

Analyse De La Variabilité Temporelle Des Séries Chronologiques De Température Et De Précipitation Dans La Ville De Kinshasa De 1961 – 2020

[Analysis Of The Temporal Variability Of Temperature And Precipitation Time Series In The City Of Kinshasa From 1961 To 2020]

Olivier KAPALAY MOULASA^{1,2*}, Ruffin NSIELOLO KITOKO^{2,3 et 4} Bhely ANGOBOY ILODEA^{1,2}, Augustin NGE OKWE¹, MULIELE MUKU Tony^{1,2}, Paul MAFUKA MBE MPIE⁵

¹ Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques (INERA), BP 2037 Kinshasa I, République Démocratique du Congo ;

² Université Pédagogique Nationale (UPN), École de Télécommunication et Télédétection Spatiale (ETS-UPN), Département des Eaux et Forêts, BP 8815 Kinshasa ;

³ Université Pédagogique Nationale (UPN), Faculté des Sciences et Technologies, Département de Biologie, BP 8815 Kinshasa ;

⁴ Université du Kwango, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Département de Gestion des Ressources Naturelles, BP 41 Kinshasa I.

⁵ Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement

*Auteur correspondant : olivierkap56@gmail.com / Tél. : +243 815169069 / 896 172 843



Résumé : Cette étude analyse l'évolution des paramètres climatiques de Kinshasa sur une période de 59 ans (1961-2020). En utilisant les tests de Mann-Kendall et la pente de Sen, les résultats révèlent une tendance au réchauffement significative de +0,18 °C par décennie. Parallèlement, les précipitations annuelles ont augmenté de +89 mm par décennie, bien que marquées par une forte variabilité interannuelle. Les analyses montrent une rupture climatique majeure au début des années 1990, marquant l'entrée dans une phase d'anomalies thermiques positives persistantes. Ces résultats soulignent l'urgence de stratégies d'adaptation pour la gestion des risques d'inondations et de stress thermique dans la mégapole de Kinshasa.

L'objectif de cette étude est de mesurer la variabilité climatique et d'identifier les tendances de réchauffement à Kinshasa entre 1961 et 2020. Elle vise à analyser les séries chronologiques de température et de précipitation pour détecter les évolutions significatives. Enfin, elle cherche à évaluer les impacts locaux du changement climatique afin d'éclairer les politiques d'adaptation en RDC.

Une approche mixte a été utilisée, combinant les données climatiques de 59 ans et les analyses statistiques qui nous ont permis de comprendre l'évolution du climat de Kinshasa qui montre les tendances de l'augmentation des températures et précipitations.

Les résultats montrent une tendance générale au réchauffement climatique à Kinshasa entre 1961 et 2020. Les températures moyennes ont progressivement augmenté, avec une variabilité interannuelle marquée. Les précipitations présentent des fluctuations irrégulières, traduisant une instabilité climatique croissante. Ces évolutions confirment l'impact local du changement climatique et la nécessité d'adaptation en RDC.

Mots-clés : Changement climatique, Précipitations, Températures, Kinshasa

Abstract: This study analyzes the climate evolution of Kinshasa over a 59-year period (1961–2020). The objective is to quantify changes in temperature and rainfall within the context of global warming. Using the Mann-Kendall test and Sen's slope, the results reveal a significant warming trend of +0.18 °C per decade. Concurrently, annual rainfall has increased by +89 mm per decade, although marked by strong interannual variability. The analyses show a major climate shift in the early 1990s, marking the beginning of a phase of persistent positive temperature anomalies. These results underscore the urgent need for adaptation strategies to manage flood risks and heat stress in the megacity of Kinshasa.

Key words: Climate change, Temperatures, Precipitations, Kinshasa.

1. Introduction

Le changement climatique n'est plus à démontrer. Ses impacts sur l'Homme aux échelles globales et régionales estimés à partir des modèles de circulation globale (MCG) renseigne une augmentation des calamités climatiques, sécheresses, fréquence et intensité des vagues de chaleur [1], [2]. Plusieurs auteurs ont démontré que la corrélation positive entre les rejets de gaz à effet de serre (GES) et l'augmentation des températures de ces dernières décennies font apparaître que le réchauffement global sera compris entre 2 et 6 °C (selon les scénarios et les modèles) à l'horizon 2050-2100 [3], [4].

Selon le sixième rapport d'évaluation du [4], la température moyenne mondiale a augmenté de 1,1 °C par rapport à l'ère préindustrielle. Cette hausse n'est pas uniforme : elle s'accompagne d'une intensification du cycle hydrologique, entraînant des événements météorologiques extrêmes plus fréquents et plus sévères.

L'Afrique subsaharienne est identifiée comme l'une des régions les plus vulnérables aux impacts climatiques en raison d'une faible capacité d'adaptation [5], [6]. Au cœur de ce continent, le bassin du Congo, deuxième bloc continu des forêts tropicales après l'Amazonie joue un rôle de régulateur thermique crucial [6], [7]. Cependant, la République Démocratique du Congo (RDC) fait face à des défis majeurs : déforestation, urbanisation galopante, changement climatique [8].

Peu d'études ont analysé des séries de températures et de précipitations sur une longue période de plus de 60 ans. Or, la ville de Kinshasa subit des inondations récurrentes ces derniers temps et des chaleurs étouffantes [9], [10], [11]. Cette recherche se propose de combler ce vide en analysant des séries de température et de précipitation afin de montrer si les tendances locales suivent la trajectoire globale. Ce travail vise à caractériser la variabilité et les tendances climatiques à Kinshasa de 1961 à 2020. Spécifiquement, elle permettra à détecter les tendances thermiques et pluviométriques ; identifier les années de rupture et les anomalies et à évaluer la significativité statistique de ces changements.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Milieu

La ville-province de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo, s'étend entre les latitudes 4° et 5° Sud et les longitudes 15° et 16° Est. Couvrant une superficie de 9 965 km², dont environ 600 km² sont urbanisées, avec une population estimée à 17 millions d'habitants [12] cité [13], [14].

Sur le plan administratif, la ville de Kinshasa est subdivisée en 24 communes qui s'éclatent en quatre districts qui sont : (1) Lukunga, (2) Funa, (3) Tshangu et (4) Mont-Amba [15], [16].

Située entre les latitudes 4° et 5° et entre les longitudes Est 15° et 16°32', la ville de Kinshasa est limitée : à l'Est par les provinces de Mai-Ndombe, Kwilu et Kwango ; à l'Ouest et au Nord par le fleuve Congo formant ainsi la frontière naturelle avec la République du Congo Brazzaville ; au Sud par la province du Kongo Central [17].

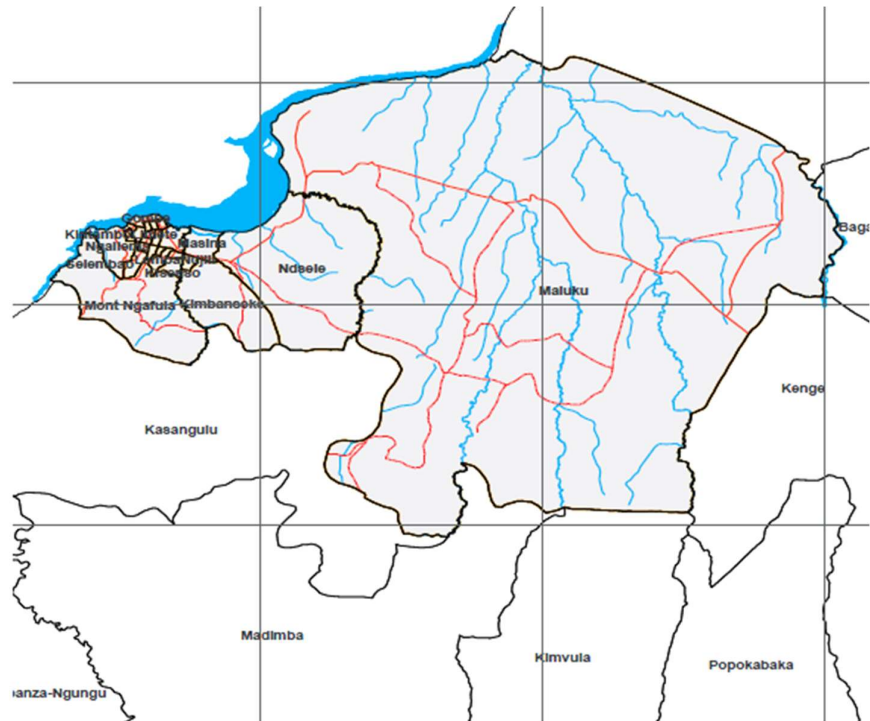


Figure 1 : Ville de Kinshasa

Source : [18].

Elle se situe sur la rive gauche du fleuve Congo, face à Brazzaville. Son altitude moyenne oscille autour de 300 mètres, bien que le relief soit marqué par une dualité entre une zone de plaine (le Pool Malebo) et constitue un immense croissant couvrant une surface plane peu élevée avec une altitude moyenne d'environ 300m [17].

Climat et sol

Selon la classification de de Köppen, la ville-province de Kinshasa connaît un climat tropical du type AW_4 chaud et humide où la température moyenne varie de 22,5°C à 25°C. On y rencontre deux saisons : la grande saison des pluies (septembre à mi-mai) et la saison sèche (mi-mai à août) [19]. Les précipitations moyennes annuelles (Figure 2) selon le digramme ombrothermique généré à partir des données collectées par des stations au sol de METTELSAT à Kinshasa Binza sont de l'ordre de 1500 mm [20], [21].

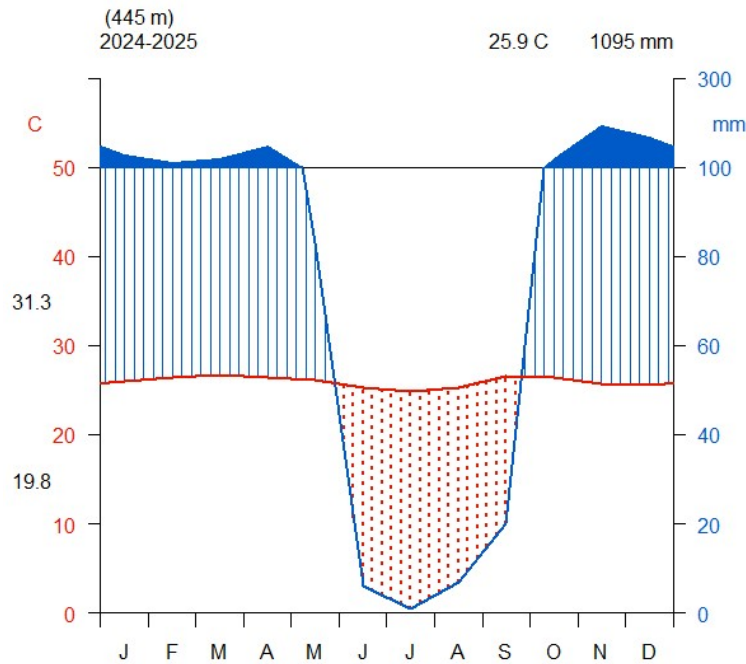


Figure 2. Diagramme ombrothermique de la ville de Kinshasa de 2024-2025.

Le sol de la province de Kinshasa est principalement sablonneux et présente une faible utilité pour les activités agricoles. Ainsi, la ville est alimentée en produits agricoles par les provinces limitrophes du Kongo central, du Kwilu et du grand Equateur. Son hydrographie comprend essentiellement le fleuve Congo et ses affluents (N'djili, Nsele, Lukunga, Lubudi, Basoko et Gombe, etc.).

2.2. Matériel

Cette étude va nécessiter l'utilisation de matériels constitués essentiellement des données climatiques, des outils informatiques, des logiciels d'analyse statistique ainsi que des documents scientifiques.

2.3. Méthodes

2.3.1. Source des données

Les données climatiques utilisées dans cette recherche s'étendent sur 59 ans, du 1er janvier 1961 au 31 décembre 2020. Elles proviennent principalement de la station synoptique de Kinshasa-Ndjili (Code OMM : 64210), gérée par la METTELSAT (Agence Nationale de Météorologie et de Télédétection par Satellite) en collaboration avec l'INERA.

2.3.2. Paramètres retenus et contrôle qualité

Trois variables fondamentales ont été extraites à un pas de temps mensuel et annuel :

- 1) Précipitations (P) : Cumuls mensuels exprimés en millimètres (mm),
- 2) Températures maximales (Tmax) : Moyennes des maximums quotidiens,
- 3) Températures minimales (Tmin) : Moyennes des minimums quotidiens.

Avant toute analyse, les données ont été soumises à un test d'homogénéité (Test d'Alex Andersson) pour détecter d'éventuelles ruptures artificielles liées au changement d'instruments ou au déplacement de la station.

2.3.2 Analyse des données

L'analyse des données a consisté par l'identification des anomalies et le calcul de l'indice Standardisé de Précipitations (SPI).

2.3.2.1 Analyse des anomalies climatiques

L'anomalie permet de visualiser les écarts par rapport à une normale de référence. Elle est calculée comme suit :

$A_i = X_i - \bar{X}$: Où A_i est l'anomalie de l'année X_i la valeur annuelle et \bar{X} la moyenne de la période 1961-2024.

2.3.2.2 Test de tendance de Mann-Kendall

Ce test cherche à détecter la présence d'une tendance (croissante ou décroissante) dans un jeu de données. La statistique est calculée par son équation :

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad \text{où :} \quad \text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x = 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

S positif → tendance croissante et S négatif → tendance décroissante. Une valeur de Z (statistique normalisée) supérieure à 1,96 indique une tendance significative au seuil de 5%.

Le choix du test de Mann-Kendall (statistique Z) se justifie par sa capacité à gérer les données non distribuées normalement, fréquentes en climatologie tropicale. Pour cette étude, nous avons fixé le seuil de confiance à 95% (alpha = 0,05). L'estimateur de pente de Sen complète ce test en fournissant la magnitude réelle du changement (ex: nombre de millimètres ou de degrés par an). Contrairement à la régression linéaire classique, la pente de Sen n'est pas faussée par une année exceptionnellement sèche ou humide (valeurs aberrantes).

2.3.2.3 Estimateur de pente de Sen

Pour quantifier la vitesse du réchauffement ou de l'augmentation des pluies, nous avons utilisé la pente de Sen. Contrairement à la régression linéaire, cette méthode estime la médiane de toutes les pentes possibles entre paires de points, offrant une mesure plus fiable du changement décennal.

2.3.2.4 Indice Standardisé de Précipitations (SPI)

Développé par [22]. Le SPI permet de quantifier le déficit ou l'excès de pluie sur différentes échelles de temps. Il classe les années en catégories : extrêmement sèches, normales, ou extrêmement humides. L'indice SPI, utilisé dans cette étude, est calculé en ajustant une fonction de distribution de probabilité (généralement la loi Gamma) à la série de précipitations cumulées sur 12 mois. Cette méthode permet de transformer les données de précipitations en une distribution normale standard (moyenne de 0 et écart-type de 1). Un SPI de -1,5 indique que la précipitation est de 1,5 écart-type inférieure à la moyenne historique. Ce processus permet de comparer l'intensité des sécheresses à travers différentes régions et échelles de temps, indépendamment de la moyenne pluviométrique locale.

Tableau 1: Variation de la sécheresse en fonction de l'ISP

Valeur de l'ISP	Séquence de sécheresse	Valeurs de l'ISP	Séquences humides
0.00<ISP<-0.99	Légèrement sèche	0.00<ISP<0.99	Légèrement humide
-1.00<ISP<-1.49	Modérément sèche	1.00<ISP<1.49	Modérément humide
-1.50<ISP<-1.99	Sévèrement sèche	1.50<ISP<1.99	Sévèrement humide
ISP<-2.00	Extrêmement sèche	2.00<ISP	Extrêmement humide

Source : [23, 24]

3. RÉSULTATS

3.1. Analyse descriptive des variables (1961-2020)

Les statistiques descriptives (Tableau 1) révèlent les caractéristiques fondamentales du climat de Kinshasa sur plus de six décennies.

Tableau 2 : Synthèse statistique des paramètres climatiques de Kinshasa

Variable	Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type
Température moyenne (°C)	25,4	23,8	27,1	0,8
Précipitations annuelles (mm)	1420	980	1820	210

L'analyse montre que si la température présente une stabilité relative (faible écart-type de 0,8), les précipitations affichent une variabilité interannuelle majeure, avec un écart de plus de 800 mm entre l'année la plus sèche et la plus humide.

3.2. Réchauffement statistiquement prouvé

L'évolution de la température moyenne annuelle à Kinshasa montre une trajectoire ascendante claire. La tendance décennale fait état d'un réchauffement est estimé à +0,18 °C par décennie. C'est alors que le test de Mann-Kendall affiche un Z de 1,98 avec une valeur de $p = 0,048$, confirmant que cette hausse n'est pas due au hasard mais constitue une tendance lourde. La magnitude totale sur la période de 59 ans, montre que la température moyenne a progressé d'environ 1,15 °C, ce qui place Kinshasa dans la moyenne du réchauffement global observé (Figure 3).

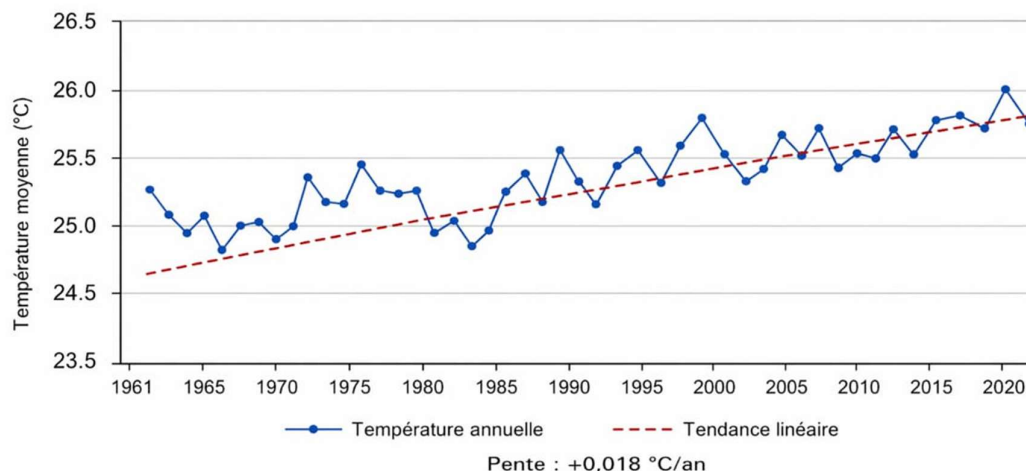


Figure 3. Évolution de la température annuelle.

3.3. Dynamique des précipitations.

Contrairement à certaines régions sahéliennes, Kinshasa connaît une augmentation de sa pluviométrie annuelle. L'on constate une hausse quantitative dont la tendance est de +89 mm par décennie (soit +8,93 mm/an). Le test de Mann-Kendall pour les pluies est encore plus probant que pour les températures, avec un Z de 3,23 ($p < 0,01$), qualifié de hautement significatif.

Cette hausse suggère une intensification des processus convectifs liés à la zone de convergence intertropicale (ZCIT) et à l'évapotranspiration du bassin du Congo. Cette variabilité peut être influencée par des facteurs climatiques régionaux. Les résultats indiquent que les précipitations présentent de fortes fluctuations d'une année à l'autre. On observe : des années très humides (supérieures à 1700 mm) et des années très sèches (autour de 1400 mm). La ligne de tendance montre une augmentation progressive des précipitations annuelles (Figure 4).

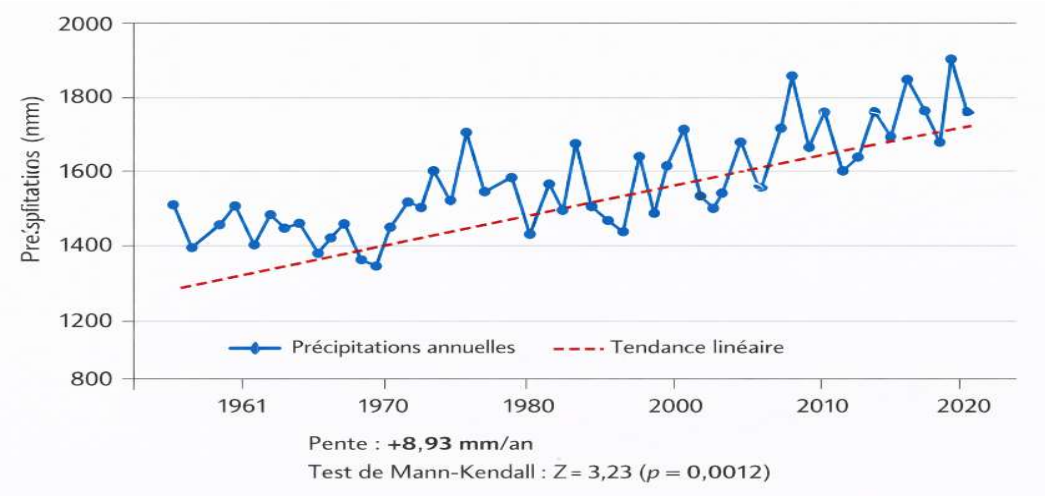


Figure 4. Variabilité des précipitations annuelles

3.4. Rupture et Anomalies : Le tournant des années 1990

Le graphique présente les anomalies de température annuelle à Kinshasa par rapport à la période de référence 1961–1990. Une anomalie correspond à la différence entre la température observée et la moyenne climatologique de référence.

a) Période 1961–1985 : anomalies négatives

Durant les premières décennies, la majorité des anomalies sont négatives, les températures étaient inférieures à la moyenne climatologique et le climat était relativement plus frais durant cette période.

b) Période 1990–2020 : anomalies positives

À partir des années 1990, on observe une augmentation progressive des anomalies positives, les températures deviennent plus élevées que la normale et le réchauffement climatique devient plus marqué. Les anomalies atteignent parfois : +0.8°C à 1°C au cours des années récentes.

Le graphique montre une transition climatique nette autour des années 1990. Cette transition correspond à un passage d'un climat relativement stable vers une phase de réchauffement progressif.

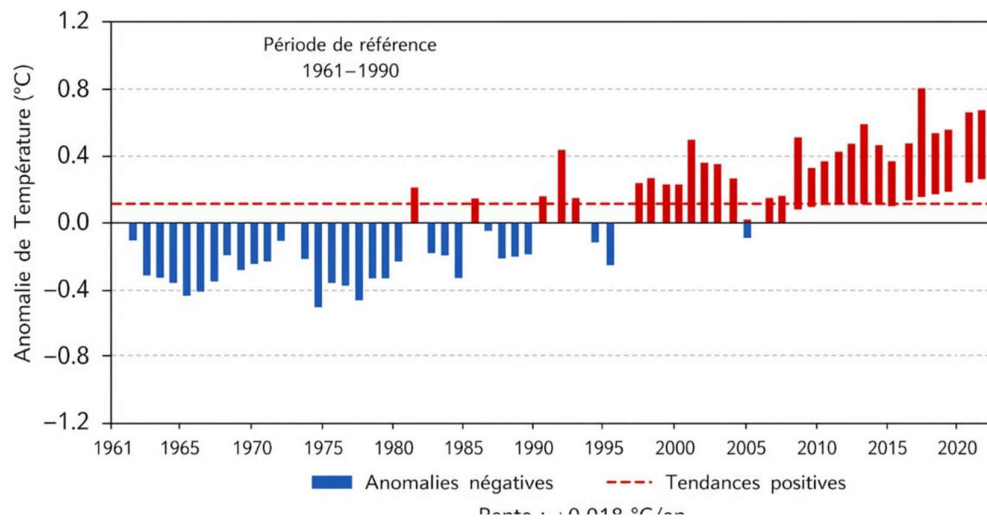


Figure 5. Anomalie de température

3.5. Analyse de la variabilité décennale

Le découpage par décennies permet de lisser les variations annuelles pour observer le changement structurel. L'analyse décennale du climat montre une augmentation progressive de la température moyenne et des précipitations à Kinshasa depuis les années 1960. La décennie 2011–2020 apparaît comme la plus chaude et la plus humide de la série étudiée. Ces résultats confirment l'existence d'une modification progressive du climat dans la région, compatible avec les tendances du changement climatique observées en Afrique centrale (Figure 6)

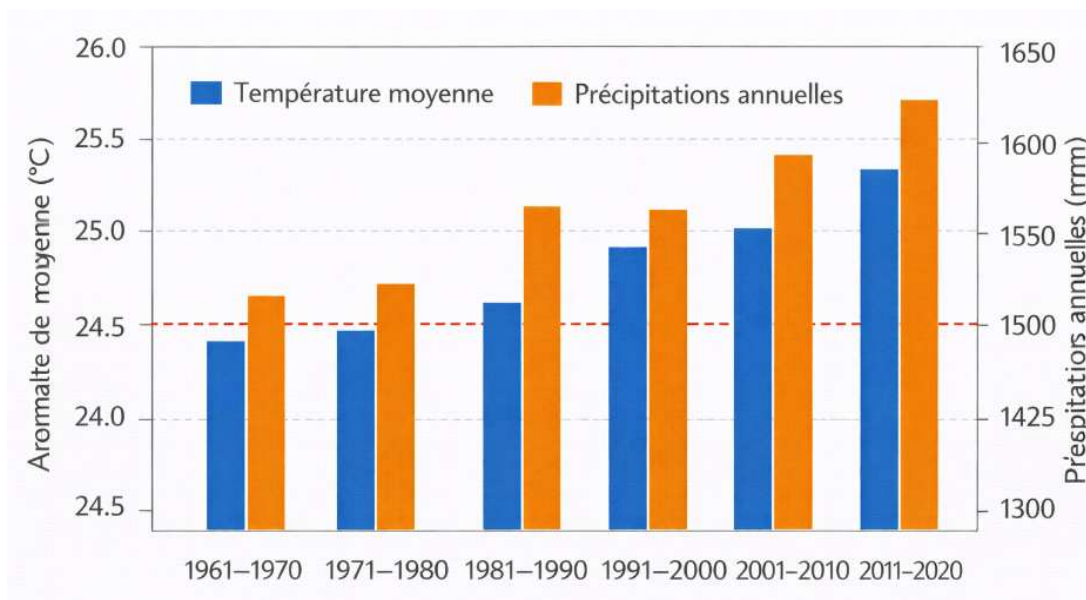


Figure 6. Variabilité décennale de la température et de la précipitation

3.6. Indice Standardisé de Précipitations (SPI)

L'analyse de l'indice SPI montre que le climat de Kinshasa est marqué par une alternance de périodes humides et de périodes de sécheresse. Plusieurs épisodes de sécheresse modérée ont été observés au cours de la période étudiée, notamment dans les années 1980 et 1990. Cette variabilité climatique reflète l'influence des systèmes atmosphériques tropicaux sur le régime pluviométrique de la région (Figure 7).

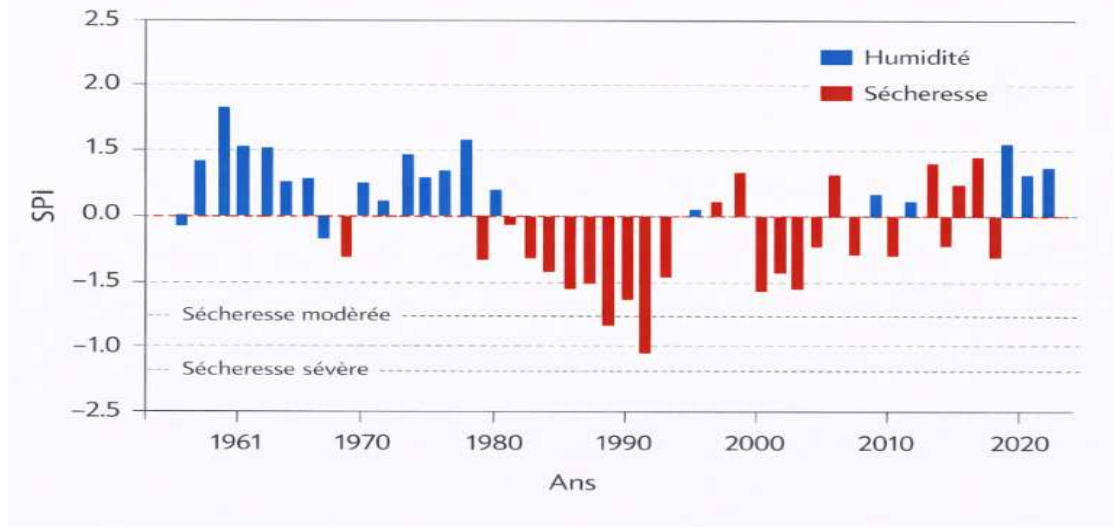


Figure 7. Indice SPI de sécheresse

4. DISCUSSION

4.1. Variabilité de la température

Les résultats de cette étude montrent une augmentation progressive de la température moyenne annuelle à Kinshasa au cours de la période étudiée. L'analyse des tendances climatiques indique une pente estimée d'environ $+0,018$ °C par an, soit environ $+0,18$ °C par décennie.

Cette augmentation est cohérente avec les tendances observées à l'échelle mondiale déjà signalé par [25] expliquant que le réchauffement observé depuis la période préindustrielle est entre- autre lié aux activités humaines. En fait, les seules émissions de gaz à effet de serre dues aux activités humaines auraient même dû entraîner un réchauffement encore plus important.

Les résultats obtenus dans cette étude prouvent que Kinshasa suit une tendance similaire, bien que l'ampleur du réchauffement observé soit légèrement inférieure à la moyenne globale. Ce phénomène peut s'expliquer par l'influence des écosystèmes forestiers du bassin du Congo, qui jouent un rôle important dans la régulation du climat régional grâce à leur capacité de stockage du carbone [6]. Ces observations confirment également les résultats d'autres études menées en Afrique centrale qui indiquent une augmentation progressive des températures au cours des dernières décennies [10].

4.2. Variabilité des précipitations

L'analyse des précipitations annuelles révèle une variabilité interannuelle importante, caractérisée par une alternance de périodes humides et de périodes relativement sèches. La pente de la tendance pluviométrique estimée dans cette étude est d'environ $+8,93$ mm par an, soit près de $+89$ mm par décennie.

Cette augmentation progressive des précipitations pourrait être liée aux modifications des systèmes de circulation atmosphérique tropicale, notamment aux déplacements saisonniers de la Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT), qui constitue l'un des

principaux mécanismes de contrôle des précipitations en Afrique centrale. Plusieurs études ont montré que les changements climatiques peuvent modifier l'intensité et la position de la ZCIT, entraînant ainsi des variations du régime pluviométrique dans les régions tropicales [10]. Dans ce contexte, l'augmentation observée des précipitations à Kinshasa pourrait être associée à une intensification des systèmes convectifs dans la région.

Toutefois, il convient de souligner que cette augmentation n'est pas uniforme et que les précipitations présentent une forte variabilité interannuelle. Cette variabilité est également observée dans d'autres régions d'Afrique subsaharienne où les fluctuations pluviométriques sont fortement influencées par les interactions entre l'océan Atlantique, l'océan Indien et les systèmes atmosphériques tropicaux [5].

4.3. Anomalies climatiques

L'analyse des anomalies de température met en évidence une transition climatique marquée à partir des années 1990. Avant cette période, la majorité des anomalies étaient négatives, indiquant des températures inférieures à la moyenne climatologique. En revanche, à partir des années 1990, les anomalies deviennent majoritairement positives, ce qui reflète une augmentation progressive des températures.

Cette transition climatique correspond à une tendance globale observée dans de nombreuses régions du monde. Le sixième rapport du GIEC indique que le réchauffement climatique s'est accéléré à partir de la fin du XX^e siècle en raison de l'augmentation rapide des émissions de gaz à effet de serre [26]. L'apparition d'anomalies positives plus fréquentes dans les dernières décennies confirme que Kinshasa est également affectée par cette tendance globale.

4.4. Variabilité climatique et épisodes de sécheresse

L'analyse de l'indice SPI montre que le climat de Kinshasa est caractérisé par une alternance de périodes humides et de périodes de sécheresse modérée. Plusieurs épisodes de sécheresse ont été identifiés, notamment au cours des années 1970, 1980 et au début des années 2000.

Ces résultats confirment que la variabilité climatique reste un élément important du climat de l'Afrique centrale. Selon [5], les régions tropicales sont particulièrement sensibles aux fluctuations climatiques, ce qui peut entraîner des variations importantes des précipitations d'une année à l'autre. Cette variabilité peut avoir des conséquences importantes pour les ressources en eau, l'agriculture et les écosystèmes.

4.5. Implications environnementales et urbaines

Les changements climatiques observés dans cette étude peuvent avoir plusieurs implications pour la ville de Kinshasa. Premièrement, l'augmentation des températures peut accentuer les phénomènes d'îlot de chaleur urbain, particulièrement dans les zones densément urbanisées. Deuxièmement, l'augmentation des précipitations et l'intensification des pluies extrêmes peuvent accroître les inondations urbaines meurtrières dont les stratégies préventives intégrées pour la réduction des risques de catastrophes naturelles sont prioritaires [9], [27].

Ces phénomènes ont déjà été observés dans la capitale congolaise. Par exemple, les fortes pluies qui ont frappé Kinshasa en décembre 2022 ont causé plus de 160 décès et affecté des milliers de ménages, illustrant la vulnérabilité de la ville face aux événements climatiques extrêmes [9]. Dans un contexte de croissance démographique rapide et d'urbanisation non planifiée, ces risques climatiques pourraient devenir plus fréquents et plus intenses au cours des prochaines décennies.

4.6. Réchauffement climatique local et théorie du réchauffement global

Les résultats obtenus dans cette étude montrent une augmentation progressive de la température moyenne annuelle à Kinshasa, avec une pente estimée à environ +0,018 °C par an, soit +0,18 °C par décennie, cette tendance correspond aux observations globales [25], [28], [29], selon lesquelles la température moyenne mondiale a augmenté d'environ 1,1 °C depuis l'ère préindustrielle [24]. La cohérence entre les résultats de cette étude et les observations globales peut être expliquée par la théorie

du forçage radiatif, selon laquelle l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre entraîne une accumulation d'énergie thermique dans l'atmosphère.

Cependant, l'intensité du réchauffement observé à Kinshasa apparaît légèrement inférieure aux tendances globales. Cette différence pourrait être liée à l'influence du bassin forestier du Congo, qui agit comme un important puits de carbone et contribue à atténuer les variations climatiques régionales [6].

4.7. Variabilité pluviométrique et théorie de la dynamique de la ZCIT

L'analyse des précipitations annuelles montre une augmentation moyenne d'environ +8,93 mm par an, soit près de +89 mm par décennie. Toutefois, cette tendance est accompagnée d'une forte variabilité interannuelle. Ces résultats peuvent être interprétés à la lumière de la théorie de la dynamique de la Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT). La ZCIT constitue une zone de convergence des masses d'air tropicales qui contrôle la distribution des précipitations dans les régions équatoriales. Les déplacements saisonniers de cette zone déterminent l'alternance entre saison sèche et saison des pluies.

Selon [25], les modifications des gradients thermiques entre les océans et les continents peuvent provoquer des changements dans la position et l'intensité de la ZCIT, entraînant ainsi des variations du régime pluviométrique en Afrique centrale. Les résultats obtenus dans cette étude suggèrent que les variations pluviométriques observées à Kinshasa pourraient être liées à une intensification des systèmes convectifs tropicaux.

4.8. Transition climatique et théorie des changements de régime climatique

L'analyse des anomalies de température révèle une transition climatique marquée autour des années 1990. Avant cette période, les anomalies étaient majoritairement négatives, tandis qu'après cette date elles deviennent majoritairement positives. Ce phénomène correspond à ce que certains climatologues appellent un changement de régime climatique, c'est-à-dire une modification durable de l'état moyen du système climatique.

Selon la théorie des changements de régime climatique, le système climatique peut basculer vers un nouvel état d'équilibre lorsque certaines variables climatiques dépassent des seuils critiques. La transition observée dans cette étude pourrait refléter l'influence combinée du réchauffement global, des modifications des circulations atmosphériques tropicales et de l'évolution des conditions océaniques.

4.9. Variabilité hydrologique et théorie de la variabilité climatique tropicale

Les résultats de l'indice SPI montrent une alternance entre périodes humides et périodes de sécheresse modérée, notamment durant les années 1970, 1980 et au début des années 2000. Cette variabilité peut être expliquée par la théorie de la variabilité climatique tropicale, selon laquelle les climats tropicaux sont fortement influencés par les interactions entre les océans et l'atmosphère.

Les phénomènes tels que El Niño – Southern Oscillation (ENSO) peuvent modifier la distribution des précipitations dans plusieurs régions tropicales, entraînant des périodes de déficit pluviométrique ou d'excès de précipitations. Les fluctuations observées dans cette étude suggèrent que le climat de Kinshasa est sensible à ces mécanismes climatiques globaux.

CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude était d'analyser l'évolution du climat à Kinshasa à partir des données météorologiques de température et de précipitations sur une longue période. L'analyse des séries climatiques a permis de mettre en évidence plusieurs tendances importantes concernant les dynamiques climatiques de la région.

Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive de la température moyenne annuelle, avec une tendance estimée à environ +0,18 °C par décennie. Cette évolution confirme l'existence d'un signal de réchauffement climatique local, cohérent avec les observations du changement climatique à l'échelle mondiale. Selon les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le réchauffement global constitue l'un des principaux facteurs de modification des systèmes climatiques contemporains.

Par ailleurs, l'analyse des précipitations révèle une variabilité interannuelle importante du régime pluviométrique, caractérisée par l'alternance de périodes relativement humides et de périodes de déficit pluviométrique. La tendance générale suggère une augmentation progressive des précipitations, estimée à environ +89 mm par décennie, bien que cette évolution reste accompagnée d'une forte variabilité climatique. L'étude des anomalies climatiques a également permis d'identifier une transition climatique à partir des années 1990, marquée par une augmentation plus fréquente des anomalies positives de température. Cette transition reflète probablement l'influence croissante du réchauffement climatique global sur les dynamiques climatiques régionales.

L'analyse de l'indice SPI met en évidence l'existence de périodes de sécheresse modérée alternant avec des périodes d'humidité, confirmant que le climat de Kinshasa est caractérisé par une variabilité climatique importante.

REFERENCES

- [1] Redelsperger, J. L., Thorncroft C D., Diedhiou A., Lebel T., Parker D J., and Polcher J. (2006). African monsoon multidisciplinary analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(12), 1739-1746.
- [2] IPCC. (2021). *Climate Change: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. 40p.
- [3] PCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- [4] IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [5] Serdeczny O., Adams S., Baarsch F., Coumou D., Robinson A., Hare W., Schaeffer M., Perrette M., Reinhardt J. (2017). Climate change impacts in Sub-Saharan Africa. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1585–1600
- [6] World Bank. (2021). *Climate Risk Country Profile: Democratic Republic of Congo*. 102p.
- [7] FAO. (2020). *The State of the World's Forests*. Rome : 214p.
- [8] UNEP. (2015). *Climate Change in Africa, rapport annuel*, 64p.
- [9] OCHA. (2022). *Floods in Kinshasa situation report*. 1p
- [10] Nicholson, S. E. Sharon E. Nicholson , Chris Funk , Andreas H. Fink (2018). Rainfall over [11] Africa from the 19th through the 21st century. *Global and Planetary Change*, 165, 114- 127.
- [12] United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2024). *World Population Prospects 2024: Summary of Results (UN DESA/POP/2024/TR/NO. 9)*.
- [13] Okitayela Asumini A., Mayele J., Abedi J., Muchukiwa Omari, Muenda D., Omeno Opelele M., Sudi Kacha Sudi Kahiko C., Bolaluembe Boliale P-C, Lele Nyami B. (2025): Perception de la population kinoise sur la variation de la température de surface dans la ville de Kinshasa, *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 8(1), 112-119.
- [14] DE SAINT MOULIN L. (2005), *Atlas de l'organisation administrative de la République Démocratique du Congo*, Ed. Centre d'Etudes Pour l'Action Sociale (CEPAS), Kinshasa, 235 p.
- [15] Cibenji Tshiunza f, Bukasa S, Bukasa K. Kadima F, Kayembe Kapinga R, Makana Tulemba, Kumeso Bana A, Mene-mene Nkosi Z, Musenga Tshiey V. (2026) : Etude de cas sur la situation des inondations saisonnières et son impact sur l'environnement à l'Ouest de Kinshasa, *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, Vol. 55 No. 2, 147-161

- [16] Nsielolo Kitoko R., Mbonigaba Kamuzinzi O, Ibula Matumona R, et Tebo Kulapa B (2022): Etude d'inventaire floristique d'un îlot forestier naturel à Kinshasa : Cas de l'Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 36 No. 2, 535-544
- [17] Shomba Kinyamba S, Mukoka Nsenda F., Olela Nonga D., Kaminar T.M, Mbalan W, (2015) : Monographie de la ville de Kinshasa, ICREDES, Kinshasa – Montréal – Washington, 105p.
- [18] République Démocratique du Congo, Ministère du Plan, Institut National de la Statistique (2021) : Annuaire statistique, RDC 2020, 433p.
- [19] PNUD, RDC, (2009): Pauvreté et conditions de vie des menages, 20p.
- [20] Habari, M., Lejoly, J. & Lubini, A., (2010): Flore des forêts communautaires à Pentaclethra eetveldeana de la région de Kisantu (R.D. Congo). In: X. van der Burgt, J. van der Maesen & J.-M. Onana (eds), Systématique et Conservation des Plantes Africaines, Royal Botanic Gardens, Kew, 643–651.
- [21] Nsielolo Kitoko R et Pages Jacques (2020) : Essai de l'utilisation des lichens comme bio indicateurs de la qualité de l'air sur les axes routiers de Kinshasa, République Démocratique du Congo, Afrique SCIENCE 16 (1), 238 – 246.
- [22] McKee, T.B., Doesken, N.J. et Kleist, J. (1993) La relation entre la fréquence et la durée de la sécheresse et les échelles de temps. 8e conférence sur la climatologie appliquée, Anaheim, 179-184.
- [23] OMM (2012) : Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisées, N° 1090, Genève 2, Suisse, 25p.
- [24] C. Faye (2017) : Variabilité et tendances observées sur les débits moyens mensuels, saisonniers et annuels dans le bassin de la Falémé (Sénégal), Hydrological Sciences Journal, 62: 2, 259-269.
- [25] GIEC (2021) : Changement Climatique 2021: Résumé pour tous. 18p.
- [26] GIEC (2021) : Résumé à l'intention des décideurs. In: Changement climatique 2021: les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [publié sous la direction de Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, et B. Zhou]. Cambridge University Press.
- [27] Munkuamo Gonzaleze J-R (2023) : Les inondations meurtrières à Kinshasa : Diagnostic et stratégies préventives intégrées pour la réduction des risques de catastrophes naturelle,
International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 40 No. 3, 706-722.
- [28] Lohalo Paulo R, Mushigo Nnaka B., Lufuluabo Mwabila M., Kizungu Mvumilia R. (2022) :
Etude de l'évolution des paramètres Météorologiques par le Modèle Li-néaire Généralisé (cas de la ville de Kinshasa), Annales de la Faculté des Sciences et Technologies, vol. 1 -71- 86.
- [29] Nsielolo Kitoko R., Tebo Kulapa B., Pages Jacques et Futabaku Muniputu B., (2022) :
Impacts locaux des changements climatiques dans la zone côtière de Muanda en République Démocratique du Congo (RDC), International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 36 No. 2, 525-534.