

Contribution De La Télédétection A L'étude De La Distribution Spatiale De La Température En Fonction Du Relief Et Du Mode D'occupation Du Sol : Cas De La Ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

Mobio A. Brice Hervé¹, DréK. Fourier¹, Kouamé A. Krou Damien¹,
Djagoua M. Eric Valère¹, Affian Kouadio¹

¹Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT),
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire 22 BP 801 Abidjan 22

Corresponding Author: Mobio A. Brice Hervé¹

Resume: Dans le but de comprendre les rôles de la topographie et du mode d'occupation du sol dans la variabilité spatiale de la température dans la ville d'Abidjan, un modèle physique a été développé pour déterminer la température de surface à partir d'une image diurne satellitaire de 2014. Les cartes d'altitudes et de l'occupation du sol ont été établies respectivement à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la ville d'Abidjan et d'une image Landsat 8 du capteur OLI de l'année 2014. L'analyse de ces différentes cartes met en relief le rôle prépondérant du mode d'occupation du sol dans la variabilité de la température dans la ville d'Abidjan. Les températures les plus élevées correspondent aux zones de fortes densités.

Mots Clefs : dynamiquespatiale, température, morphologie, occupation du sol, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract : In order to understand the roles of topography and land use process under spatial variability of temperature in Abidjan town, a physical model was developed to determine surface temperature from a satellite image of 2014. Altitudes and land use maps were established from a Digital Elevation Model of Abidjan and Landsat 8 image from OLI sensor of 2014 year. Analysis of these various maps highlights the dominating role of land use in temperature variability in Abidjan town. The highest temperatures correspond to the area of high density housing.

Keywords: spatial dynamics, temperature, topography, land use, Abidjan (Ivory Coast)

Date of Submission: 22-11-2017

Date of acceptance: 06-12-2017

I. Introduction

Depuis plusieurs années, on ne peut plus nier la réalité des changements climatiques à l'échelle mondiale. La cote d'ivoire, comme l'ensemble des pays de l'Afrique de l'ouest connaît une modification importante de son régime climatique [1]. Si cette variabilité spatiale des températures est un phénomène global, il convient de noter qu'elle obéit aussi à des logiques spatiales aux échelles beaucoup plus fines notamment en milieu urbain. Selon Carrega[2], dans une ville, les émissions de chaleur ne sont pas les mêmes que dans les zones inhabitées. C'est pourquoi, le climat urbain doit être considéré comme un type de climat à part entière [2]. En effet, les grandes agglomérations, du fait des activités qui s'y déroulent sont à l'origine d'impacts sur le comportement atmosphérique ainsi que sur la qualité de l'air. De ce fait, la compréhension des interactions entre les grandes agglomérations et la météorologie est indispensable afin d'orienter raisonnablement la gestion et le développement des grandes villes dans l'optique de préserver voire d'améliorer la qualité de vie des citoyens et de minimiser les conséquences indéniables sur l'environnement. C'est dans ce contexte général que s'inscrit cette étude qui vise à mettre en évidence les facteurs qui jouent le rôle le plus important dans la spatialisation des îlots de chaleur et de fraîcheur dans la ville d'Abidjan afin d'apporter une contribution dans l'amélioration du cadre de vie de la population ivoirienne en général et celle d'Abidjan en particulier dans les politiques d'aménagement urbain.

II. Zone d'étude

La zone d'intérêt de la présente étude est la ville d'Abidjan, capitale économique de la Cote d'Ivoire, la plus grande ville du pays et la plus peuplée de l'Afrique de l'ouest francophone (6.351.086 soit 20% de la population totale du pays). La ville d'Abidjan se situe au sud de la Cote d'Ivoire, au bord du golfe de Guinée et est traversée par la lagune Ebrié. Elle s'étend sur une superficie de 422 km² (42200 ha). La densité de la population est d'environ 15050 hab. /km². Elle se trouve dans le district Autonome (Fig. 1) qui porte le même nom, au sud de la Côte d'Ivoire entre la latitude 5°15N et 5°26N et la longitude 4°5W et 3°54. Dix communes composent la ville d'Abidjan réparties sur deux espaces qui sont « Abidjan nord » composée des communes du

Plateau, d'Adjamé, d'Attécoubé, Cocody, Yopougon, Abobo et « Abidjan sud » avec les communes de Treichville, Marcory, Koumassi et Port-Bouët. Les deux espaces sont séparés par la lagune Ebrié. « Abidjan nord » est la partie continentale d'Abidjan et « Abidjan sud » la partie située entre la lagune Ebrié et la mer.

La région d'Abidjan est incluse dans une zone climatique qui couvre la basse Côte d'Ivoire du 8ème parallèle à la cote. Elle se trouve sous l'influence d'un climat de type subéquatorial. On y distingue quatre épisodes saisonniers qui pourraient être corrélés avec le balancement du Front InterTropical (FIT)[3]. La température est quasi constante (environ 27°). Le relief peu contrasté est dominé par une platitude.

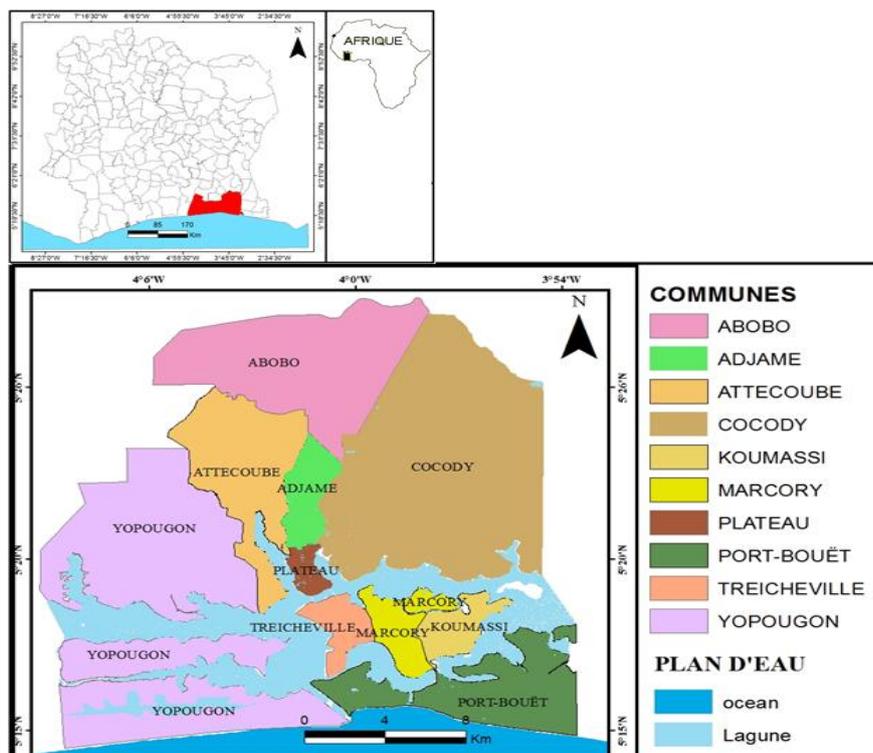


Figure 1 : localisation de la ville d'Abidjan

III. Données

Les données utilisées sont constituées d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de donnée satellitaire. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été acquis le serveur de donnée de la NASA Global Land Cover Facility (<http://srtm.csi.cgiar.org>). C'est une données radar obtenue par interférométrie lors de la mission SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). La donnée satellitaire est une image OLI de Landsat 8 de décembre 2014. Cette image a été choisie pour sa disponibilité et sa qualité. C'est la bande 10 (TIRS-1) qui a été utilisée pour étudier la dynamique spatiale des températures dans ville d'Abidjan.

IV. Méthode

4.1 Traitement des données MNT

Le MNT représente l'ensemble des données relatives au relief. Ces fichiers ont été d'abord mis en forme puis traités à partir du module « analyse spatiale » disponibles sur le logiciel ArcGIS pour extraire l'altitude, la pente et l'orientation. Ces deux derniers paramètres traduisent le degré d'exposition au rayonnement solaire pendant la journée et donc déterminent les secteurs qui reçoivent le plus d'énergie [4].

4.2. Élaboration de la carte d'occupation du sol

La carte d'occupation de sol a été réalisée en faisant une composition colorée. La composition colorée et la combinaison des bandes ont permis de faire une connaissance de terrain. Ensuite, à partir de la composition colorée de ces bandes, nous avons procédé à la classification supervisée des zones d'entraînement. Cette classification est faite par la méthode de Maximum de vraisemblance. Pour la réalisation de cette étude, quatre variables ont été retenues (les bâtis, les sols nus, la végétation et l'eau). Pour évaluer la précision de la classification réalisée, une matrice de confusion peut être utilisée [5]. Les différentes étapes pour l'élaboration de la carte d'occupation du sol sont décrites dans la figure 7. L'indice de Kappa permet d'apprécier la précision

de la classification. Les valeurs de Kappa vont de -1 à 1. Toute valeur négative indique une mauvaise classification et une valeur de 0,75 ou plus indique un très bon classement [6].

La carte d'occupation du sol permettra d'identifier les éléments d'aménagement urbain qui sont à l'origine des effets micro-climatiques dans la ville d'Abidjan.

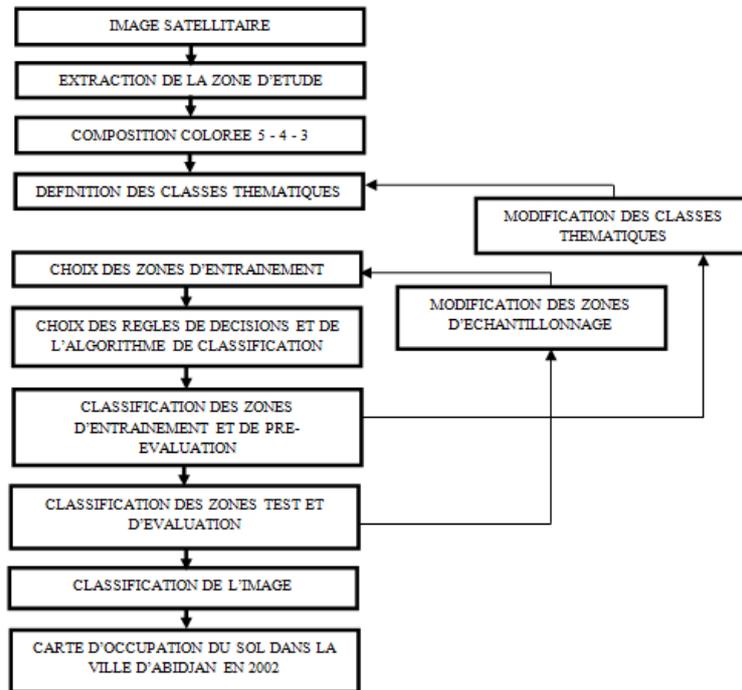


Figure 2 : Schéma récapitulatif de la production de la carte d'occupation du sol

4.3. Réalisation de la carte de température

Les méthodes de transformation des valeurs spectrales en températures de surface font appel à plusieurs algorithmes à partir desquels les valeurs d'émissivité de surface dans l'intervalle du thermique sont transformées en température et exprimées en degré Celsius [7]. Les capteurs des satellites Landsat (TIRS-1) acquièrent les données de température et les mémorisent en valeurs numériques ou Données Numériques (DN). Ces comptes numériques sont, ensuite, convertis en température de surface (degré kelvin). Il y a trois étapes de conversion :

- D'abord les DN sont converties en radiance spectrale avec l'équation suivante :

$$DN = (CVR1 - compensation) / gain \quad (1)$$

DN : les données numériques ou comptes numériques

CVR1 : la valeur de radiance

Compensation : valeur de polarisation à une bande spécifique.

$$CVR1 = ((LMAX\lambda - LMIN\lambda) / (QCALMAX - QCALMIN)) \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN\lambda \quad (2)$$

QCAL : c'est le compte numérique

LMAX λ et LMIN λ : paramètres d'étalonnage radiométrique.

QCALMAX et QCALMIN : valeurs des pixels.

- Ensuite, une fois les comptes numériques des bandes thermiques ont été convertis en radiance, on applique simplement l'inverse de la loi de Planck pour extraire la température en degré kelvin (T °k). L'équation de la transformation est la suivante :

$$T (^{\circ}k) = K2 / \ln (K1 \times \epsilon / CVR1 + 1) \quad (3)$$

T (°K) : température en degré kelvin

Cette température est convertie en degré Celsius suivant l'équation :

$$T (^{\circ}C) = T (^{\circ}K) - 273 \quad (4)$$

Après avoir extrait la température de surface, quatre seuils de températures ont été définis pour établir la carte de spatialisation de température. L'objectif est de distinguer les zones les plus fraîches des zones les plus chaudes. La méthode utilisée pour déterminer les seuils de températures est celle de Jenks d'ArcGIS. La

méthode de Jenks est un algorithme qui permet de réduire la variance intra-classes et de maximiser la variance interclasses. Cette méthode repère, suivant le nombre de classes spécifié au départ, les classes contenant les individus les plus homogènes (valeurs proches) et les plus distinctes les unes des autres. Si la distribution comporte des discontinuités (zones de faible densité des valeurs), celles-ci seront nécessairement détectées par la méthode de Jenks, qui constitue une variante rigoureuse de la méthode bien connue des « seuils naturels » (Gosselin., 2013). L'outil de mesure de cette homogénéité est l'indice de Jenks qui est le rapport entre la somme des écarts de chaque classe et le nombre de classes (Indice de Jenks = (somme des écarts de chaque classe) / nombre de classes).

V. Resultats

5.1. Carte de relief de la ville d'Abidjan

Dans l'ensemble, le relief est très peu contrasté. Il est dominé par une platitude. Les altitudes les plus élevées se situent autour de 291 mètres (Fig. 3). Toutefois, trois ensembles morphologiques distincts se dégagent dans la ville d'Abidjan. Le premier de ses ensembles correspond à un relief de plaines. Les altitudes varient entre 0 et 37 m et représentent environ 39% de la superficie totale. Il s'agit de la zone côtière d'Abidjan en général. Cette zone basse comprend les communes de Port-Bouët, de Marcory, de Koumassi, de Treichville et du plateau. Elle comprend aussi le Sud des communes de Yopougon, d'Attécoubé et d'Adjamé ; le Sud et l'extrême Nord-Est de la commune de Cocody.

Le second ensemble morphologique est une zone dominée par de bas plateaux. Les altitudes varient de 37 à 80 m et couvre 31% de la ville d'Abidjan. Il s'agit du Centre de Yopougon, du Sud d'Attécoubé (autour de la lagune), d'Adjamé et des Centre et Nord de Cocody. Le dernier troisième ensemble morphologique représentant 30% et est caractérisé par ses altitudes « élevées » comprises entre 80 et 291 m. Il s'agit d'un haut plateau qui comprend la quasi-totalité d'Abobo, la forêt du banco au Nord d'Attécoubé, le Nord de Yopougon et le Centre-Ouest de Cocody.

En somme, le relief de la ville d'Abidjan croît progressivement du Sud vers le Nord. Plus on s'éloigne du littoral, plus les altitudes augmentent.

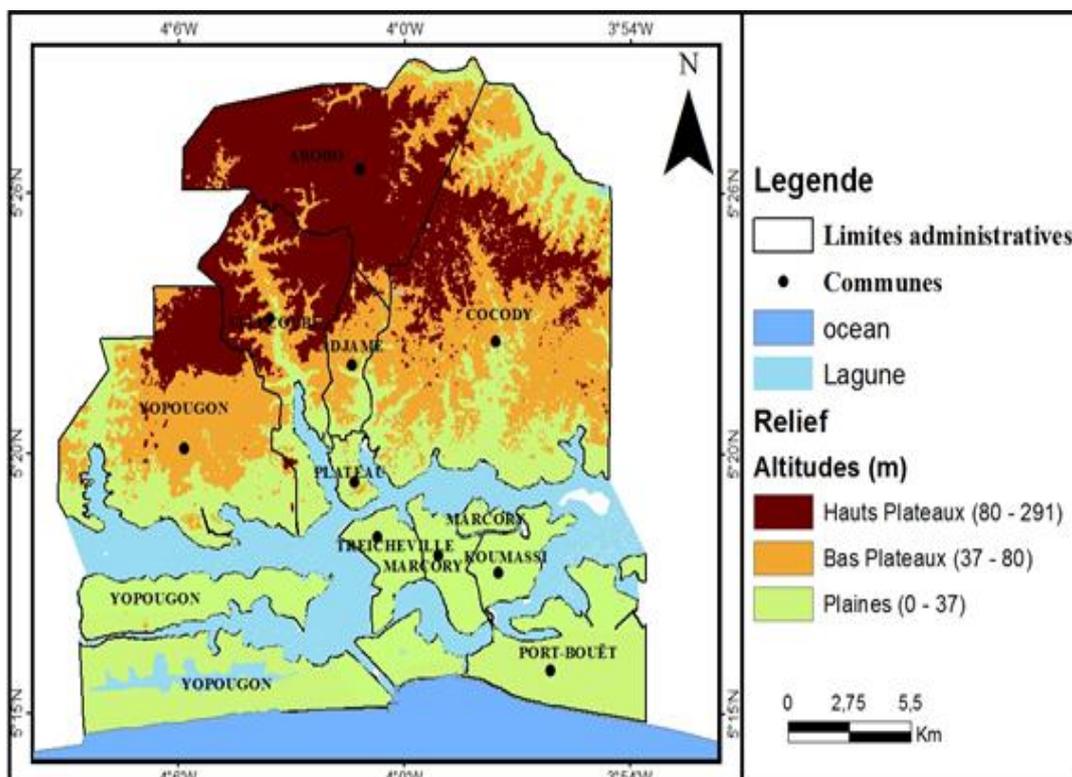


Figure 3 : la carte de relief de la ville d'Abidjan

5.2. Carte de l'occupation du sol de la ville d'Abidjan

Les différents traitements effectués sur l'image satellitaire ont permis de réaliser la carte d'occupation du sol de 2014 de la ville d'Abidjan (Fig. 4). Quatre classes d'occupation du sol ont été identifiées. Ces classes correspondent aux variables retenues pour expliquer la spatialisation des températures dans la ville d'Abidjan

pour l'année 2002. Ces classes sont les bâtis, les sols nus, la végétation et l'eau. Chaque classe est constituée d'une ou plusieurs entités (Tableau 1).

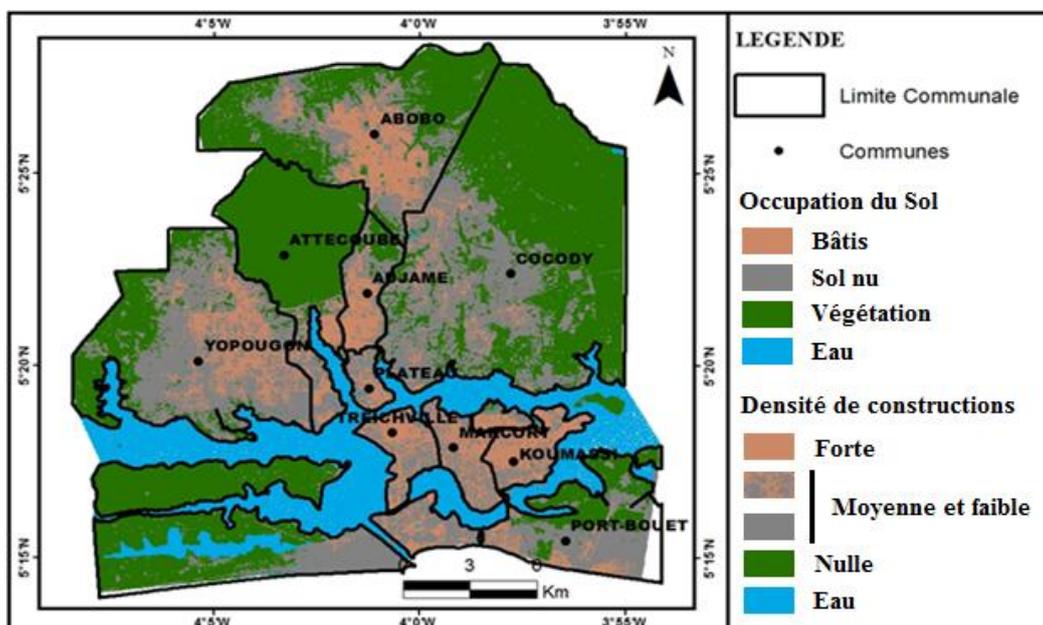


Figure 4 : Carte d'occupation du sol de la ville d'Abidjan

Tableau 1 : Classes d'occupation de sols et les catégories considérées

Classe	Catégories considérées
Bâtis	Les maisons (lieux d'habitation), les grandes surfaces et les édifices
Sols nus	Les parkings, les routes, les espaces libres
Eau	Cours d'eau
Végétation	La forêt, les espaces verts, les zones agricoles, les espaces boisés

La précision de la classification supervisée est fournie par une matrice de confusion (Tableau 2). La précision moyenne globale de la classification est de 95,15%, ce qui indique que tous les pixels ont été presque bien classés. Une autre mesure de la précision de la classification est le coefficient Kappa qui est ici de 0,93. Ceci signifie que 93% de la classification n'est pas dû au hasard et que les résultats de cette classification sont statistiquement très satisfaisants.

Tableau 2 : Matrice de confusion de l'estimation de la classification de l'image ETM

$$\text{Précision globale} = 95,15 ; \text{Kappa} = 0,93$$

Nombre de pixels	Végétation	Bâtis	Sol nu	Eau	Total	Précision du producteur	Erreur de commission
Végétation	4184	1	3	0	4188	99,71	0,10
Bâtis	0	787	15	0	802	63,67	1,87
Sol nu	12	448	887	0	1337	97,99	34,41
Eau	0	0	0	3557	3557	100,00	0
Total	4196	1236	895	3557	9884		
Précision d'utilisateur	99,90	98,13	98,13	100,00			
Erreur d'omission	0,29	36,33	2,01	0			

La Fig. 4 permet aussi de distinguer quatre (4) classes de densités de bâtis que sont les zones à fortes densités de bâtis, les zones à moyennes et faibles densités de bâtis et les zones à densités de bâtis nulle.

Les zones de forte densité des bâtis sont le centre d'Abobo, la partie Sud d'Adjamé, le Centre et le Sud d'Attécoubé, le centre de Yopougon, les parties Est et Sud de Port-Bouët et enfin la quasi-totalité de Koumassi, Marcory et Treichville.

Les zones à moyenne et faibles densités de bâtis sont l'Ouest de Cocody, les extrêmes Sud et Centre-Nord d'Abobo (autour de la zone à forte densité de bâtis), le Centre-Ouest et le Sud de Yopougon (autour de la zone à

forte densité de bâtis), le Sud-Est d'Attécoubé, le Plateau, les extrêmes Nord et Sud de Koumassi, Marcory et Treichville et la partie Est de Port-Bouët.

Les zones à densités de bâtis nulle correspondent à la végétation qui se situe pour la plupart aux extrémités de la ville d'Abidjan à savoir le Nord de Port-Bouët, la partie Est de Cocody, le Nord d'Abobo, la partie Nord d'Attécoubé (foret du Banco) et les Nord-Ouest et Sud de Yopougon.

5.3. Spatialisation de températures de surface dans la ville d'Abidjan

La carte de température (Fig. 5) met en évidence quatre zones micro climatiques dans la ville d'Abidjan. Ce sont les zones dont les températures sont comprises entre 22,5 et 25 °C ; 21,5 et 22,5°C ; 20,5 et 21,5 et celles dont les températures sont très basses (18 - 20,5°C).

5.3.1. Les zones dont les températures sont comprises entre 22,5 et 25 °C

Cet intervalle de température élevé est localisé dans la quasi-totalité des communes de Koumassi, Marcory et Treichville. Dans la commune d'Abobo, cette plage de température se situe au Centre, au Sud-Est et par endroit à l'Ouest. La commune de Yopougon enregistre les très fortes températures au Centre et Sud-Est. À Attécoubé et Adjamé, les températures élevées sont dans la moitié Sud et le Nord-Ouest (Adjamé). Dans la commune de Cocody de façon disparate, de petits foyers de ces températures sont localisés Centre. Pour la commune de Port Bouet, presque toute l'étendue Sud de la commune est couverte par les températures élevées.

5.3.2. Les zones dont les températures sont comprises entre 21,5 et 22,5°C

Cette plage de température occupe toute la grande partie Sud de Cocody. Elle se situe pour les autres communes tout autour de zones à très fortes températures (entre 22,5 et 25 °C). Ce sont l'Ouest d'Abobo, le Centre-Ouest et le Sud de Yopougon, le Sud-Est d'Attécoubé, le Plateau, les extrêmes Nord et Sud de Koumassi, Marcory et Treichville et le Nord-Est de Port-Bouët.

5.3.3. Les zones dont les températures comprises entre 20,5 et 21,5°C et entre 18 et 20,5°C

Ces températures sont localisées dans les parties Nord d'Abobo, Nord d'Attécoubé (foret du Banco), Ouest et sud de Yopougon. Le Nord et le Nord-Est de Cocody sont dominés par ces faibles températures.

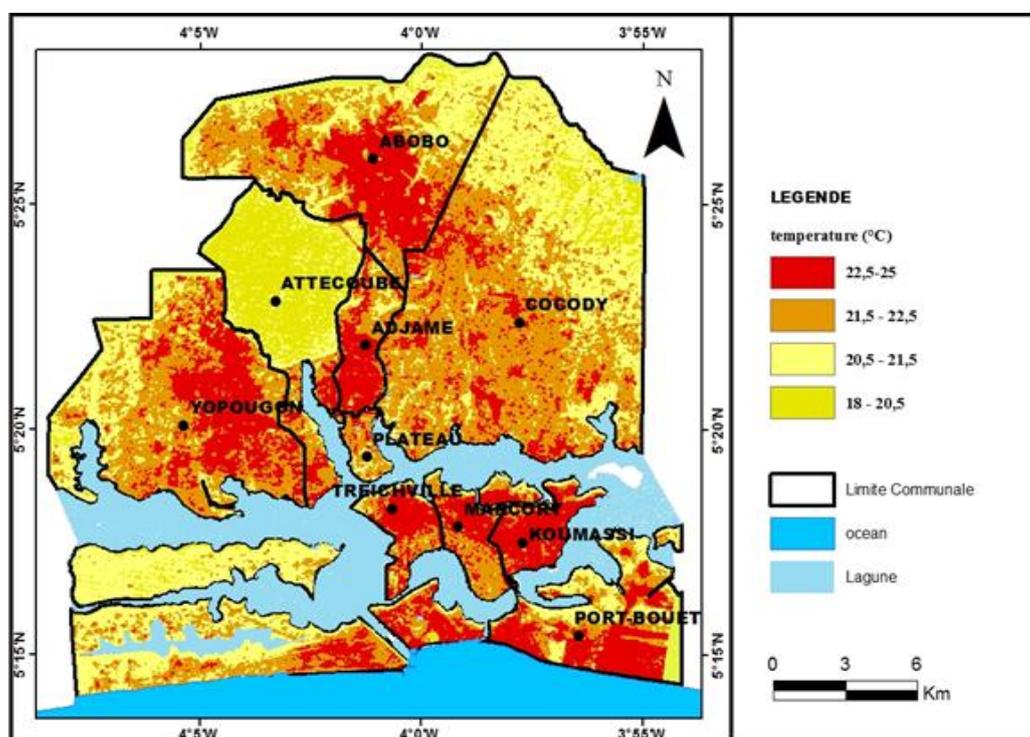


Figure 5: spatialisation de la température dans la ville d'Abidjan

5.4. Relation températures de surface et relief

La comparaison des cartes de relief et de température de surfaces ne montre pas de corrélation entre ces deux paramètres. En effet, il y a une distribution spatiale de la température de surface indépendante du relief tel que le montre les plages de températures élevées qui se situent sur des zones de hautes altitudes de moyennes altitudes et de basses altitudes. C'est la même distribution pour les moyennes et faibles températures.

5.5. Relations températures de surface et mode d'occupation de sol

Il apparaît une distribution de la température de surface fonction du modèle de répartition de la morphologie de l'habitat lors de la comparaison de la carte d'occupation du sol et de celle de la température de surfaces. Les températures les plus élevées identifiées correspondent aux centres urbains denses, les moins importantes aux espaces à densités de bâtis moyennes telles que les zones résidentielles avec des espaces verts très abondants (Cocody, Marcory résidentielle, cité administrative Plateau etc.). Les températures très faibles correspondent aux espaces occupés par la végétation. Ainsi les zones de végétation importante correspondent aux endroits les plus frais.

En revanche, il est constaté une baisse de températures au niveau des espaces occupés par la végétation dans l'agglomération. Plus le cours végétal est important, plus la température a tendance à baisser. L'analyse comparative entre les cartes de températures de surface et le mode d'occupation montre que les zones de végétation importante correspondent aux endroits les plus frais.

VI. Discussions

Le résultat de la classification de l'occupation du sol du capteur TIRS-1 de 2014 de la ville d'Abidjan a donné une précision globale de 95.15%. La valeur de kappa est de 93%. Selon Montserud[6], toute valeur de kappa de 75% et plus indique un très bon classement. La présente classification qui comporte quatre classes est acceptable et permet d'évaluer le mode d'occupation du sol en 2014 dans la ville d'Abidjan. La carte du MNT montre que le relief de la ville d'Abidjan est très peu accidenté. La corrélation entre les cartes du MNT et de températures de surface montre que la dynamique spatiale de la température dans la ville d'Abidjan n'est pas liée à la topographie de la ville d'Abidjan. En effet, les communes de Port-Bouet, Marcory, Koumassi et Treichville ont une topographie très basse avec des températures fortes à moyennes. Le centre de la commune d'Abobo avec les plus hautes altitudes enregistre aussi des températures élevées alors le Nord de la commune de Yopougon avec aussi les plus hautes altitudes enregistre des températures moyennes à faibles. Nos résultats concordent avec ceux de Carrega[2] qui a confirmé qu'en relief peu contrasté, la topographie n'a pas trop d'influence sur la variabilité de la température. La corrélation entre les cartes d'occupation du sol et de températures de surface montre une augmentation de chaleur dans les communes ou zones à fortes densités des bâtis, dans les zones industrielles, portuaires et aéroportuaires. Les matériaux de construction et l'état des bâtiments contribuent à l'élévation de la température dans ces secteurs. En outre, les secteurs où il y a moins de bâtis sont moins chauds. Ce qui est en conformité avec les études menées par l'Institut d'Aménagement et d'urbanisme de l'Ile-de-France (2010) sur l'îlot de chaleur urbain. Selon cet institut, la ville à travers ses activités, sa forme et ses matériaux à un impact sur la température.

Il y a baisse de la température au niveau des espaces occupés par la végétation et les cours d'eau. Plus le cours végétal est important, plus la température a tendance à baisser. L'analyse comparative entre les cartes de températures de surface et le mode d'occupation montre que les zones de végétation importante correspondent aux endroits les plus frais. L'eau et la végétation constituent des moyens de rafraîchissement par évaporation et évapotranspiration.

VII. Conclusion

Le traitement de l'image Landsat 8 du capteur TIRS-1 nous a permis d'établir, d'une part, la carte d'occupation du sol dans la ville d'Abidjan et d'autre part la carte de spatialisation de températures de surface d'Abidjan. Les résultats de ce travail mettent en exergue le rôle du mode d'occupation du sol dans la dynamique spatiale de températures dans la ville d'Abidjan. La carte de températures de surface de l'image Landsat montre une élévation de la température dans les zones de forte densité de surface bâties et de forte concentration des activités anthropiques. Les zones qui ont des habitations plus ou moins espacées et végétalisées sont moins couvertes par la chaleur. La relation entre la topographie et la dynamique spatiale de températures de surface montre qu'il n'y a pas de relation entre le relief et la distribution spatiale de la ville d'Abidjan contraste. Les secteurs aux altitudes élevées connaissent les mêmes niveaux de températures que les secteurs aux altitudes très basses. Cette étude permet de conclure que le modèle d'urbanisme joue un rôle déterminant dans la spatialisation de la température dans la ville d'Abidjan.

References

- [1]. T. BROU, Risques climatiques, pressions foncières et agriculture en Côte d'Ivoire, *Global change: Facing Risks and Threats to Water Resources (Proc. of the Sixth World FRIEND Conference, Fez, Morocco, October 2010)*. IAHS Publ. 340, 2010, 320-326.
- [2]. P. CARREGA, *Topo climatologie et Habitat*, Thèse, Université de Nice, France (Revue de géographie du laboratoire d'analyse spatiale Raoul Blanchard, N° 35 et 36), 1994.
- [3]. T.K. ALOKO, *L'eau et les problèmes d'aménagement de la ville d'Abidjan*, mémoire de DEA, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 1985.
- [4]. S. CHARFI, S. DAHECH. et P. CARREGA, L'îlot de chaleur urbain à Tunis: Apport de l'imagerie spatiale, *XXIIIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes*, 2010, 119-124.
- [5]. M. STORY and R.G. CONGALTON, Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52, 1986, 397-399.
- [6]. R.A. MONTSERUD, et R. LEAMANS, Global vegetation maps with the Kappa- statistic, *Ecological Modeling*, 62(4), 1992, 275-293.
- [7]. S. ARIANE, M. MALIKA et B. GÉRARD, Les échelles d'étude de l'îlot de chaleur urbain et ses relations avec la végétation et la géométrie de la ville (exemple de Paris), *Dixièmes Rencontres de Théo Quant Besançon*, 2011, 1-9.
- [8]. P. GOSSELIN, Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur, *Rapport technique, Institut national de santé publique du Québec*, 2013, 1-49.

Mobio A. Brice Hervé "Contribution De La Télédétection A L'étude De La Distribution Spatiale De La Température En Fonction Du Relief Et Du Mode D'occupation Du Sol : Cas De La Ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)" *International Journal of Engineering Science Invention(IJESI)*, vol. 6, no. 12, 2017, pp. 48-55.