

Changement climatique, îlot de chaleur urbain au Niger de 2012 à l'horizon 2035: Cas de la ville de Tahoua

Garba Boubacar*, Yahouza Zaneidou, Harouna M. Abdoul Razack

Université Djibo Hamani de Tahoua, Faculté des Sciences d'Education, Département des didactiques des disciplines

Reçu: 10 Aout 2023 / Reçu sous sa forme révisée: 19 Octobre 2023 / Accepté: 27 Novembre 2023

Résumé:

Cette étude d'îlot de chaleur urbain à Tahoua ville sur la période allant de 2012 à l'horizon 2035 repose sur l'utilisation des données relatives à la population et à la vitesse du vent de référence. L'objectif de ce travail est d'utiliser ces données pour déterminer l'intensité d'îlot de chaleur urbain en fonction de l'accroissement de la densité de la population. Ainsi, il a été montré que l'intensité de l'îlot de chaleur urbain augmente avec la densité de la population et diminue pour une valeur plus grande de la vitesse du vent.

Mots-clés : Ilot de chaleur ; Tahoua ville ; Population ; Vitesse du vent.

Abstract:

This study of urban heat island in Tahoua city from 2012 to 2035 is based on the use of data relating to the population and the reference wind speed. The objective of this work is to use these data to determine the intensity of the urban heat island as a function of the increase in population density. Thus, it has been shown that the intensity of the urban heat island increases with population density and decreases for a greater value of wind speed.

Keywords : Heat Island ; Tahoua city; Population; Wind speed.

1 Introduction

Le changement climatique représente actuellement l'un des défis les plus complexes à la survie de l'humanité. Aucune nation ne peut faire face toute seule à ses effets. L'Afrique a été identifiée comme le continent le plus vulnérable aux

effets de la variabilité et du changement climatiques [1]. Cette vulnérabilité est encore plus forte dans la sous-région ouest africaine et particulièrement dans le Sahel où le taux de réchauffement dépasse la moyenne mondiale [2, 3].

*Auteur correspondant:

Adresse e-mail: gboubacar5@gmail.com (B. Garba)

Le rapport de 2013 du groupe d'Experts sur l'évolution du Climat [1] confirme qu'au cours du XXI^{ème} siècle, le réchauffement climatique, en Afrique, devrait être plus important qu'au niveau mondial. Aussi, assistera-t-on de plus en plus à des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les inondations, les sécheresses et, très souvent, les phénomènes de vagues de chaleur.

Le Niger, par sa position latitudinaire, bénéficie d'un ensoleillement extrêmement intense avec une couverture nuageuse rare entraînant une forte élévation des températures, qui mérite le qualificatif de stressant. Le climat se caractérise par trois grandes saisons à savoir une saison froide de novembre à février avec un fort différentiel thermique quotidien ; une saison chaude allant de mars à juin avec un différentiel thermique atténué avec des températures maximales moyennes dépassant 40 °C et une saison humide de juin à septembre caractérisée par une hygrométrie et une baisse des températures moyennes [4]. Les risques naturels dévastateurs (sécheresse, vent violent, vagues de chaleur) sont grands. Ils entraînent l'insuffisance des précipitations ou des inondations, de forts moments de chaleur, des pertes en vies humaines, des pertes économiques, des dégâts au plan environnemental et des répercussions sur la santé. Les périodes de forte chaleur coïncident avec des coupures intenses d'électricité, ce qui accentue le phénomène des îlots de chaleur urbain (augmentation de la morbidité et de la mortalité chez certains groupes plus vulnérables, forte poussée démographique, forte densité urbaine, etc.) Nous avons analysé dans ce travail, l'effet de l'augmentation de la population et avons conclu que l'intensité de l'îlot de chaleur urbain augmente avec la densité de la population mais diminue pour une vitesse du vent plus grande. Il est donc nécessaire d'entreprendre des campagnes de sensibilisation au phénomène des îlots de

chaleur en milieu urbain dans une perspective de santé publique.

2 Données et Méthodologie

2.1 Présentation de la zone d'étude

Le Niger est un pays sahélien, situé au sud du Sahara qui s'étend sur une superficie de 1.267.000 km². Il est caractérisé par un climat tropical chaud et sec avec deux saisons principales: une saison sèche de mi-octobre à mi-mars et une saison humide de mi-mars à mi-octobre. La répartition pluviométrique du pays connaît un gradient positif du nord au sud ; ce qui définit un total de quatre zones climatiques : zone sahélo soudanienne, zone sahélienne, zone sahélo saharienne et zone saharienne (source: Direction de météorologie nationale du Niger, 2012). Le choix de la ville de Tahoua (Figure 1) est justifié par le fait qu'elle est traversée par la zone subsaharienne, puis par la zone de savane comprise entre les isohyètes 300 et 600 mm [5, 6].



Fig. 1. Carte de la région de Tahoua et les limites administratives [5].

A l’instar des autres villes du Niger, la ville de Tahoua est confrontée depuis quelques années à une urbanisation (construction des voies bitumées, logements, et autres infrastructures) et une démographie galopante. Cela accroît la vulnérabilité à certains phénomènes climatiques extrêmes comme les vagues de chaleurs ou encore des inondations [7]. En revanche, le cycle annuel de la température présente deux maxima respectivement aux mois d’avril et octobre et un minimum relatif en août correspondant au pic de la pluviométrie [3]. Les coordonnées géographiques de la ville de Tahoua sont : latitude 14°48’40’’ Nord et longitude 5°15’52’’ Est.

D’après Lachance *et al.* [8], six principaux facteurs interviennent dans la formation, l’intensité et la variabilité spatio-temporelle des îlots de chaleur. Ces principaux facteurs sont de nature climatique (ciel clair, absence de vent, pollution atmosphérique), énergétique (rejet de chaleur provenant de la consommation énergétique), géographique (emplacement de la ville), morphologique (densité des bâtiments, concentration et taux de croissance des végétaux), politique (pratique d’aménagement du territoire) et structurelle (taille de la ville, rapport de surface minéralisée, végétalisée, occupation du sol).

2.2 Données

Dans cette étude, nous avons utilisé les données statistiques des populations de 2012 à l’horizon 2035, la plus grande valeur de vitesse du vent des maximales (6,8m/s), la plus petite valeur des minimales (2m/s) ainsi que leur moyenne (4,4m/s) calculée ($\frac{V_{max}+V_{min}}{2}$). Pour réaliser notre projection nous avons considéré ces deux extrêmes et leur moyenne sur la période d’étude (2012 à l’horizon 2035). Les données de

population sont issues de l’Institut National de la statistique de la région de Tahoua au pas de temps annuel et celles des vitesses du vent de la banque de données de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) au pas de temps mensuel sur la période allant de 2000 à 2014. La DMN a préalablement effectué tous les contrôles de qualité nécessaires des données.

2.3 Méthodologie

Nous cherchons à déterminer la variation d’îlot de chaleur urbain en fonction de la densité de la population et de la valeur de la vitesse du vent à Tahoua ville.

L’écart de température maximum entre la ville et la campagne environnante ou encore la variation de la température entre la cité et le milieu environnant (ΔT_{URMAX}) en fonction de la population et de la vitesse du vent est donné par l’équation (1) [9].

$$\Delta T_{URMAX} = \frac{P^{0,25}}{(4U)^{0,5}} \quad (1)$$

Où P est le nombre d’habitants, U est la vitesse du vent de référence en m/s.

En considérant 2012 (début de la période d’étude) comme année de référence, on obtient les résultats consignés dans le tableau 1. Ceux-ci indiquent l’accroissement de l’intensité de l’ICU (valeurs en italique) en fonction de la population de 2012 à l’horizon 2035.

La valeur de ΔT_{URMAX} correspondant à la différence entre l’année *j* et l’année *i* est donnée par l’équation (2).

$$\Delta T_{URMAX} = \Delta T_{URMAX(j)} - \Delta T_{URMAX(i)} \quad (2)$$

Avec *i* = 2012 (début de la période d’étude) et *j* variant de 2013 à 2035.

Tableau 1

Effet d'îlot de chaleur urbain en fonction de la population et de la valeur de vitesse du vent.

Année	Population	ΔT_{URMAX} (°C)	ΔT_{URMAX} (°C)	ΔT_{URMAX} (°C)
		à 6,8 m/s	à 4,4 m/s	à 2 m/s
2012	148412	3,76 <i>0</i>	4,67 <i>0</i>	6,93 <i>0</i>
2013	154167	3,79 <i>0,03</i>	4,72 <i>0,05</i>	7,0 <i>0,07</i>
2014	160093	3,83 <i>0,07</i>	4,76 <i>0,09</i>	7,07 <i>0,14</i>
2015	166186	3,87 <i>0,11</i>	4,81 <i>0,14</i>	7,13 <i>0,2</i>
2016	172454	3,90 <i>0,14</i>	4,85 <i>0,18</i>	7,20 <i>0,27</i>
2017	178910	3,94 <i>0,18</i>	4,90 <i>0,23</i>	7,27 <i>0,34</i>
2018	185567	3,97 <i>0,21</i>	4,94 <i>0,27</i>	7,33 <i>0,4</i>
2019	192441	4,01 <i>0,25</i>	4,99 <i>0,32</i>	7,40 <i>0,47</i>
2020	199548	4,05 <i>0,29</i>	5,03 <i>0,36</i>	7,47 <i>0,54</i>
2021	206911	4,08 <i>0,32</i>	5,08 <i>0,41</i>	7,54 <i>0,61</i>
2022	214552	4,12 <i>0,36</i>	5,13 <i>0,46</i>	7,60 <i>0,67</i>
2023	222509	4,16 <i>0,4</i>	5,17 <i>0,5</i>	7,67 <i>0,74</i>
2024	230805	4,20 <i>0,44</i>	5,22 <i>0,55</i>	7,74 <i>0,81</i>
2025	239455	4,24 <i>0,48</i>	5,27 <i>0,6</i>	7,82 <i>0,89</i>
2026	248461	4,28 <i>0,52</i>	5,32 <i>0,65</i>	7,89 <i>0,96</i>
2027	257828	4,32 <i>0,56</i>	5,37 <i>0,7</i>	7,96 <i>1,03</i>
2028	267567	4,36 <i>0,6</i>	5,42 <i>0,75</i>	8,04 <i>1,11</i>
2029	277688	4,40 <i>0,64</i>	5,47 <i>0,8</i>	8,11 <i>1,18</i>
2030	288183	4,44 <i>0,68</i>	5,52 <i>0,85</i>	8,19 <i>1,26</i>
2031	299038	4,48 <i>0,72</i>	5,57 <i>0,9</i>	8,26 <i>1,33</i>
2032	310241	4,52 <i>0,76</i>	5,62 <i>0,95</i>	8,34 <i>1,41</i>
2033	321787	4,56 <i>0,8</i>	5,67 <i>1</i>	8,36 <i>1,43</i>
2034	333673	4,60 <i>0,84</i>	5,72 <i>1,05</i>	8,49 <i>1,56</i>
2035	345894	4,64 <i>0,88</i>	5,78 <i>1,11</i>	8,57 <i>1,64</i>

3 Situations d'aggravation du stress thermique-Ilots de Chaleur Urbain

Nous venons de faire une étude d'ilot de chaleur urbain à Tahoua ville à partir d'une méthode tirée de la littérature [9] exprimant le ressenti de chaleur par le corps humain en fonction de la population et de la vitesse du vent. Elle nous donne une idée du ressenti de chaleur par le corps humain au niveau de cette station. Ces résultats sont utiles pour une exploitation du tourisme à Tahoua mais aussi sur le plan médical. Cette ville est en pleine extension et par conséquent connaîtra une croissance de sa population, et probablement une urbanisation mal contrôlée. De ce fait, nous verrons donc apparaître d'autres facteurs aggravant du stress thermique suite à l'apparition d'ilots de chaleur urbains (élévations localisées des températures maximales diurnes et nocturnes enregistrées en milieux urbains par rapport aux zones rurales voisines) ou par rapport aux températures moyennes régionales [10].

4 Causes des Ilots de chaleur urbains

D'après Oke [11], cinq processus interviennent dans la formation de l'ilot de chaleur urbain : la pollution de l'air, l'énergie produite par l'homme, la diminution de la consommation d'énergie par évaporation, les propriétés thermiques des matériaux de construction et de bitumage et la géométrie des bâtiments. Nous décrivons ci-dessous les effets de chacun de ces processus :

- La pollution de l'air, elle piège l'énergie solaire accroissant ainsi l'effet de serre et le réchauffement de l'atmosphère urbain.

- L'énergie produite par l'homme ; l'utilisation des véhicules et l'activité industrielle sont un facteur contribuant à la formation d'ICU dans les milieux urbains à forte densité.

- Diminution de la consommation d'énergie par évaporation ; l'urbanisation incontrôlée a tendance à détruire les espaces verts (créant un micro climat doux) en faveur des habitats, des voies bitumées, empêchant l'infiltration des eaux et diminuant de ce fait la consommation d'énergie par évaporation donc le refroidissement qui serait lié à l'évapotranspiration. Dans le bilan d'énergie, le terme de chaleur sensible se verrait augmenter créant ainsi une augmentation de la température du milieu urbain.

- Les propriétés thermiques des matériaux ; Asaeda *et al.* [12] rapportent que les couches imperméables provenant des bitumages et pavages des rues ainsi que les matériaux des bâtiments absorbent beaucoup de chaleur durant le jour qu'ils rediffusent à l'atmosphère pendant la nuit, contribuant ainsi à détériorer les conditions de confort thermique. Les choix des matériaux généralement par les urbanistes et architectes sont basés sur des besoins de sécurité, de durabilité et de coût que sur les considérations environnementales [13-15].

- La géométrie des bâtiments ; les bâtiments piègent les rayonnements de courtes longueurs d'ondes (visible et UV) et de grandes longueurs d'ondes (IR émis par les bâtiments et les nuages).

5 Résultats et discussion

L'ilot de chaleur urbain (ICU) correspond à une augmentation de la densité de la population pour une vitesse du vent faible et diminue pour une valeur plus grande de la vitesse du vent (figure 2).

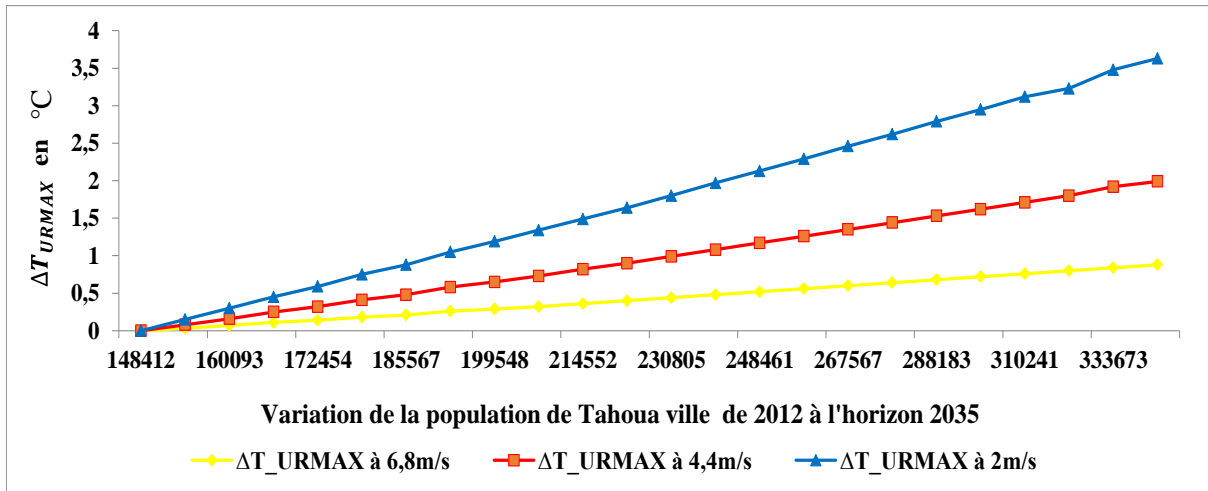


Fig. 1. Variation de l'ICU en fonction de la population à Tahoua ville à l'horizon 2035 au pas de temps 3 ans.

La figure 2 montre que l'intensité de l'îlot de chaleur urbain croît avec la population pour une même vitesse du vent. Nous pouvons aussi remarquer que plus la vitesse du vent est élevée et la densité de la population est faible, plus l'intensité de l'îlot de chaleur diminue et favorise la circulation de l'air. Ainsi, une vitesse du vent élevée permet d'avoir plus de confort dans une ville très peuplée. Par contre, un vent faible entraîne une stagnation des masses d'air, ce qui augmente l'intensité de l'îlot de chaleur urbain. Nos résultats sont similaires à l'étude menée par Magdelaine *et al.* [16], qui rapportent qu'un vent fort va favoriser la circulation de l'air et donc diminuer le réchauffement du substratum urbain par un air chaud. A l'inverse, un vent faible entraîne une stagnation des masses d'air qui ont les biais de temps de réchauffer le bâti : ainsi, plus le temps est calme et dégagé, plus l'îlot de chaleur urbain est intense. Ainsi, cette analyse nous montre que l'intensité de l'îlot de chaleur urbain augmente avec la densité de la population pour une vitesse du vent faible et diminue pour une valeur plus grande de vitesse du vent. Ce résultat est accord avec les travaux de Oke [10] et Voogt [17] qui rapportent que la densité des

populations entraîne des altérations des champs de température, de vent et d'humidité, essentiellement à travers des modifications du bilan d'énergie ou de la rugosité de surface ainsi que la production d'énergie anthropique (chauffage, circulation automobile, industrie, etc.). Selon l'autre étude menée par Oke [18], la densité des populations modifie le tissu urbain. D'après la même étude, les composantes du tissu urbain ainsi créées par leurs capacités, influent sur le climat local et favorisent la formation ou l'aggravation de l'effet d'îlot de chaleur. Dans le bilan d'énergie, le terme de chaleur sensible se verrait augmenter créant ainsi une augmentation de la température de milieu urbain. Avant tout, un îlot de chaleur est un exemple de changement climatique provoqué par la modification des propriétés de la surface et de l'atmosphère de la terre lors de l'urbanisation [17]. Cependant, l'augmentation de l'intensité d'îlot de chaleur dans la ville de Tahoua pourrait être due à la croissance démographique et à une vitesse du vent faible. L'apparition d'un îlot de chaleur urbain (ICU), sorte de plafond d'air plus chaud couvrant la ville, est la manifestation climatique la plus concrète de la présence et des activités de la

ville [19]. Selon Cantat [19], l'ICU est la résultante d'un ensemble de facteurs, parfois antagonistes, agissant à différentes échelles. Ses caractères reflètent la multitude des combinaisons possibles entre les conditions climatiques régionales, le contexte saisonnier, les caractéristiques propres à chaque ville (cadre physique, forme et densité du bâti, nature des matériaux de construction, activités industrielles, etc.) et la diversité des types de temps. D'après Hassani et Drogue [20], les variations de l'intensité de l'ICU sont liées à plusieurs facteurs dont le mode opératoire qui a été utilisé pour mesurer l'ICU, le climat plus chaud, la topographie, la population et la densité urbaine, ainsi que la forme et la superficie de ces aires urbaines.

6 Conclusion

Cette étude a porté sur l'îlot de chaleur urbain en se basant sur son existence et l'aggravation du stress thermique liée à l'accroissement de la population sur la période allant de 2012 à l'horizon 2035 à Tahoua ville. L'étude de la variation de la population en fonction de la vitesse du vent nous a montré que l'effet d'îlot de chaleur diminue quand la vitesse du vent augmente et que le nombre d'habitants décroît. Pour une même population, cet effet augmente quand la vitesse du vent augmente. Il a été alors établi que l'intensité d'îlot de chaleur urbain augmente avec la densité de la population et diminue pour une valeur plus grande de vitesse du vent (6,8 m/s). En présence d'îlot de chaleur urbain, les populations sont plus exposées aux chaleurs accablantes ; ce qui entraîne une augmentation de mortalité et de morbidité. Cependant, d'autres études plus affinées et notamment concernant la variation

saisonnaire de l'intensité d'îlot de chaleur urbain devront être envisagées.

Remerciements

La présente étude n'aurait pas abouti sans l'utilisation des données fiables mises gracieusement à notre disposition par la Direction de météorologie nationale du Niger et par l'Institut National de la Statistique INS (Direction régionale de Tahoua). Nous remercions également les évaluateurs anonymes pour leurs commentaires et suggestions qui nous ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.

Références Bibliographiques

- [1] GIEC, Changements climatiques : Résumé à l'intention des décideurs, Résumé techniques et Foire aux questions. Contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du GIEC (2013).
- [2] S. Salack, B. Sarr, S.K. Sangare, M. Ly, I.S. Sanda, H. Kunstmann, *Crop-climate ensemble scenarios to improve risk assessment and resilience in the semi-arid regions of West Africa*, Clim. Res. 65 (2015) 107–121. DOI: 10.3354/cr01282
- [3] S. Salack, K. Cornelia, A. Giannini, B. Sarr, N.W. Omonlola, B. Nouhoun, J. Bliefernicht, H. Kunstmann, *Global warming induced hybrid rainy seasons in the Sahel*, Environ. Res. Lett. 11(10) (2016) 104008.
- [4] Données climatiques du Niger (cons-dev.org) (consulté le 25/05/2023).
- [5] INS-Niger, Annuaire statistique régional de Tahoua 2012-2016 (2017).
- [6] M. Fodé, O.M. Adamou, *Sécheresse Et Variations Pluviométriques au Niger de 1950*

- à 1991, Annales de l'Université Abdou Moumouni, Tome VII (2003) 117-132.
- [7] D. Sighomnou, I. Descroix, P. Genthon, G. Mahe, I. Bouzou Moussa, E.Gautier, I. Mamadou et al., *La crue de 2012 à Niamey : un paroxysme du paradoxe du Sahel ?* Sècheresse 24 (2013) 3-13.
DOI: 10.1684/sec.2013.0370Tir
- [8] G. Lachance, Y. Baudoin, F. Guay, Etude des îlots de chaleur Montréalais dans une perspective de santé publique, BISE, 17(3) (2006) 1-12.
- [9] Veille documentaire-Fiches «Qualité Environnementale» OB01_ACT002_FT002 Phénomènes Ilot de Chaleur urbain_V2010 01 22.
- [10] T.R. Oke, *Street design and urban canopy layer climate*, Energy and Buildings 11(1) (1988) 103–113.
- [11] T.R. Oke, *Bounday layer climates*, 2nd ed. Routledge, London (1987).
- [12] T. Asaeda, Vu Thanh Ca, *Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere*, Atmospheric environment 30(3) (1996) 413-427.
- [13] B.O. Brattebo, D.B. Booth, *Long-term storm water quantity and quality performance of permeable pavement systems*, Water research 37(18) (2003) 4369-4376.
- [14] L. Frazer, *Paving paradise: the peril of impervious surface*, Environmental Health Perspectives 113 (2005) 456-462.
- [15] G. Luber, M. McGeehin, *Climate change and extreme heat events*, American Journal of Preventive Medicine 35(5) (2008) 429–435.
- [16] C. Magdelaine, E. Valette, Définition, Causes et Conséquences. https://www.notre-planete.info/terre/climatologie_meteo/ilot-chaleur-urbain.php (consulté le 25/05/2023)
- [17] J.A Voogt, *How researchers measure urban heat islands*. University of Western, Ontario, London, ON (2008).
- [18] T.R. Oke, *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites*, World Meteorological Organization, Instruments and Observing Methods, IOM Report No. 81, WMO/TD-No. 1250 (2006).
- [19] Olivier Cantat, *L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps*, Norois, 191 | 2004/2. <http://norois.revues.org/1373> (consulté le 25/05/2023).
- [20] N. Hassani, G. Drogue, *Mesure et spatialisaton de l'îlot de chaleur urbain dans l'aire urbaine de Metz Métropole: premiers résultats de la campagne de mesure 2019*. <https://doi.org/10.1051/climat/202017008>.