

BIOCLIMATS HUMAINS ET HORAIRES DANS LES ECOLES DU DEPARTEMENT DES COLLINES AU BENIN: EST-IL PERTINENT DE MAINTENIR LES HORAIRES DANS LES ETABLISSEMENTS SCOLAIRES ?

HOUSSOU C. S.¹; VISSIN E. W.¹; MEDEOU F. K.¹; BOKO N. P. M.¹

¹Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Écosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi (Bénin), [christpasse@yahoo.fr ; exlaure@gmail.com; kmedeouf@yahoo.fr; boko2za@yahoo.fr]

Résumé - Cette étude vise à mettre en exergue les ambiances bioclimatiques pendant les heures de cours des écoliers (CI et CM2) dans le département des Collines au Bénin. Cette étude a été menée à l'aide des méthodes de calcul d'indices bioclimatiques (THI et K), des données de température, de vent et d'humidité relative à l'échelle tri-horaire sur la période 1990-2015 sur la station synoptique de Savè au Bénin. Les résultats montrent quels types de temps bioclimatiques entre 12h et 15h et entre 15h et 18h sont défavorables pour les études; contrairement aux horaires de 6h à 9h et de 9h à 12h pendant lesquelles les ambiances sont favorables. On peut retenir, sous réserve de la perception des enseignants et de celle des apprenants, que les horaires de l'après-midi ne sont pas favorables pour le rendement des classes des écoliers.

Mots clés : Bénin, ambiances bioclimatiques, horaire.

Abstract - human bioclimates and schedules in schools in the department of the Collines in Benin: is it relevant to maintain the schedules in school establishments? This study aims to highlight the bioclimatic environments during school hours (CI and CM2) in the Department of Hills in Benin. This study was carried out using the bioclimatic index calculation methods (THI and K), the temperature, wind and relative humidity data on the tri-hourly scale over the period 1990-2015 years on the synoptic station of Savè in Benin. The results show that the bioclimatic time types between 12h to 15h and 15h to 18h are unfavorable for the studies; unlike the schedules from 6am to 9am and 9am to 12pm during which the atmospheres are favorable. It is possible to retain, subject to the perception of teachers and learners, that the afternoon schedules are unfavorable for the performance of the classes of the schoolchildren.

Keywords : Benin, bioclimatic atmospheres, timetable.

Introduction

De nombreuses études en bioclimatologie montrent que les conditions météorologiques ont non seulement des effets sur la santé des hommes mais aussi sur le mode vestimentaire, le loisir et plus encore sur les heures de travail (Alie *et al.*, 1995 ; Vogt et Metz, 1992 ; Gun, 1995 ; Ganemet *et al.*, 2006; Hémon et Jouglà, 2004). Les études sur les heures de travail ne sont pas assez importantes en Afrique, en particulier au Bénin où s'amplifient les situations d'inconfort thermique, à cause des effets du réchauffement climatiques (Houssou, 1998 ; Médéou *et al.*, 2014 ; Boko *et al.*, 2016). Par conséquent, les incertitudes sont importantes et les verrous de connaissances restent nombreux, alors qu'une connaissance des différents facteurs d'influence est nécessaire pour préserver les performances des travailleurs et des apprenants voire des écoliers.

Cet article vise à mettre en exergue l'évolution des ambiances bioclimatiques dans le département des Collines au Bénin puis étudier les relations entre la sensation de confort pour les apprenants et ces ambiances. Ce diagnostic va permettre la mise sur pied de stratégies de gestion pour atténuer l'intensité et/ou les impacts du réchauffement climatique.

Le secteur d'étude, qu'est le Département des Collines (figure 1) a été choisi pour la présente étude parce qu'il est situé dans une zone de transition climatique entre le climat béninois au sud et le climat soudanien au nord du Bénin.

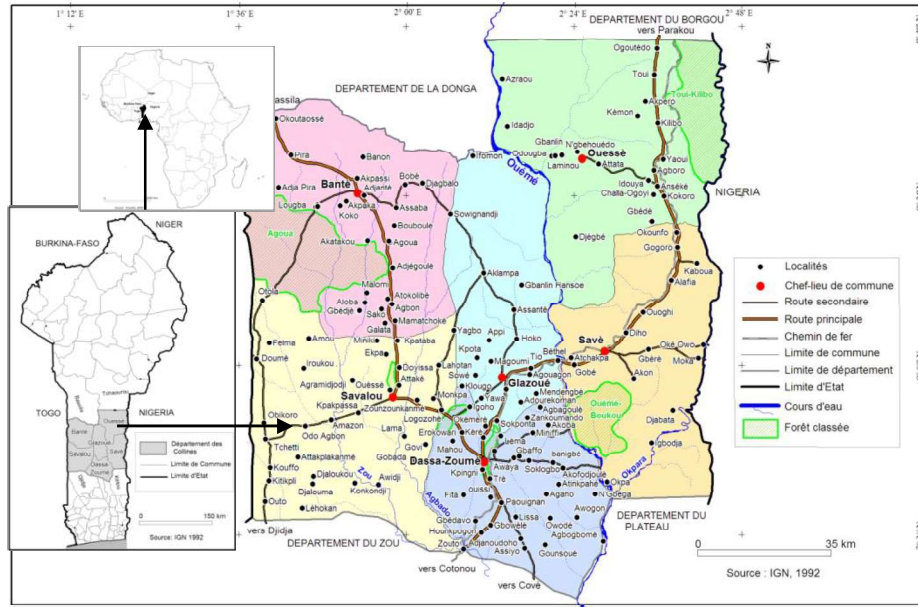


Figure 6. Situation géographique et subdivision administrative du secteur d'étude

Le département des Collines est situé entre 7° 27' et 8° 46' de latitude nord, et entre 1° 39' et 2° 44' de longitude est. Il regroupe les communes de Savè, de Dassa-Zoumè, d'Ouessè, de Glazoué, de Savalou et de Bantè et couvre une superficie d'environ 13 899 km² (INSAE, 2004).

2. Données et méthodes

➤ Données utilisées

Les données utilisées sont les statistiques climatologiques (températures minimale et maximale, humidité relative et vitesse du vent) à l'échelle tri-horaire sur la période de 1990 à 2015 au niveau de la station de Savè. Ces données sont extraites des fichiers de l'ASECNA-Savè. Les plages horaires choisies sont 6 heures, 9 heures, 12 heures, 15 heures et 18 heures, parce qu'elles sont plus proche de façon générale des horaires officiels d'entrée et de sortie dans l'ensemble des établissements du milieu d'étude. Notons que les horaires sont uniques pendant toute l'année pour les établissements à savoir de 8h à 12h pour la matinée et de 15h à 17h pour la soirée.

➤ Méthode de traitement des données

La méthode de traitement des données s'articule autour de la détermination des ambiances bioclimatiques. Celle-ci a été réalisée par le biais de deux indices : l'indice thermo-hygrométrique (THI) et l'indice du pouvoir réfrigérant de l'air (K).

La formule de l'indice thermo-hygrométrique (THI) de Thoms (1959) est comme suit :

$$THI = [T - (0,55 - 0,0055U\%)(T - 14,5)]$$

avec T (°C) = la température de l'air et U (%) = l'humidité relative.

Le tableau I montre les échelles d'interprétations des valeurs issues des calculs de cet indice.

Tableau II. Echelles d'interprétation du THI

THI (°C) CONDITIONS	INTERPRETATIONS
THI < 0	ambiance très froide, voire glaciale
0 ≤ THI ≤ 15	ambiance fraîche
15 ≤ THI ≤ 20	ambiance relaxant, confortable, (refroidissement relaxant)
20 ≤ THI ≤ 26	ambiance chaude plus ou moins supportable
26 ≤ THI ≤ 29	ambiance très chaude inconfortable
THI > 30	ambiance torride

Source : Thoms, 1959.

Le K est un indice mis au point en la formule de l'indice du pouvoir réfrigérant de l'air (Siple et Passel, 1945) et qui est stipulé comme suit :

$$K = (10,45 + 10\sqrt{v-T}) (33-T)$$

avec K le pouvoir réfrigérant de l'air, V la vitesse du vent et T la température ambiante.

Le tableau II montre les échelles d'interprétations des valeurs issues des calculs de cet indice.

Tableau III. Echelles d'interprétation du K

K (Kcal/h/m²) CONDITIONS	INTERPRETATIONS
K < 0	ambiance torride
0 ≤ K ≤ 150	ambiance très chaude inconfortable
150 ≤ K ≤ 300	ambiance chaude plus ou moins supportable
300 ≤ K ≤ 600	ambiance confortable, (refroidissement relaxant)

Source : Siple et Passel, 1945.

Tous les calculs statistiques classiques ont été réalisés sous Excel 2013. Quant au calcul d'indice bioclimatique, il a été réalisé grâce au logiciel BioKlima © v 2.6. Le logiciel peut être téléchargé à partir de : www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/bioklima.htm.

3. Résultats

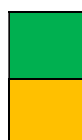
L'ambiance bioclimatique varie selon l'heure, le mois et l'année. Les indices bioclimatiques estimés aux pas de temps tri-horaire, mensuel et annuel permettent d'obtenir les résultats suivants.

➤ Ambiances décrites par l'Indice Thermohygométrique (THI)

Le tableau III présente les ambiances thermiques décrites par l'Indice Thermohygométrique à l'échelle tri-horaire.

Tableau IV. Indice Thermohygométrique à l'échelle tri-horaire dans le Département des Collines

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
6h	21,5	24,3	25,2	25,8	25,6	25,3	25,2	24,0	25,5	25,3	25,8	22,2
9h	23,7	25,4	26,5	27,6	28,4	27,5	25,6	24,6	26,2	27,5	28,1	25,7
12h	30,0	31,1	32,5	32,3	33,4	31,4	28,9	27,8	30,1	31,8	33,2	32,4
15h	33,2	34,6	36,0	36,5	35,1	32,9	30,9	30,9	31,2	33,6	35,6	34,0
18h	30,1	31,5	32,4	32,7	32,6	30,6	31,8	29,5	31,3	30,3	31,9	29,6



Ambiance confortable / Aucune contrainte thermique

Ambiance chaude / Stress thermique modéré



Ambiance fortement chaude / Fort stress thermique

Sources: Résultats de calcul, 2016.

A 6 heures du matin, les valeurs de THI décrivent une ambiance confortable pendant tous les mois. Ce confort thermique se poursuit jusqu'à 9 heures entre décembre et février, puis en juillet et août. Les plus faibles valeurs de THI ont été obtenues à 6 heures respectivement en janvier, décembre, août et février puis à 9 heures en janvier (harmattan et saison sèche). De mars à mai et en novembre, le stress thermique est modéré aux environs de 9 heures et devient fort entre 12 et 18 heures (début saison des pluies). Dans ces conditions, les apprenants éprouveraient une sensation chaude à 9 heures et très chaude entre 12 et 18 heures. En réalité, les mois de novembre, mars, avril et mai sont les plus éprouvants tandis que les mois de juillet, août et septembre apparaissent plus favorables du point de vue thermique. Au cours de l'année, les valeurs de THI sont globalement plus élevées à 15 heures traduisant une sensation thermique fortement chaude.

En janvier, le niveau de stress thermique se trouve globalement modéré et caractérisé par un temps chaud. Les mois de février sont caractérisés par un stress thermique modéré avec une légère évolution vers un stress thermique fort. Les mois de mars se retrouvent dans un stress thermique globalement modéré mais sont plus chauds que les mois de février puisque les valeurs de THI se trouvent entre 29,4 °C pour le minimum et 33,5 °C pour le maximum. En avril, le temps est légèrement moins chaud qu'en mars et les valeurs limites de THI se retrouvent entre 29,3 °C et 33,2 °C. Tous les mois de mai ont enregistré un stress thermique modéré traduisant une légère chaleur. La situation est presque identique pendant les mois de juin, juillet, août et septembre, avec des valeurs de THI qui sont légèrement moins élevées que celles de mai. Ces quatre mois sont moins chauds que le mois de mai.

En octobre, les valeurs de THI sont comprises entre 26,6 °C et 30,4 °C, ce qui traduit un stress thermique modéré ou une sensation de légère chaleur. Pendant les mois de novembre, les valeurs limites établies entre 27,4 °C pour le minimum et 31,6 °C pour le maximum commandent une ambiance plus chaude que celle d'octobre.

➤ Ambiances bioclimatiques décrites par le pouvoir réfrigérant de l'air

Le tableau IV présente les ambiances thermiques décrites par le pouvoir réfrigérant de l'air (K) à l'échelle tri-horaire.

Tableau V. Pouvoir réfrigérant de l'air à l'échelle tri-horaire sur la période 1990-2015 dans le Département des Collines

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
6h	320	325	175	181	218	27,3	326	325	326	325	137	321
9h	306	226	277	183	285	278	26,5	326	272	265	282	322
12h	217	224	126	150	150	148	147	148	147	148	146	144
15h	216	130	123	150	150	138	123	121	139	146	145	273
18h	318	324	325	132	132	289	281	283	218	219	229	204



Ambiance torride

Ambiance confortable, (refroidissement relaxant)



Ambiance chaude plus ou moins supportable

Ambiance très chaude inconfortable

Sources : Résultats de calcul, 2016.

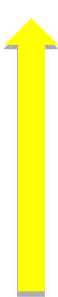
L'examen des informations du tableau IV permet de conclure qu'aucun mois ne présente exclusivement une ambiance confortable ou inconfortable. L'ambiance confortable est ressentie pendant la matinée à 6 heures aux mois de janvier, février, juillet, août, septembre, octobre et novembre et à 9 heures en décembre et février. Cette ambiance devient légèrement éprouvante aux environs de 9 heures en mars, octobre, novembre et éprouvante en avril puis très éprouvante entre 15 et 18 heures. Pendant le bimestre janvier-février, l'ambiance légèrement éprouvante entre 6 et 9 heures passe à très éprouvante entre 12 et 15 heures. Par contre, de juin à septembre, l'ambiance thermique légèrement éprouvante entre 6 et 9 heures devient éprouvante de 12 à 18 heures. Du reste, on retient que les horaires de 12 à 18 heures sont éprouvantes pour l'organisme humain et par conséquent défavorables au travail.

***Incidences des ambiances bioclimatiques sur la performance des apprenants**

Les ambiances bioclimatiques observées sont globalement éprouvantes. Selon de nombreuses études, le travail sous une forte température ambiante peut moduler les habilités et les capacités lors de l'exécution de certaines tâches. En effet, les performances psychologiques peuvent être modifiées suite à une exposition à la chaleur. Les effets de la charge thermique de l'environnement sur l'organisme varient selon l'intensité de la radiation solaire (tableau V). L'examen des données du tableau V montre une gradation des effets de la charge thermique selon que la température augmente. Outre la chaleur, la faible vitesse du vent engendre une forte sensation de touffeur, ce qui prédispose l'organisme à la fatigue dans le Département des Collines.

Par ailleurs, l'inconfort physique, associé à une augmentation de la température corporelle, peut modifier l'état émotif des apprenants (irritabilité, rage), et ainsi rendre intenable une salle de classe par les enseignants surtout dans l'après-midi où les ambiances sont généralement chaudes. Autrement dit, le travail effectué sous une ambiance chaude et très chaude s'avère nuisible pour la santé et la performance, du fait que l'organisme doit fournir plus d'effort pour rétablir l'équilibre homéostatique. De plus, l'exposition à un environnement chaud modifie des paramètres physiologiques tels que la ventilation pulmonaire, la vasodilatation, la sudation et le débit sanguin. La vasodilatation cutanée peut provoquer des altérations dont l'une des manifestations extrêmes est la syncope de chaleur. Celle-ci survient généralement après une longue période d'immobilité dans une ambiance chaude.

Tableau V. Effets de la charge thermique de l'environnement sur l'organisme

Température (° C)	Effets
35 – 40	Limite de la tolérance à la chaleur
	Baisse de la performance
	Augmentation de la contrainte cardiaque et circulatoire
	Fatigue et risque d'épuisement thermique
	Augmentation des erreurs
	Perte d'efficacité lors de tâches requérant une grande concentration
	Irritabilité
	Baisse de la concentration
	Perte d'efficacité lors des tâches mentales
Lorsque la température augmente...	Inconfort
20 – 26	Zone de confort

Source : Médéou, 2015 et modifié, 2016.

Conclusion

En somme, dans le Département des Collines, les valeurs de THI traduisent des ambiances globalement chaudes. Le mois de mars a été le plus chaud tandis que le mois d'août a été le moins chaud au cours de la période 1990-2015. A partir de la combinaison des paramètres climatiques, on retient que les horaires de l'après-midi peuvent être préjudiciables aux apprenants.

Il ne faut, cependant, pas perdre de vue que les effets des ambiances sur les écoliers peuvent aussi dépendre des problèmes comme la distance parcourue (trajet) pour venir dans l'établissement, l'âge de l'apprenant, le moyen de déplacement (pied, moto ou voiture), l'état de santé, etc.

Nous recommandons dans les limites du possible, que les autorités compétentes, à divers niveaux, puissent tenir compte des horaires « bioclimatiquement » favorables pour les études dans les cours primaires à prendre des mesures nécessaires.

Bibliographie

- Alie R., Dufresne D., Nadeau D. et Prud'homme C., 1995 : *Formation sur la contrainte thermique : Exposition à la chaleur*. 111 p.
- BioKlima©2.6., software package, <http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>
- Boko N. P. M., Houssou C. S., Medeou F. K., 2016 : Ambiances bioclimatiques et santé des populations dans la commune de Glazoué (Benin). In *Colloque en hommage aux professeurs Michel BOKO et Fulgence AFOUDA*. Cotonou, Bénin, Vol.1, 99-110.
- Ganem Y., Pomaian J. L., Laborde L., Brasseur G., 2006 : Ambiances thermiques : travailler au froid. In *Document pour le Médecin du travail*, **107**, 17 p.
- INSAE, 2004 : *Cahiers des villages et quartiers de villes des communes du Département des Collines*. Cotonou, 48 p.
- Gun R. T., 1995 : Effects of thermal, personal and behavioural factors on the physiological strain, thermal comfort and productivity of Australian shearers in hot weather. *Ergonomics*, **7**, 1368-1384.
- Hémon D., Jouglé E., 2004 : *Surmortalité liée à la canicule d'août 2003*. Rapport remis au ministre de la santé et de la protection sociale. Paris: INSERM, 76 p.
- Houssou C.S., 1998 : *Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin) et leurs implications socio-économiques*. Thèse unique de géographie Dijon, 332 p.
- Médéou K. F., Boko N. P. M., Jendritzky G., Ogouwalé E. et Houssou S. C., 2014 : Ambiances thermiques du mois d'août et sensations associées dans la Commune de Savè au Bénin (Afrique de l'Ouest). In *XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*. Dijon, France, 675-680.
- Siple P. A., Passel C. F., 1945 : Measurement of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*, **89**, 177-199.
- Thom E. C., 1959 : The discomfort index. *Weatherwise*, tome **12**, 57-60.
- Vogt J. J., Metz B., 1992 : Ambiances thermiques. In *Scherrer J - Précis de physiologie du travail*. Notions d'ergonomie. 2^{ème} édition, Paris, Masson, 585 p.