

## **Analyse de l'application des informations bioclimatiques dans la conception de bâtiments dans la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)**

### **[ Analysis of the application of bioclimatic information in building design in the city of Abidjan (Ivory Coast) ]**

**Amani Odilon KOUASSI, Conand Honoré KOUAKOU, Koffi Clément KOUADIO, and EMERUWA Edjikemé**

Université Félix Houphouët Bobigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The development of the city of Abidjan in recent years has led to an explosion in the number of buildings. However, hygrothermal comfort in these buildings leaves much to be desired. These buildings therefore consume large amounts of energy to restore comfort. This energy expenditure contributes to global warming through the emission of greenhouse gases. The aim of this study is to check whether buildings in the city of Abidjan are constructed with the climate in mind. To achieve this objective, a bioclimatic study of the city of Abidjan was carried out using the Mahoney and Szokolay methods. The recommendations made by the bioclimatic analysis are then compared with the characteristics of the buildings encountered in the field. The bioclimatic studies carried out during this study and superimposed on the characteristics of the buildings encountered in the field show that the orientation of the buildings encountered in the field in the three municipalities studied was different from that recommended by the bioclimatic study. The construction of the various buildings did not take into account the elements of the climate in order to achieve thermal comfort with low energy consumption. To overcome these problems, a set of recommendations derived from the bioclimatic study was proposed.

**KEYWORDS:** thermal comfort, building, bioclimatic, energy, climate.

**RESUME:** Le développement de la ville d'Abidjan ces dernières années a engendré une explosion des constructions. Cependant le confort hygrothermique dans ces bâtiments laisse à désirer. Ces constructions consomment donc une grande quantité d'énergie pour rétablir le confort. Cette dépense d'Énergie contribue au réchauffement climatique par l'émission des gaz à effet de serre. Le but de ce travail est de vérifier si les bâtiments de la ville d'Abidjan sont construits en tenant compte des éléments du climat. Pour atteindre cet objectif, une étude bioclimatique de la ville d'Abidjan fut réalisée en utilisant la méthode de Mahoney et celle de Szokolay. Les recommandations faites par l'analyse bioclimatique sont par la suite comparées aux caractéristiques des bâtiments rencontrés sur le terrain. Les études bioclimatiques effectuées pendant cette étude et superposées aux caractéristiques des bâtiments rencontrés sur le terrain montrent que l'orientation de ces bâtiments rencontrés sur le terrain dans les trois communes étudiées était différente de celle que recommandait l'étude bioclimatique. Les constructions des différents bâtiments ne tenaient pas compte des éléments du climat pour bénéficier du confort thermique avec une faible consommation d'énergie. Pour pallier à ces problèmes, un ensemble de recommandation issu de l'étude bioclimatique a été proposé.

**MOTS-CLEFS:** confort thermique, bâtiment, bioclimatique, énergie, climat.

## 1 INTRODUCTION

D'une manière générale, dans les pays, le secteur du BTP est très énergivore et représente entre 30 % et 40 % de la consommation d'énergie totale [1]. L'industrie du bâtiment elle seule est la première consommatrice d'énergie, devant les transports et l'industrie, et fort émettrice de gaz à effet de serre, représente un gisement prioritaire d'économies d'énergie et de créations d'emplois dont l'ampleur justifie un puissant effort d'incitation et d'accompagnement des ménages et des professionnels [2]. Ainsi, 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 [3]. Pour atteindre cette efficacité énergétique, certaines études stipulent que la performance d'un bâtiment peut être considérablement affectée par le climat d'où l'importance d'une démarche « conception avec climat » mise en évidence par [4]. En effet, les performances énergétiques globales du bâtiment dépendent des solutions architecturales et techniques qui impactent ces performances mécaniques et physiques. De plus, les propriétés thermophysiques de l'enveloppe d'un bâtiment sont cruciales en raison de leurs effets sur le confort thermique intérieur et la conservation de l'énergie [5].

Dans ce contexte de sobriété énergétique dans le bâtiment, la ville d'Abidjan connaît une forte croissance de constructions des logements. Le taux d'urbanisation est de 80 % pour une moyenne nationale de 39 %. Ce taux fait d'Abidjan, une des villes les plus urbanisées d'Afrique [6]. Cependant cette course à l'urbanisation tient elle compte de la démarche « conception avec climat » en vue de garantir le confort des occupants et réduire la consommation d'énergie dans ces constructions.

Ainsi, cette étude vise à réaliser une étude bioclimatique de la ville d'Abidjan afin de vérifier la conformité des bâtiments de quelques sites aux recommandations bioclimatiques qui seront définies pour la ville d'Abidjan. Il s'agira d'utiliser les données météorologiques des stations de la ville d'Abidjan des 20 dernières années pour construire le digramme bioclimatique. Ensuite dans les communs d'ortoirs de la ville d'Abidjan (Cocody, Yopougon et Abobo) l'application des recommandations bioclimatiques seront vérifiées.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUE ET CLIMAT DE LA VILLE D'ABIDJAN

La ville d'Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire est située au sud du pays dans le Golfe de Guinée et est traversée par la lagune Ebrié. Elle couvre une superficie de 422 km<sup>2</sup> qui représente à vol d'oiseau, une étendue d'une douzaine de Km du Nord au Sud, une dizaine de km de l'Est à Ouest et regroupe dix communes (fig.1). La ville d'Abidjan compte 5 616 633 habitants au recensement de 2021 soit environ 19 % de la population du pays. Elle joint d'un climat de type tropical chaud et humide, qui comporte quatre saisons:

- Deux saisons de pluie: mai-juin-juillet et octobre-novembre
- Deux saisons sèches: décembre-janvier-février-mars et août-septembre

Les précipitations sont abondante suivies d'un fort ensoleillement. La température et hygrométrie moyenne sont presque toujours respectivement de 27 °C et 80 % (tab.1).

Tableau 1. Données climatique d'Abidjan station d'Abobo 2022

Mois	jan	Fév	mars	avril	Mai	Juin	jui	Août	sep	oct.	nov.	déc.	année
T. minimale moyenne (°C)	24	25	25	25	25	24	23	22	22	24	25	24	24
T. moyenne (°C)	26,7	27,6	27,8	27,8	27,2	26	25	24,4	25	26,2	27,1	26,6	26,5
T. maximale moyenne (°C)	30	30	30	30	30	28	26	26	27	28	30	30	28
Record de froid (°C)	17	16	17	20	17	16	16	16	20	20	17	17	16
Record de chaleur (°C)	40	40	41	37	37	38	33	32	35	32	38	38	41
Précipitations (mm)	15,7	57,1	120,5	145,3	232,6	374,1	136,9	50,2	110,5	149,1	108,7	44	1 544,7
Nombre de jours avec précipitations	2,1	4,3	8,9	10,8	16,6	21,1	13	10,9	11,8	13,6	12,2	6,3	131,6
Humidité relative (%)	78,5	79	80,8	81,3	82,6	85,2	85,9	86,6	86,2	83,8	81,7	80,5	82,7
Vitesse de l'air													

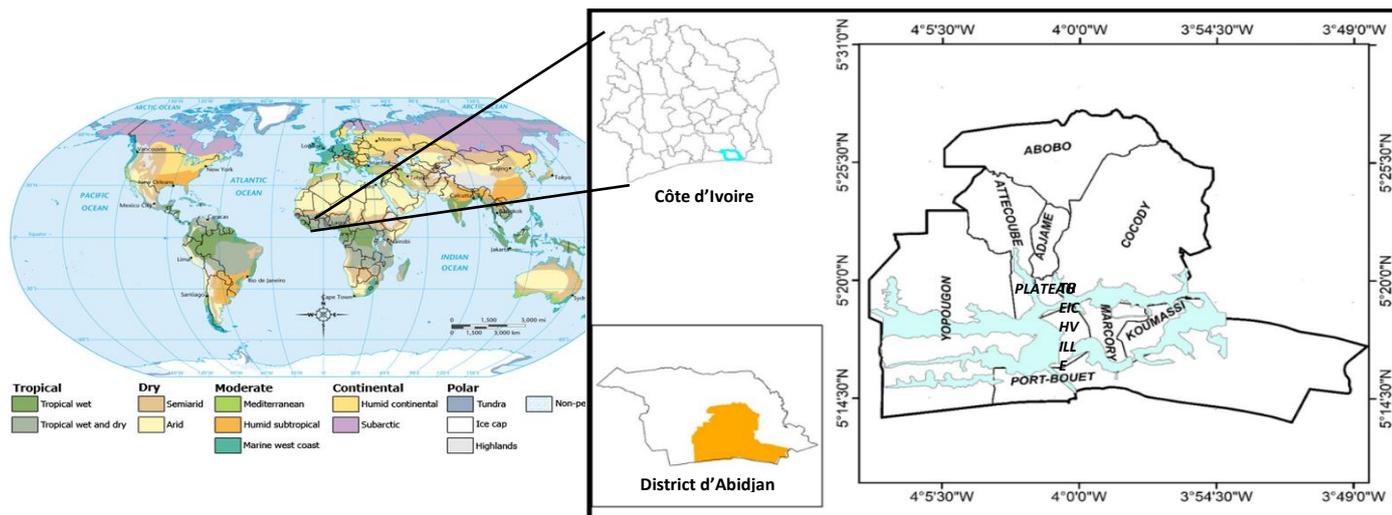


Fig. 1. Carte des 10 communes de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire [7]

## 2.2 METHODE D'ANALYSE BIOCLIMATIQUE

Dans le but de tenir compte des effets du climat dans le choix de l'emplacement d'une maison et de déterminer les solutions pour garantir le confort dans les bâtiments, l'analyse bioclimatique de la ville d'Abidjan a été effectuée. Pour cette analyse, les données climatiques des années 1991 à 2021 fournies par la SODEXAM et le site [Abidjan-Climate-Data.org](http://Abidjan-Climate-Data.org) ont été utilisées. Les paramètres du climat pris en compte dans ces données sont: la température minimale, moyenne et maximale, la pluviométrie, l'humidité relative moyenne, l'ensoleillement, la vitesse du vent et la direction du vent.

Ces paramètres climatiques ont été traités suivant deux méthodes: la méthode de Szokolay et la méthode de Mahoney.

### 2.2.1 METHODE D'ETUDE DE SZOKOLAY

Pour appliquer la méthode de Szokolay, le logiciel Awrash Syna a été utilisé. Les paramètres climatiques sont entrés dans le logiciel. Après validation des valeurs entrées, le logiciel trace le diagramme en présentant la zone de confort et les différentes zones de contrôle passif et actif de la région étudiée.

### 2.2.2 METHODE D'ETUDE DE MAHONEY

Cette méthode fait intervenir en plus de la température et de l'humidité, la notion de confort diurne et nocturne. Elle regroupe un ensemble de tableau permettant dans un premier lieu de rentrer les paramètres du climat spécifique à la zone d'étude. Ces paramètres du climat permettent de déterminer les indices spécifiques à la zone. Ensuite ces indices sont utilisés pour sélectionner les recommandations architecturales propres à la zone.

## 2.3 METHODE DE CONTROLE DE L'APPLICATION DES STRATEGIES BIOCLIMATIQUES DANS LA REALISATION DES BATIMENTS

La vérification de la conformité des bâtiments aux recommandations bioclimatique de la ville d'Abidjan a été faite en deux étapes. D'abord à l'aide du logiciel Google map, des plans d'urbanisme détaillés des communes populaires où sont regroupés un grand nombre habitations dans la ville d'Abidjan (Yopougon et Abobo) et la commune de classe aisée de Cocody ont été réalisés. Sur ces plans, le sens d'orientation général des habitations est repéré et représenté. Ensuite, une phase de vérification sur le terrain est effectuée. Pendant cette phase, les directions des bâtiments ainsi que la disposition d'ensemble des ouvertures (fenêtres et porte) sont déterminées à l'aide d'une boussole. Enfin, les recommandations correspondant aux conditions de confort thermique issues de l'analyse bioclimatique réalisées à travers les tables de Mahoney et le diagramme de Szokolay sont superposées aux plans d'urbanisation. La comparaison de ces deux orientations permet de déterminer la prise en compte des données bioclimatique au cours de la réalisation des bâtiments dans la ville d'Abidjan.

### 3 RESULTATS

Cette partie du travail présente les différents résultats obtenus après l'étude bioclimatique réalisée dans la ville d'Abidjan. Ces résultats sont comparés par la suite aux différentes constructions rencontrées dans trois communes de la ville.

#### 3.1 CARACTERISTIQUES BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE D'ABIDJAN

##### 3.1.1 DIAGRAMME DE SZOKOLAY

La figure présente le diagramme de Szokolay conçu à partir des données climatiques de 19 à 2021 de la ville d'Abidjan. Ce diagramme psychométrique montre un ensemble de segment correspondant aux différents mois de l'année. Chaque segment est limité par deux points qui correspondent respectivement à la température maximale et l'humidité la plus basse puis la température minimale et l'humidité la plus élevée. Les longueurs de ces segments sont réduites à cause des faibles écarts de température rencontrés dans la ville d'Abidjan. L'ensemble des mois projetés se retrouvent dans la zone 6, zone de ventilation naturelle. Cependant, il est à noter que les projections de ces différents mois dans le digramme psychométrique de Szokolay, se répartissent en deux (2) ensembles: les mois les plus chauds qui sont les mois de janvier février, mars, avril, mai, juin, novembre, et décembre et les mois les moins chauds qui sont juillet, aout, septembre, octobre. Les mois les plus chauds se retrouvent loin de la zone de confort thermique. Par contre les mois les moins chauds s'en rapprochent. Aucun des douze mois de l'année n'est confortable du point de vue thermique car les projections obtenues se retrouvent hors de la zone de confort hygrothermique. Néanmoins, une bonne aération des bâtiments pourrait permettre d'atteindre le confort hygrothermique dans les bâtiments de la ville d'Abidjan. Pour une optimisation du confort hygrothermique dans les bâtiments de la ville d'Abidjan l'étude bioclimatique propose les recommandations suivantes:

- Une orientation nord-sud (le long de l'axe longitudinale est-ouest)
- Grand espacement entre les bâtiments ou maison pour favoriser la pénétration du vent
- Circulation d'air permanent
- Grande ouverture des fenêtres représentant 40 à 80 % des façades des maisons
- Des murs légers avec un temps de déphasage court
- Toiture légères et isolantes

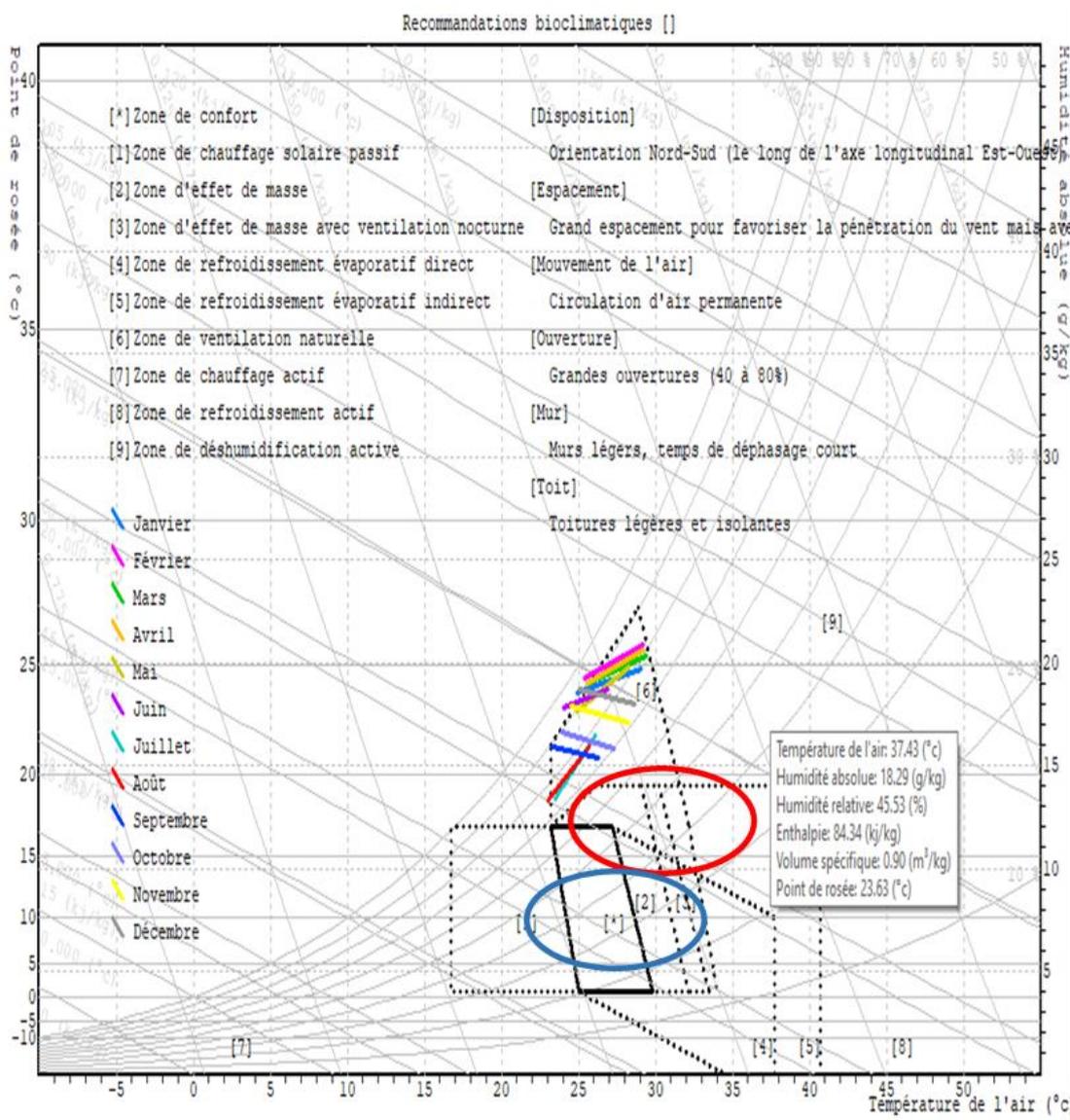


Fig. 2. Diagramme de bioclimatique de la ville d'Abidjan

3.1.2 TABLES DE MAHONEY

Les tables Mahoney, conçues à partir des données climatiques de la ville Abidjan sont présentées dans les tableaux. La température moyenne annuelle et l'humidité sont respectivement de 27,9°C et du groupe 4. De plus, tous les mois de l'année pendant les nuits il y a stress thermique (H). Cela signifie que la température ambiante de l'air est toujours supérieure à la limite de confort. De même pendant la journée, les mois de janvier, février, mars, avril, mai, octobre, novembre et décembre présente également un stress thermique (H). Cependant, les mois de juin, juillet, Août et Septembre ont des journées confortables. Ces derniers mois correspondent à la fin de la grande saison des pluies et à la petite saison sèche. Cette petite saison sèche est suffisamment arrosée et humide (Table 3: confort).

Par ailleurs, pour la ville d'Abidjan, les mois de janvier, février, mars, avril, mai, octobre, novembre et décembre doivent être nécessairement ventilés pour atteindre le confort thermique. Tandis que les mois de juin, juillet, août et septembre n'ont pas besoin d'une ventilation obligatoire. Aux mois de mai et de juin une protection contre la pluie est nécessaire. (Table 4: indicateur). Ces indicateurs de solution de confort couplés aux tables des recommandations permettent de proposer des stratégies architecturales suivantes:

- L'orientation des bâtiments doit se faire suivant l'axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition des façades au soleil;
- L'espacement entre les bâtiments doit être suffisamment grand pour favoriser la pénétration du vent mais avec des protections contre vent chaud ou froid;
- L'orientation des bâtiments doit se faire de façon à permettre une circulation d'air permanente ou par intermittence;
- Les ouvertures doivent être protégées de l'ensoleillement direct et des pluies;
- Les ouvertures doivent avoir des dimensions représentant 40 à 80 % des façades nord et sud;
- Constructions légères, faible inertie thermique;
- La toiture doit être légère et bien isolée;
- Les eaux de pluie doivent être bien drainées.

Ces recommandations faites par les tables de Mahoney pour la ville d'Abidjan diffèrent de celle de certaine ville. En effet, l'étude de Djouhaina dans la ville de Biskra (Algérie) a donné les recommandations suivantes [8]:

- Le plan de masse doit être compact avec des cours intérieures;
- L'espacement entre les bâtiments doit être important;
- La circulation de l'air ne doit pas être privilégiée;
- La taille moyenne des ouvertures doit être de 25 à 40 % de la surface des murs;
- Les ouvertures doivent être orientées dans la direction nord sud, y compris les ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs;
- Les ouvertures doivent être protégées de l'ensoleillement;

Contrairement à la ville d'Abidjan la ville de Biskra recommande une ouverture de l'ordre de 25 à 40%. En plus dans la ville de Biskra, la circulation d'air dans les bâtiments paraît inutile. Ces différences montrent l'importance d'effectuer une étude bioclimatique avant toute réalisation.

Cette différence a été remarquée également dans l'étude de Fercha dans la construction d'école en Algérie [9].

### 3.2 MODELISATION DES CONCEPTS BIOCLIMATIQUES

L'utilisation du concept bioclimatique dans la construction des habitations vise à assurer le confort des occupants en interagissant avec l'environnement extérieur [10]. Pour ce fait, l'application de ce concept à la réalisation de bâtiments nécessite une connaissance des différents niveaux climatiques de l'emplacement du bâtiment [11]. Ainsi, les diagrammes de Szokolay et la table de Mahoney permettent à partir des données climatiques de la ville d'Abidjan de proposer un plan de disposition des bâtiments présenté sur la figure 2. Les façades exposées au soleil des bâtiments doivent être minimales. Ces façades permettent un échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur des bâtiments lorsqu'il y a une différence de température de 1°F. La façade orientée au soleil étant plus chaude que celle de l'intérieur, le flux de chaleur va donc se faire de l'extérieur vers l'intérieur.

La figure 2 indique aussi que les ouvertures doivent être comprises dans l'arc Sud- Sud-ouest et Nord-Nord-est et doivent être protégées des rayons solaires et des pluies. Selon cette disposition, les salles de séjours doivent être du côté Sud et les cuisines positionnées sur le côté Nord. Les chambres doivent par ailleurs être du côté Est pour éviter que le coucher du soleil réchauffe les parois des chambres, qui constituent une source d'apport de chaleur et donc d'inconfort thermique. De pareilles recommandations ont été faites par Wambui [12]. Selon cet auteur, sous les tropiques, un bâtiment doit être orienté de manière à ce que la majorité des murs et les ouvertures soient facilement à l'abri du soleil tout en permettant la circulation de l'air et l'apport de lumière naturelle. Les ouvertures principales doivent faire face au nord et au sud. Par ailleurs, Daemei dans son étude réalisée dans la ville de Rasht (Iran), a donné des recommandations semblables aux nôtres. Ainsi dans cette ville une grande ouverture de l'ordre de 40 à 80% de la surface des murs est recommandée. En plus des murs et planchers légers à faible capacité thermique sont nécessaires [13].

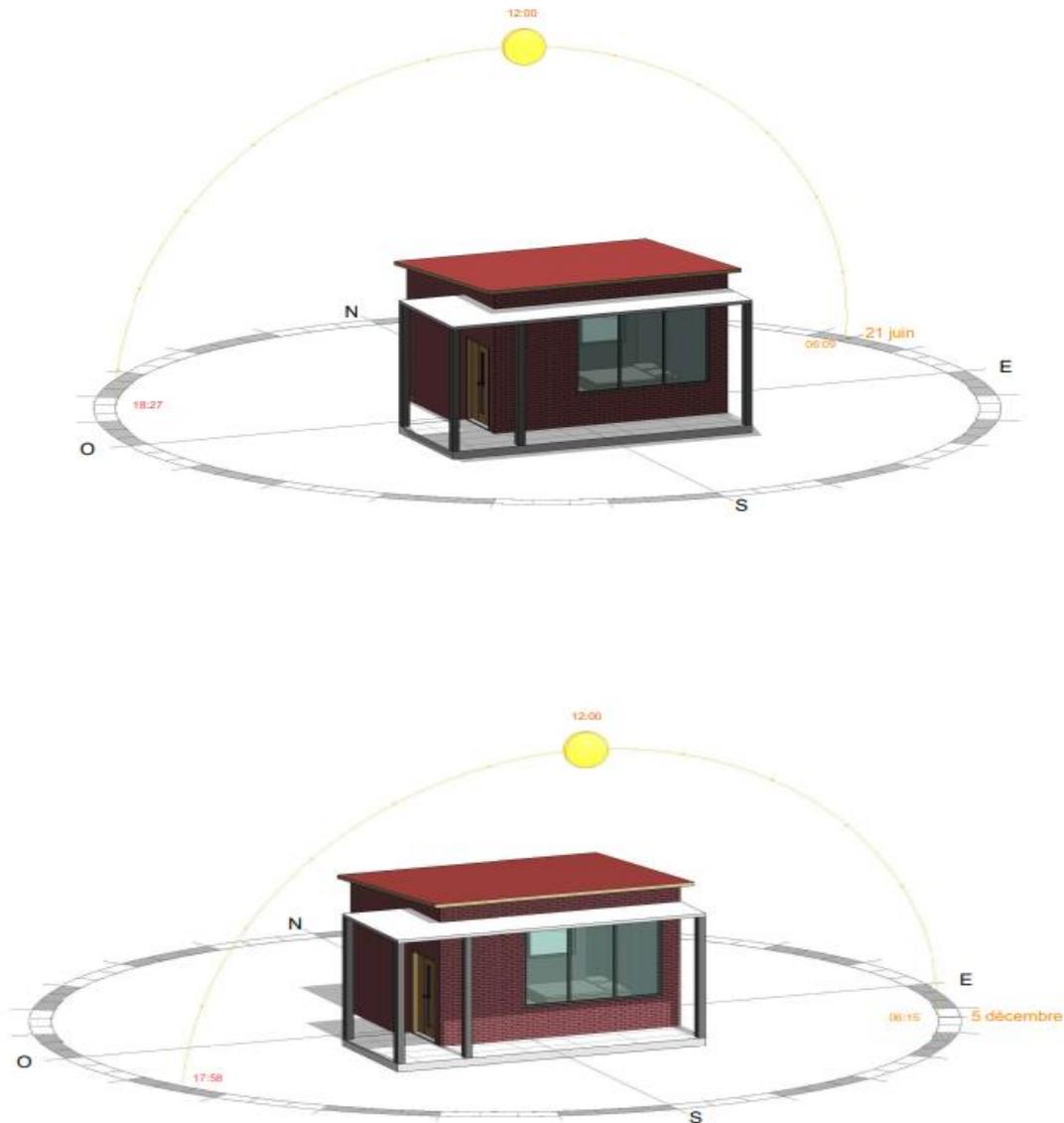


Fig. 3. Model de construction bioclimatique typique de la Côte d'Ivoire

### 3.3 ORIENTATION DES BÂTIMENTS DANS LA VILLE D'ABIDJAN (COCODY, YOPOUGON, ABOBO)

La distribution des orientations des bâtiments prospectés dans les trois communes d'Abidjan (Cocody, Yopougon, Abobo) montre une orientation majoritaire de direction N-S avec une fréquence de 54 % (figure 3). Les bâtiments orientés de direction NW-SE présente une fréquence de 21%. Les orientations les moins rencontrées sont celles de direction SW-NE et NE-SW avec pour fréquence respective 4,8 et 12 %. La figure 4 présente une vue d'ensemble du plan d'urbanisation du secteur de Cocody. Les enveloppes des bâtiments ont leurs façades les plus allongées parallèles ou perpendiculaires aux routes. Les ouvertures sont également perpendiculaires ou parallèles à la direction principale des bâtiments. Ainsi l'orientation des bâtiments et des ouvertures semblent être prédéfinie par celle des routes. Les routes ont pour orientation les directions N-S, E-W, NE-SW qui sont aussi les orientations des bâtiments. En générale, les orientations mesurées sur le terrain sont semblables à celles observées sur les plans.

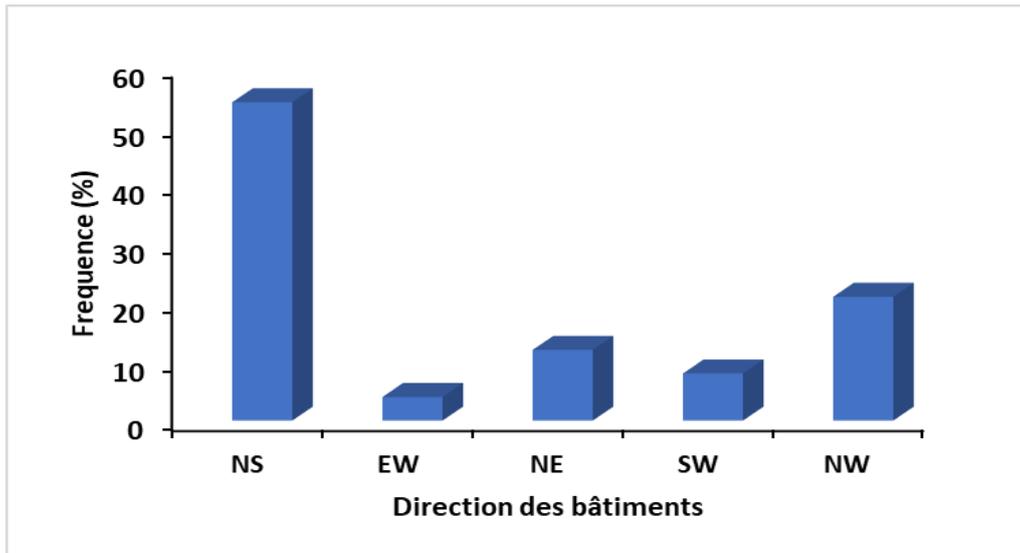


Fig. 4. Distribution des orientations des bâtiments prospectés

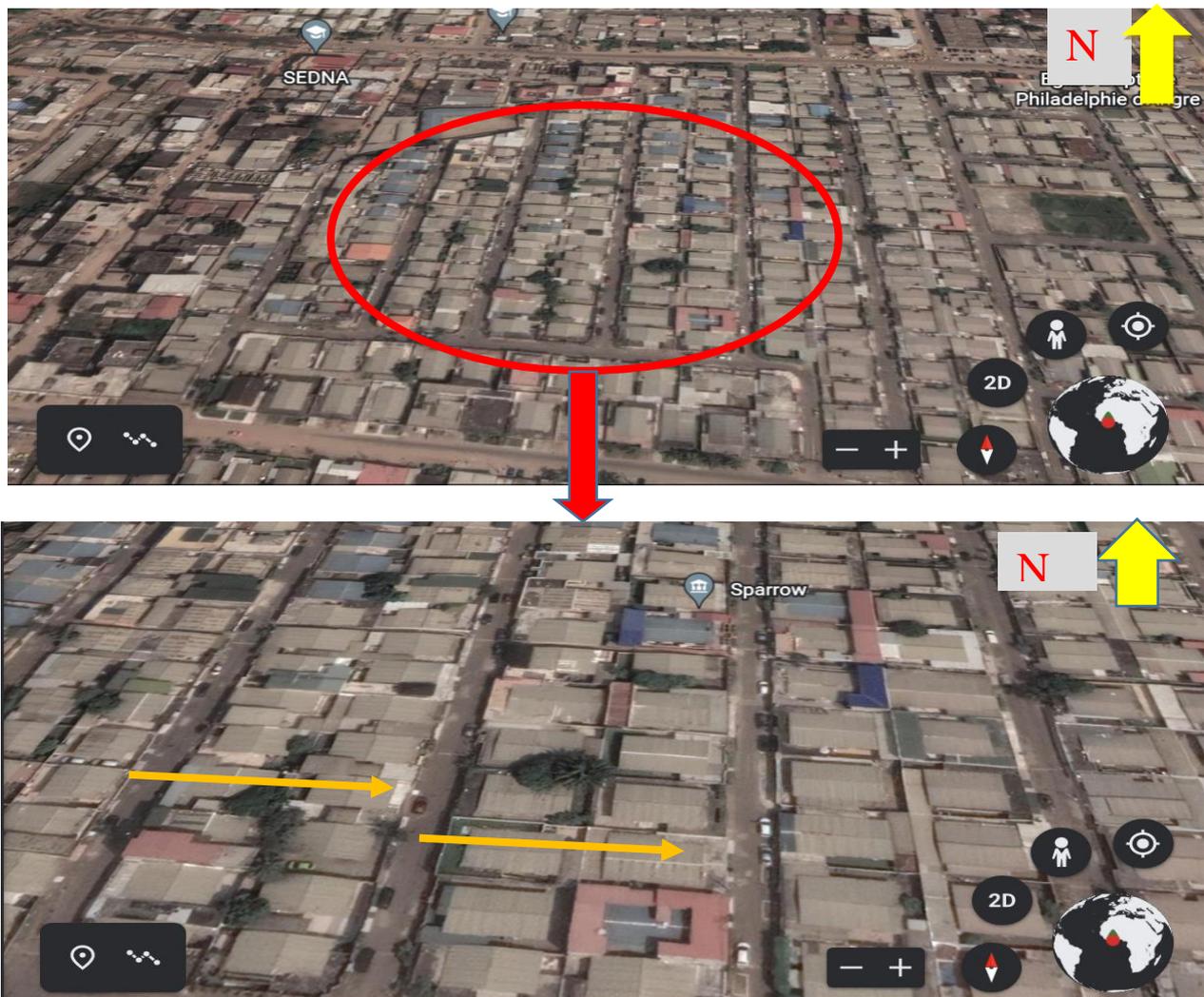


Fig. 5. Orientation des bâtiments d'une cité de Cocody

### 3.4 APPLICATION DU CONCEPT BIOCLIMATIQUE DANS LA VILLE D'ABIDJAN

La superposition des recommandations de l'étude bioclimatique aux cartes d'urbanisme de la ville d'Abidjan (figure) montre que l'orientation proposée par l'analyse bioclimatique diffère par de façon générale des directions des bâtiments rencontrés sur le terrain. De plus, certains bâtiments prospectés ne disposent pas de protection solaire ou de protection contre la pluie. Ce non-respect des principes élémentaires de conception bioclimatique pourrait être à l'origine de l'ambiance inconfortable rencontré dans les logements et de l'utilisation de systèmes actifs (ventilateurs et climatiseurs) pour établir le confort hygrothermique. La non prise en compte des concepts bioclimatiques dans l'urbanisation s'explique par plusieurs raisons: la méconnaissance de ces concepts, la non intégration de ce concept dans la formation agents de construction et l'absence de politique de réglementation énergétique contraignante. En outre, l'étude réalisée par AMEY sur réduction de la sensation des malaises thermiques et détermination et cartographie des orientations préférentielles des bâtiments au Togo a permis de constater que la majorité des orientations des bâtiments rencontrés diffère de l'orientation optimale Est-Ouest recommandée par l'analyse bioclimatique [14]. Cette direction est identique aux recommandations faites par l'analyse bioclimatique de la ville d'Abidjan. Ce même constat a été fait par Yusuf au Nigéria dans son étude intitulée: Evaluation des principes bioclimatiques dans la conception d'immeubles de bureaux dans la région à climat chaud et sec du Nigéria Il a utilisé des données de terrain et l'échelle de likert à cinq points allant de 0 à 4 pour calculer le MWV (Mean Weight Value) total des différents bâtiments. Les valeurs obtenues étaient en dessous de celle d'une conception bioclimatique [12].

## 4 CONCLUSION

Au terme de ce travail il est à retenir que pour l'ensemble des bâtiments étudiés dans les trois communes, un grand nombre de ces bâtiments ne respectaient pas les recommandations bioclimatiques pour l'optimisation du confort thermique. Les bâtiments dans les communes d'Abidjan présentent diverses orientations à savoir Nord-Sud, Est-Ouest, Nord-Ouest, Sud-Est. Cependant l'orientation préférentielle est Nord-Sud (54 %). Par contre, l'analyse bioclimatique préconise pour atteindre le confort, dans les bâtiments naturellement ventilés une orientation du bâtiment suivant un axe longitudinal Est-Ouest afin de diminuer l'exposition des façades au soleil, une orientation des ouvertures Nord-Sud variant entre le Sud-Ouest et Sud-Est comme le préconise les recommandations des tables de Mahoney et le diagramme de Szokolay. Par ailleurs l'application des concepts bioclimatiques permettra une réduction de la consommation d'énergie des habitations et optimisera la productivité des habitants.

## REMERCIEMENTS

Cet article sur Analyse de l'application des informations bioclimatiques dans la conception de bâtiments dans la ville d'Abidjan (côte d'ivoire) a été élaboré dans le laboratoire de Géomatériaux de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM) de l'Université Felix Houphouët Boigny. Cet article a été réalisé grâce aux soutiens de plusieurs personnes. Nous voulons saisir cette opportunité pour exprimer notre reconnaissance et notre profonde gratitude à l'endroit de toutes ces personnes qui ont contribué à sa réalisation. Nous exprimons notre profonde gratitude à l'endroit du Dr. KOUAKOU Conand Honoré (maitre de conférences) notre directeur de thèse sa disponibilité, ses pertinentes remarques et ses nombreuses touches qu'il a apportées à ce manuscrit dans le but de le rendre meilleur. Nos remerciements vont à l'endroit de la SODEXAM pour la fourniture des données climatiques ayant servi à la réalisation de l'analyse bioclimatique.

## REFERENCES

- [1] Parsons, K. Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance, Third Edition (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16750>. 527 p., 2007.
- [2] Mokhtari, A., K. Brahimi and R. Benziada. «Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar.» *Revue des Energies Renouvelables* 11 (2): 307-315, 2008.
- [3] Kemajou, A. and L. Mba. «Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude Application au cas des régions climatiques camerounaises.» *Revue des Energies Renouvelables* 14 (2): 239-248, 2011.
- [4] Attia, S., Hamdy, M., O'Brien, W. et Carlucci, S. Évaluer les lacunes et les besoins pour intégrer des outils d'optimisation des performances des bâtiments dans la conception de bâtiments à consommation énergétique nette zéro. *Énergie et Bâtiments*, 60, pp 110-124, 2013.
- [5] Manioğlu, G., & Yılmaz, Z. Stratégies de conception écoénergétiques dans la région chaude et sèche de la Turquie. *Bâtiment et Environnement*, 43 (7), pp 1301-1309, 2008.
- [6] Nassa, D. D. A. and G. A. Bolou. «Dynamisme du marché de banques à Abidjan: Une réflexion géographique, 15 p, 2011.
- [7] N'Guessan Bi V.H., Lazile S., Loukou J.A., Saley M. B., & Affian K., Estimation Des Concentrations Et Cartographie De La Dynamique Des Polluants Atmospheriques Particulaires Dans La Ville D'abidjan *European Scientific Journal*, ESJ, 17 (43), 116. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n43p116>, 2021.
- [8] Djouhaina, B. S. «Habitat et durabilité Le projet: 80 Habitats individuels à Biskra. Université Mohamed Khider de Biskra Faculté des sciences et de la technologie Département d'Architecture » 106 p, 2017.
- [9] FERCHA, N. and A. BENBOUAZIZ). «La conception bioclimatique des écoles: un mécanisme efficace pour la protection de l'environnement et la santé de l'enfant.» *Architecture et environnement de l'enfant* Vol.6, N°3, p 115-139, 2021.
- [10] Manzano-Agugliaro, F., F. G. Montoya, A. Sabio-Ortega and A. García-Cruz. «Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort.» *Renewable and sustainable energy reviews* 49: pp.736-755, 2015.
- [11] Metallinou, V. «Ecological propriety and architecture.» *WIT Transactions on the Built Environment* 86: pp.15-22, 2006.
- [12] YUSUF, A. Evaluation of bioclimatic principles in design of office building in hot-dry climate region of Nigeria. *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 9, no 4, p. 820-826, 2020.
- [13] Daemei, A. B., S. R. Eghbali and E. M. Khotbehsara. «Bioclimatic design strategies: A guideline to enhance human thermal comfort in Cfa climate zones.» *Journal of Building Engineering* <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100758>, 26 p, 2019.
- [14] Amey, K., O. Samah, Y. Azouma, K. Neglo, E. Kouto and K. Alokpa. «REDUCTION DE LA SENSATION DES MALAISES THERMIQUES: DETERMINATION ET CARTOGRAPHIE DES ORIENTATIONS PREFERENTIELLES DES BATIMENTS AU TOGO.» *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 2014, Série E, 16 (3): pp 185-198, 2015.