze (15) ans, allant de 1992 à 2006. Nous procédons ensuite au calcul des données horaires du rayonnement global, diffus et direct en combinant les notions d'années types et de journées types. Enfin, la modélisation d'un bâtiment sous CoDyBa a permis de calculer les ratios de consommation d'énergie, qui varient entre 349,38 et 356,63 kWh/m² climatisé/an selon les données de l'année type utilisée. Ces valeurs se situent dans la plage de consommation d'énergie des bâtiments publics et privés du secteur tertiaire en Afrique subsaharienne. Les erreurs relatives obtenues pour les années types et celles de Météonorm varient entre -1% et 2%. Ainsi, les courbes des fréquences cumulées des données horaires des températures de l'air et des humidités relatives, montrent que les données de Sandia 4 paraissent les plus représentatives.

Abstract - In this study we utilize two generation methods in order to elaborate five (05) TMY and then select the more representative. These years are generated using fifteen years (1993-2006) climatic data which are the temperature of ambient air and relative humidity, the wind speed and the solar radiation. Afterwards we compute the hourly global, diffuse and direct solar radiation data combining the notions of typical years and typical days. The modeling of a building with CoDyBa software allows the calculations of the ratios of energy consumption which vary between 349.38 and 356.63 kWh/m² conditioned/year depending on the data of the given typical year. These values fall in the margin of private and public building energy consumption in the tertian sector in sub-Saharan Africa. The relative errors made computing the typical years compare to those of Meteororm vary between -1% and 2%. Therefore, the graphs of the cumulative frequencies of the hourly air temperature and relative humidity data show that Sandia 4 typical year is more representative.

Key Words: Typical meteorological years - Cumulative frequency - Relative humidity of air - Solar radiation - Energy consumption - Temperature of the air.

1. INTRODUCTION

La consommation énergétique des bâtiments publics et privés du secteur tertiaire en Afrique Subsaharienne varie entre 250 et 450 kWh/m² climatisé/an selon le nombre d'étages [1].

* ouedem7@yahoo.fr , abdoulay@univ-ouaga.bf , * Auteur responsable des correspondances

† ousmane.coulibaly@univ-ouaga.bf

Dépendamment des bâtiments, les systèmes de Climatisation, de Ventilation et de Conditionnement d'Air (CVCA) représentent 50 à 70 % de la consommation d'électricité des bâtiments en Afrique Subsaharienne [1]. La climatisation est donc un gisement d'économie d'énergie de premier choix.

Les estimations montrent qu'au Burkina, la consommation d'électricité due à la climatisation représente entre 30 et 75 % du total de la consommation électrique basse tension [2]. Des économies d'énergie pouvant atteindre jusqu'à 70 % de la consommation totale d'un bâtiment [1] peuvent être réalisées, si nous considérons les conditions climatiques locales dans la conception architecturale et le choix des climatiseurs à installer.

Ces paramètres météorologiques sont en général: le rayonnement solaire, la température de l'air, l'humidité relative de l'air, la vitesse et la direction du vent. D'où la nécessité et l'avantage d'utiliser des données d'une année météorologique pour l'évaluation des performances du système à long terme.

L'élaboration d'une année météorologique type (TMY), un terme utilisé aux Etats-Unis, ou année d'essai de référence (TRY), le terme utilisé en Europe, serait d'une grande importance. Une année type est un fichier de données climatiques relatives à une année, parfois réelle mais le plus souvent artificielle, constituée de mois réels, représentative du climat moyen d'un site. Ce fichier est utilisé comme entrée d'un programme de simulation pour évaluer le bilan thermique d'un système ou simplement analyser son fonctionnement et son évolution.

C'est une étape essentielle pour la conception et l'optimisation des systèmes. Ces années types sont générées par plusieurs méthodes dont, celle Danoise, du Laboratoire National Sandia (ou méthode de Sandia), de Festa-Ratto, de Crow, de Miquel-Bilbao, de Gazela-Mathioulakis [3]. Cependant, la plus appropriée dans le domaine des bâtiments est celle de Sandia [3].

Nous utiliserons aussi le modèle de Crow afin de comparer les différents résultats obtenus. Selon Santos *et al.* [4], les variables météorologiques sont très aléatoires pour de courtes périodes de temps et hautement déterministes pour de longues périodes de temps.

Pour cela, notre étude se fait sur une période de quinze (15) ans, de 1992 à 2006. Le TMY élaboré fournit un standard de données de toutes les heures, des facteurs météorologiques qui permettent de déterminer et de comparer les performances des systèmes d'énergie.

2. LE DIAGRAMME DE GENERATION DE TMY ET DE SIMULATION NUMERIQUE

Le diagramme proposé dans cette étude permet de sélectionner une année météorologique type et de déterminer les comportements thermiques et énergétiques d'un bâtiment, afin de minimiser la consommation d'énergie (Fig. 1).

Il comporte une partie analyse et génération de l'année TMY qui représente l'étape ou la partie la plus importante. Il s'agit de collecter des données météorologiques brutes, que l'on filtre dans le but de détecter simultanément celles manquantes et erronées. Le filtre teste si les valeurs des paramètres climatiques mesurées correspondent à leur intervalle de définition. Certaines données manquantes sont déterminées à l'aide de courbes enregistrées par des appareils de mesure, tels que: les thermographes à bilames,

à mercure ou à alcool, les héliographes et les pyranomètres Kipp et Zonen. Seules les journées complètes ne comportant aucune donnée manquantes ou erronées sont utilisées pour la classification en séquences types.

Ainsi, lorsque le module de filtrage détecte au moins une mauvaise valeur pour une journée donnée, cette journée n'est pas retenue pour l'étape suivante.

Après le filtrage, les données sont classées. L'objectif de la classification est de partitionner la base de données, filtrée en séquences climatiques types ou états du temps.

Des méthodes de classification ont déjà été testées dans un but similaire [5, 6]. Ces méthodes ont montré des résultats très pertinents pour traiter des bases de données climatiques. Les données classées sont ensuite traitées par les différentes méthodes pour générer les données de l'année météorologique type.

Afin de simuler les charges thermiques, les valeurs des données horaires de l'année type déterminée sont utilisées par le logiciel CoDyBa, de même que les données des matériaux, les dimensions des parois, la description ou l'orientation du bâtiment ainsi que les données des charges internes.

Signalons que les données utilisées sont celles fournies par la Direction Générale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (DGACM), collectées sur la période 1992 - 2006 par la station synoptique de Ouagadougou Aéroport.

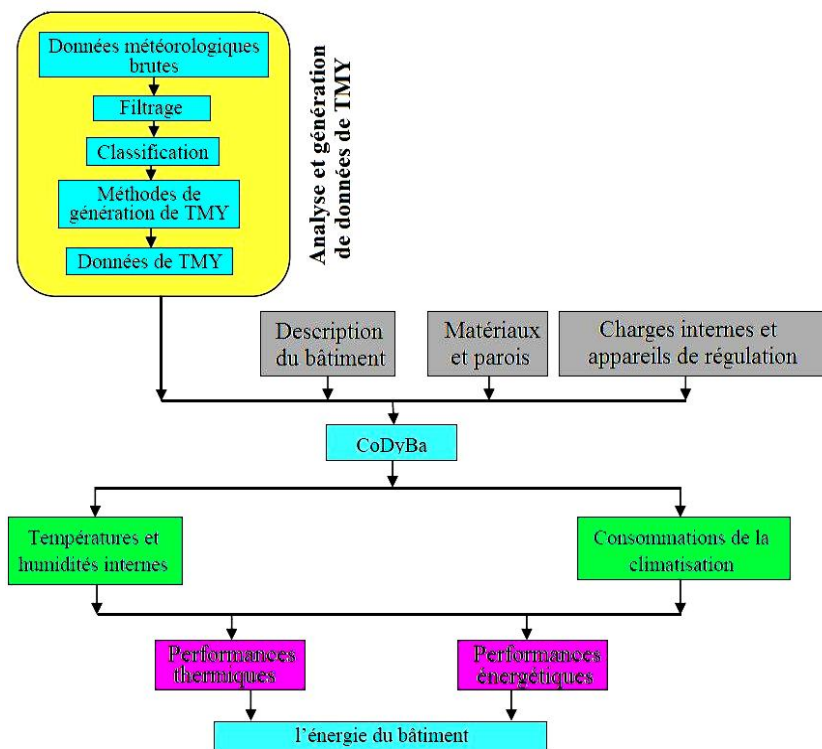


Fig. 1: Diagramme de génération de TMY et de simulation numérique

3. LES METHODES UTILISEES POUR LA SELECTION DE L'ANNEE METEOROLOGIQUE TYPE

3.1 La méthode du Laboratoire National de Sandia

La méthode développée par le Laboratoire National de Sandia, est basée sur la distribution discrète et la statistique de Finkelstein-Schäfer (FS). Elle a été initialement développée par Hall *et al.* [7] pour former une année complète appelée année météorologique type, à partir de douze (12) mois individuels de différentes années sélectionnées au cours de la période d'étude.

Parmi les treize (13) facteurs pris en compte, quatre (4) influencent de manière significative le comportement des bâtiments, ce sont: la température, l'humidité relative, l'irradiation et la vitesse du vent. Pour chaque mois de l'année et pour toutes celles de la période, on calcule le facteur de la statistique de Finkelstein-Schäfer, 'FS' des paramètres météorologiques selon la formule suivante:

$$FS_x(y, m) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| CDF_m(x_i) - CDF_{y, m}(x_i) \right| \quad (1)$$

Relation dans laquelle, $CDF_m(x_i)$ est la moyenne des fréquences cumulées des données du mois m de toute la période considérée; $CDF_{y, m}(x_i)$ est la moyenne des fréquences cumulées des données du mois m de l'année y considérée.

La fréquence cumulée du paramètre x_i se calcule à l'aide de la formule ci-dessous:

$$CDF(x_i) = \sum_{x_i \geq x} F(x_i) \quad (2)$$

$F(x_i)$ étant la distribution de la fréquence pour une variable climatique x donnée, est évaluée à partir de l'expression suivant:

$$F(x_i) = \frac{n_i}{N} \quad (3)$$

Dans cette relation, n_i est le nombre d'heure d'apparition de la valeur de la variable x_i et N le nombre total d'heure considérée dans l'analyse statistique.

La somme pondérée, 'WS' de la statistique de 'FS' du mois m de l'année y est calculée à partir de la relation:

$$WS(y, m) = \frac{1}{M} \sum_{x=1}^M WF_x \times FS_x(y, m) \quad (4)$$

avec

$$\sum_{x=1}^M WF_x = 1 \quad (5)$$

où M est le nombre de paramètres climatiques considérés dans l'étude et WF_x , le facteur de pondération appelé poids du paramètre x . Le poids d'un paramètre est la capacité d'influence de ce paramètre par rapport aux autres sur les résultats (ou sur la performance du bâtiment).

Après les calculs des sommes pondérées, 'WS' des différents mois des années considérées, pour chacun des mois, le mois météorologique type est celui qui a la 'WS' minimale. On sélectionne alors les douze (12) différents mois qui ont les 'WS' minimales pour former l'année type.

Pour l'élaboration de la TMY de la ville de Ouagadougou, nous considérons la température de l'air, l'humidité relative de l'air, la vitesse du vent et l'irradiation comme paramètres d'entrées pour déterminer le facteur FS de chacun des mois.

Nous prenons des poids nuls pour la vitesse du vent et l'irradiation, et de poids de 50% pour la température et l'humidité relative de l'air. En nous inspirant de la littérature [8], nous avons déterminé les poids des quatre (4) autres paramètres climatiques (**Tableau 1**).

Tableau 1: Variation du poids statistique des différents paramètres climatiques de la méthode de Sandia

Méthode	Humidité	Température	Rayonnement	Vitesse de vent
Sandia 1	50 %	50 %	0	0
Sandia 2	1/3	2/3	0	0
Sandia 3	1/7	2/7	4/7	0
Sandia 4	1/16	3/8	1/2	1/16

En fonction des différents facteurs météorologiques et de leurs poids, nous avons élaboré quatre (04) années météorologiques types composées des mois de différentes années.

3.2 Méthode de Crow

La méthode a été initialement proposée par Crow [9] et basée sur des moyennes mensuelles des températures de cette période. Les mois sélectionnés sont ceux dont la différence entre la moyenne mensuelle et la moyenne mensuelle à long terme se situe dans la plage de température ± 0.3 °C. Cet écart est obtenu à l'aide de l'expression suivante:

$$d_x = \left| \overline{Y}_x - \overline{Y} \right| \tag{6}$$

\overline{Y}_x : Moyenne mensuelle des températures de l'année x considérée;

\overline{Y} : Moyenne mensuelle des températures à long terme (quinze années)

d_x : Ecart entre la moyenne mensuelle de l'année x et les moyennes mensuelles à long terme;

$$d = \min \{ d_x, 1 \leq x \leq 15 \} \tag{7}$$

d : Ecart le plus faible des moyennes.

Le mois type est celui dont la valeur absolue de cet écart est la plus faible possible. Après la détermination du mois, on utilise des modèles mathématiques pour générer les données du rayonnement solaire.

Ceci consiste à modifier les données horaires initiales du rayonnement solaire pour chaque mois sélectionné jusqu'à ce que les valeurs moyennes mensuelles, représentent un dixième de l'écart-type obtenu à partir des données à long terme.

Concrètement, on ajuste certaines valeurs de deux variables météorologiques, la température moyenne mensuelle et le rayonnement global, afin qu'elles deviennent presque identiques à celles des données à long terme. En outre, la vitesse du vent est négligée à n'importe quelle étape du processus de sélection.

4. DETERMINATION DES DONNEES DU RAYONNEMENT HORAIRE A PARTIR DES ANNEES TYPES ET L'ANALYSE DE LIU ET JORDAN

A partir des mois types obtenus par les méthodes de génération de TMY, nous déterminons les données horaires du rayonnement diffus, direct et global en utilisant la notion de journées types, définies dans l'analyse de Liu *et al.*

Par exemple, si le mois de Janvier 2003 est retenu comme mois type de l'année TMY, les données du rayonnement horaire sont calculées en utilisant le 17 Janvier qui représente le jour type dans l'année de Liu *et al.* Le **Tableau 2** donne les jours types de l'analyse de Liu *et al.*

Nous procédons d'abord par le calcul du rayonnement diffus journalier sur un plan horizontal à partir du rayonnement global journalier sur un plan horizontal.

Tableau 2: Jours types de l'analyse de Liu *et al.*

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
N°mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jour moyen	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
Jour de l'année	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344

4.1 Calcul du rayonnement diffus journalier à partir du rayonnement global journalier

On utilise l'équation de lissage de la courbe de variation de H_d / H de Liu *et al.*, selon Klein [10]:

$$\frac{H_d}{H} = 1.0045 + 0.04349 \times K_T - 3.5227 \times K_T^2 + 2.63 \times K_T^3 \quad (8)$$

Où K_T est l'indice de clarté journalier défini par $K_T = H / H_0$.

En moyenne mensuelle, cette formule de Klein devient:

$$\frac{H_{dm}}{H} = 1.390 - 4.027 \times K_{Tm} + 5.531 \times K_{Tm}^2 - 3.108 \times K_{Tm}^3 \quad (9)$$

avec: H_{dm} , représentant le rayonnement diffus journalier en moyenne mensuelle; $K_{Tm} = H_m / H_{0m}$, l'indice de clarté journalier moyen mensuel avec H_{0m} , le rayonnement extraterrestre journalier en moyenne mensuelle [10].

Nous avons utilisé pour notre travail, les corrélations proposées récemment par Collares-Pereira *et al.* [11] qui permettent d'avoir plus de précision sur les calculs du rayonnement diffus:

$$\frac{H_d}{H} = 0.99 \quad \text{pour} \quad K_T < 0.17 \quad (10a)$$

$$\frac{H_d}{H} = 1.188 - 2.272 K_T + 9.473 K_T^2 - 21.856 K_T^3 + 14.648 K_T^4 \quad 0.17 < K_T < 0.8 \quad (10b)$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.20 \quad \text{pour} \quad K_T > 0.8 \quad (10c)$$

En moyenne mensuelle, ils ont proposé une formule plus simple:

$$\frac{H_{dm}}{H_m} = 0.775 + 0.347(\omega_s - \pi/2) - (0.505 + 0.262(\omega_s - \pi/2)) \times \cos(2K_{Tm} - 1.8) \quad (11)$$

ω_s , exprimé en radian, est l'angle solaire au crépuscule.

Les résultats des données journalières du rayonnement diffus, direct et global sont utilisés pour les calculs des valeurs horaires de ces paramètres.

4.2 Calcul de l'ensoleillement horaire global, diffus et direct

Pour le calcul de l'ensoleillement horaire global, nous utilisons la fonction de répartition proposée par Collares-Pereira *et al.*, [11].

$$I_m / H_m = \frac{\pi}{24} (a + b \times \cos \omega) \times (\cos \omega - \cos \omega_s) / (\sin \omega_s - \frac{\pi}{180} \omega_s \times \cos \omega_s) \quad (12)$$

où

$$a = 0.409 + 0.5016 \times \sin(\omega_s - 60) \quad (13)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \times \sin(\omega_s - 60) \quad (14)$$

ω , est l'angle horaire; ω_s , l'angle horaire au lever du soleil; I_m , le rayonnement global horaire en moyenne mensuelle et H_m , le rayonnement global journalier, en moyenne mensuelle.

D'après Liu et Jordan, pour une journée quelconque du mois, le rapport I_m / H_m est identique à I / H . Le rayonnement horaire diffus peut alors être exprimé par l'expression suivante:

$$I_{dm} / H_{dm} = \frac{\pi}{24} (\cos \omega - \cos \omega_s) / (\sin \omega_s - \frac{\pi}{180} \omega_s \times \cos \omega_s) \quad (15)$$

Signalons encore que pour une journée quelconque du mois, I_{dm} / H_{dm} est identique à I_d / H_d .

On déduit le rayonnement horaire direct par l'équation ci-dessous:

$$I_{bm} = I_m - I_{dm} \quad (16)$$

Nous avons écrit un programme informatique pour calculer le rayonnement horaire global, direct, diffus en utilisant la notion de jour moyen et des données du rayonnement global journalier sur le plan horizontal sur la période 1977-2006 (30 ans).

5. APPLICATION A LA DETERMINATION DES PERFORMANCES THERMIQUES ET ENERGETIQUES D'UN BATIMENT

Pour la détermination des performances, nous utilisons un modèle réduit, un seul local à usage de bureau et de salle de travaux pratiques ayant un volume de 199,93 m³.

L'incertitude sur les mesures est de ± 3 mm, soit en moyenne une erreur relative de 0.05 %. Le local fait parti d'un bâtiment de construction ancienne, ne respectant donc pas les normes (mesures) d'économie d'énergie. Et pour ce faire, nous utilisons un logiciel de simulation du comportement thermique et énergétique de bâtiment qu'est CoDyBa.

Pour les consignes de climatisation, nous avons fixé la température à 26 °C et l'humidité relative à 50 % [12], tandis que les appareils électriques et les climatiseurs ne fonctionnent que pendant les heures d'occupation (du lundi à vendredi de 7 h à 18 h et le samedi de 7 h à 12 h).

6. RESULTATS ET ANALYSES

6.1 Résultats des années météorologiques types et analyses

6.1.1 Présentation des résultats des années météorologiques

En appliquant les deux méthodes, celle de Sandia et de Crow décrites précédemment, nous obtenons quatre (04) années types, la cinquième année étant obtenue par la méthode de Crow.

Tableau 3: les différentes années météorologiques types et les WS_{min} et $Ecart_m$

Années météorologiques types										
Mois	Sandia 1		Sandia 2		Sandia 3		Sandia 4		Crow	
	année	WS_{min}	année	WS_{min}	année	WS_{min}	année	WS_{min}	année	$Ecart_m$
Jan.	2003	0.021	1998	0.021	1994	0.028	1994	0.030	1998	0.138
Fév.	1993	0.022	1993	0.019	1992	0.025	1992	0.022	1993	0.122
Mars	2006	0.015	2006	0.015	2003	0.029	2006	0.027	2001	0.094
Avr.	2002	0.022	1995	0.020	2002	0.025	2002	0.026	1993	0.031
Mai	2005	0.010	2005	0.009	2001	0.022	2001	0.024	1996	0.073

Juin	1993	0.009	1993	0.008	1996	0.025	1996	0.024	1996	0.005
Jui.	1994	0.007	1994	0.007	1994	0.021	1994	0.022	1995	0.006
Août	2005	0.008	2005	0.008	2003	0.025	2006	0.023	2005	0.013
Sep.	2001	0.009	2001	0.008	2006	0.024	2006	0.021	2001	0.016
Oct.	1993	0.010	1993	0.010	1992	0.022	1999	0.022	2006	0.066
Nov.	2002	0.016	2002	0.014	2001	0.025	2001	0.026	2005	0.110
Déc.	2005	0.016	2005	0.016	1998	0.022	1998	0.023	2002	0.123

Nous remarquons que les années types sont différentes et cette différence nous conduit à déterminer la plus représentative des cinq.

Pour ce faire, nous comparons les évolutions des fréquences cumulées des données des températures de l'air et des humidités relatives de quelques mois de ces années types avec celles des moyennes à long terme (moyennes des températures de l'air et des humidités relatives de ces mois pour la période d'étude de 15 ans).

Suivant le climat, nous avons choisi trois mois. Le premier mois, Avril, est pris parmi ceux de la période chaude où les températures sont élevées et les humidités faibles.

Le second mois, Août, parmi ceux de la saison pluvieuse où les températures sont moyennes et les humidités élevées.

Le troisième mois, Décembre, parmi ceux de la période de l'harmattan où températures et humidités sont faibles.

Les figures suivantes donnent les fréquences cumulées.

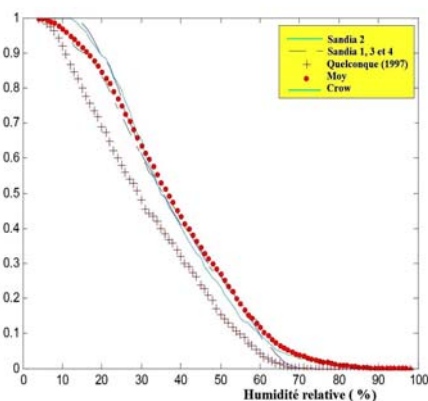


Fig. 2: Courbes des fréquences cumulées des humidités relatives des mois d'avril

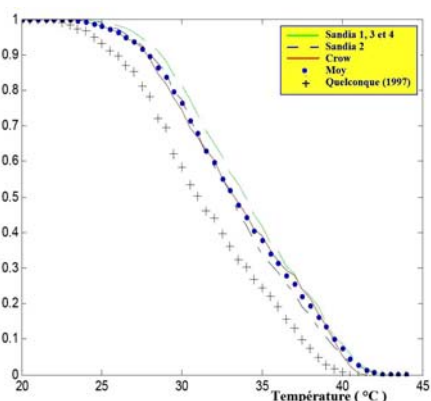


Fig. 3: Courbes des fréquences cumulées des températures des mois d'avril

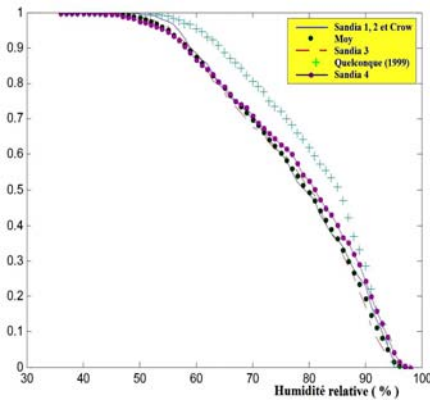


Fig. 4: Courbes des fréquences cumulées des humidités relatives des mois d'Août

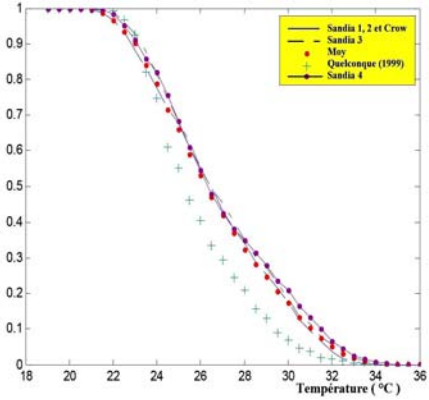


Fig. 5: Courbes des fréquences cumulées des températures des mois d'Août

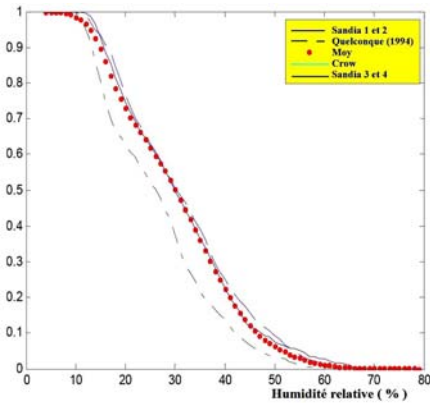


Fig. 6: Courbes des fréquences cumulées des humidités relatives des mois de décembre

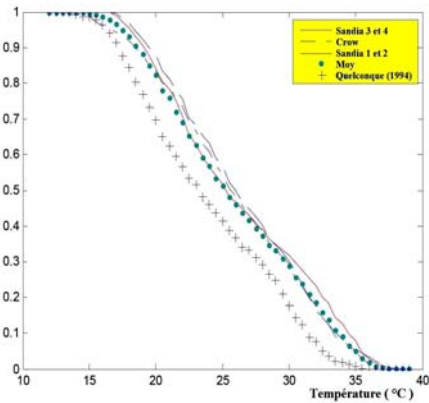


Fig. 7: Courbes des fréquences cumulées des températures des mois de Décembre

6.1.2 Analyse des résultats

Le constat est que selon la procédure appliquée et les poids des paramètres, le mois type déterminé varie souvent. Ainsi avec la méthode de Sandia, en faisant varier les poids des paramètres et en tenant compte uniquement de la température et de l'humidité, dix (10) mois sont caractérisés comme types pour les deux procédures.

En outre, en considérant les années types Sandia 3 et Sandia 1 d'une part et Sandia 3 et Sandia 2 d'autre part, on remarque que pour les deux premiers, seulement deux (02) mois sont caractérisés comme types pour les deux procédures. Pour les seconds, seulement un (01) mois est caractérisé comme type pour les deux procédures.

En considérant cette fois les mois de Sandia 4, trois (03) sont identiques à ceux de Sandia 1, deux (02) sont identiques à ceux de Sandia 2 et neuf (09) sont considérés comme types à ceux de Sandia 3.

Quant aux mois types de Crow et ceux générés par la méthode de Sandia, en variant les différents poids des paramètres météorologiques, on constate qu'on a seulement trois (03) mois identiques à ceux de Sandia 1, seulement quatre (04) mois identiques à ceux de Sandia 1 et avec ceux de Sandia 3 et seulement un (01) mois identique avec ceux de Sandia 4.

Les figures 2 et 3 montrent les courbes des fréquences cumulées des données des mois d'avril. Nous constatons que les valeurs des températures des mois d'avril 2002, 1993 et 1995 et celles des humidités de 2002, 1993 et 1995 sont plus proches des valeurs moyennes à long terme respectivement des températures et des humidités.

Ainsi, les données des températures des années 1993 et 1995 (pour les fréquences cumulées supérieures à 0.5 ou des températures inférieures à 33 °C) et celles des humidités 2002 peuvent être assimilées à celles des moyennes, ainsi que les températures de 2002 supérieures à 35 °C.

Lorsqu'on considère les figures 4 et 5 qui comportent les courbes des fréquences cumulées des données des mois d'août, on remarque que les valeurs des températures et des humidités des mois d'août 2003, 2005 et 2006 sont presque identiques aux valeurs moyennes à long terme des températures et des humidités.

En considérant maintenant les figures 6 et 7, qui donnent les courbes des fréquences cumulées des données des mois de décembre, on constate que les valeurs des températures de décembre 1998, 2002 et 2005 et celles des humidités de décembre 1998, 2002 et 2005 sont très proches des valeurs moyennes à long terme respectivement des températures et des humidités.

Certaines données sont presque identiques à celles des moyennes, il s'agit des données des humidités de décembre 1998 et 2002 et des températures de décembre 2002 et 1998 pour des valeurs de températures supérieures à 27 °C et de décembre 2005 pour des valeurs de températures comprises entre 19 et 29 °C. Par contre, toutes les données des mois qui ne sont pas types sont très distinctes de celles des moyennes à long terme.

De tout ce qui précède, nous concluons que les données des mois types peuvent être représentatives de ces mois pour toute la période considérée. Ainsi, les méthodes utilisées nous ont permis d'élaborer cinq (05) années météorologiques types de la ville de Ouagadougou.

De ces cinq (05), celle de Sandia 4 semble être la meilleure ou la plus représentative, car les valeurs de ces données sont plus proches de celles à long terme et elle a été générée en utilisant le plus de facteurs climatiques. Nous allons aussi déterminer les impacts de ces données climatiques sur le bâtiment.

6.2 Résultats de simulations par CoDyBa

6.2.1 Résultats

Nous avons obtenu les consommations annuelles des climatiseurs (Fig. 8) et calculer les ratios de consommations (consommation/surface du plancher).

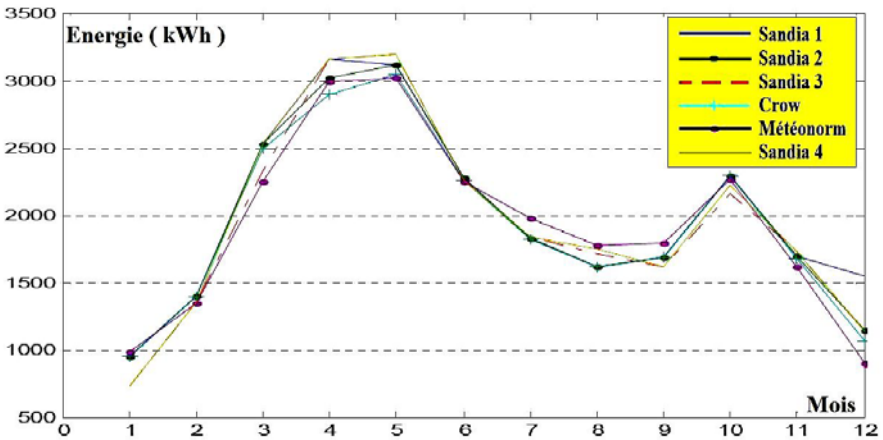


Fig. 8: Consommations mensuelles des climatiseurs en fonction des années types

A partir des consommations, nous avons établi les ratios de consommation du bâtiment en faisant le rapport des quantités d'énergies consommées par la surface de plancher.

Les erreurs relatives entre les ratios pour les années types et celle de Météonorm varient entre -1% et 2%. Les résultats sont présentés par la figure suivante:

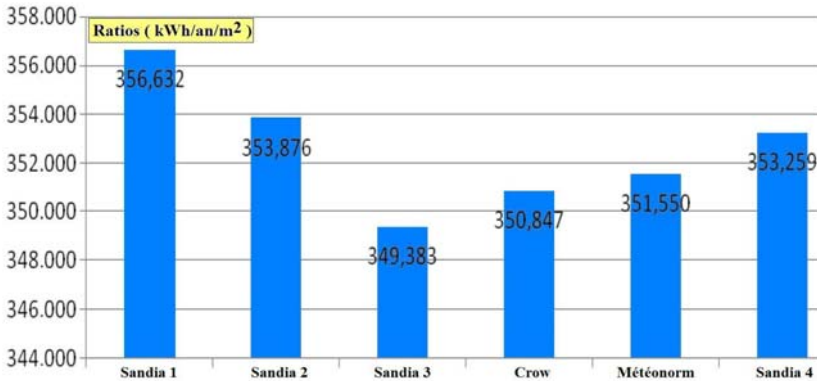


Fig. 9: Ratios de consommation énergétique annuelle en fonction des années types

6.2.2 Analyse des résultats

En analysant les consommations mensuelles des climatiseurs données par la figure 8, on observe deux (02) pics correspondant aux deux (02) saisons chaudes. Pendant ces périodes, on assiste à une consommation très élevée des climatiseurs avec pour maximum la période du mois d'avril à mi mai. Cette consommation est due aux valeurs élevées des températures de l'air extérieur qui augmente la chaleur à l'intérieur du local.

La baisse de l'énergie consommée entre juin et septembre et entre novembre et février est due respectivement à la saison pluvieuse et la période froide et sèche. Au cours de ces périodes, les températures de l'air extérieur sont basses et les apports calorifiques dans le local sont minima.

Les résultats de la figure 9, donnant les ratios de consommation énergétique illustrent les performances du bâtiment. Les valeurs de ces ratios de consommation varient de 349.38 kWh/m² climatisé/an pour les données de Sandia 3 à 356.63 kWh/m² climatisé/an pour celles de Sandia 1. Ces valeurs correspondent à la plage de la consommation énergétique des bâtiments publics et privés du secteur tertiaire en Afrique subsaharienne qui s'élève entre 250 et 450 kWh/m² climatisé/an selon le nombre d'étages [1].

Pour le confort thermique des occupants, nous avons évalué les charges maximales mensuelles de climatisation en fonction des données des six (06) années météorologiques types (Sandia 1, Sandia 2, Sandia 3, Sandia 4, Crow et Météonorm).

Quand on évalue les années types, on constate que les données obtenues à partir de Sandia 3 permettent d'avoir le plus faible ratio et celles obtenues à partir de Sandia 1 le plus élevé. Mais l'année type Sandia 4, est la plus performante des cinq (05), car elle tient compte des quatre paramètres climatiques qui influent sur les comportements des bâtiments.

Pour la comparaison, nous avons fait la différence des valeurs de consommations annuelles de climatisation obtenues en appliquant les données des années types générées et celles obtenues en appliquant les données de Météonorm, on obtient la figure suivante:

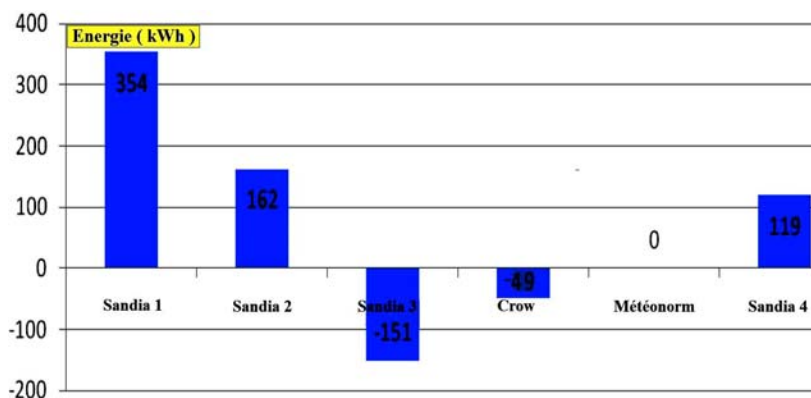


Fig. 10: Ecarts des consommations des autres méthodes avec celle de Météonorm

Nous comparons les consommations d'énergie des précédentes méthodes avec celles de Météonorm, car cette année type a été générée par une organisation mondiale qui simule des années à travers tous les pays du monde.

Les valeurs obtenues en appliquant les données de l'année de Météonorm sont supérieures à celles obtenues en appliquant les données des années Crow et Sandia3, mais inférieures à celles obtenues par application des données des années Sandia1, 2 et 4.

7. CONCLUSION

Cette étude a permis de déterminer les données horaires de base (températures de l'air et humidités relatives) pour l'évaluation des performances thermique et énergétique des bâtiments pour la ville de Ouagadougou au Burkina Faso.

Ces données de base sont celles des années météorologiques types. Cinq (5) années types sont déterminées à l'aide de différentes méthodes de génération. L'une est obtenue par la méthode de Crow et les quatre (4) autres par celle du Laboratoire National de Sandia (méthode de Sandia) en variant les poids des paramètres climatiques.

La méthode la plus performante est celle de Sandia utilisant les quatre (4) paramètres météorologiques que sont la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent et le rayonnement solaire.

La modélisation d'un bâtiment sous CoDyBa a permis de calculer les ratios de consommation d'énergie. Ainsi, cette étude permet de proposer des données de base unique pour la conception architecturale de nouveaux bâtiments et pour la simulation des performances des logements existants, surtout de gagner en temps et en coût lors des études. Elle peut être généralisée pour l'ensemble des pays du Sahel.

REFERENCES

- [1] Document, '*Les Systèmes de Ventilation et Climatisation*', Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie (IEPF), Fiche technique, PRISME, N°2, 8 p., 2001, www.iepf.org
- [2] Document, '*Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques: Communication Nationale du Burkina Faso*', 132 p., Novembre 2001.
- [3] K. Skeiker, '*Comparison of Methodologies for TMY Generation using 10 Years Data for Damascus, Syria*', Energy Conversion and Management, Vol. 48, N°7, pp. 2090 - 2102, 2007.
- [4] J.M. Santos, J.M. Pinazo and J. Canada, '*Methodology for Generating Daily Clearness Index Values K_t Starting From the Monthly Average Daily Value K_p , Determining the Daily Sequence using Stochastic Models*', Renewable Energy, Vol. 28, N°10, pp. 1523 - 1544, 2003.
- [5] M. Muselli, P. Poggi, G. Notton and A. Louche, '*Classification of Typical Meteorological Days from Global Irradiation Records and Comparison Between Two Mediterranean Coastal Sites in Corsica Island*', Energy Conversion and Management, Vol. 41, N°10, pp. 1043-1063, 2000.
- [6] C. Sacré, '*Study of an Automatic Classification of Meteorological Days for Building Energetic Applications*', Colloque Météorologique et Énergies Renouvelables, Valbonne, France, pp. 632 - 653, 1984.
- [7] I.J. Hall, R.R. Prairie, H.E. Anderson and E.C. Boes, '*Generation of Typical Meteorological Years for 26 Solmet Stations*', Sandia Laboratories, Report, SAND 78-1601, Albuquerque, NM, 1978.
- [8] I. Armeanu, F. Stanica and V. Petreus, '*Construction de TMY*', Department of Mathematics and Computer Sciences, Université Technique de Génie Civil, Université de Sciences Agronomiques et de Médecine Vétérinaire.
- [9] L.W. Crow, '*Weather Year for Energy Calculations*', ASHRAE Journal, Vol. 26, N°6, pp. 42 - 47, 1984.
- [10] M. Daguénet, '*Les Séchoirs Solaires, Théorie et Pratique*', Unesco, 575 p., 1985.
- [11] M. Collares-Pereira and A. Rabl, '*The Average Distribution of Solar Radiation Between Daily and Hourly Values*', Solar Energy, Vol. 22, N°2, pp. 155 - 164, 1979.
- [12] Document, '*Efficacité Énergétique de la Climatisation en Région Tropicale*', Tome 1: Conception des Nouveaux Bâtiments, Institut de l'Énergie et de l'Environnement de la Francophonie (IEPF), 186 p., www.iepf.org, 2001.