



Varia juin 2024

Numéro coordonné par :

*Florent GOHOUROU
Maître de Conférences
UJLoG (Daloa - CI)*

*Quonan Christian
YAO-KOUASSI
Maître de Conférences
UJLoG (Daloa - CI)*

Numéro 1

2024

Espaces Africains

Revue des Sciences Sociales

**ISSN
2957-9279**

*Revue du Groupe de recherche PoSTer (UJLoG - Daloa - CI)
<https://espacesafricains.org/>*



Revue des Sciences Sociales

Numéro 1 | 2024

Varia – juin 2024

ÉVALUATION DE LA SUSCEPTIBILITÉ D'OCCURRENCE DU RISQUE THERMIQUE DANS UNE VILLE SEPTENTRIONALE DE LA CÔTE D'IVOIRE : FERKESSEDOUNGOU

ASSESSMENT OF THE SUSCEPTIBILITY TO THERMAL RISKS IN A NORTHERN CITY OF THE IVORY COAST : FERKESSEDOUNGOU

Kinakpefan Michel **TRAORE**

RÉSUMÉ

Dans un contexte de changements environnementaux, l'occurrence des événements météorologiques extrêmes comme les vagues de chaleur a des impacts sur le confort et la santé des citoyens. A travers une analyse des températures de surface du sol et des îlots de chaleur urbains, le présent article évalue la susceptibilité d'occurrence du risque thermique à Ferkessedougou, ville septentrionale de la Côte d'Ivoire. L'approche se base sur le traitement d'une image Sentinel 2 de mars 2024 à travers différents algorithmes dans la plateforme Google Earth Engine. Ces traitements cartographiques ont été complétés par des enquêtes in situ. Il ressort de l'analyse des résultats que la sensibilité aux vagues de chaleur reste un risque majeur pour environ

deux citoyens sur trois. Cette susceptibilité d'exposition au risque thermique est plus prononcée dans le noyau central densément bâti, que dans les zones périphériques. Ces espaces sont davantage enclins à l'inconfort et aux vulnérabilités à certaines pathologies liées aux vagues de chaleur, selon notre modèle d'analyse. Avec un coefficient de détermination (r^2) de 0,8, l'étude démontre que l'artificialisation et l'occupation du sol, du fait de l'urbanisation, expliquent à plus de 80% le développement des îlots de chaleur urbains dans la ville de Ferkessedougou.

Mots-clés : Ferkessedougou, urbanisation, îlot de chaleur urbain, confort thermique, vulnérabilité

ABSTRACT

In the context of environmental change, the occurrence of extreme weather events such as heat waves has implications for the comfort and health of urban dwellers. Through an analysis of Land Surface Temperature and urban heat island,

this article assesses the vulnerability of Ferkessedougou, a northern city in Côte d'Ivoire, to heat risks. The approach is based on processing a Sentinel 2 image from March 2024 using various algorithms in the Google Earth Engine platform.

This cartographic processing was complemented by in-situ measurements. Analysis of the results shows that vulnerability to heatwaves remains a major risk for around two out of three city dwellers. This susceptibility to heat risk is more pronounced in the densely built-up central core than in outlying areas. According to our analytical model, these areas are more prone to discomfort and susceptible to certain pathologies associated with heat waves. With a

coefficient of determination (r^2) of 0.8, the study shows that artificialisation and land use as a result of urbanisation account for more than 80% of the development of urban heat islands in the city of Ferkessédougou.

Keywords : Ferkessédougou, urbanisation, urban heat island, thermal comfort, vulnerability

INTRODUCTION

La planète terre est sujette à un rehaussement global de la température à la surface du sol depuis l'ère industrielle. Les années les plus chaudes se succèdent. A partir de plusieurs indicateurs climatiques clés comme le mois le plus chaud jamais enregistré, les moyennes journalières de température globale dépassant brièvement les niveaux préindustriels de plus de 2°C ; 2023 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée (WMO 2023 : 4 ; Maljean-Dubois 2023 : 2).

Les températures extrêmes concernent également toute l'Afrique de l'Ouest avec des thermomètres autour de 40°C mêmes dans les pays côtiers comme la Côte d'Ivoire (IFRC 2024 :1). Au cours de l'année 2023, le pays a enregistré une valeur moyenne de 27,2°C, soit une hausse de +0,8°C par rapport à la moyenne de 26,4°C (SODEXAM 2024 :1). En plus, de janvier à mars 2024, il a été enregistré une température de 41°C, soit 6° de plus que la moyenne en Côte d'Ivoire (SODEXAM 2024 :1). Ces vagues de chaleur sont facteurs de pertes en vies humaines importantes, de perturbations sociales et de difficultés économiques (Mcbean & Ajibade 2009 : 179). Elles réduisent, par ailleurs, la capacité du sol à absorber l'eau, ce qui contribue à augmenter le risque d'inondation lors des fortes précipitations d'hivernage (WMO 2023 :24).

Si selon les observations du C3S (2024 : 1), les principaux facteurs qui sous-tendent ce réchauffement global sont à rechercher dans des phénomènes tels que les concentrations de gaz à effet de serre, El Niño et d'autres variations naturelles, il est primordial de constater que l'urbanisation rapide et l'étalement urbain dans les

pays du Sud comme la Côte d'Ivoire ont conduit à une augmentation significative des vagues de chaleur sous la forme d'îlots de Chaleur Urbains (ICU).

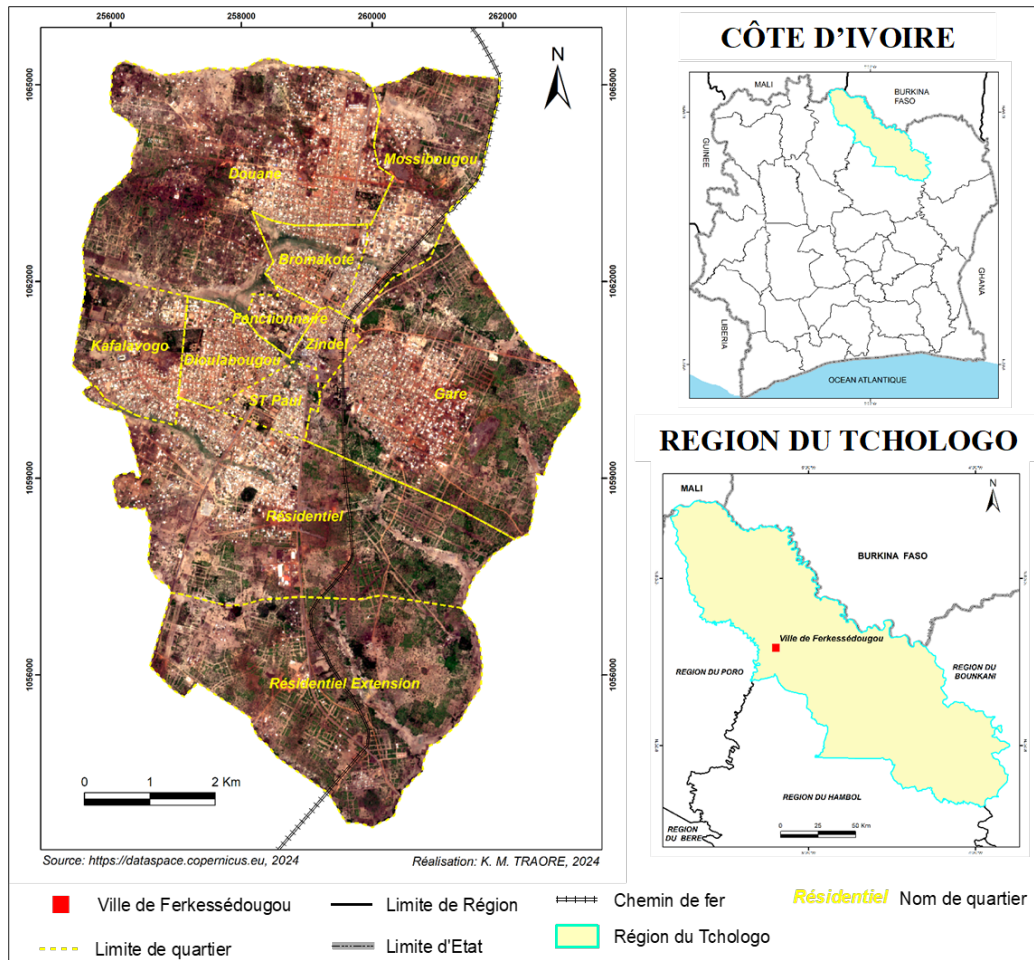
L'ICU est entendu comme des secteurs urbanisés caractérisés par des températures du sol plus élevées de 5 à 10°C entre les microclimats intérieurs d'une ville et les microclimats voisins ou entre différentes parties d'une ville (O'malley et al 2014 : 73 ; Foissard 2015 : 12 ; Ymba 2022 : 4). La dévégétalisation et l'artificialisation des sols contribuent à une augmentation de la fréquence et de l'amplitude des vagues de chaleur en territoire urbain (SODEXAM 2021 :1 ; Ymba 2022 : 4). Il est admis que la rugosité des surfaces urbaines joue un rôle d'accumulation et d'intensification de la chaleur par piégeage du rayonnement dans « le canyon urbain » exacerbant ainsi l'albédo (Foissard 2015 :19 ; Ymba 2022 : 4). Dans les territoires urbanisés, l'ICU pose le problème de l'inconfort thermique, du mal-être et de la vulnérabilité des citoyens. Cette vulnérabilité, amputable aux agissements anthropiques, est susceptible de s'aggraver avec les perturbations climatiques. Cet article évalue la susceptibilité d'occurrence du risque thermique dans la ville de Ferkessédougou. Il s'agit spécifiquement de caractériser la température de surface du sol, de déterminer les niveaux de susceptibilité d'occurrence du risque thermique à travers les îlots de chaleur urbain et d'analyser la corrélation entre l'occupation du sol et la distribution spatiale des vagues de chaleur et le confort thermique dans la ville de Ferkessédougou.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. L'espace d'étude

La ville de Ferkessédougou est située entre le 9°31'00" et le 9°38'30" de Latitude Nord et le 5°9'00" et le 5°14'00" de longitude Ouest (fig. 1).

Fig. 1 : Localisation de la ville de Ferkessédougou



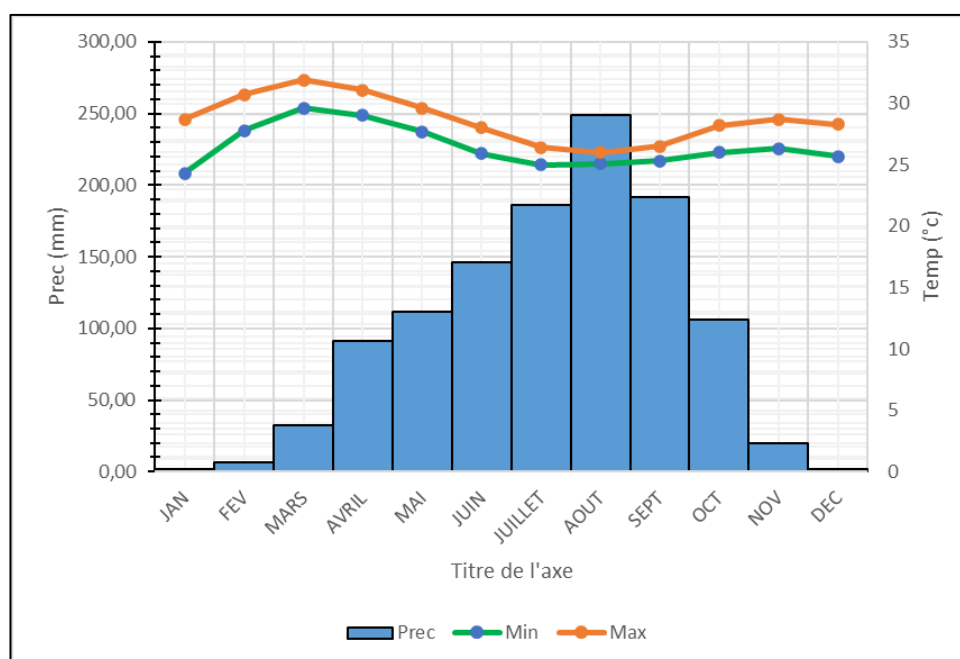
Sa position à l'extrême nord de la Côte d'Ivoire constitue un poste frontalier stratégiquement important. La ville est, en effet, la principale interface de la Côte d'Ivoire avec le Mali, le Burkina-Faso et le Niger. L'agglomération offre un double choix modal (ferroviaire et routier) pour le transit des marchandises à destination de ces pays (N'guessan et al 2021 : 203).

Cette situation privilégiée et le développement des activités économiques inhérent participent ainsi de la dynamique de ce pôle urbain. Avec une population de 160 267 habitants, Ferkessédougou se retrouve au rang de quinzième ville la plus peuplée de la Côte d'Ivoire (INS 2021). Le projet de

création d'un port sec à Dékokaha, une localité située à 5 km de Ferkessédougou va renforcer indéniablement la dynamique démographique et spatiale de la ville (N'guessan et al 2021 : 204). Par ailleurs, la ville est régie par un climat de type tropical de transition atténué appelé localement « Climat soudanais ». Ce régime climatique est caractérisé par deux saisons (fig. 2) :

- Une saison sèche de Novembre à Mars, marquée par des précipitations très faibles voire nulles, et ;
- une saison des pluies, d'Avril à Octobre, pendant laquelle les précipitations sont abondantes et fréquentes (supérieures à 100 mm par mois).

Fig. 2 : Diagramme climatique de la ville de Ferkessédougou (1990 – 2022)



Source : SODEXAM, 1990-2022

L'analyse du diagramme (fig. 2) indique que le régime climatique de Ferkessédougou et sa région est caractéristique des climats tropicaux chauds avec des températures élevées toute l'année qui oscillent entre un minimum de 24,3°C et un maximum de 31,9°C. L'analyse du régime thermique de ces trois dernières décennies montre que le mois de janvier est le plus frais tandis que le mois de mars est le plus chaud. Comme l'ensemble des climats tropicaux, l'amplitude thermique reste globalement faible et inférieure à 5°C.

1.2. Méthodes

L'approche méthodologique relève d'une analyse géostatistique incluant les caractéristiques morphologiques du milieu et des calculs d'indices. Pour ce faire une image Sentinel 2 (<https://dataspace.copernicus.eu>) de mars 2024 a été utilisée. Le choix de cette image se justifie par sa résolution spatiale de 10 m. Cette résolution est relativement plus fine que celles d'autres capteurs comme Landsat qui ont une résolution de 30 m.

Des données in situ notamment les polygones de l'emprise urbaine, de la limite des quartiers, le volume de la population de 2021 et la typologie des constructions ont été obtenus auprès de la Direction Régionale en charge de la Construction et

de l'Agence Nationale de la Statistique, ont également été utilisées.

1.2.1. Caractérisation de la température de surface du sol (TSS)

Les TSS ont été caractérisées dans l'interface de Google Earth Engine (GEE) (Ermida et al 2020 : 1; Waleed et Sajjad 2022 : 2). Cette plateforme, basée sur le cloud, est en libre accès via le site <https://earthengine.google.com>. Elle a permis, par divers algorithmes, d'évaluer les TSS. La TSS est définie comme la température ressentie lorsque la surface du sol est touchée avec les mains (Avdan et Jovanovska 2016 : 1). L'approche cartographique suit les étapes telles que décrites par Avdan et Jovanovska (2016 :2-4), Ermida et al (2020 : 3-9), Wang et Ma (2022 : 1042), Waleed et Sajjad, 2022 :5-8). Il s'agit :

- de la délimitation du champ spatial et temporel ;
- du choix du capteur et de la détermination d'une fonction de masquage des images ;
- du calcul des valeurs statistiques minimale et maximale du NDVI ;
- de l'évaluation, à partir de ces valeurs minimale et maximale du NDVI, de *Fraction of Vegetation Cover* (FVC) ou Fraction de la Couverture Végétale qui correspond à la fraction du sol végétalisée ou à l'étendue spatiale de la végétation verte (Chu 2020 : 4). Cet indice correspond au rapport entre la surface

de végétation projetée verticalement et la surface totale exprimée par rapport à une unité de surface (Song 2017 : 2).

- de la détermination, à partir de FVC, de *Land surface emissivity (LSE)* ou l'émissivité de la surface terrestre définie comme le rapport entre la radiance émise par un corps à la température T et la radiance émise par un corps noir à la même température (Li et al 2013 : 2).

Pour obtenir les TSS, les valeurs de FVC en degré Kelvin ont été converties en degré Celsius à partir de la bande Infrarouge thermique (Bande 10 de Sentinel 2) selon l'expression mathématique suivante :

$$(Tb / (1 + (0.00115 * (Tb / 1.438)) * \log (Ep))) - 273.15$$

1.2.2. Analyse de l'occurrence du risque thermique à travers les îlots de chaleur urbains

L'îlot de Chaleur Urbain (ICU) se caractérise par une température des zones urbaines plus importantes que les espaces ruraux environnants (Renard et al 2019 : 1). Cette variation thermique ressentie particulièrement la nuit peut atteindre des amplitudes de 5 à 10°C entre les microclimats intérieurs de la ville et les microclimats voisins ou entre différentes parties d'une ville (O'malley et al 2014 : 73 ; (Foissard 2015 : 12 ; Ymba 2022 : 4). Les valeurs des ICU ont été déterminées à partir de celles de la TSS à travers l'équation ci-dessous :

$$ICU = TSS - TSS_m / \text{Ecart type}$$

1.2.3. Significativité entre l'occupation du sol et la susceptibilité d'occurrence du risque thermique

Dans l'hypothèse qu'il existe une relation statistique significative entre l'occupation du sol et la distribution spatiale de la susceptibilité d'occurrence du risque thermique, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) et l'indice du bâti par différence normalisée (NDBI) ont été déterminés.

Le NDVI, illustrant l'importance de la biomasse relative (Piao et al 2021 : 6) a été déterminé à partir du canal rouge et du canal NIR suivant l'expression :

$$NDVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red))$$

NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge

Red = valeurs de pixel du canal rouge

Le NDBI utilise quant à lui les canaux NIR et SWIR pour mettre en évidence les zones bâties (Goldblatt et al 2016 : 5) à partir de l'équation suivante :

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$$

SWIR = valeurs de pixel du canal d'onde courte infrarouge

NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge

En sus, une carte d'occupation du sol en vue de déterminer l'emprise du bâti au sol a été également réalisée dans GEE à partir de l'algorithme *Random Forest* (Traoré 2023 : 258).

A partir de ces données, le coefficient de détermination a été déduit afin de se rendre compte de la corrélation entre l'occupation du sol et la distribution spatiale des ICU.

1.2.4. Analyse du confort thermique urbain

Les variations du confort thermique dans la ville de Ferkessédougou ont été déterminées à partir de l'indice de variance du champ thermique urbain. Avec une concentration plus importante là où la zone est sensiblement plus chaude (Wang et al. 2017 : 5 ; Naim and Kafy 2021 : 2), l'indice de variance du champ thermique urbain (IVCTU) permet d'évaluer l'impact des îlots de chaleur urbains sur la qualité de vie des citoyens (Ullah et al 2022 : 5). L'indice de variance du champ thermique urbain ou *Urban Thermal Field Variance Index* (UTFVI) a des effets négatifs importants sur les systèmes urbanisés notamment en termes, entre autres, de pertes économiques indirects, de réduction du confort et de l'augmentation du taux de mortalité (Sejati, Buchori, & Rudiarto 2019 : 2 ; Kaffi et al 2021 : 2). Cet indice a été calculé selon l'équation ci-dessous :

$$IVCTU = (TSS - Tm) / (Tm)$$

Où, *TSS* = température de la surface du sol,

Tm = TSS moyenne de la zone.

Les différents rasters générés à partir des processus de traitement ont été exportés dans l'interface de ArcGIS pour l'élaboration des différentes cartes.

2. RÉSULTATS

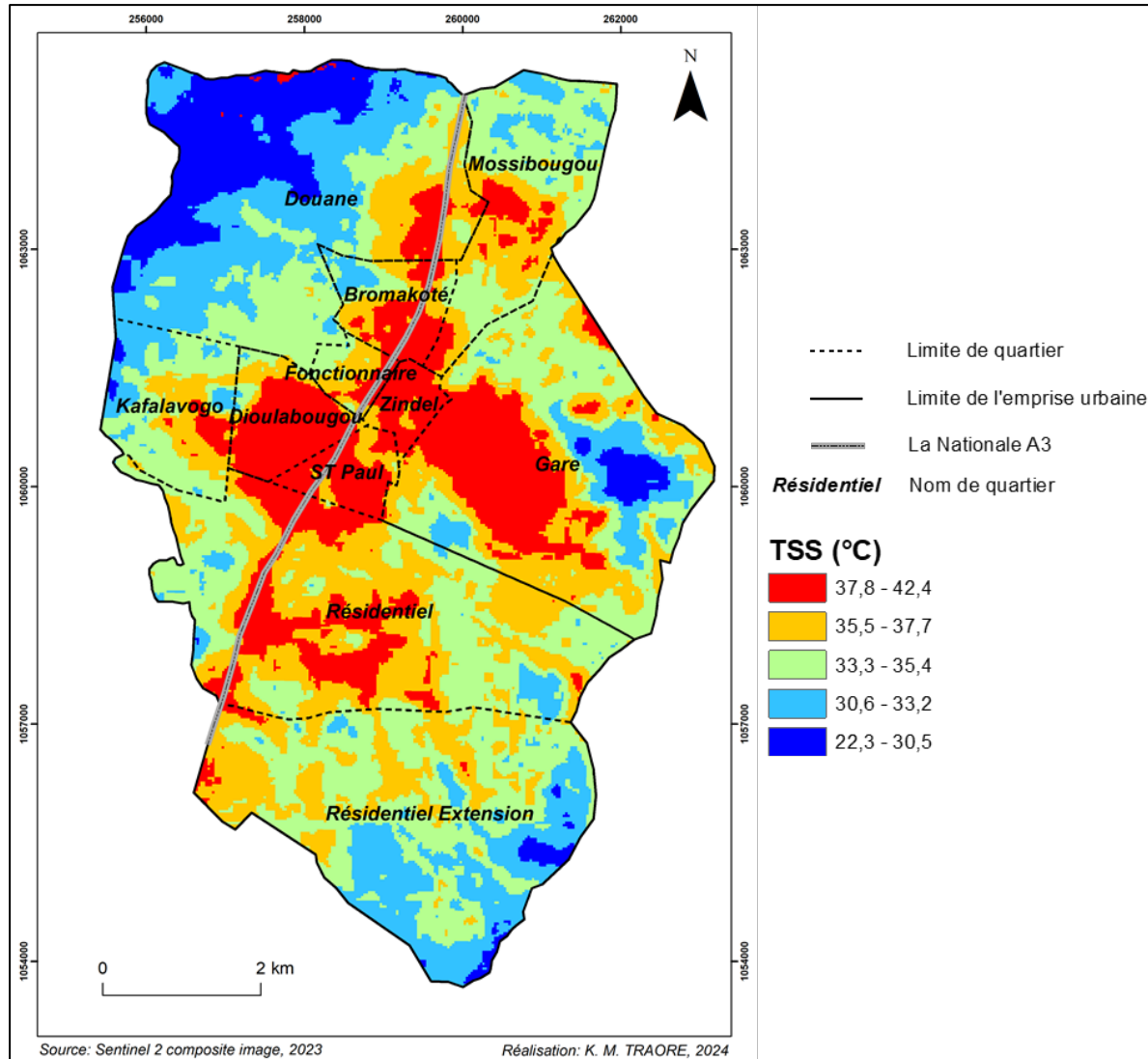
Les résultats portent d'abord, sur la hiérarchisation des températures à la surface du sol à l'effet de mettre en évidence les surfaces les plus chaudes de l'espace urbain et, ensuite, sur l'évaluation de la probabilité d'occurrence du risque thermique et de

l'indice de confort. Les résultats mettent, enfin en exergue, la covariation du type d'occupation du sol et la susceptibilité d'exposition aux vagues de chaleur dans la ville de Ferkessédougou.

2.1. Des Températures de Surface du Sol (TSS) décroissant du centre vers les périphéries

l'évolution des TSS est appréciable au travers d'une carte réalisée sur la ville de Ferkessédougou (fig. 3).

Fig. 3 : Température à la Surface du Sol de Ferkessédougou (mars 2024)



D'après la légende de la carte, la TSS oscille entre une valeur minimum (Xmin) de 22,3° C à une valeur maximum (Xmax) de 42,4° C. Cette série à une moyenne de 34,9°C pour un écart type de 2,9°C qui traduisent une dispersion des valeurs de la série statistique autour de la moyenne relativement faible et des températures de surface qui restent importantes. Quant à la distribution spatiale, les plages sur la carte indiquent une variation

decrecendo des valeurs des températures de surface du centre-ville vers les périphéries. Les quartiers comme Zindel, Dioulabougou, Gare, Saint Paul, Bromakoté, Douane et Résidentiel connaissent les températures de surface les plus importantes. Ces températures qui oscillent entre 37° et 43° se répartissent le long de la Nationale A3 (fig. 4).

Fig 4 : Vue de la Nationale A3



La Nationale A3 relie la Côte d'Ivoire à son hinterland. Elle constitue l'artère principale et névralgique de la ville.

Elle se duplique en boulevard de deux fois deux voies au niveau de la ville de Ferkessédougou. Les principales activités économiques et administratives s'organisent le long de cette voie.

Crédit photo : K. M. Traoré, avril 2024

Plus de détails de la sensibilité à la température sont traduits par un tableau statistique (tabl. I).

Tabl. I : Statistiques des TSS de Ferkessédougou (mars 2024)

Classe (°C)	Surface (ha)	Fréquence (%)	Intensité	Fréquences cumulée croissante (%)	Fréquences cumulée décroissante (%)
22,3 - 30,5	442,3	7,5	Assez faible	7,5	100,0
30,6 - 33,2	971,7	16,5	Faible	24,0	92,5
33,3 - 35,4	1927,8	32,7	Moyenne	56,7	76,0
35,5 - 37,7	1525,0	25,9	Forte	82,5	43,3
37,8 - 42,4	1029,1	17,5	Très forte	100,0	17,5
Total	5895,8	100,0			

Source : Nos traitements, 2024

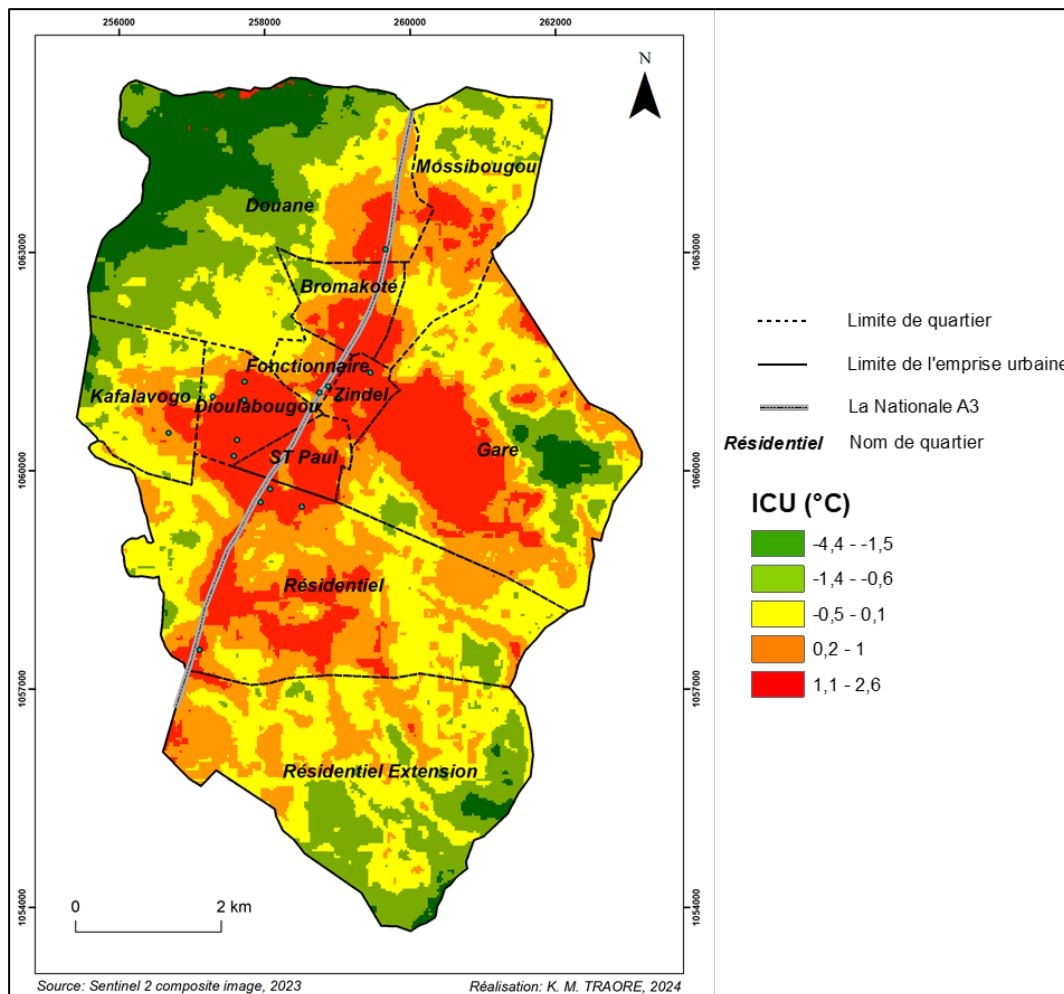
Statiquement, plus des deux cinquièmes du territoire urbain soit 1413,9 ha (43,3%) sont endins à une intensité des TSS variant entre « Forte » et « Très forte » avec des TSS supérieures à 35,5°C. Ainsi, moins d'un quart (24%) soit 1413,9 ha de l'emprise urbaine connaît des températures de surface d'une intensité jugée « Assez faible » ou « Faible » variant entre 22,3°C et 33,2°C. L'intensité moyenne concerne 1927,8 ha (32,7%) avec des températures entre 33,3°C - 35,4°C. Ces espaces coïncident avec les interstices d'extension des quartiers Douane, Résidentiel, Mossibougou, Gare et Kavalavogo. Quel est l'impact de cette répartition des températures de surface du sol sur la formation

des îlots de chaleur urbains dans la ville de Ferkessédougou ?

2.2. Une susceptibilité importante de l'occurrence du risque thermique dans la couronne urbaine centrale

La susceptibilité d'occurrence du risque thermique dans la ville de Ferkessédougou a été évaluée à travers l'ICU. Cette susceptibilité manifeste est mise en évidence par une représentation spatiale du phénomène se manifestant en mars 2024 (fig. 5).

Fig. 5 : Une distribution spatiale des ICU déclinant du centre vers les périphéries



Les valeurs des îlots de chaleur urbains déterminées à partir des TSS diurnes, varient entre $-4,4^{\circ}\text{C}$ et $2,6^{\circ}\text{C}$ selon que l'on se situe dans le noyau central ou en périphérie de la ville de Ferkessédougou (fig. 4). Les quartiers comme Zindel, Dioulabougou, Fonctionnaire, et Gare sont fortement enclins aux îlots de chaleur urbains. Des interstices non négligeables des quartiers Résidentiels, Mossibougou, Douane et Kafalavogo sont également concernés par ce phénomène. Les valeurs des ICU déclinent lorsque l'on s'éloigne de la

partie centrale de la ville. L'amplitude thermique entre les espaces les moins chauds et les espaces les plus chauds est de près de 8°C . Ainsi, les écarts de températures entre les quartiers centraux, les espaces le long de la Nationale A3 et les zones péri-centrales et périphériques peuvent varier jusqu'à près de 8°C . Cette variation se traduit dans l'emprise urbaine en termes de sensibilité probable aux vagues de chaleur et de susceptibilité d'exposition au risque thermique (tabl. II).

Tabl. II : Statistiques des ICU (mars 2024)

Classe ($^{\circ}\text{C}$)	Surface (ha)	Fréquence (%)	Sensibilité aux vagues de chaleur	Occurrence du risque thermique
-4,4 - -1,5	449,0	7,5	Très improbable	Négligeable
-1,4 - -0,6	1042,6	17,4	Improbable	Faible
-0,5 - 0,1	1959,4	32,6	Probable	Moyenne
0,2 - 1	1527,0	25,4	Très probable	Elevée
1,1 - 2,6	1029,1	17,1	Certaine	Très élevée

Source : Nos traitements, 2024

A l'analyse, plus des deux cinquièmes du territoire urbain sont sujets à une sensibilité aux vagues de chaleur jugée « Très probable » à « Certaine » pour une susceptibilité d'occurrence du risque thermique évaluée à « Elevée » et « Très élevée ». Cette importante occurrence du risque thermique couvre environ 2 556 ha.

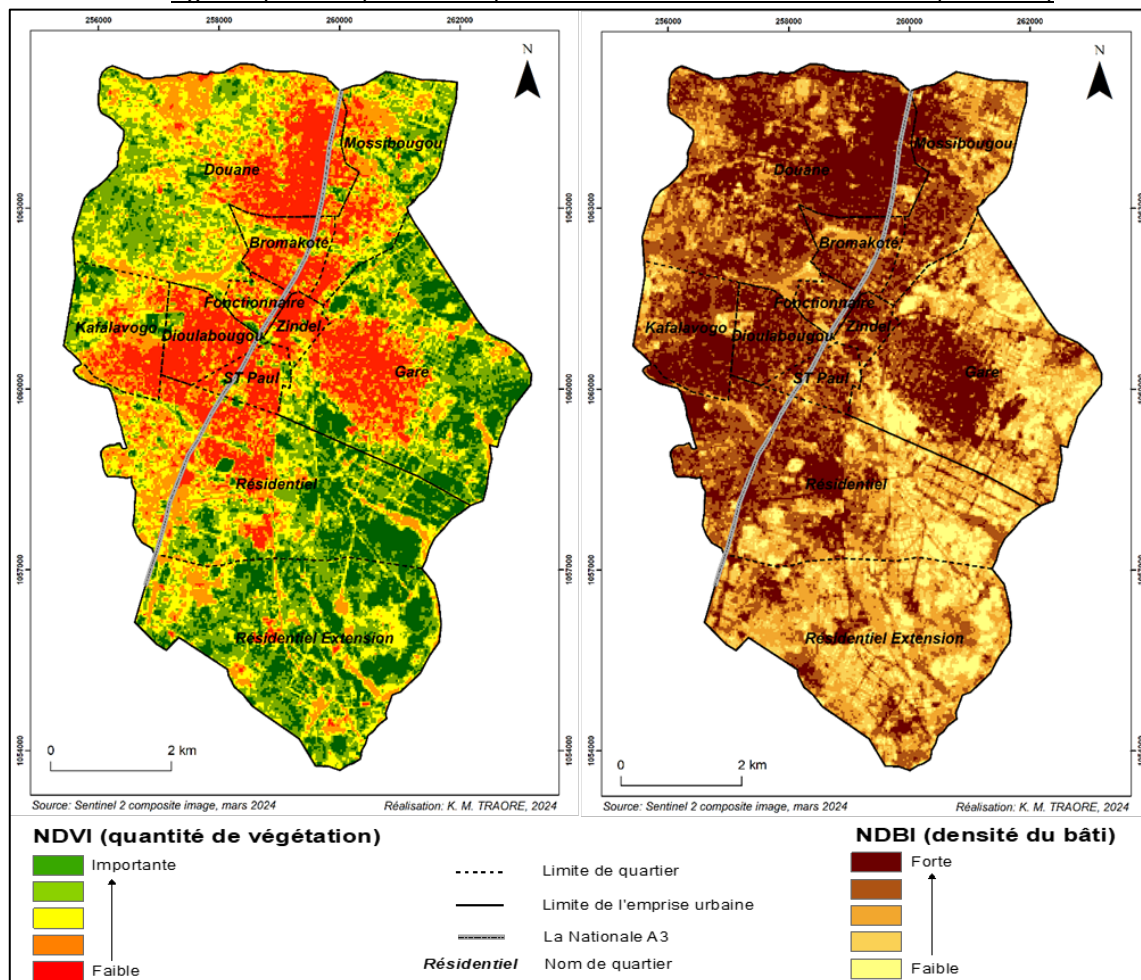
Par ailleurs, seulement un quart des espaces de la ville de Ferkessédougou sur 1 491,6 ha reste à des niveaux de sensibilité aux vagues de chaleur estimés « Très improbable » et « Improbable ». Ces espaces urbains d'une susceptibilité d'occurrence du risque thermique « Faible » voire « Négligeable » sont dits des zones de « fraîcheur » nocturne du fait que l'ICU participe à l'emprisonnement de la chaleur diurne et de son relâchement la nuit sous forme de chaleur sensible et de rayonnement infrarouge.

Somme toute, l'exposition aux vagues de chaleur exprimée sous la forme d'ICU reste un risque d'une probabilité inquiétante dans la ville de Ferkessédougou avec une distribution spatiale uniformément répartie sur l'emprise urbaine.

2.3. Typologie de l'occupation du sol, facteur essentiel de la répartition spatiale de l'ICU

La logique de cette distribution spatiale décroissante des ICU du noyau central vers les espaces périphériques se trouve dans l'occupation de l'espace urbain. En effet, les espaces sans couvertures végétales sont les plus enclins aux ICU. Ce constat a été corroboré par l'analyse du NDVI et du NDBI caractérisant respectivement la qualité de la biomasse et la densité du bâti (fig. 6).

Fig. 6 : Répartition spatiale de la qualité de la biomasse et de la densité du bâti (mars 2024)



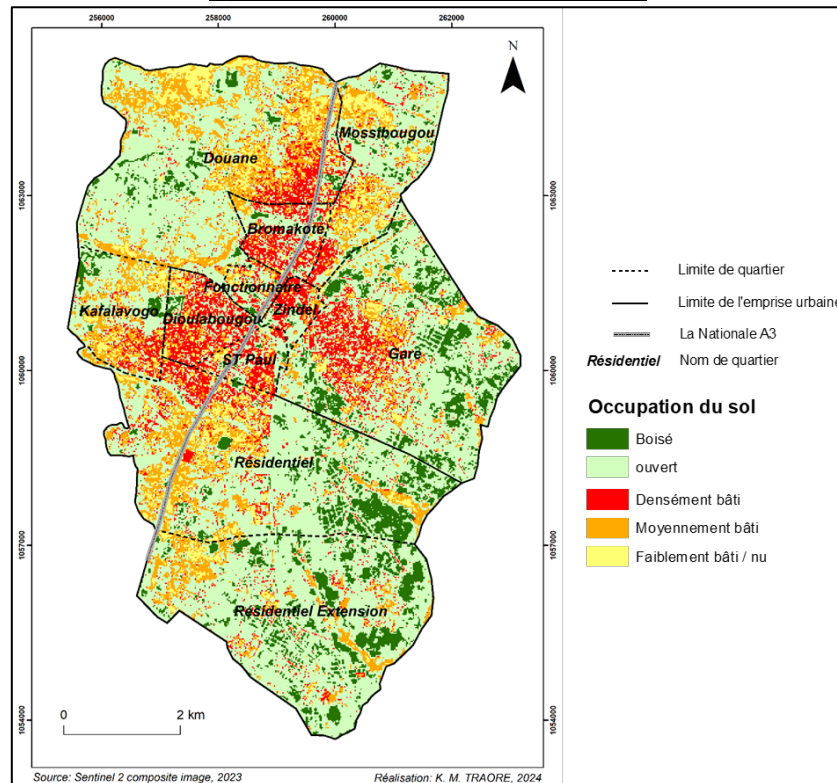
Les cartes ci-dessus indiquent que les espaces de mauvaise quantité de la végétation se répartissent le long de la Nationale A3 et concernent

principalement les quartiers Douane, Bromakoté, Gare, Fonctionnaire, Zindel, Dioulabougou et dans une moindre mesure le quartier Résidentiel.

La quantité importante de la végétation traduite par les valeurs du NDVI les plus élevées se rencontre au sud de la ville et dans les périphéries des quartiers Douane, Mossibougou, Gare et Kafalavogo. Cette distribution spatiale semble vraisemblablement liée à la densité du bâti déterminée selon le NDBI. Les espaces peu végétalisés correspondent aux valeurs de l'indice du bâti par différence normalisée les plus importantes. Inversement, les espaces les moins

bâties présentent des valeurs les plus importantes de NDVI et donc les moins dévégétalisés. Les quartiers fortement dévégétalisés et densément bâtis se superposent aux espaces présentant les fortes sensibilités aux ICU de la figure 4. Cette distribution spatiale des ICU en lien avec l'indice normalisé de la végétation et de l'indice normalisé du bâti est confirmée par la carte de l'occupation du sol (fig. 7).

Fig. 7 : Carte d'occupation du sol (mars 2024)



Les espaces du centre-ville sont les plus enclins à la susceptibilité d'occurrence du risque thermique. Ces espaces concernent les quartiers comme Sant paul, Dioulabougou, Fonctionnaire, Zindel,

Bromakoté, Gare et Douane. L'emprise au sol de ces quartiers est marquée par une densification remarquable du bâti (fig. 8).

Fig. 8 : Densification du bâti au quartiers Douane (à gauche) et Dioulabougou (à droite)



Source: Google earth; 2024

Ces photos aériennes corroborent la densité du bâti au sol dans le centre urbain de Ferkessedougou notamment dans les quartiers Douane et Dioulabougou. Ces quartiers centraux jouent à la fois la fonction de quartiers administratifs mais aussi

de quartiers résidentiels. Les établissements administratifs et sécuritaires importants comme la Préfecture et la gendarmerie sont situés au quartier Douane (fig. 9) et au quartier Mossibougou (fig.10).

Fig. 9 et 10 : Vues de la Préfecture et de la gendarmerie



Crédit photo : K. M. Traoré, avril 2024

Outre la densité du bâti, les constructions sont caractérisées majoritairement par des murs en parpaings et des toits en zinc. Ces matériaux accumulent et emprisonnent le réchauffement diurne du soleil et le relâche sous la forme de chaleur nocturne. Cette propension à l'accumulation de l'énergie solaire s'exacerbe avec la présence de l'asphalte qui revêt la voirie. La conjugaison de tous ces facteurs prédispose le centre-ville aux vagues de chaleur et à la susceptibilité d'occurrence du risque thermique. Cette susceptibilité décline vers les espaces moyennement ou faiblement bâtis et les sols nus.

Les espaces ouverts et boisés connaissent, quant à eux, une susceptibilité d'occurrence du risque thermique relativement négligeable. L'indice « Ouvert » correspond à un ensemble de formes d'occupation du sol regroupant les champs, les jachères, les espaces vagues ou dominés par des graminées. La classe « Boisé » concerne les reliques de forêts naturelles, les aires protégées et les vergers. Ces espaces végétalisés constituent des aires de « fraîcheur » nocturne. L'occurrence négligeable du risque thermique dans ces sous-espaces est fonction de la faible emprise au sol du bâti (fig. 11).

Fig. 11 : Faible emprise au sol du bâti au quartier Douane (à gauche) et Résidentiel (à droite)

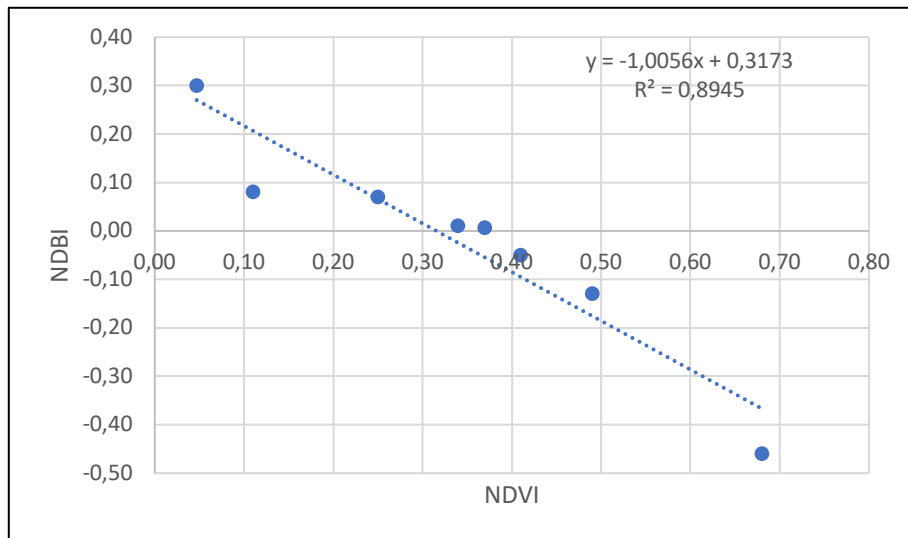


Source: Google earth; 2024

Il s'agit des zones d'extension des quartiers en périphérie de l'emprise urbaine. Ces sous-espaces urbains faiblement bâtis disposent d'une possibilité d'accumulation de l'énergie solaire plus faible. Aussi, son relâchement nocturne sous forme de chaleur sensible et de rayonnement infrarouge reste moins probable.

Ainsi, l'existence d'une hypothèse présageant une relation statistique significative entre l'occupation du sol traduite par le NDVI et le NDBI puis la distribution spatiale des TSS, des ICU et partant de la susceptibilité d'occurrence du risque thermique est-elle plausible. Le recours à la détermination du coefficient de détermination justifie ce postulat (fig. 12).

Fig. 12 : Relation entre la qualité de la biomasse et la densité du bâti (mars 2024)

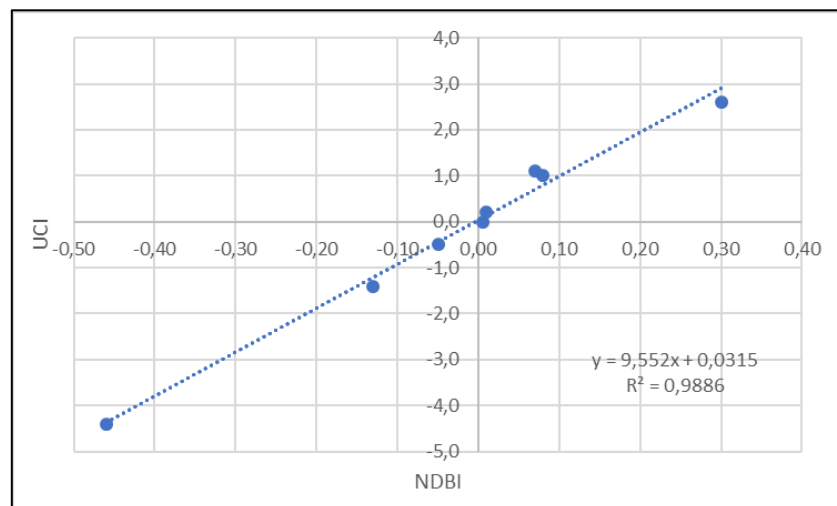


Source : Nos traitements, 2024

A la lumière du coefficient de détermination, nous constatons l'existence d'une forte relation inversement proportionnelle entre la densité du bâti et la qualité de la végétation. Cette forte corrélation négative est attestée par la courbe de tendance avec un coefficient directeur négatif (-1,0056) et un coefficient de détermination (r^2) de 0,89. De ce qui

précède, l'artificialisation des sols induite par la forte densité d'occupation des quartiers le long de la Nationale A3 a contribué à la perte des espaces végétalisés. Ce faisant, il existe une forte corrélation positive entre la densité du bâti et le développement des ICU (fig. 13).

Fig. 13 : Relation entre la densité du bâti et les ICU à Ferkessédougou (mars 2024)



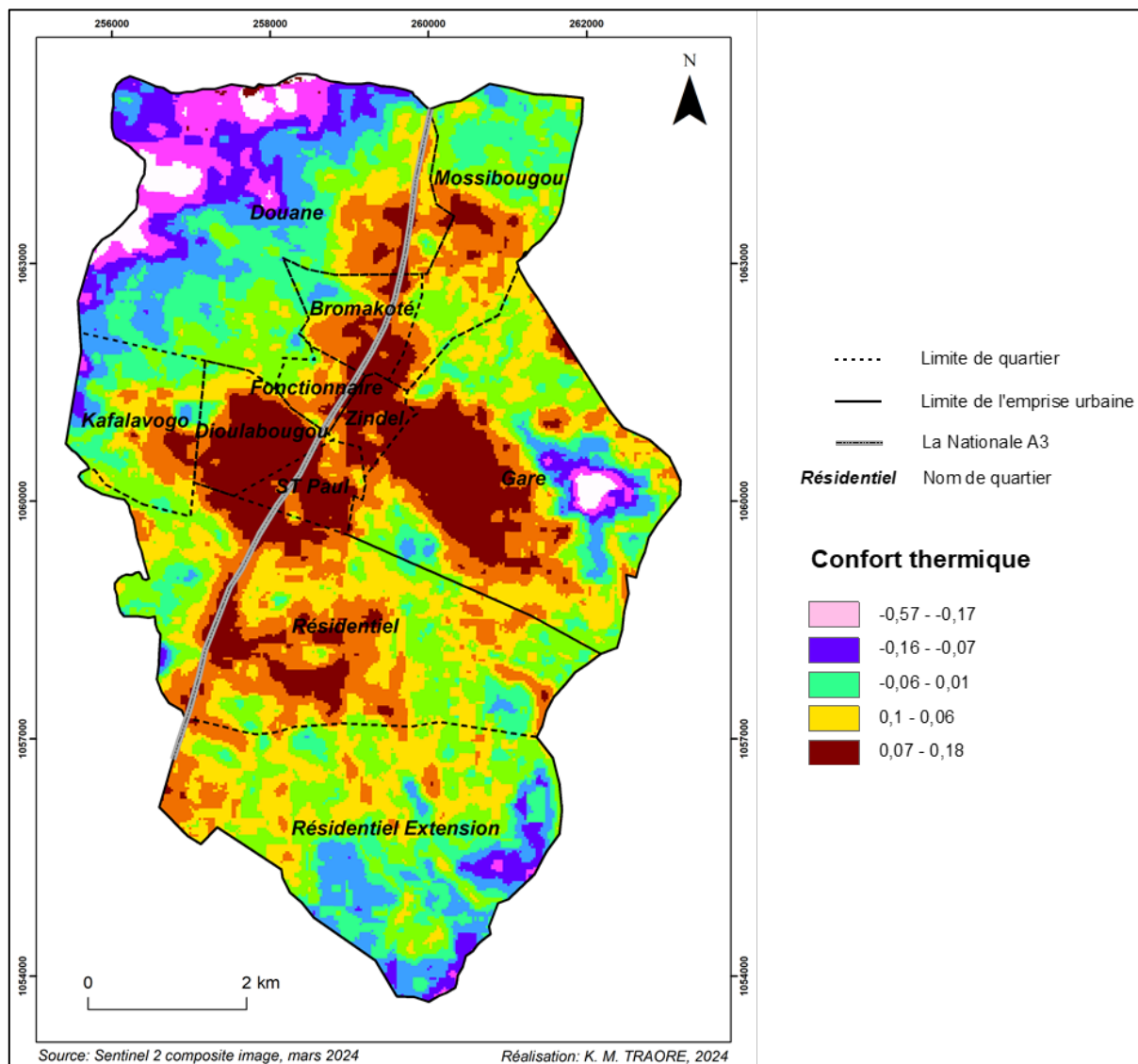
Source : Nos traitements, 2024

Cette corrélation avec un coefficient de détermination ($r^2=0.98$) indique que la disparition du couvert végétal au profit de la densification du bâti au sol explique à 98% la répartition spatiale des vagues de chaleur dans la ville de Ferkessédougou. De ce fait, l'artificialisation des sols induite par le fait urbain est le facteur prépondérant de la sensibilité probable aux ICU dans cette ville. Cette forte corrélation qui explique la prépondérance de la susceptibilité d'occurrence du risque n'est pas sans conséquence sur le confort et la qualité de vie des citadins.

2.4. Une dégradation du confort thermique dans la ville de Ferkessédougou

L'importante sensibilité aux ICU dans les espaces fortement urbanisés a inéluctablement des impacts sur le confort et la qualité de vie des citations. Ces impacts peuvent être évalués à travers l'indice de variance du champ thermique urbain (IVCTU) calculé à partir des valeurs des TSS et leur moyenne (fig. 14).

Fig. 14 : Hiérarchisation de l'indice de confort thermique (mars 2024)



Dans la ville de Ferkessédougou, l'IVCTU varie d'un minimum ($X_{min}= -0,57$) à un maximum ($X_{max}=0,18$). Les plus fortes valeurs de cet indice indiquent les espaces les plus chauds avec un confort thermique et une qualité de vie

relativement moins bons. Par contre, plus ces valeurs décroissent davantage elles correspondent plutôt à une amélioration du confort thermique et de la qualité de vie.

Les valeurs les plus importantes de l'IVCTU concernent les quartiers densément bâtis. Il s'agit notamment de Saint Paul, Gare, Zindel, Dioulabougou et Résidentiel et les interstices le long de la Nationales A3. L'indice périclitise vers les quartiers péricentraux et périphériques de la ville. L'extrême sud de la ville et les espaces d'extension du quartier Douane et Gare restent ainsi les sous-espaces avec les plus faibles valeurs de l'IVCTU.

A l'analyse, les espaces qui connaissent la dégradation du confort thermique coïncident avec les importants ICU dans la ville de Ferkessédougou. La vie des citoyens reste vraisemblablement plus confortable en périphérie qu'au centre-ville. Afin de mieux apprécier la distribution spatiale de ce phénomène, notre modèle d'analyse a discrédité les valeurs de l'IVCTU selon cinq catégories : (i) Bon, (ii) Normal, (iii) Mauvais, (iv) Très mauvais et (v) Pire (tabl. III).

Tabl. III : Statistiques du confort thermique (mars 2024)

Classe	Surface	Fréquence (%)	Confort thermique
0,07 - 0,18	347,1	5,9	Bon
0,1 - 0,06	777,7	13,2	Normal
-0,06 - 0,01	1753,8	29,7	Mauvais
-0,16 - -0,07	1753,7	29,7	Très mauvais
-0,57 - -0,17	1263,2	21,4	Pire

Source : Nos traitement, 2024

Ainsi, l'inconfort urbain (mauvais, très mauvais et pire) couvre plus des quatre cinquièmes de l'espace urbain soit 4 770 ha. Moins d'un quart du territoire urbain reste dans une zone de confort jugée bonne ou normale. Aussi, l'occurrence de vagues de chaleur apparaît comme un risque majeur dans la ville de Ferkessédougou. Environ 8 habitants de la cité sur 10 sont susceptibles d'être exposés à ce risque.

3. DISCUSSION

3.1. Le *Machine Learning*, une opportunité pour l'analyse spatiale

Outre les enquêtes in situ, l'approche méthodologique se base essentiellement sur le *Machine Learning* ou l'apprentissage automatique. Sous-catégorie de l'intelligence artificielle, le *Machine Learning* permet de modéliser des motifs récurrents dans un ensemble de données à partir d'algorithmes (Robert 2020 : 1 ; Mahesh 2020 : 381). Dans cette étude, la modélisation s'est faite dans Google Earth Engine, plateforme basée sur le cloud (Ermida et al 2020 : 1 ; Waleed & Sajjad 2022 : 2). Ce processus de dématérialisation combiné à la modélisation spatiale a permis, à partir d'images satellites, d'évaluer les températures de surface du sol (TSS) et les Îlots de Chaleurs Urbains (ICU) (Waleed & Sajjad 2022 : 2).

À l'instar des conclusions de Ermida et al (2020 : 17), l'utilisation des images satellites dans un environnement automatisé est particulièrement appropriée pour cette étude car elle fournit des cartes à haute résolution spatiale (10 m) qui conviennent à un large éventail d'applications. Par ailleurs, le suivi de ces phénomènes climatiques apparaît plus aisé du fait également d'une haute résolution temporelle de 5 jours du capteur Sentinel 2 (Onačillová et al 2022 : 1). Ainsi, malgré les imperfections du modèle de réduction d'échelle, les modèles dérivés d'une résolution de 10 m offrent une meilleure perception du champ des TSS et des ICU qui peut être facilement associé aux caractéristiques de l'occupation du sol présentes dans l'environnement urbain (Onačillová et al 2022 : 1).

3.2. Convergence de vue sur le facteur essentiel de développement des ICU

Tout comme les TSS, l'étude montre que les ICU se répartissent décroissant des quartiers centraux vers les quartiers péricentraux et périphériques. Cette distribution spatiale est corrélée à la qualité de la végétation et la densité du bâti. En effet, au regard de l'analyse du NDVI et du NDBI, la distribution spatiale des niveaux des ICU et du confort thermique est intrinsèquement fonction de l'occupation urbaine. Les sous-espaces du territoire urbain les plus

densément bâtis sont soumis à une importante sensibilité aux ICU et à un inconfort remarquable. Par ailleurs, les périphéries relativement mieux végétalisées connaissent une sensibilité faible aux ICU avec un confort thermique relativement bon. Somme toute, le fait urbain est le facteur prépondérant du développement d'îlots de chaleur urbains à Ferkessédougou. Ce résultat corrobore les conclusions de T. Y. Brou et al (2024, p.13) dans la capitale Rwandaise, Kigali. Par ailleurs, N. Ullah et al (2022, p. 9) sont arrivés aux mêmes constats dans la ville de Tianjin en Chine.

En réalité, selon le constat de Kastendeuch et al (2023 : 1) dans l'agglomération Strasbourgeoise, l'artificialisation des sols agit sur les températures et est subséquentement propice à la formation des ICU. Ainsi, à Ferkessédougou comme à Londres et à Abidjan, les zones de température maximale se trouvent dans la partie centrale la plus densément bâtie (O'malley et al 2014 : 73 ; et Ymba 2022 : 11). Les espaces végétalisés en périphéries constituent les zones les plus fraîches. De toute évidence, l'urbanisation engendre une modification locale du climat (Dubreuil et al 2018 : 2) dont l'ICU est la manifestation la plus remarquable (Foissard 2015 : 1). Ces ICU agissent également par rétroaction sur la ville sous forme de vague de chaleur et de stress thermique facteurs divers d'inconforts mesurés à travers l'indice de confort thermique.

Le stress thermique peut contribuer selon certaines études, outre la réduction du confort, à des malaises (fortes migraines, extrêmes fatigues, coup de chaleur, corps chaud, toux sèche, vertige, perte de connaissances et douleur à la poitrine), à une augmentation du taux de mortalité, à une perte économique indirecte entre autres (Naim & Kafy 2021 : 5 ; Ymba 2022 : 11). Dans ce contexte de variabilité climatique marquée par un recul de la pluviométrie et un assèchement des zones humides dans le nord de la Côte d'Ivoire (Bini 2023 : 42), les choix d'aménagements devraient davantage s'axer sur la revégétalisation et la construction de villes plus vertes et plus résilientes aux chocs environnementaux en cours.

CONCLUSION

La ville de Ferkessédougou située à environ une centaine de kilomètres au sud de la zone sahélienne est soumise à une forte sensibilité aux ICU et à une susceptibilité d'occurrence importante du risque thermique. Plus des deux tiers

de l'espace urbain et environ 8 citadins sur 10 sont susceptibles d'être exposés à des vagues de chaleur extrêmes. Le facteur prépondérant de cette importante occurrence du stress thermique est l'artificialisation des sols induite par le développement urbain. La forte densité du bâti au sol et la propension des matériaux de construction à l'accumulation de l'énergie du soleil créent une intensification de la chaleur sous l'effet de l'albédo. A l'analyse, il existe une relation statistique significative entre les types d'occupation du sol et la distribution spatiale des ICU. Ce lien statistique, relativement fort attesté par un coefficient de détermination r^2 de 0,9, a vraisemblablement un impact sur le confort et le bien-être des populations évalués à travers l'IVCTU.

L'étude se limite à l'évaluation des ICU et à la hiérarchisation de la susceptibilité d'exposition aux vagues de chaleur extrêmes. L'occurrence importante de cette exposition, mise en relief par les résultats de cette étude, exige une analyse plus approfondie du risque thermique à travers l'évaluation de la vulnérabilité des enjeux urbains (personnes, biens et activités). En outre, l'analyse de la résilience des populations à travers leur niveau de préparation et leur capacité d'adaptation reste également impérative. Ces analyses qui sont indispensables pour la réduction du risque thermique dans un contexte global de réchauffement climatique, s'inscrivent dans les perspectives de nos travaux de recherche.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AVDAN Ugur & JOVANOVSKA Gordana, 2016. « Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data ». *Journal of sensors*, vol., p. 1-8.

Disponible en ligne :

<https://doi.org/10.1155/2016/1480307>

[dernier accès, juin 2024].

BAHATI Linet, 2024. *More than 100 die as extreme heatwave devastates Mali*, *BBC Monitoring, Nairobi*. Disponible en ligne :

<https://www.bbc.com/news/live/world-africa-68651946> [dernier accès, juin 2024].

BINI Kobenan Etienne, N'DA Kouadio Christophe & TOURE Augustin Tiyégbo, 2023. « Changement climatique et dégradation des zones humides : vers un assèchement des bas-fonds des régions du

centre de la Côte d'Ivoire », Revue Espaces Africains 3 2023 (Varia), ISSN : 2957- 9279, p. 39-55.

BROU Téléphore Yao, RWANYIZIRI Gaspard & UWAYEZU Ernest, 2024. « Dynamique urbaine et développement d'îlots de chaleur urbains à Kigali, Rwanda », *Les Cahiers d'Afrique de l'Est / The East African Review* Disponible en ligne : <http://journals.openedition.org/eastafrica/4500> ; DOI :<https://doi.org/10.4000/eastafrica.4500> [dernier accès, juin 2024].

CHU Duo, 2020. « Fractional Vegetation Cover. In: Remote Sensing of Land Use and Land Cover in Mountain Region», . *Springer*, Singapore. Disponible en ligne : https://doi.org/10.1007/978-981-13-7580-4_10 [dernier accès, juin 2024].

Copernicus Climate Change Service (C3S), 2024. *Temperature and thermal stress, ESOTC 2023*, Europe, Disponible en ligne : <https://climate.copernicus.eu/esotc/2023/temperature-and-thermal-stress> [dernier accès, juin 2024].

ERMIDA Sofia L, SOARES Patrícia, MANTAS Vasco GÖTTSCHE Frank-M. & TRIGO Isabel F., 2020. « Google earth engine open-source code for land surface temperature estimation from the landsat series». *Remote Sensing*, vol. 12, no 9, p. 1471. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.3390/rs12091471> [dernier accès, juin 2024].

FOISSARD Xavier, 2015. *L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique : application à l'agglomération rennaise*. Thèse de doctorat de géographie de l'Université Rennes 2, Rennes, 248 p.

FOISSARD Xavier, DUBREUIL V Vincent & QUÉNOL Hervé, 2019. « Defining scales of the land use effect to map the urban heat island in a mid-size European city: Rennes (France) ». *Urban Climate*, vol. 29 pp.100490. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100490> [dernier accès, juin 2024].

GOLDBLATT Ran, YOU Wei, HANSON Gordon & KHANDELWAL Amit, 2016. «Detecting the boundaries of urban areas in india: A dataset for pixel-based image classification in google earth engine». *Remote Sensing*, vol. 8, n° 8, p634.

<https://doi.org/10.3390/rs8080634> [dernier accès, juin 2024].

IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies), 2024. *Deadly heatwave in the Sahel and West Africa would have been impossible without human-caused climate change*, Press release, Disponible en ligne : <https://www.ifrc.org/nota-prensa/>. [dernier accès, juin 2024].

JENKS George F. & CASPALL Fred C., 1971. «Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction», *Annals of the Association of American Geographers*, 61:2, 217-244, Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1971.tb00779.x> [dernier accès, juin 2024].

KAFY Abdulla-Al, RAHMAN Md Shahinoor, ISLAM Muhaiminul, RAHMAN Shahinoor, ISLAM Muhaiminul, AL RAKIB Abdullah, ISLAM Arshadul, KHAN Hasib Hasan, SIKDAR Soumik, SARKER Hasnan Sakin, MAWA Jannatul & SATTAR Golam Shabbir, 2021. «Prediction of seasonal urban thermal field variance index using machine learning algorithms in Cumilla, Bangladesh». *Sustainable Cities and Society*, vol. 64, p. 102542. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102542> [dernier accès, juin 2024].

KASTENDEUCH Pierre, MASSING Naïs, SCHOTT Elsa PHILIPPS Nathalia & LECOMTE Karen, 2023. « Vulnérabilité et îlot de chaleur urbain : les facteurs du risque thermique nocturne à Strasbourg ». *Climatologie*, vol. 20, p. 14. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1051/climat/202320009> [dernier accès, juin 2024].

LI Zhao-Liang, WU Hua, WANG, Ning, QIU Shi, SOBRINO José A., WAN Zhengming, TANG Bo-Hui & YAN Guangjian, 2013. «Land surface emissivity retrieval from satellite data». *International Journal of Remote Sensing*, vol. 34, no 9-10, p. 3084-3127. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.716540> [dernier accès, juin 2024].

MALJEAN-DUBOIS Sandrine, 2023. *Après la COP28, fin de partie pour les énergies fossiles ?*

MAHESH Batta, 2020. «Machine learning algorithms-a review», *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 9, no 1, p. 381-386.

MCBEAN Gordon et AJIBADE Idowu, 2009. «Climate change, related hazards and human settlements». *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 1, no 2, p. 179-186.

Disponible en ligne :

<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.10.006>

[dernier accès, juin 2024].

N'GUESSAN Atsé Alexis Bernard, OGOU Atsé Willy Arnaud & MOUTO Gnakan Maguil. 2021. « Réflexions sur l'implantation de ports secs dans l'arrière-pays du port d'Abidjan et de San-Pedro: les cas de Ferkessédougou et Odienné au nord de la Côte d'Ivoire » in N'GUESSAN (A. B), CORDEL (D.) et COULIBALY (K.) (dirs). *Les ports secs: Outil d'accélération socio- économique en Afrique Atlantique*, EMS Edition, Caen, pp 191-221.

NAIM Md Nazmul Huda & KAFY Abdulla-Al, 2021. «Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city»: A remote sensing and statistical approach». *Environmental Challenges*, vol. 4, p. 100107. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100107> [dernier accès, juin 2024].

O'MALLEY Christopher, PIROOZFARB Poorang AE, FARR Eric RP & GATES Jonathan, 2014. «An investigation into minimizing urban heat island (UHI) effects: A UK perspective». *Energy Procedia*, vol. 62, p. 72-80.

ONAČILLOVÁ Katarína, GALLAY Michal, PALUBA Daniel, PÉLIOVÁ Anna, TOKARČÍK Ondrej & LAUBERTOVÁ Daniela, 2022. «Combining landsat 8 and sentinel-2 data in google earth engine to derive higher resolution land surface temperature maps in urban environment». *Remote Sensing*, vol. 14, no 16, p. 4076.

PIAO Yong, JEONG Seunggyu, PARK Sangjin & LEE Dongkun, 2021. «Analysis of land use and land cover change using time-series data and random forest in North Korea». *Remote Sensing*, vol. 13, no 17, 3501. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.3390/rs13173501h> [dernier accès, juin 2024].

RENARD, Florent, ALONSO, Lucille, FITTS, Yasmin HADJIOSIF Adeline & COMBY Jacques, 2019. « Evaluation of the effect of urban redevelopment on surface urban heat islands». *Remote Sensing*, vol. 11, no 3, 37 p.

RICHARDS Daniel R. & BELCHER Richard N., 2020. « Global changes in urban vegetation cover», *Remote Sens.*, vol. 12, p. 23.

ROBERT Jérémy, 2020. « Machine Learning : Définition, fonctionnement, utilisations », *DataScientest*. Disponible en ligne : <https://datascientest.com/machine-learning-tout-savoir> [dernier accès juin 2024].

SEJATI Anang Wahyu, BUCHORI Imam & RUDIARTO Iwan, 2019. « The spatio-temporal trends of urban growth and surface urban heat islands over two decades in the Semarang Metropolitan Region». *Sustainable Cities and Society*, 2019, vol. 46, p. 101432. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101432> [dernier accès juin 2024].

SODEXAM (La Société d'exploitation et de développement aéroportuaire, aéronautique et météorologique), 2024. *Climat : température record de 41°C enregistrée en Côte d'Ivoire de janvier à mars 2024*, Portail Officiel du Gouvernement de Côte d'Ivoire, Disponible en ligne : <https://www.gouv.ci/actualite-article.php?recordID=16603&d=1> [dernier accès, juin 2024].

SONG Wanjuan, MU Xihan, RUAN Gaiyan, GAO Zhan, LI Linyuan & YAN Guangjian, 2017. « Estimating fractional vegetation cover and the vegetation index of bare soil and highly dense vegetation with a physically based method». *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 2017, vol. 58, p. 168-176. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.01.015> [dernier accès, juin 2024].

THE UNITED NATIONS, 2022. *The Sustainable Development Goals Report 2022*. New York. Disponible en ligne : <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/> [dernier accès, juin 2024].

THE UNITED NATIONS, 2023. *The Sustainable Development Goals Report 2023: Special edition. Towards a Rescue Plan for People and Planet*. New York. Disponible en ligne : <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/> [dernier accès, juin 2024].

TRAORE Kinakpefan Michel, 2023. «Monitoring of land use dynamics in the autonomous district of Abidjan between 2002 and 2022 using the google earth engine platform», *International Journal of Research and Review*. 10(5): 255-268. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.52403/ijrr.20230532> [dernier accès, juin 2024].

TZOULAS Konstantinos, KORPELA Kalevi, VENN Stephen PELKONEN Vesa Yli-, KAŻMIERCZAK Aleksandra, NIEMELA Jari & JAMES Philip, 2007. «Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review». *Landsc. Urban Plan.*, 81, 167–178.

ULLAH Nadeem, SIDDIQUE Muhammad Amir, DING Mengyue, GRIGORYAN Sara, ZHANG Tianlin & HU Yike, 2022. «Spatiotemporal Impact of Urbanization on Urban Heat Island and Urban Thermal Field Variance Index of Tianjin City, China». *Buildings*, 12, 399. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.3390/buildings12040399> [dernier accès, juin 2024].

WALEED Mirza & SAJJAD Muhammad, 2022. «Leveraging cloud-based computing and spatial

modeling approaches for land surface temperature disparities in response to land cover change: Evidence from Pakistan». *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 25, p. 100665. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100665> [dernier accès, juin 2024].

WANG Haiting, ZHANG Yuanzhi, TSOU Jin Yeu & LI Yu, 2017. «Surface urban heat island analysis of shanghai (China) based on the change of land use and land cover». *Sustainability* 9. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.3390/su9091538> [dernier accès, 2024].

World Meteorological Organization (WMO), 2023. *Provisional State of the Global Climate 2023*

WANG Xian, ZHONG Lei & MA Yaoming, 2022. «Estimation of 30 m land surface temperatures over the entire Tibetan Plateau based on Landsat-7 ETM+ data and machine learning methods», *International Journal of Digital Earth*, 15:1, 1038-1055. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2088873> [dernier accès, 2024].

YMBA Maimouna, 2022. « Analyse des effets des îlots de chaleur urbains sur la santé des populations de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) », *Fondation Croix-Rouge française, Les Papiers de la Fondation*, n° 46, Décembre 2022, 24 p.

AUTEUR

Kinakpefan Michel **TRAORE**
 Enseignant-chercheur, Département de géographie
 Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (Côte d'Ivoire)
 Courriel : traoremichel50@yahoo.fr



© Édition électronique

URL – Revue Espaces Africains : <https://espacesafricains.org/>

Courriel – Revue Espaces Africains : revue@espacesafricains.org

ISSN : 2957-9279

Courriel – Groupe de recherche PoSTer : poster_ujlog@espacesafricains.org

URL – Groupe PoSTer : <https://espacesafricains.org/poster/>

© Éditeur

- Groupe de recherche Populations, Sociétés et Territoires (PoSTer) de l'UJLoG
- Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) - Daloa (Côte d'Ivoire)

© Référence électronique

Kinakpefan Michel TRAORE, «*Évaluation de la susceptibilité d'occurrence du risque thermique dans une ville septentrionale de la Côte d'Ivoire : Ferkessédougou*», Numéro varia (En ligne), (Numéro 1 | 2024), ISSN : 2957- 9279, p. 25-44, mis en ligne, le 30 juin 2024.

INDEXATIONS INTERNATIONALES DE LA REVUE ESPACES AFRICAINS



Voir impact factor : <https://sjifactor.com/passport.php?id=23718>



Voir la page de la revue dans Road : <https://portal.issn.org/resource/ISSN/2957-9279>



Voir la page de la revue dans Mirabel : <https://reseau-mirabel.info/revue/15151/Espaces-Africains>



Voir la revue dans Sudoc : <https://www.sudoc.abes.fr/cbs/xslt/DB=2.1//SRCH?IKT=12&TRM=268039089>
