

## Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude Application au cas des régions climatiques camerounaises

Alexis Kemajou et Léopold Mba\*

Laboratoire de Froid et Climatisation, Ecole Normale Supérieure  
d'Enseignement Technique, 'ENSET'  
Université de Douala, B.P. 1872, Douala, Cameroun

(reçu le 03 Janvier 2011 – accepté le 27 Juin 2011)

**Résumé** - La présente étude est consacrée à l'obtention du confort thermique dans l'habitat par une utilisation judicieuse des matériaux de construction. La particularité de cette étude est qu'elle intègre un volet socioculturel par la prise en compte des matériaux entrant dans les habitudes architecturales de la population en comparaison aux habitats 'modernes' en parpaing aggloméré creux en zone chaude. Les simulations des habitats sont effectuées avec le logiciel Pléiades+Comfie et les réponses thermiques de leurs enveloppes sont analysées. Au cours de cette simulation thermique, des comparaisons sont effectuées entre les matériaux traditionnels disponibles dans chaque zone climatique comme le bois, la brique de terre, la terre battue et les matériaux modernes, tels que le parpaing de ciment. Les résultats de ces simulations ont montré qu'en fonction des climats, le bois et la brique de terre sont meilleurs par rapport au parpaing de ciment, car l'habitat traditionnel représente parfois une réponse directe aux contraintes climatiques et est spécifique à chaque région. L'analyse des résultats montre aussi que l'on peut obtenir un bon niveau de confort thermique, avec les matériaux locaux en améliorant un choix de la forme de l'habitat, son orientation et les dimensions des ouvertures.

**Abstract** - The aim of this study is to obtain thermal comfort in homes by the judicious use of building materials. The specificity of this study is that it integrates a socio-cultural aspect by taking into account the materials used in architectural patterns of the population in comparison to modern concrete block housings in hot climate. Simulations of housings are made with the software Pleiades + Comfie and thermal responses of their envelopes are analyzed. During the thermal simulation comparisons are made between traditional materials available in each climate zone, such as wood, brick earth, clay and modern materials such as cement blocks. Results of these simulations have shown that depending on climates, wood and brick earth are better compared to a cement block, because the traditional housing is sometimes a direct response to climatic constraints and is specific to each region. Analysis of results also shows that we can get a good level of thermal comfort with local materials by improving a choice of form of housing, orientation and size of openings.

**Mots clés:** Matériaux locaux - Confort thermique - Simulation - Efficacité énergétique - Zone chaude.

### 1. INTRODUCTION

Le bâtiment est le siège de multiples sollicitations thermiques tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Il s'agit des sollicitations thermiques comme la température de l'ambiance

---

\* mba\_leo@yahoo.fr

extérieure, le flux solaire reçu par les parois extérieures de l'habitat, la chaleur dégagée par les occupants et les appareils à l'intérieur de l'habitat.

Pour les échanges de chaleur entre les ambiances extérieure et intérieure de l'habitat, son enveloppe joue un rôle déterminant grâce à ses propriétés thermiques. En fonction de la nature des matériaux de l'enveloppe, la chaleur en provenance de l'extérieur peut être amortie et subir même un retard avant son arrivée dans le local. Le comportement thermique d'un bâtiment à un instant donné dépend de toute évidence des matériaux de construction et des conditions climatiques du lieu où il se trouve, sans oublier les dispositions architecturales.

Selon les pays, le secteur du BTP est très énergivore et représente entre 30 % et 40 % de la consommation d'énergie totale [1]. L'efficacité énergétique des bâtiments est une préoccupation importante de notre société dans la mesure où elle permet d'obtenir un niveau de confort thermique élevé à moindre coût financier. Une bonne conception des bâtiments efficaces sur le plan énergétique, nécessite une simulation avant sa mise en œuvre.

La simulation en thermique est un outil prometteur qui permet de réaliser des progrès dans la construction des systèmes thermiques dans les pays en développement. Cela facilite l'exploration d'un vaste champ de solutions pour des divers problèmes comme la thermique du bâtiment. L'obtention du confort thermique peut donc se faire par la climatisation passive ou la climatisation active.

Pour une population en majorité pauvre, il est légitime dans la recherche de solution de confort de se tourner vers les méthodes de climatisation passive (ventilation naturelle des locaux, choix de matériaux adaptés au climat et de coût à la portée de la population, disposition architecturale des bâtiments, etc.).

La présente étude sera consacrée à l'obtention du confort thermique dans l'habitat par une utilisation judicieuse des matériaux de construction. La particularité de cette étude est qu'elle intègre un volet socioculturel par la prise en compte des matériaux entrant dans les habitudes architecturales de la population en comparaison aux habitats 'modernes' en parpaing aggloméré creux en zone chaude.

## **2. LA SPECIFICITE DU CAMEROUN EN ZONE CHAUDE**

Le Cameroun s'étire en longueur du 2<sup>ème</sup> au 13<sup>ème</sup> degré de latitude Nord, et s'étale en largeur du 9<sup>ème</sup> au 16<sup>ème</sup> degré de longitude Est (Fig. 1). Il couvre une superficie de 475 442 km<sup>2</sup> et présente diverses nuances climatiques qui, avec son relief varié, résume les grands ensembles biogéographiques du continent Africain [2, 3].

Cette diversité se trouve de fait simplifiée par la répartition des différentes nuances climatiques sur deux zones [4] de part et d'autres du 6<sup>ème</sup> parallèle: Au Nord du 6<sup>ème</sup> parallèle, on a le climat tropical sec; Et au Sud, le climat équatorial devenant de plus en plus humide au fur et à mesure que l'on se rapproche du Littoral et du Mont Cameroun.

Diboundja, situé dans la région du Sud-Ouest sur le versant du Mont Cameroun, est l'un des endroits les plus pluvieux du monde avec 9895 mm [4, 5] de précipitation par an.

De plus, du fait de sa situation en latitude, le Cameroun est entièrement situé dans la zone chaude. Les températures sont en général assez élevées et augmentent progressivement dans le sens Sud-Nord. Cette situation géographique particulière est à l'origine d'une grande diversité climatique.

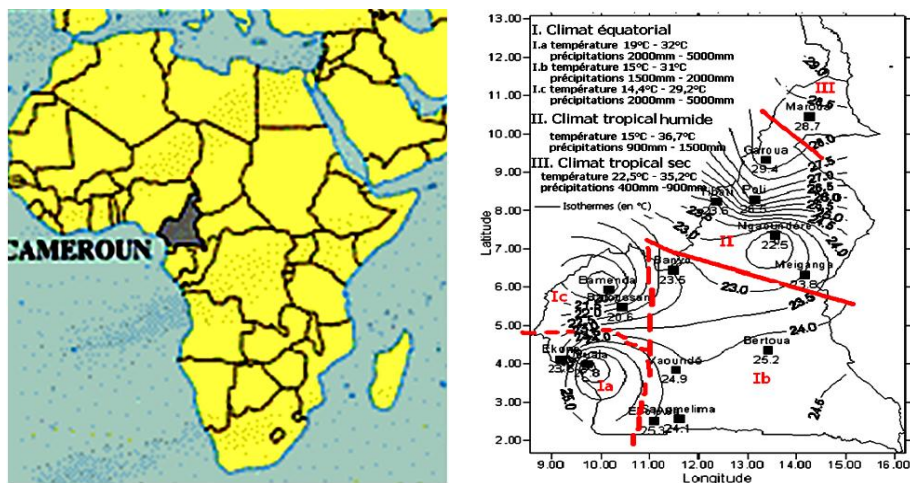


Fig. 1: Localisation du Cameroun

### 3. LA TYPOLOGIE DE L'HABITAT DANS LES REGIONS CLIMATIQUES

On distingue, l'habitat traditionnel ou de village et l'habitat urbain [6].

#### 3.1 L'habitat traditionnel

L'habitat traditionnel est prépondérant dans les zones rurales et les périphériques des centres urbains.

##### 3.1.1 L'habitat des régions côtières en climat équatorial 'I<sub>a</sub>'

Il y règne un climat équatorial de 'type mousson'. Les températures varient entre 19 °C et 32 °C avec une moyenne de 25 °C. Du fait de son ouverture vers le littoral marin (océan Atlantique), cette région connaît une grande pluviométrie. On enregistre 175 à 200 jours de pluie par an et une hauteur d'eau de 5000 mm. Elles sont dotées d'un habitat ultra léger en bois ou d'un habitat en terre battue.

L'habitat ultra léger en bois est le plus répandu et présente deux variétés : des constructions en planches et celles en carabots. Dans les deux cas, les planches ou carabots forment les parois, et sont disposés en forme d'escalier pour faciliter l'écoulement des eaux et permettre une bonne ventilation. De plus en plus les murs sont renforcés sur une hauteur d'environ un mètre à partir du sol, soit par des tôles récupérées, soit par des parpaings afin de protéger le bois contre l'humidité issue des infiltrations, des rebonds des gouttes de pluies ou de potentielles inondations, des insectes etc. Le plafond, le plus souvent inexistant, est en contreplaqué, tandis que le plancher est en terre pleine. La couverture est en paille [7-9].

L'habitat dans ces régions est généralement de forme rectangulaire. L'agencement des matériaux laisse prévaloir un mouvement thermique très dense entre les milieux intérieur et extérieur des locaux avec un faible écart de température. L'avantage pour ce type d'habitat est que la température radiante moyenne intérieure se rapproche de la température extérieure la nuit, donnant une situation de confort aux occupants [7].

Cependant, les conditions intérieures de ces habitats sont inconfortables en journée, et la situation peut s'améliorer, si le cadre bâti était orienté dans la direction des vents dominants et protégé du rayonnement solaire par les arbres [10-12].

### **3.1.2 L'habitat des régions des savanes en climat équatorial 'I<sub>b</sub>'**

Il y règne un climat équatorial caractérisé par une température relativement élevée d'une part, et d'autre part, par une pluviométrie abondante qui donne lieu à deux saisons: l'une sèche et l'autre pluvieuse.

Les températures s'élèvent de 15 °C au mois de Janvier à 31 °C au mois de Mars avec une moyenne de 23 °C.

La région connaît en moyenne 125 jours de pluie par an et une colonne d'eau de 1600 mm. Cette région est caractérisée par une forêt dense. Leur habitat est constitué par l'assemblage solide de terre pleine et de bambous préalablement ficelés ou cloués sur des piquets en bois donnant forme au local.

La couverture est, soit en nattes, alors que les ouvertures sont essentiellement en bois. Le plafond lorsqu'il existe est, soit en bambou, soit en contreplaqué. Le plancher est en terre pleine. Cet habitat procure le confort pour les occupants.

### **3.1.3 L'habitat des régions montagneuses en climat équatorial 'I<sub>c</sub>'**

Le climat y est du type équatorial. Les températures varient entre 14 °C et 30 °C avec une moyenne d'environ 21 °C. Elle connaît une pluviométrie de 125 jours par an pour une hauteur moyenne d'eau de 2500 mm.

Leur habitat caractéristique est constitué de briques de terre pleines formant les parois extérieures et intérieures. Le bois tient lieu de charpente. La couverture est tissée en chaume ou en nattes.

Le plafond, est en bambou ou en contreplaqué tandis que le plancher est en terre pleine. Les ouvertures sont en bois. Les habitats sont le plus souvent entourés de végétations, de forme rectangulaire ou circulaire, et sont orientés selon le choix du constructeur.

Ce type d'habitat permet d'obtenir un niveau de confort appréciable, ceci du fait des couvertures en chaume ou en natte tissée qui constitue un isolant thermique.

De plus la végétation autour des constructions crée une fraîcheur permanente à l'intérieur des habitats. Cependant, le facteur ventilation naturel des locaux est négligé.

### **3.1.4 L'habitat des régions du Nord-Cameroun en climat tropical**

La région climatique du Nord-Cameroun est dominée par un climat du type tropical. Les écarts de température sont importants: on enregistre des températures d'environ 14 °C au mois de janvier et de 41 °C aux mois d'avril et mai. La moyenne des températures est de 28°C.

Cette région présente une faible pluviométrie avec 75 jours de pluie en moyenne par an pour une hauteur moyenne d'eau n'excédant guère 800 mm. Les habitats ici sont constitués de parois soit en terre argileuse ou en pisé soit en boues de terre mélangées à de la paille et façonnées à la main.

La couverture est généralement en végétaux, spécialement en mil ou paille. Les ouvertures sont en bois; le plancher en terre ou en pierre; le plafond est en végétaux (mil ou paille) ou en contreplaqué.

On dénombre plus d'une cinquantaine de formes dont la plus dominante est la forme ronde. Cet habitat a des murs dont l'épaisseur varie de 20 cm à 30 cm et assure une meilleure isolation thermique contre les intempéries extérieures, mais le cadre bâti ne tient pas compte de l'orientation dans la direction du vent dominant [10-12].

L'inertie thermique très élevée des parois crée un décalage entre les températures des parois intérieure et extérieure de l'habitat. Ceci entraîne donc des conditions intérieures de confort pour les occupants pendant les heures les plus chaudes de la journée, même sans la ventilation.

Mais les occupants sont dans l'inconfort aux heures les plus fraîches de la nuit, s'il n'y a pas un bon renouvellement d'air d'intérieur.

### **3.2 L'habitat urbain**

On distingue deux types principaux: l'habitat spontané et moderne.

#### **3.2.1 L'habitat spontané**

Egalement appelé habitat des populations à faibles revenus, l'habitat spontané est la résultante de multiples formes d'un habitat en marge de la légalité suite à une pression démographique urbaine très forte.

Une vue d'ensemble de cet habitat fait apparaître les formes suivantes: les pseudo villages urbains (semblable à des constructions rurales), les bidons villes réalisées avec des matériaux de récupération, les quartiers flottants (agglomération des embarcations), les quartiers des tentes.

Il est en général construit sur des terrains de mauvaises qualités (inondables, en pente). Ces quartiers d'habitat spontané représentent près des deux tiers de la superficie des villes [13].

#### **3.2.2 L'habitat moderne**

Cet habitat est construit en matériaux lourds (parpaings, béton ou terre) et dans certains cas, même le plafond de ces habitations est constitué par une dalle en béton (cas de la Société Immobilière du Cameroun).

La couverture est souvent en tôle d'aluminium, le plafond en contreplaqué, les ouvertures en verre, le plancher en béton nu ou du carrelage.

On retrouve dans ce type d'habitat, les habitations individuelles et les immeubles [6]. Le confort thermique est prioritaire et assuré par les installations de conditionnement d'air. La protection solaire [10-12, 14] des habitations modernes est médiocre, l'orientation du cadre bâti n'est pas respectée.

## **4. SIMULATION DU COMPORTEMENT THERMIQUE DES HABITATS EN FONCTION DES MATERIAUX DANS LES DIFFERENTES REGIONS CLIMATIQUES DU CAMEROUN**

Les enquêtes réalisées auprès des ménages au Cameroun (ECAM) par l'Institut National de Statistique [15, 16], montrent la tendance générale des matériaux utilisés pour l'enveloppe du bâtiment, le toit et le sol des logements dans les différentes régions du Cameroun.

Les matériaux utilisés en majorité pour le toit sont généralement les matériaux définitifs (tôle ou tuile), sauf dans les régions du Nord et de l'Extrême-Nord où les matériaux non définitifs sont encore majoritaires (nattes, chaumes).

En ce qui concerne les matériaux du sol, 42,56 % de sol sont en matériaux définitifs (ciment et carreaux) et le reste en matériaux non définitifs (bois, terre et autre). On constate aussi que dans l'ensemble, seuls 17,2 % de ménages vivent dans les logements avec l'enveloppe en matériaux définitifs (béton /parpaings, pierre de taille) et la majorité vit dans les logements avec l'enveloppe en matériaux non définitifs (briques de terre, planches, carabots, pisé de terre, nattes).

Les données météorologiques brutes pour la simulation ont été recueillies auprès de la météorologie nationale sur une période variant entre 5 ans et 10 ans [2].

Pour le traitement de ces données recueillies, nous avons utilisé plusieurs logiciels. Les principaux traitements effectués sont: la conversion des températures tri horaires en températures horaires, des calculs des flux global horizontal et diffus horizontal, des irradiances moyennes journalières extra atmosphériques globales horizontales et diffuses horizontales avec le logiciel Excel.

Enfin, nous avons formaté ces données avec Delphi et Meteocal afin qu'elles puissent être compréhensibles par le logiciel de simulation Pleiades+Comfie 2.4. [17-19].

L'habitat simulé est de type mono zone de 15 m<sup>2</sup> de surface habitable et d'une hauteur de 2,8 m. Il comporte: une fenêtre en vitrage simple de 4 mm d'épaisseur, de dimension 1 × 1.2 m<sup>2</sup>, avec encadrement en bois léger, une porte en bois léger de dimension 1 × 2.2 m<sup>2</sup>. Les ouvertures sont situées sur la façade nord de l'habitat.

Nous avons étudié l'influence du type de matériaux (parpaing aggloméré creux, brique de terre, bois) utilisé dans chaque zone climatique sur l'évolution de la température intérieure du local.

## 5. RESULTATS DE LA SIMULATION ET ANALYSE

Les résultats de la simulation sont présentés sur les figures 2 à 5, ci-après.

### 5.1 Habitat en climat équatorial zone

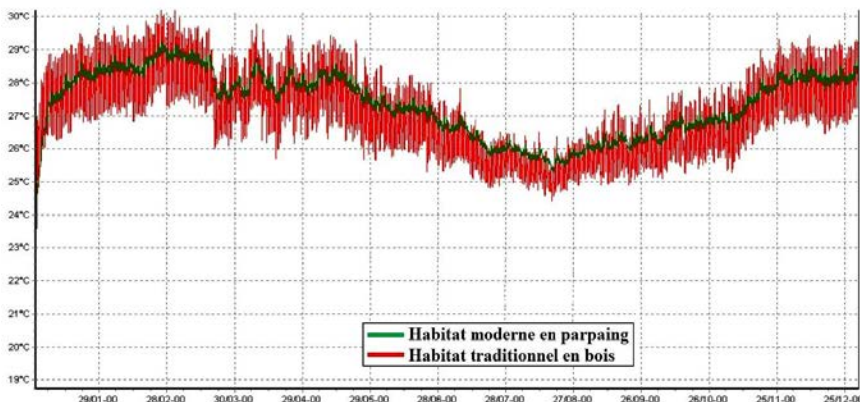


Fig. 2: Réponse thermique des habitats en climat équatorial, Zone 'Ia '

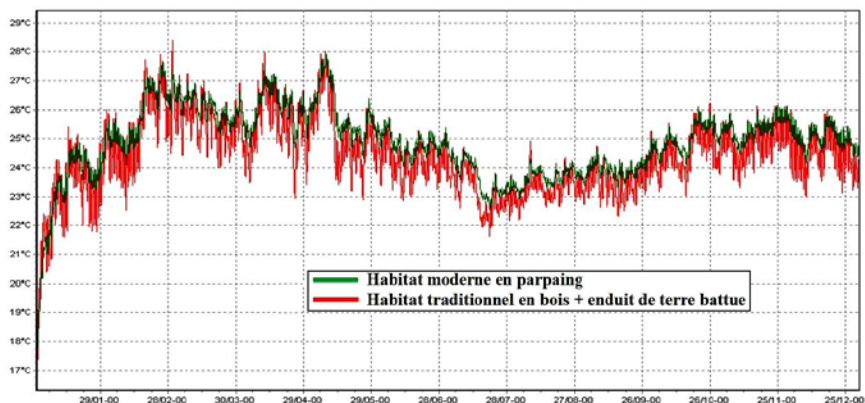


Fig. 3: Réponse thermique des habitats en climat équatorial, Zone ' Ib '

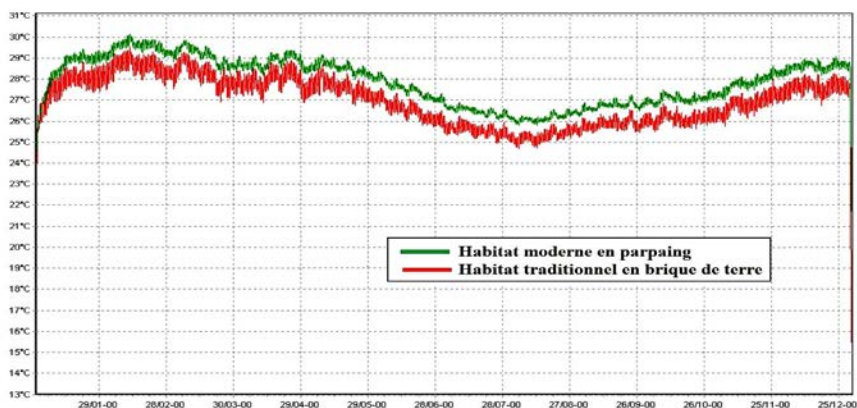


Fig. 4: Réponse thermique des habitats en climat équatorial, Zone ' Ic '

Les figures 2 à 4 présentent l'évolution de la température intérieure, en comparant un habitat moderne construit en parpaing et un habitat traditionnel en bois, enduit de la terre battue, en brique de terre pleine, sur une période d'une année en climat équatorial.

Nous constatons que :

- la température intérieure dans l'habitat en bois subit de grandes fluctuations par rapport à la température intérieure de l'habitat en parpaing, (Fig. 2);
- la température intérieure dans l'habitat en bois enduit de terre battue subit de grandes fluctuations et est légèrement inférieure à celle de l'habitat en parpaing;
- la température intérieure dans l'habitat en brique de terre pleine subit des fluctuations et est nettement inférieure celle de l'habitat en parpaing, (Fig. 4)

## 5.2 Habitat en climat tropical

La figure 5 présente une comparaison de l'évolution de la température intérieure entre un habitat moderne en parpaing et un habitat traditionnel en brique de terre argileuse, sur une période d'une année, situés dans la zone 'climat tropical'.



Fig. 5: Réponse thermique des habitats en climat tropical zone (II et III)

Nous constatons que:

- La température intérieure dans l'habitat construit en brique de terre argileuse est légèrement inférieure à la température intérieure de l'habitat en parpaing.
- La température maximale notée est d'environ 34,5 °C dans l'habitat en parpaing au mois d'avril.
- Les températures intérieures dans les habitats sont plus élevées dans les habitats par rapport à celles des figures 2 à 4.

### 5.3 Analyse des résultats

Il ressort de l'analyse de ces graphes, que:

**a.** L'inertie thermique des matériaux de construction joue un rôle important dans le confort thermique des locaux. C'est le cas des matériaux comme le bois qui a une faible inertie et est adapté pour les zones où l'on veut reproduire l'ambiance extérieure à l'intérieur d'un local.

- La brique de terre est aussi comparée au parpaing dans certaines régions climatiques et est plus appréciée pour son inertie thermique élevée. Les résultats obtenus confirment ceux obtenus dans d'autres travaux dans le domaine [1, 7, 20].

- Cependant l'usage des matériaux comme le parpaing ne devrait pas être systématiquement rejeté en zones sahariennes comme le suggèrent certains travaux [1].

- Car l'analyse de la figure 2 montre quand même que le parpaing procurerait un confort certain dans les locaux utilisés la journée par rapport aux locaux réalisés en bois, qui ont une faible inertie.

**b.** L'habitat traditionnel en bois simple, en bois enduit de terre battue, en brique de terre obéit bien aux caractéristiques climatiques de la région, et procurerait le confort thermique pour les occupants.

- Mais dans sa conception, certaines dispositions architecturales sont négligées. Cependant certains habitats ont un caractère provisoire du fait de la nature des matériaux.

c. L'habitat traditionnel prépondérant dans les zones rurales et les périphériques des centres urbains représente parfois une réponse directe aux contraintes climatiques et est spécifique à chaque région.

d. Dans l'habitat moderne réalisé en parpaing, règne l'inconfort thermique et nécessite le recours à la climatisation mécanique, source de consommation d'énergie dans les bâtiments.

## 6. CONCLUSION

Au terme de ce travail, il ressort que le confort thermique peut être atteint par un choix judicieux des matériaux de construction et une bonne politique architecturale de construction.

Cette politique architecturale doit surtout être en phase avec les habitudes architecturales de la population.

Cette étude a montré que par une utilisation des matériaux locaux comme le bois léger, le bois tissé et enduit de terre battue, la brique de terre pleine, la brique de terre argileuse, on peut accroître le confort thermique des occupants sans recourir à la climatisation artificielle, source de consommation d'énergie.

Il importe de souligner qu'un meilleur confort thermique serait obtenu si en plus de l'utilisation des matériaux locaux, une stratégie de conception des habitats adaptés au climat est mise en oeuvre.

Cette stratégie consiste:

- Pour le climat équatorial (zones  $I_a$ ,  $I_b$  et  $I_c$ ) qui est plutôt clément, de rechercher des conditions d'ambiance intérieure proches de celles de l'extérieur en optant pour une protection solaire, une inertie légère et une ventilation permanente;

- Pour le climat tropical (zones II et III), les pointes de températures élevées rendent les conditions extérieures inconfortables et l'objectif est de créer un micro climat intérieur, thermiquement plus confortable, découplé des conditions extérieures par le choix d'une protection solaire poussée, une forte inertie thermique et une bonne ventilation nocturne.

## REFERENCES

- [1] A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada, 'Architecture et Confort Thermique dans les Zones Arides, Application au Cas de la Ville de Béchar', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°2, pp. 307 – 315, 2008.
- [2] A. Mélingui, M. Gwanfogbe, J. Nguoghia et J. Mounkam, 'Nouvelle Géographie du Cameroun 3<sup>ème</sup>', EDICEF, 120 Pages, 1987.
- [3] A. Mélingui, M. Kuete, J. Nguoghia, J. Mounkam et D. Nofiole, 'Nouvelle Géographie 3<sup>ème</sup>', Nouvelle édition, EDICEF, 1993.
- [4] O. Hieng, 'Etude des Paramètres Géotechniques des Sols au Cameroun', Edition CLE, Yaoundé, Cameroun, 144 p., 2003.
- [5] Rapport, 'Tableaux Climatologiques Mensuels (TCM)', Direction Nationale de la Météorologie, Météorologie Nationale, Douala, Cameroun, 2006.

- [6] Rapport, '*Document de Stratégie de Développement du Secteur Urbain au Cameroun, Annexe I: L'Habitat Urbain*', Groupement Breit, ISMP, Ministère du Développement Urbain et de l'Habitat (Minduh), Yaoundé, Cameroun, 56 p., Août 2005.
- [7] A. Kémajou, '*Confort Thermique en Situation Réelle et Mesures d'Economie d'Energie dans les Bâtiments Tertiaires au Cameroun*', Thèse de Doctorat en Sciences de l'Ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Yaoundé, Cameroun, 1995.
- [8] C. Pettang, '*Pour un Nouveau Modèle de Production de l'Habitat en République du Cameroun*', Thèse de Doctorat en Sciences de l'Ingénieur-Génie Urbain, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Yaoundé, Cameroun, 1993.
- [9] M. Vantroy, '*Manuel sur l'Habitat Economique. Contribution au Problème de la Construction au Cameroun*', Etude CREPT.
- [10] P.Y. Auffrey, J.C. Gatina et P. Hervé, '*Habitat et Climat à la Réunion*', Fondation pour la Recherche et le Développement dans l'Océan Indien, 1985.
- [11] J. Dreyfus, '*Le Confort dans l'Habitat en Pays Tropical*', Edition Eyrolles, 350 p, Paris, 1960.
- [12] B. Givoni, '*L'Homme, l'Architecture et le Climat*', Editions du Moniteur, 478 p. Paris 1978.
- [13] Document de Synthèse, '*Compte Rendu de la Conférence: L'Urbanisme en Pays Tropical Chaud*', Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat, L'habitat, Edéa, Cameroun, 1981.
- [14] Rexcoop, '*Conception Climatique des Bâtiments en Pays Chauds*', Séminaire Rexcoop, 139 p. Paris, 1985.
- [15] Rapport de Synthèse, '*Deuxième Enquête Camerounaise auprès des Ménages: Pauvreté et Santé au Cameroun en 2001*', Institut National de la Statistique, INS et ECAM II, Octobre 2002.
- [16] Rapport de Synthèse, '*Troisième Enquête Camerounaise auprès des Ménages: Tendances, Profil et Déterminants de la Pauvreté au Cameroun entre 2001-2007*', Institut National de la Statistique, INS, Yaoundé, Cameroun, 2008.
- [17] Outil d'aide, '*Logiciel Excel, version 2003*'.
- [18] Outil d'aide, '*Logiciel Delphi, Version 7*'.
- [19] Outil d'aide, '*Logiciel Pléiades+Comfie, Version 2.4*'.
- [20] F. Ouattara et A. Memeledje, '*Simulation Bidimensionnelle d'une Case Ronde en Géobéton: Obtention du Confort Thermique par Choix de matériaux de l'Enveloppe*', Journal des Sciences, Vol. 8, N° 1 pp. 16 – 25, 2008.