

Climatic and bioclimatic characterization of the school year in Pointe-Noire, Congo in a context of global warming

Paramètres climatiques et dynamiques bioclimatiques de l'année scolaire à Pointe-Noire, au Congo dans un contexte de réchauffement climatique

Bienvenu Cedrique Alphonse GOLO BANDZOUZI^{1,2*}, Étienne PAKA^{1,2}, Jean Luc MOUTHOU³, Geoffroy IBIASSI MAHOUNGOU²

¹ Institut Géographique National (IGN), Laboratoire de Géographie Physique Économique et Humaine (LGPEH), République du Congo.

² Laboratoire de Géographie, Environnement et Aménagement (LAGEA), Faculté des Lettres Arts et sciences Humaines, Université Marien Ngouabi, République du Congo.

³ Ministère de l'enseignement préscolaire, primaire et secondaire chargé de l'alphabetisation, République du Congo.

* Correspondence to: Cedrique Alphonse GOLO BANDZOUZI. Email: cedrickgolo@gmail.com.

CC BY 4.0

Vol. 35.2/ 2025, 69-82



GEOREVIEW

Received:

2 April 2025

Accepted:

25 June 2025

Published online:

8 July 2025

How to cite this article:

Golo Bandzouzi, B.C.A., Paka, É., Mouthou, J.L., Ibiassi Mahoungou, G. (2025) Climatic and bioclimatic characterization of the school year in Pointe-Noire, Congo in a context of global warming. *Georeview*, 35, 2, <https://doi.org/10.4316/GEOREVIEW.2025.02.05>

ABSTRACT: The purpose of this research is to analyze the bioclimatic influences or impacts during school period in the city of Pointe Noire. All used datas were issued by Pointe Noire Meteorology center over a period of 30 years, from 1993 to 2023. The bioclimatic impact is based on the thermal hygrometric index, THI. Results from this research show that Pointe Noire bioclimatic environment is uncomfortable or barely bearable throughout the entire school period, from October to early June as temperatures exceed 26.4°C which is the thermal tolerance threshold for the human body. During this period, the mini hours (6am- 9am), with temperatures oscillating between 20.8°C and 22,5°C characterized by a comfortable but still with a warm feeling. On the contrary, with temperatures ranging between 29°C and 31°C during maxi hours (12noon-5pm) are characterised by hot and scorching environment. Students in Pointe Noire thus, study in an uncomfortable atmosphere in terms of temperatures. This atmosphere doesn't facilitate or make things easier for students or pupils. It would be desirable to revisit or adjust the school calendar.

KEY WORDS: Pointe-Noire, bioclimatic atmospheres, school year.

RÉSUMÉ: Cette étude vise à analyser les ambiances bioclimatiques dans la ville de Pointe-Noire durant l'année scolaire. Les données climatiques sont issues de la station de Pointe-Noire sur la période de 1993 à 2023. L'approche bioclimatique est basée sur l'indice thermohygrométrique THI. Les résultats montrent que les ambiances bioclimatiques sont à l'inconfort durant toute l'année scolaire, d'octobre à début juin, car dépassant souvent 26,4°C, seuil de tolérance thermique pour l'organisme humain. Durant cette période, les heures du mini (6h-9h), avec les températures oscillant entre 20,8°C et 22,5°C, se caractérisent par une ambiance confortable, mais néanmoins avec une sensation de chaleur. À l'inverse, avec des températures variant entre 29°C et 31°C, les heures du maxi (12h-17h) se caractérisent par des ambiances chaudes et torrides. Les élèves de Pointe-Noire étudient ainsi dans une ambiance d'inconfort qui ne facilite pas l'apprentissage. Il est souhaitable de revoir le calendrier scolaire.

MOTS CLÉS: Pointe-Noire, ambiances bioclimatiques, année scolaire.

1. Introduction

Le centre national de données climatologiques de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* indique que les 5 années les plus chaudes depuis 1880 se concentrent à partir de 2012 (N. Moustapha, 2019, p. 3). Malgré de très faibles émissions de gaz à effet de serre, l'Afrique est considérée comme la principale victime du réchauffement climatique. <<Les problèmes liés aux ambiances thermiques, qu'il s'agisse de températures trop basses ou trop élevées, peuvent concerner les élèves comme le personnel enseignant>> (ONS, 2019, p. 2). <<Récemment, une vague de chaleur au Pakistan a contraint les écoles à fermer à la fin du mois de mai, privant d'école 26 millions d'enfants, soit plus de la moitié des enfants en âge d'être scolarisés>> (R. Jenkins et S. Beardmore 2024, p. 1). Le milieu scolaire est, lui aussi, exposé aux effets des périodes de canicule, en particulier en Afrique. En effet, en avril 2024, le Soudan du Sud a fermé ses écoles aux 2,2 millions d'élèves lorsque les températures ont atteint 45 °C (soit 113 °F) (R. Jenkins et S. Beardmore 2024, p. 1). La chaleur est particulièrement néfaste pour la santé des enfants et compromet leur éducation (Unicef 2022, p. 11). Compte tenu de l'influence possible de ces différents facteurs susceptibles de perturber la scolarité des élèves, une question s'impose à savoir : quel est le climat et le type d'ambiance bioclimatique qui règne à Pointe-Noire durant l'année scolaire ? L'objectif de ce travail de recherche est de contribuer à une meilleure connaissance du climat et de l'ambiance bioclimatique qui règnent durant l'année scolaire dans la zone d'étude. Cette analyse permettra une bonne compréhension des ambiances bioclimatiques dans lesquelles évoluent les élèves dans la ville de Pointe-Noire, afin de mieux renforcer la résilience des enfants et du personnel éducatif durant la période des activités scolaires face au stress thermique.

2. Situation géographique de la ville de Pointe-Noire

La ville de Pointe-Noire est située sur la côte atlantique de l'Afrique centrale, à l'extrémité sud-ouest du Congo. Elle se situe entre le méridien 11° et 12° Est et les parallèles 4° 30' et 5° Sud. La commune de Pointe-Noire s'étend sur 239,953 km², soit 23,995 (loi n°19-2011 du 17 mai 2011 portant redéfinition des limites du département de Pointe-Noire (Fig. 1). Elle est soumise à un climat de type tropical. Ce climat est sous le contrôle dominant des basses pressions intertropicales d'octobre à mai, des hautes pressions subtropicales australes et des eaux froides du courant Benguela de juin à septembre (M. J. Samba-Kimbata, 1978, p. 28). Dans cette ville, la période scolaire s'organise autour de trois trimestres qui se composent de la manière suivante : le premier trimestre, de la rentrée des classes au mois d'octobre à décembre ; le deuxième débute en janvier jusqu'en mars ; le troisième et dernier trimestre part d'avril à juin. Dans l'ensemble, la période scolaire s'étale durant la saison climatique, chaude et pluvieuse.

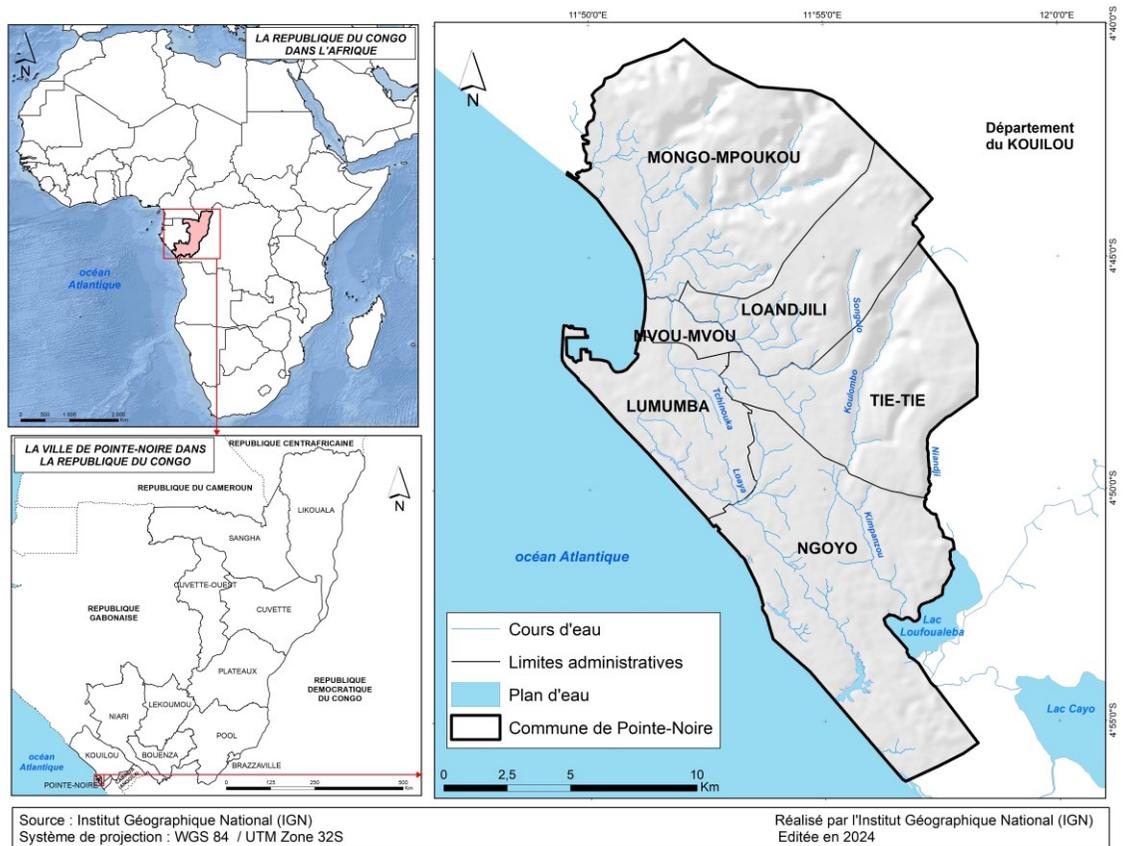


Figure 1 Situation géographique de la ville de Pointe-Noire et ses arrondissements, Source : IGN 2024.

3. Données et méthode

3.1. Données

L'usage de la température est un référentiel pour désigner l'ambiance froide ou chaude. La température, définis comme une grandeur physique qui caractérise de manière objective de fraîcheur ou encore de chaleur. Pour atteindre l'objectif de cette étude, quatre paramètres climatiques ont été utilisés, il s'agit de : la température de l'aire, l'humidité relative, l'insolation et la vitesse du vent observée au pas de temps mensuel sur plus de trois décennies. Ces données enregistrées à la station de l'aéroport A.A. Neto, sont considérées comme représentatives de la ville . C'est la seule station qui fournit une série d'observations complète, longue (1970 à 2023), homogène et fiable. Cette station synoptique gérée par la Direction de la météorologie nationale de l'agence nationale de l'aviation civile (ANAC), présente des données régulières. Les appareils (thermomètres mouillés), situés à 1m 50 du sol bénéficient d'un entretien adéquat. Placée sur un terrain végétalisé par un tapis de gazon, sécurisé par un enclos en grillage. Ces données ont été gracieusement fournies à partir de la base de données de la Direction de la météorologie nationale.

3.2. Méthodes

Deux méthodes ont été utilisées pour le traitement des données climatologiques : la méthode de l'évaluation de l'évolution du climat et celle de la détermination des ambiances bioclimatiques réalisées.

3.2.1. Caractérisation climatique

La méthode repose sur les anomalies centrées réduites et la moyenne arithmétique.

3.2.2. Les anomalies centrées réduites

Pour mieux faire ressortir les tendances thermiques, le calcul des anomalies des températures a été très utile. Elles représentent la soustraction entre X_i et la moyenne, le tout sur l'écart-type. Cette méthode de standardisation des données a déjà été utilisée dans plusieurs travaux. Celle-ci se calcule à travers la formule ci-dessous :

$$ACR = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma}$$

Avec : ACR comme anomalies centrées réduites ; X_i variabilité de la série ; σ écart-type ; \bar{X} la moyenne

3.2.3. La moyenne arithmétique simple

La moyenne arithmétique simple est le rapport de la somme des valeurs de la série statistique sur le nombre de valeurs. Elle a permis de déterminer la valeur centrale de la série thermométrique et hygrométrique. Cette méthode a été suffisamment exploitée dans plusieurs travaux en climatologie ie, . Elle est définie par l'équation suivante :

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n X_i$$

Avec : X_i , variable de la série ; n , effectif de la variable ; N , effectif total.

3.2.4. Caractérisation des ambiances bioclimatiques

En évitant de proposer des seuils thermiques absolus simples de chaleur et de froid, certains chercheurs proposent plutôt des indices d'ambiance combinant la température avec un ou plusieurs autres paramètres climatiques. Parmi ces indices, il y a ceux régulièrement utilisés par des climatologues au Bénin, en Tunisie et au Congo. Pour caractériser les ambiances bioclimatiques de la ville de Pointe-Noire, l'indice thermo hygrométrique (THI) a été utilisé. Le choix de cet indice est motivé parce qu'il combine la température et l'humidité de l'air. Il se calcule selon la formule suivante :

$$THI = T - [(0,55 - 0,0055 U \%) (T - 14,5)]$$

Avec :

T : température de l'air en degrés Celsius ;

U : humidité relative en pourcentage ;

14,5 : température idéale, confortable (on n'a ni chaud ni froid).

L'indice THI est connu aussi pour révéler la température effectivement ressentie par l'organisme humain, donc tenant compte essentiellement des sensations au niveau des muqueuses cutanées. Il est approprié pour l'évaluation des ambiances thermiques. Les conclusions obtenues par E. THOM 1959 cité par (M. Jarraya 2021, p.2) ont permis d'élaborer les classes de sensations dans le tableau 1.

Tableau 1 typologie des ambiances biothermiques selon l'indice de Thom (Température Humidity Index).

Types d'ambiances	Sensations	Valeurs de THI
Imposant la thermogenèse	Hyper glaciale	THI > -40.0°C
	Glaciale	-20.0 > THI > -39.0°C
	Extrêmement froide	-10.0 > THI > -19.9°C
	Très froide	-1.7 > THI > -9.9°C
	Froide	1.7 < THI < +12.9°C
	Fraîche	+13.0 < THI < +14.9°C
Confortable	Confortable	+15.0 < THI < +19.9°C
	Chaude	+20.0 < THI < +26.4°C
Imposant la thermolyse	Très chaude	+26.5 < THI < +29.9°C
	Torride	THI > +30.0°C

Source P. Pagney et J.P. Besancenot 1982 cités par Houndonoubo 2009, p. 33.

De l'analyse de ce tableau 1, il ressort qu'entre 15°C et 19,9°C, la température effective est confortable. En dessous de 15°C, l'organisme est obligé de se défendre contre le refroidissement et au-delà de 20°C, il faut qu'il lutte contre l'échauffement. Mais à partir de 26,5°C, l'inconfort corporel commence. Lorsque le THI dépasse 29,9°C, les risques d'accidents pathologiques et de fatigues peuvent survenir.

Les valeurs de THI aux heures du maximum thermique s'obtiennent par l'association des valeurs maximales de température et des valeurs maximales de l'humidité relative. À contrario, celles de THI minimales sont issues de l'association des valeurs minimales de température et des valeurs minimales de l'humidité relative.

4. Résultats et discussion

Le traitement des données a permis d'obtenir plusieurs résultats qui ont fait l'objet d'analyse.

4.1. Caractérisation climatique

La caractérisation permet d'apprécier la variabilité des paramètres étudiés et aide à distinguer les années chaude et fraîche ainsi que les différentes saisons climatiques qui existent dans la zone d'étude.

Analyse inter mensuelle de l'évolution des paramètres climatiques

Pour mieux comprendre la manifestation du climat de la ville de Pointe-Noire en période scolaire, l'analyse inter mensuelle des paramètres climatiques a été réalisée. Les paramètres étudiés concernent essentiellement les températures, l'humidité relative, l'insolation et la vitesse du vent.

4.1.1. Évolution des températures dans la ville de Pointe-Noire de 1993 à 2023

La figure 2 présente l'évolution inter mensuelle de la température de la ville de Pointe-Noire.

L'analyse des températures est fondée sur la température réelle, mesurée. Cette température n'équivaut pas toujours à celle effectivement ressentie par l'homme qui est prise en compte en bioclimatologie humaine.

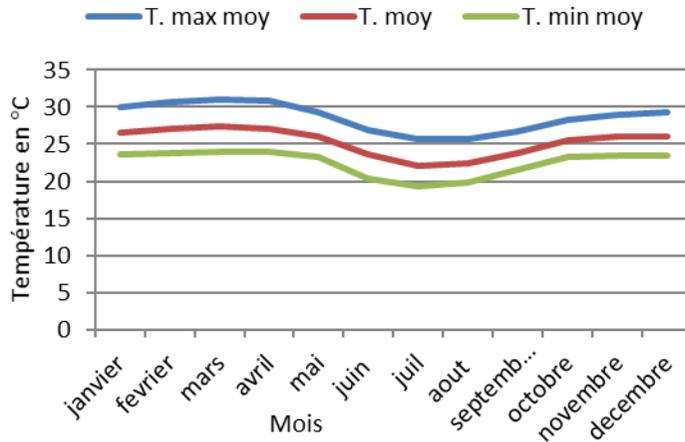


Figure 2 Évolution inter mensuelle de la température de la ville de Pointe-Noire, *Source des données : ANAC 2024*

L'examen de la figure 2 révèle que les températures maximales varient en moyenne entre 25° C en juillet et 31° C en mars. Les températures suivent un rythme annuel bimodal avec deux pics, l'un en mars (31°C), l'autre en décembre (29,2°C). Cette situation s'explique par la forte radiation directe et par la faible nébulosité. Les plus faibles valeurs des températures maximales sont enregistrées aux mois de juillet et d'août (saison sèche), période des grandes vacances scolaires. Les plus fortes valeurs thermométriques s'établissent entre octobre et mai, c'est-à-dire durant la période scolaire. Les températures élevées, qui forcent l'organisme à lutter contre la chaleur et qui imposent des efforts supplémentaires dans sa recherche de l'équilibre homéostatique, sont observées dans l'après-midi.

Cependant, la chaleur, si elle n'est pas correctement appréhendée, diminue les performances cognitives des élèves (P. De Montferrand, 2022, p. 2). S'agissant de la température moyenne, elle varie entre 22,4°C et 27,3 °C. Les températures minimales mensuelles varient entre 19, 4 °C en juillet et 24 °C en mars. Le rythme annuel des températures minimales est également bimodal. Le premier pic s'observe en mars, ensuite arrive un fléchissement de juin à septembre en raison de la faible insolation. Le second pic est observé en décembre, à la fin du premier trimestre de l'année scolaire.

La température qu'affiche le thermomètre est essentielle, bien sûr, mais l'humidité a également son importance, car les êtres humains refroidissent leur corps principalement par l'évaporation de la sueur (D. D. Landau, 2023, p. 2).

4.1.2. Évolution de l'humidité dans la ville de Pointe-Noire de 1993 à 2023

La figure 3 ci-après présente l'évolution inter-mensuelle de l'humidité relative dans la ville de Pointe-Noire.

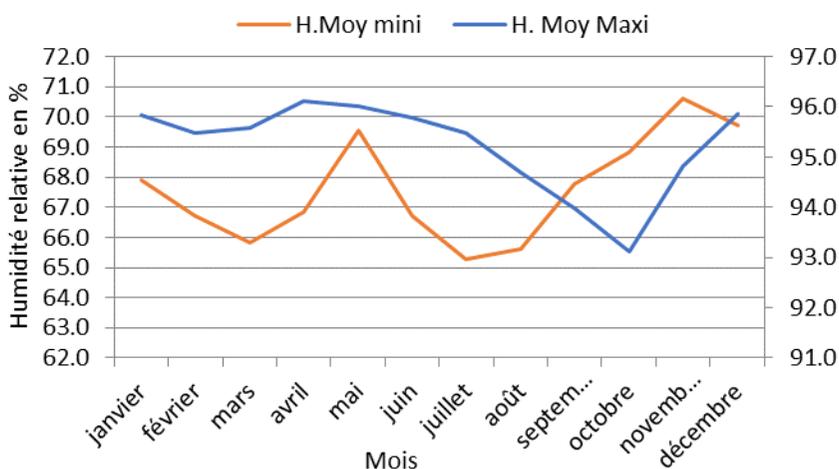


Figure 3 Évolution inter-mensuelle de l'humidité relative dans la ville de Pointe, *Source des données : ANAC 2024*

L'examen de la figure 3 illustre que l'humidité relative connaît un rythme bimodal, avec le mois d'octobre servant de point de chute. L'augmentation de la courbe de l'humidité est constatée à partir de novembre et atteint le premier pic en décembre, 95,9 %. Le deuxième pic est enregistré en avril 96,1%. Les valeurs maximales les plus élevées sont celles enregistrées en avril. Les valeurs de l'humidité maximale la plus faible sont quant à elles enregistrées en octobre (93,1 %). Cette très abondante humidité relative en toute saison s'explique surtout par la proximité de la mer.

L'évolution des valeurs de l'humidité relative minimale est très irrégulière et oscille entre 65,6 % en juillet et 70,6 % en novembre.

La ville de Pointe-Noire, située en façade maritime, l'humidité relative est très élevée quasiment toute l'année. Ce qui peut être un problème pour les élèves durant la période scolaire. En effet, il est à noter que «<l'hygrométrie, affectant directement les capacités de thermorégulation de l'organisme, est un facteur susceptible d'influencer les performances cognitives>> (N. Robin et G. R. Coudeville 2022, p. 3). Outre l'humidité, l'insolation est également un facteur qui a de l'influence sur l'équilibre homéostatique.

4.1.3. Évolution de l'insolation

La figure 4 ci-dessous illustre l'évolution de l'insolation inter mensuelle dans la ville de Pointe-Noire

L'examen de la figure 4 montre que la durée de l'insolation suit un rythme bimodal. Pendant la saison des pluies et la période scolaire, de novembre à juin, l'insolation reste élevée. Cependant, les mois de février à mai voient l'exacerbation de l'insolation avec 372 heures en mars. Il est observé que l'insolation reste élevée durant quasiment tous les mois de l'année et dépasse toujours 200 heures, à l'exception du mois de septembre qui enregistre 132 heures. Pendant l'année scolaire, la durée de l'insolation est la plus importante, avec en moyenne 8 à 9 heures de soleil par jour. Or, l'exposition prolongée sous le soleil peut provoquer la déshydratation du corps, surtout si on a affaire à des enfants, C. S. Houssou (1998, p. 86). Car, «<le cerveau, parce qu'il est

constitué à 78 % d'eau, est directement affecté par la déshydratation dans ses fonctions cognitives, c'est-à-dire dans ses capacités de réflexion, de mémoire, de raisonnement, etc.>> (P. De Montferrand, 2022, p. 2).

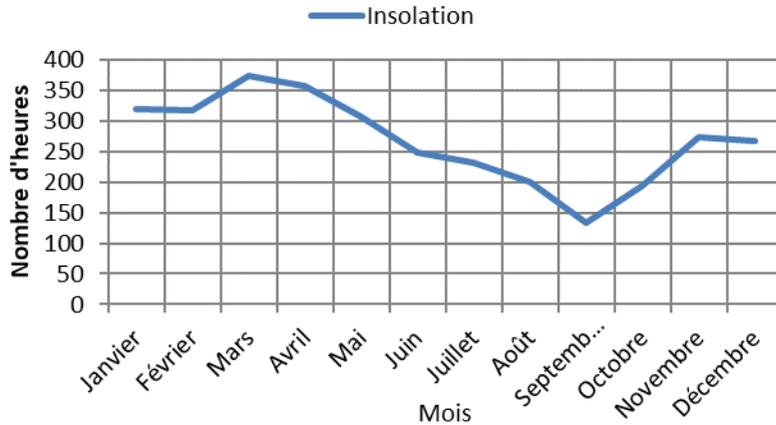


Figure 4 Rythme annuel de l'insolation entre 1993 et 2023. *Source des données : ANAC 2024*

4.1.4. Évolution de la vitesse du vent

L'étude du vent est nécessaire dans un travail de bioclimatologie humaine, car il joue un rôle important dans la déperdition thermique de l'organisme et peut aider à comprendre les stress auxquels les élèves doivent faire face.

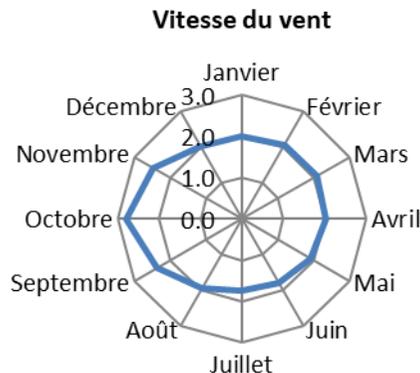


Figure 5 Caractéristiques mensuelles de la vitesse du vent entre 1993 et 2023, *Source des données : ANAC 2024*

La figure 5 ci-dessus indique que le vent suit un rythme bimodal. Le premier pic est compris entre février et avril, dont mars enregistre la valeur la plus élevée (2,1 m/s). Pour le deuxième pic annuel, les mois qui ont connu les plus fortes vitesses de vent sont ceux de septembre (2,4m/s) ; d'octobre (2,8 m/s) et de novembre (2,5 m/s). De toute l'année, octobre est le mois où il y a le plus de vent avec 2,8 m/s. Les basses valeurs du vent vont de mai à aout. Juillet est le mois avec très peu de vent. Le système de circulation des vents dans la zone d'étude est dominé par l'alizé maritime. Dans l'ensemble, le vent souffle presque toujours modérément, sauf en cas d'orage, comme dans la plupart des régions chaudes et humides.

4.2. Analyse interannuelle de l'évolution des indices thermiques

Les données centrées réduites, telles que représentées sur la figure ci-dessous, montrent une tendance linéaire en nette augmentation.

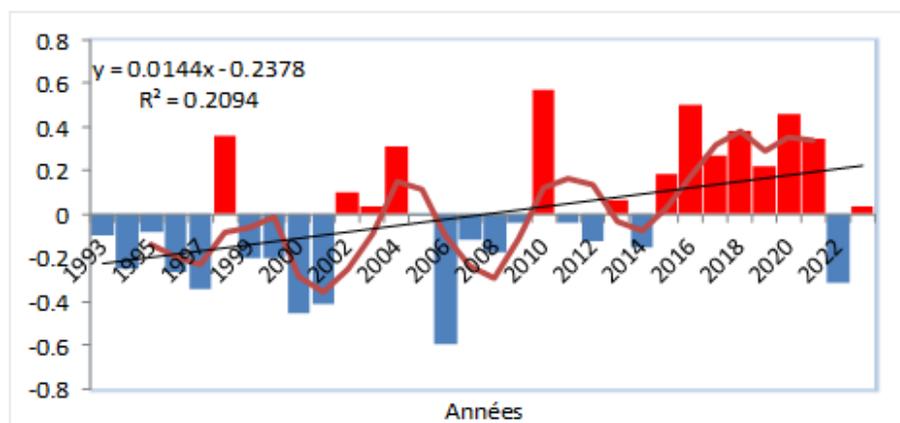


Figure 6 Analyse interannuelle de l'évolution des indices thermiques, *Source des données : ANAC 2024*

L'examen de la figure 6 montre que répartition des valeurs thermiques reste dominée par l'existence de deux périodes : une période de basses températures qui va de 1993 à 2014 (et l'année 2022 qui semble être exceptionnellement moins chaude) et une période chaude qui démarre quasiment au début des années 2000. De ce fait, la période de 1993 à 2002 reste celle qui a enregistré des températures basses, tandis que celle qui va de 2002 à 2023 a enregistré des valeurs thermométriques basses, les plus élevées. Les années chaudes ont visiblement commencé en 1998. L'indice de Nicholson appliqué à cette série chronologique, avec un coefficient de détermination $R^2=0,2094$ indiquant une hausse des valeurs thermiques, l'équation de droite $y=0,0144x-0,2378$ permet de mieux apprécier et comprendre l'évolution de la température dans la ville de Pointe-Noire avec une tendance à la hausse.

4.2.1. Analyse interannuelle de l'évolution des indices hygrométriques

Les données centrées réduites, telles que représentées sur la figure ci-dessous, montrent une tendance linéaire en nette augmentation de l'humidité moyenne maximale.

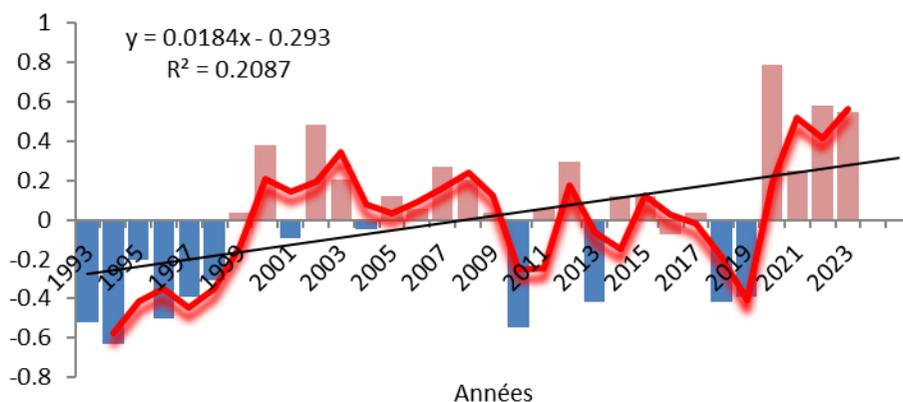


Figure 7 Analyses interannuelles de l'évolution des indices hygrométriques, *Source des données : ANAC 2024*

L'examen de la figure 7 montre une fluctuation de l'humidité relative. L'évolution de l'air à Pointe-Noire varie d'une année à une autre. La tendance de l'humidité sur la période 1993-2023 est

marquée par quatre séquences alternées de trois phases excédentaires (2000-2009 ; 2011-2017 et 2021-2023) pendant lesquelles le taux hygrométrique est supérieur à 70 % et d'une phase déficitaire (1993-1999 et des années 2001 ; 2004 ; 2010 ; 2013 ; 2018 et 2019). Cette tendance montre que le taux de l'humidité moyenne maximale connaît une évolution à la hausse, à partir du début de la décennie 2000, et s'est accentuée au début des années 2020. Cette évolution des paramètres climatiques a une influence conséquente sur les ambiances bioclimatiques.

4.3. Ambiances bioclimatiques dans la ville de Pointe-Noire

Afin de mieux caractériser les ambiances bioclimatiques de l'indice THI et d'approcher le plus près possible de la sensation ressentie par les élèves durant la période scolaire.

4.3.1. Évolution inter mensuelle des ambiances bioclimatiques définies par l'indice THI

Les types d'ambiances aux heures de maxima et de minima thermiques au pas de temps mensuel sont caractérisés par l'indice thermo-hygrométrique.

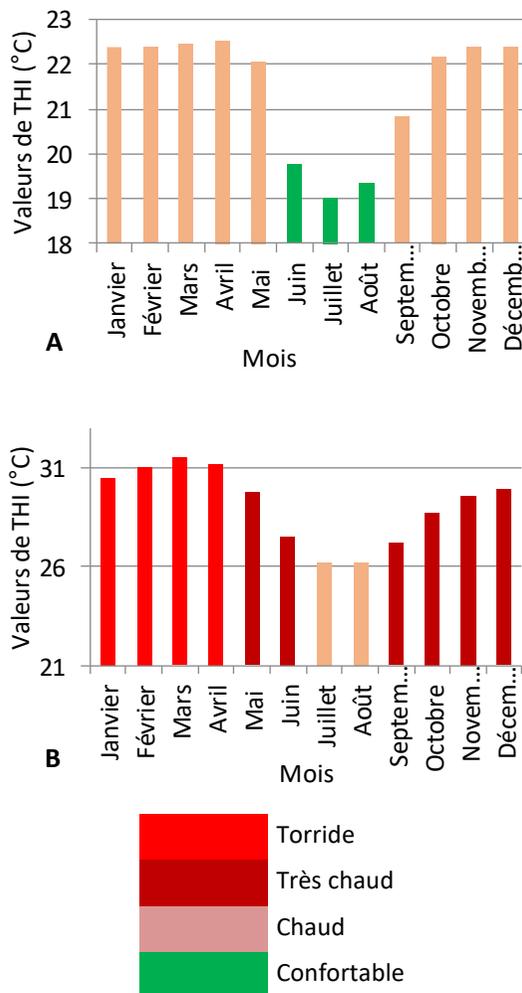


Figure 8 Évolution de l'indice THI dans la ville de Pointe-Noire aux heures du maximum et du minimum thermique de 1993 à 2023 30°C 31°C, *Source des données : ANAC 2024.*

Les figures A et B sont représentatives de la variation inter mensuelle de l'indice Thermohygro-métrique à Pointe-Noire sur la période de 1993-2023. L'analyse de la figure 8A montre que, aux heures du minimum thermique, c'est-à-dire entre 6 et 12 h (période correspondant aux heures des cours matinaux, dite première vague), les valeurs de THI calculées varient entre 19 °C en juillet et 22 °C en avril. La variation de l'indice THI de septembre à mai traduit une ambiance confortable qui se manifeste par une sensation de chaleur supportable, voire assez supportable par l'organisme. De juin à juillet (période des grandes vacances), aux heures du mini, THI décrit une ambiance confortable avec une sensation de confort thermique. Dans ce cas, aucun mécanisme de thermorégulation n'est sollicité durant ces moments.

Par contre, aux heures du maximum, entre 12 h et 18 h (période correspondant aux heures des cours d'après-midi, dite deuxième vague), les valeurs de THI calculées varient entre 25,7 °C en juillet et août et 31 °C en mars. Les mois de juillet et d'août (période des grandes vacances), les valeurs de THI décrivent une ambiance confortable à sensation chaude avec des valeurs situées en dessous de 26,5 °C. Cependant, les valeurs de THI du premier trimestre de l'année scolaire octobre-novembre-décembre décrivent des ambiances à sensation très chaude, avec respectivement 26,7°C ; 28,2°C ; 29,4 °C, un type d'ambiance imposant la thermolyse.

Le deuxième trimestre scolaire, janvier-février-mars, THI décrit un type d'ambiance imposant la thermolyse à sensation torride avec 30°C en janvier, 30,6 °C en février, 31°C en mars. Mars est le mois le plus éprouvant pour les élèves de Pointe-Noire. Ces ambiances se poursuivent au troisième trimestre, dont le premier mois d'avril décrit une sensation torride avec 30,7 °C, 29,3 °C en mai et 27 °C en juin, mois qui clôture le cycle scolaire dans la ville de Pointe-Noire. Dans l'ensemble, les mois de l'année scolaire confèrent une ambiance éprouvante. Cette situation cause d'énormes contraintes aux élèves en matière de sensation ressentie.

5. Discussion

L'évaluation du confort thermique et des performances en climat tropical est très récente et les publications sont encore peu nombreuses et rares (S. Déoux, 2019, p. 17). Les études sur les ambiances bioclimatiques en milieu scolaire au Congo et à Pointe-Noire sont inexistantes. L'indice de Thom ou indice thermohygro-métrique (THI) utilisé est particulièrement efficace en bioclimatologie humaine pour évaluer la température ressentie par l'organisme humain. Car, il a déjà été utilisé en Tunisie par H. B. Boubaker, 2010, p. 60 ; au Bénin par C. S. Houssou, E. W. Vissin et al. (2017, p. 187), au Congo par C. Golo Bandzouzi et G. Ibiassi Mahoungou (2019, p. 75) ; à Djibouti par N. Moustapha (2019, p. 32). L'analyse des résultats fournis par les paramètres climatiques et les ambiances bioclimatiques permet de dire que les températures de la ville de Pointe-Noire connaissent un réchauffement. L'anomalie centrée réduite révèle une augmentation des températures de l'ordre de 0,5 pour les températures et 0,7 pour l'humidité relative.

Cette affirmation coïncide avec les résultats obtenus par Golo Bandzouzi (2023, p. 179), lorsqu'il a mis en exergue l'évolution à la hausse du climat à Pointe-Noire. Ces résultats concordent également avec ceux de Ibiassi Mahoungou (2021, p. 52) et Bouka Biona (2010, p. 2), qui concluent à un réchauffement des grandes villes congolaises. L'évaluation des ambiances bioclimatiques de la zone d'étude a permis de constater qu'aux heures du minimum thermique (8 h à 12 h) durant la période scolaire, c'est-à-dire d'octobre à mai, il règne une ambiance confortable avec une sensation de chaleur.

Cependant, aux heures des maximas (12 h à 16 h), l'indice bioclimatique révèle deux types d'ambiances, chaude et torride. En effet, au premier trimestre de l'année scolaire (octobre-

novembre-décembre) règne une ambiance inconfortable avec une sensation très chaude. Le deuxième trimestre (janvier-février-mars) et le premier mois du troisième trimestre (avril) beigne dans une ambiance thermique imposant la thermolyse avec sensation de torride, ce qui peut être dangereux pour les élèves qui sont soumis à un stress thermique intense. Le résultat de l'indice THI renseigne que les après-midi de la période scolaire sont inconfortables et préjudiciables pour les élèves. Ceci semble être en adéquation avec les travaux de E. Bégnin-Galarneau (2021, p. 5). D'après lui, les enfants diffèrent des adultes pour des raisons physiologiques et comportementales liées à une augmentation de leur sensibilité aux températures extrêmes. En effet, lors des ambiances chaudes et torrides, les mécanismes thermorégulateurs sont régulièrement sollicités, ce qui fragilise l'organisme et impacte sur le travail des élèves. Au Bénin, C. S. Houssou *et al.*, 2017, p. 190, sont parvenus aux mêmes résultats en affirmant que : À partir de la combinaison des paramètres climatiques, on retient que les horaires de l'après-midi peuvent être préjudiciables aux apprenants.

D'autres chercheurs dans d'autres espaces géographiques sont parvenus aux mêmes conclusions. En effet, une étude menée par des chercheurs de Harvard s'est intéressée aux effets de la température sur la mémoire, l'attention et la vivacité d'esprit des élèves. Ils ont conclu que la chaleur allonge le temps de réaction nécessaire pour saisir une nouvelle information, ralentit le rythme de travail et diminue la productivité. (P. De Montferrand, 2022, p. 2). Cette conclusion est partagée par D. Delignières (2000, p. 13). Allant dans la même dynamique, S. Déoux 2019, (2019, p.13), affirme que des températures élevées, aggravées par la densité d'occupation des salles, fatiguent élèves et enseignants et sont source de somnolence et de maux de tête. Car la fatigue est le premier trouble physiologique lié à la chaleur qui peut apparaître au-delà d'une température de 27°C avec une humidité relative supérieure à 50 %. Ces conditions sont totalement réunies à Pointe-Noire. L'exposition à la chaleur perturbe la concentration et donc les facultés intellectuelles (F. Agostini, 2020, p. 1).

Cette affirmation est partagée par A. Boulianne (2022, p. 11) qui conclut en déclarant que « La chaleur peut aussi entraîner une fatigue physique (et générer des risques pour la sécurité). Un outil qui glisse des mains moites, la transpiration qui gêne la vue). Elle peut également causer des effets psychologiques ou cognitifs, comme l'augmentation du temps de réaction, des erreurs ou des omissions. Force est d'admettre qu'il devient plus difficile d'effectuer une tâche demandant un effort physique important ou de la précision dans une ambiance très chaude ».

Les effets des ambiances bioclimatiques directs ne sont pas le seul facteur favorisant l'inconfort. En effet, <<certaines salles de classe, une fois construites et occupées, sont inconfortables, probablement parce que leur conception et leur construction n'ont pas pris en compte le climat local>> (S. Deoux 2019, p. 17).

6. Conclusion

Au regard de ce qui précède, le réchauffement climatique, caractérisé par la hausse des températures et les ambiances bioclimatiques cause non seulement une gêne pour le bien-être, mais perturbent aussi l'apprentissage des élèves dans la ville de Pointe-Noire, car la période scolaire se caractérise par des mois chauds et torrides. Dans le contexte climatique actuel, même si les élèves continuent d'aller à l'école durant les périodes torrides imposant la thermolyse, leur santé, la capacité de mémorisation et de traitement de l'information risque d'en pâtir, avec un impact sur les résultats scolaires. Les élèves ayant les pathologies chroniques sont les plus exposés. Quelques dispositions devraient être prises par les responsables scolaires, telles que bien

hydrater les élèves en période de stress thermique (février-mars-avril) afin de remplir le réservoir qui se vide en partie sous l'effet de la thermorégulation. Des nouvelles études devront être menées telle que la perception des ambiances bioclimatiques par les élèves et les enseignants, les impacts sanitaires des conditions climatiques des établissements scolaires et l'impact des ambiances bioclimatiques sur la performance des élèves à Pointe-Noire. Au vu des conséquences dramatiques de ces événements sur la santé et le bien-être des enfants, il est urgent de prendre des mesures d'adaptation (Unicef 2022, p. 22).

Références

- Banque Mondiale (2023): Rapport national sur le climat et le développement. Afrique de l'ouest et du centrale. 96 p.
- Bégnin-Galarneau Emilie (2021) : Vague de chaleur et santé des enfants à Ouagadougou. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal, Faculté des arts et des sciences, 102 p.
- Boubaker Habib Ben (2010): Les paroxysmes climato-thermiques en Tunisie: approche méthodologique et de étude de cas. AIC, climatologie, vol. 7, 2010, 31p.
- Bouka Biona Clobite (2010) : Evaluation des effets du changement climatique sur la progression des OMD, Rapport PNUD, 47 p.
- Boulianne Annie (2022): Thermorégulation et prévention des effets de la chaleur. Risque physique, op vol. 45, N°2, 2 p.
- De montferrand Paul (2022) : Bac 2022 : pourquoi la canicule peut dégrader les performances scolaires. 3 p.
- Delignières (2000): Influence de la chaleur humide sur le traitement de l'information et la performance. Laboratoire de psychologie, Mission de recherche, INSEP. 26 p.
- Deoux Suzane (2019): Impact sanitaires des conditions climatiques des établissements scolaires sur le littoral de l'île de la Réunion. Enviro Bat Réunion-Pacte, 57 p.
- Golo Bandzouzi Alphonse Cedrique Bienvenu (2023) : Caractérisation climatique et bioclimatique de la ville de Pointe-Noire et incidence sur la santé humaine de 1971 à 2019. Thèse de doctorat unique, UMN, FLASH, 329 p.
- Golo Bandzouzi Cedrique et Ibiassi Mahoungou Geoffroy (2019) : Variabilité climatique et émergence du paludisme à Pointe-Noire. Revue Tunisienne de géographie, N°52-53, 2019-2020, 20 p.
- Houssou Christophe Sègbè (1998): Les bioclimats humains de l'Atacora (Nord-Ouest du Bénin) et leurs implications socio-économiques. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 331 p.
- Houssou Christophe Sègbè; Vissin Expedit Wilfrid; Medeou Fidèle Kouassi; Boko Noumêwa Patrice Maximilien (2017): Bioclimats humains et horaires dans les écoles du département des Collines au Bénin: est-il pertinent de maintenir les horaires dans les établissements scolaires Actes du XXXème colloque de l'AIC, Sfax 03-06 juillet 2017, 6 p.
- Ibiassi Mahoungou (2021): Diagnostic de l'évolution actuelle (1960 à 2019) et future (2040; 2070; 2100) des facteurs d'exposition climatiques à Pointe-Noire (République du Congo). Revue Espace Géographique et Société Marocaine N°52, 22p.

- Jarraya Mounir (2021): L'étude de la perception de l'ambiance bioclimatique hivernale et les risques sanitaires associés: cas de safx (Tunisie), L'apport des investigations de terrain. Article de fond, volume 9, 17 p.
- Jenkins Robert et Beardmore (2024): Trop chaud pour apprendre: l'impact du changement climatique sur l'éducation. 4 p.
- Landau De marly Davids (2023): l'épuisement par la chaleur peut survenir en quelques heures et le coup de la chaleur, lui, peut être fatal. Voici comment reconnait les effets de la température sur votre corps et comment y remédier. National géographique, 5 p.
- Moustapha Nourayeh (2019): La dynamique des températures et ses risques pour les populations de Djibouti dans le contexte du réchauffement. 17 p.
- ONS (2019): Observatoire national de la sécurité et de l'Accessibilité des établissements d'enseignement, 2p.
- Robin Nicolas et Coudeville Guillaume R. (2022): Fonctionnement cognitif en climat tropical. Université des Antilles, Faculté des sciences du sport, Pointe-à-Pitre, France, 34p.
- Samba-Kimbata Marie Joseph (1978): Le climat du Bas-Congo. Thèse de 3è cycle, Uni. De Bourgogne, 2 tomes 280 p.+fig.
- Unicef (2022): L'année la plus froide du reste de leur vie. Protéger les enfants des effets de plus en plus graves des vagues de chaleur. Rapport DCC, 52 p.