

Vulnérabilités climatiques de la zone touristique de Brazzaville courant 1991-2080 en République du Congo

Geoffroy IBIASSI MAHOUNGOU*, Pierre Corneille SAMBOU**, Lambert MOUNDZEO, Frange Martial DZIENGUE et Fred William MANIAKA***

Résumé

Cette étude se propose d'analyser les vulnérabilités climatiques durant la période de référence (1991-2020) et future (2021-2050 et 2051-2080) de la zone touristique de Brazzaville. Elle s'inscrit dans le contexte du Plan National de Développement (PND 2022-2026) en République du Congo et permet d'anticiper sur les mesures optimales d'adaptation face aux changements climatiques. L'étude s'appuie sur les données climatiques et celles portant sur la sensibilité environnementale puis la capacité d'adaptation. La méthode AR4 –GIEC, est utilisée pour l'analyse des vulnérabilités actuelle et future à partir de l'exposition climatique, la sensibilité environnementale et la détection des impacts potentiels. Les résultats des analyses montrent que la zone touristique de Brazzaville est moyennement vulnérable durant la période 1991-2020 et le sera fortement pendant la période 2021-2050, encore plus fortement, courant la période 2051-2080. Ceci, à cause des fortes précipitations, des inondations, des érosions et des coups de chaleur. Les résultats obtenus exigent que des mesures efficaces et rationnelles soient prises, pour rendre moins vulnérable, la zone touristique de Brazzaville.

Mots-clés : Vulnérabilités actuelles, Vulnérabilités futures, Zone touristique, Brazzaville, République du Congo

* Laboratoire Géographie-Environnement et Aménagement (LAGEA) ;), Université Marien NGOUABI ; B P 69 Brazzaville–Congo.

E-mail : triompheom7@gmail.com / geoffroyibiassi7@gmail.com

** Département de géographie ; UCAD-Sénégal.

E-mail : pierrecorneille.sambou@ucad.edu.sn

*** Laboratoire Géographie-Environnement et Aménagement (LAGEA) ;), Université Marien NGOUABI ; B P 69 Brazzaville–Congo

Abstract

The planned study proposes to analyze the climatic vulnerabilities during the reference period (1991-2020) and future (2021-2050 and 2051-2080) of the tourist area of Brazzaville. It falls within the context of the National Development Plan (PND 2022-2026) in the Republic of Congo and makes it possible to anticipate optimal measures for adaptation to climate change. The study is based on climatic data and data on environmental sensitivity and adaptive capacity. The AR4 - IPCC method is used for the analysis of current and future vulnerabilities based on climate exposure, environmental sensitivity and the detection of potential impacts. The results of the analyzes show that the tourist area of Brazzaville is moderately vulnerable during the period 1991-2020 and will be highly vulnerable during the period 2021-2050, even more highly vulnerable during the period 2051-2080. This, because of heavy rainfall, flooding, erosion and heat stroke. The results obtained require that efficient and rational measures be taken to make the tourist area of Brazzaville less vulnerable.

Keywords: Current vulnerabilities, Future vulnerabilities, Tourist area, Brazzaville, Republic of Congo

Introduction

De plus en plus, la terre est sous l'influence des phénomènes climatiques extrêmes. Les impacts négatifs y sont souvent notés sur les systèmes socio-environnementaux et les mesures d'adaptation mises en place, restent inefficaces ou peu adaptées (GIEC, 2022.p.7). Dans son rapport, le GIEC (2007c, p.17) attirait l'attention des décideurs afin que ceux-ci adaptent les meilleurs modes de développement, adoptent les bonnes manières d'utilisation des ressources naturelles, choisissent les bonnes habitudes alimentaires et établissent les mesures effectives de lutte contre les changements climatiques.

Plusieurs secteurs socio-économiques dont celui du tourisme, sont aujourd'hui impactés par les facteurs d'expositions climatiques (GIEC, 2018. p.12). Ainsi, les sites touristiques sont exposés aux problèmes d'inconforts thermiques, aux érosions côtières, aux inondations et aux vents violents (Gómez, M., 2005, p.585, Scott, et Lemieux, p. 182 ; Fotso-Nguemo et al., p. 5).

Actuellement, les sites touristiques de la République du Congo dont ceux de Brazzaville, sont confrontés aux effets liés aux changements climatiques et toutes les conséquences qui s'ensuivent (G. Ibiassi Mahoungou, 2021, p. 10 ; G. Ibiassi Mahoungou et al., 2021, p. 7). Ils sont exposés aux impacts négatifs des facteurs d'exposition climatique.

Il paraît par conséquent important qu'une attention particulière soit accordée sur la zone touristique de Brazzaville, tenant compte des différents enjeux d'ordre économique, socio-culturel et environnemental. En effet, la ville de Brazzaville, capitale de la République du Congo, présente des potentialités considérables, à cause des caractéristiques de zone urbanisée. Elle reste attractive dans le cadre d'un tourisme urbain. Récemment, dans le cadre du Plan National de Développement (PND 2022-2026) lequel prend en compte la stratégie nationale et le plan directeur de développement durable du tourisme de la République du Congo, la ville de Brazzaville a été considérée comme la troisième zone de développement touristique du pays. Dans les objectifs de développement touristique formulés, il est recommandé de positionner cette ville, comme une porte d'entrée internationale pour le pays. Malheureusement, les études scientifiques consacrées jusqu'alors sur les vulnérabilités climatiques actuelles et futures dans le pays, n'abordent presque pas le volet tourisme malgré son importance affichée.

La présente étude vise donc à analyser les vulnérabilités actuelles (1991-2020) et futures (2021-2080), afin d'anticiper les mesures optimales d'adaptation à moyen (2021-2050) et long terme (2051-2080).

1. Données et méthodes

1.1. Localisation de la zone d'étude

La zone touristique de Brazzaville qui fait l'objet de cette étude, se situe au Sud-Est de la République du Congo, entre les latitudes 4°6' et 4°23' Sud et entre les longitudes 15°5' et 15°25' Est (figure 1). Elle couvre une superficie de plus de 309 km².

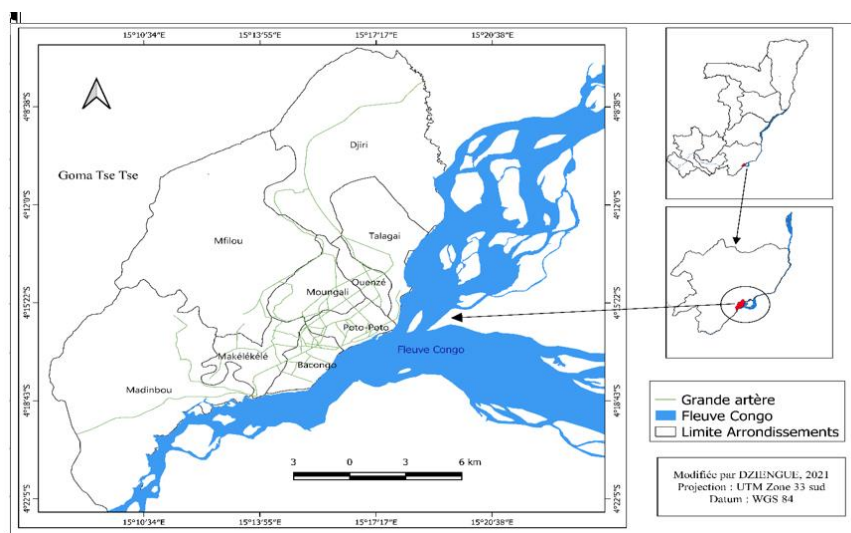


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

1.2. Données utilisées

Trois types des données sont utilisés. Il s'agit aussi bien des données climatiques que de celles qui portent sur la sensibilité environnementale de la zone d'étude et sur la capacité d'adaptation de la zone touristique de Brazzaville. Les données climatiques portent sur les précipitations et les températures journalières durant la période 1991-2080. Elles proviennent de la base des données de CORDEX Africa, jadis exploitées dans plusieurs travaux de recherche (Adeline Bichet et al., 2020 ; Pokam Mba et al, 2018). Elles comportent 14 simulations climatiques régionales qui proviennent d'un ensemble plus récent des projections RCM, à haute résolution et produites ces dernières années pour l'Afrique : CORDEX-AFRICA. Dans cet ensemble, quatre (4) RCM sont utilisés pour réduire à la baisse, les neuf (9) expériences GCM obtenues dans CMIP5 sous le scénario climatique RCP8.5. Les simulations concernent la période 1976-2100 sur l'ensemble de l'Afrique ($24,64^{\circ}$ O– $60,28^{\circ}$ E ; $45,76^{\circ}$ S– $42,24^{\circ}$ N) avec une résolution spatiale de $0,44^{\circ}$ (~ 50 km) en latitude et longitude. Les simulations historiques couvrent la période 1976-2005 alors que les projections suivant les scénarios RCP8.5 sont réalisées sur la période 2006-2100. Pour chaque simulation et chaque cellule de grille, l'heure quotidienne des séries de précipitations et des températures sont récupérées.

Les données sur la sensibilité environnementale sont constituées par les différentes cartes thématiques portant sur l'occupation des sols et les caractéristiques pédologiques de la zone d'étude. De même, les données sur la capacité d'adaptation de la zone touristique de Brazzaville aux facteurs d'exposition climatique sont évaluées. Il s'agit des institutions, des savoirs, des ressources financières et humaines puis des technologies et de l'équité.

1.3. Méthodes d'analyse

L'étude est menée à l'échelle saisonnière suivant les périodes MAM (Mars-Avril-Mai) et OND (Octobre-Novembre-Décembre). Le choix se justifie par le fait que les saisons MAM et OND sont les deux grandes saisons pluvieuses, très caractéristiques du régime tropical dans la partie Sud-Congo (G. Ibiassi Mahoungou, 2013 : p. 96).

La méthode d'analyse des données porte sur l'approche AR4 (GIEC, 2007b, p.17) qui se résume en cinq (5) étapes essentielles :

- L'analyse de l'exposition climatique est faite à partir de l'analyse des tendances des extrêmes climatiques et de leurs indices dérivés en utilisant le scénario climatique RCP 8.5 (scenario pessimiste). La période historique (de référence) utilisée est (1991-2020), normale climatique actuelle de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et les périodes futures utilisées sont : 2021-2050 (moyen terme) et 2051-2080 (long terme).

Les indices des extrêmes climatiques suivants sont utilisés : Indice simple de l'intensité des précipitations (SDII), la hauteur totale saisonnière de précipitations de jours extrêmement humides (R99p), la hauteur totale saisonnière de précipitations de jours très humides (R95p), précipitations maximales sur cinq jours (Rx5day), la durée maximale de la période sèche (CDD), la durée maximale de la période pluvieuse (CWD), l'indice des jours très chauds (TX99p), l'indice des jours moyennement chauds (TX95p) et l'indice des jours faiblement chauds (TX10p).

L'analyse de la sensibilité socio-environnementale du site touristique de Brazzaville face aux facteurs d'exposition climatiques en considérant les paramètres suivants : le type et la nature des sols (distribution spatiale des sols), la topographie de la zone d'étude (à

partir du modèle numérique de terrain) et l'occupation du sol (carte de l'occupation du sol).

- L'analyse des impacts potentiels est faite en combinant les facteurs d'expositions et les facteurs de sensibilités. Elle a permis de détecter les effets négatifs ou positifs actuels (1991-2020) et futurs (2021-2080) des changements climatiques de la zone touristique de Brazzaville ;
- L'analyse de la capacité d'adaptation est faite en prenant en compte l'ensemble des mesures d'accompagnement actuelles et futures prévues. Ceci, devra accroître la résilience de la zone touristique de Brazzaville aux impacts climatiques actuels et futurs ;
- L'analyse des vulnérabilités climatiques actuelles et futures, est faite en combinant les impacts potentiels et les capacités d'adaptation. Les différents niveaux de vulnérabilités sont appréciés suivant les états faible, moyen, fort et très fort.

2. Résultats et discussion

2.1. Résultats

2.1.1. Analyse de l'exposition climatique de la zone touristique de Brazzaville durant la période 1991-2080

- Tendence de la durée maximale de la période sèche (CDD) durant les saisons Mars-Avril-Mai (MAM) et Octobre-Novembre-Décembre (OND)

La tendance de la durée maximale de la période sèche (CDD) durant les saisons Mars-Avril-Mai (MAM) et Octobre-Novembre-Décembre (OND) (figure 3) de 1991 à 2080, montre une baisse moyennement significative.

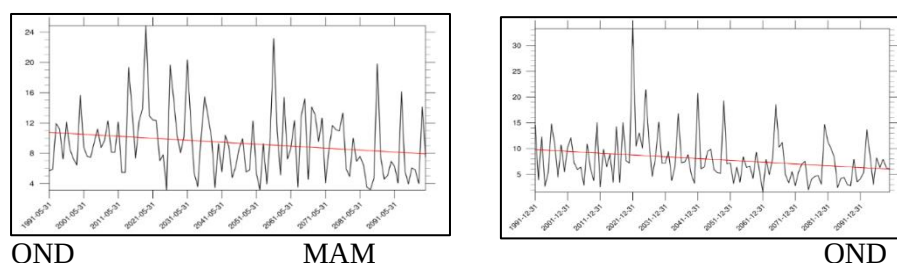


Figure 3 : Tendence des indices des CDD de la saison MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance de la durée maximale de la période humide (CWD) durant les saisons Mars-Avril-Mai (MAM) et Octobre-Novembre-Décembre (OND)

La tendance de la durée maximale de la période humide (CWD) de la saison MAM et OND de Brazzaville (figure 4) de 1991 à 2080 montre une hausse faiblement significative durant la saison MAM. Par contre, durant la saison OND, la tendance à la hausse est moyennement significative.

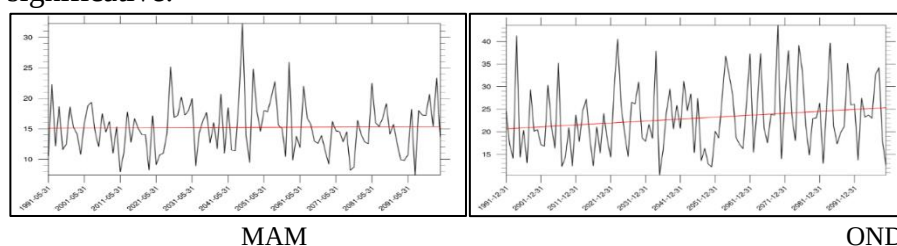


Figure 4 : Tendence des CWD de Brazzaville durant les saisons MAM et OND de 1991 à 2080

-Tendance des précipitations maximales sur cinq jours (Rx5day) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville

La tendance des précipitations maximales sur cinq jours (Rx5day) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville (figure 5) de 1991 à 2080 est à une baisse faiblement significative durant la saison MAM. Elle est par contre, la hausse moyennement significative durant la saison OND.

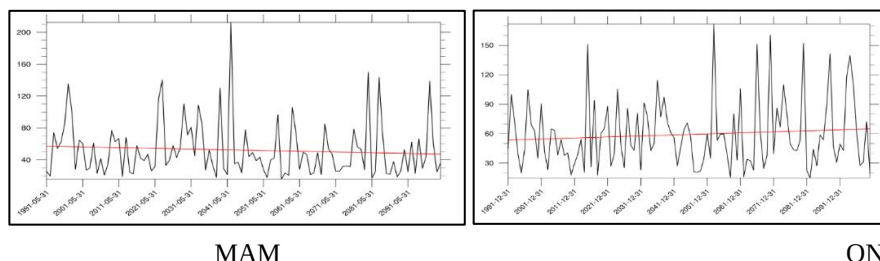


Figure 5 : Tendence des précipitations Rx5day de MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance des intensités des précipitations (SDII) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville

La tendance des intensités des précipitations (SDII) durant la saison MAM et OND à Brazzaville (figure 6) de 1991 à 2080, révèle une baisse faiblement significative durant les saisons MAM et OND.

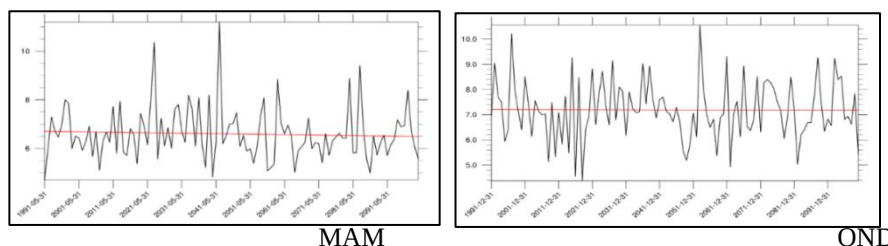


Figure 6 : Tendence des intensités des pluies (SDII) durant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance des précipitations supérieures à 20 mm (R20mm) à Brazzaville pendant les saisons MAM et OND

La tendance des précipitations supérieures à R20 mm pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080, indique pendant la saison MAM, une tendance à la baisse, faiblement significative. La tendance de l'indice R20mm durant la saison OND est par contre est à une hausse moyennement significative.

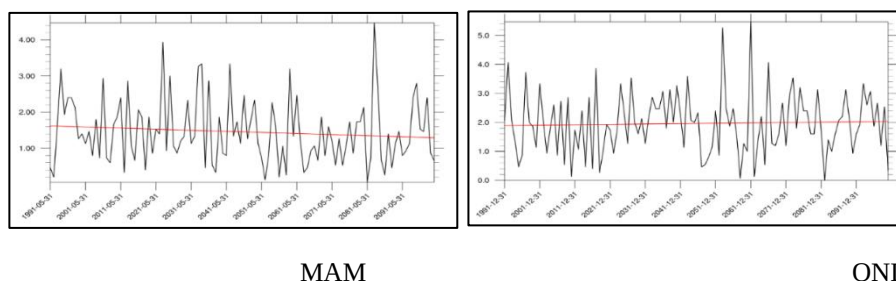


Figure 7 : Tendence de l'indice R20 mm durant les saisons MAM et OND de Brazzaville pendant la période 1991 à 2080

-Tendance des jours extrêmement pluvieux (R99p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville

La tendance des jours extrêmement pluvieux (R99p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080 (figure 8), révèle pendant la saison MAM, une tendance à une baisse, faiblement significative et durant la saison OND, par contre une tendance à la hausse, fortement significative.

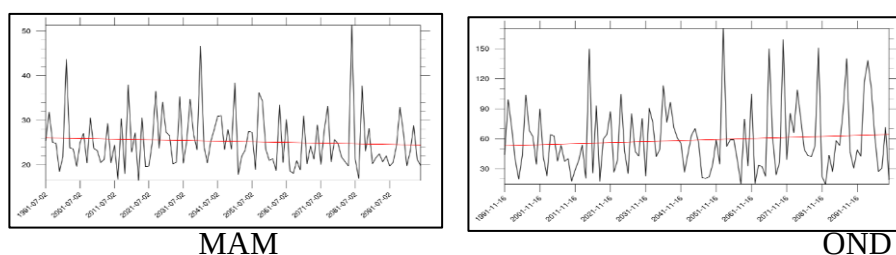


Figure 8 : Tendence de l'indice R99p durant les saisons MAM et OND de Brazzaville pendant la période 1991 à 2080

-Tendance des jours très pluvieux (R95p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

La tendance des jours très pluvieux (R95p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080 (figure 9), montre pendant la saison MAM, une tendance à une baisse faiblement significative. Durant la saison OND par contre, la tendance est à la hausse moyennement significative.

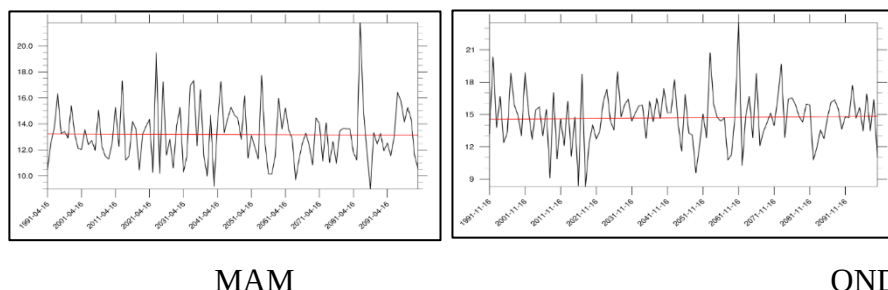


Figure 9 : Tendence des jours très pluvieux (R95p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance des jours faiblement pluvieux (R10p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

La tendance des jours faiblement pluvieux (R10p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080 (figure 10), montre pendant la saison MAM, une tendance à la hausse faiblement significative. Durant la saison OND, par contre une tendance à la hausse, moyennement significative se remarque.

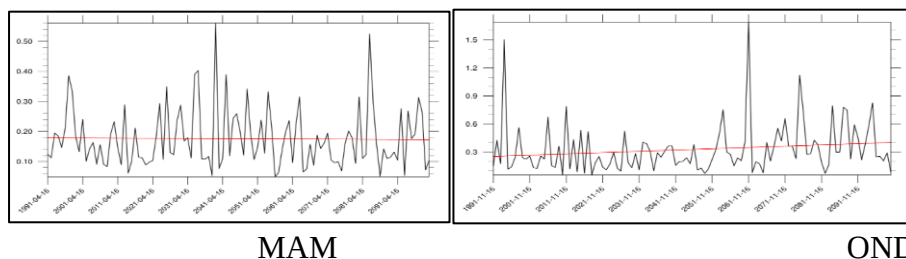


Figure 10 : Tendence des jours faiblement pluvieux (R10p) pendant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance des températures des jours très chauds (Tx99p) des saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

La tendance des températures des jours très chauds (Tx99p) des saisons MAM et OND de Brazzaville de la période 1991-2020 (figure 11), montre une hausse fortement significative des jours très chauds durant les saisons MAM et OND.

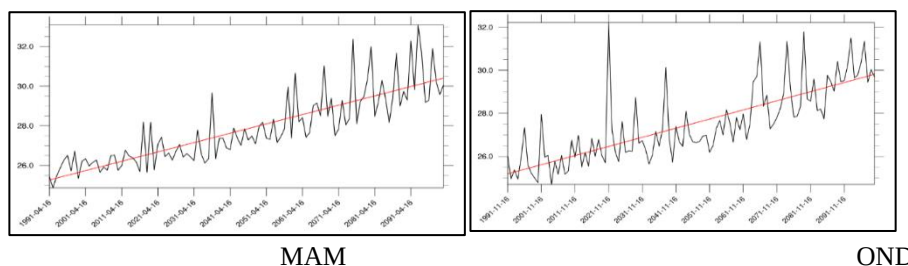


Figure 11 : Tendence des températures saisonnières des jours très chauds (TX 99p) de MAM et OND de Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance des températures des jours moyennement chauds (Tx95p) durant les saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

La tendance des températures des jours moyennement chauds (Tx95p) de la saison MAM à Brazzaville de 1991 à 2080 (figure 12) montre dans l'ensemble une tendance à la hausse, fortement significative, des températures des jours moyennement chauds. La tendance des températures Tx95p de la saison OND, traduit également une hausse fortement significative.

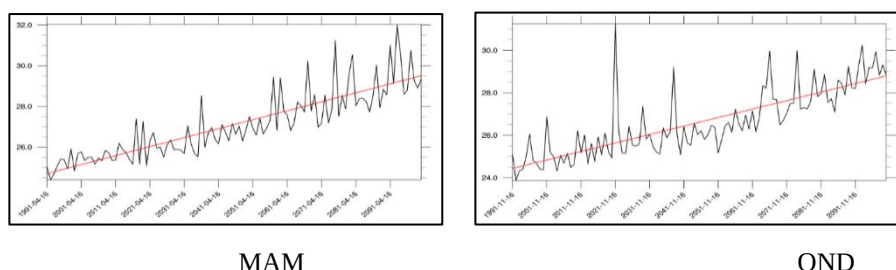


Figure 12 : Tendence des températures des jours moyennement chauds (Tx95p) des saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

-Tendance des températures des jours faiblement chauds (Tx10p) des saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080

La tendance des températures des jours faiblement chauds (Tx10p) des saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080 (figure 13), est à une hausse fortement significative.

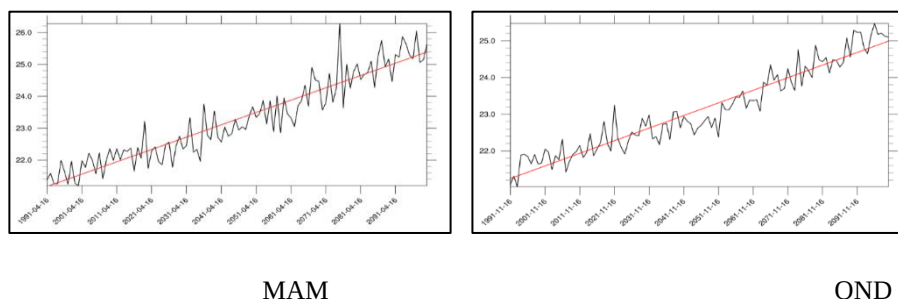


Figure 13 : Tendence des températures des jours faiblement chauds des saisons MAM et OND à Brazzaville de 1991 à 2080.

2.1.2. *Analyse de la sensibilité du secteur touristique de Brazzaville aux facteurs d'exposition climatiques durant la période 1991-2080*

-Analyse de la sensibilité du secteur touristique de Brazzaville aux extrêmes pluviométriques

La figure 14 montre des différentes pentes du site touristique de Brazzaville. Elles varient de 1 à 36 %. Elles varient des pentes faibles aux pentes moyennes.

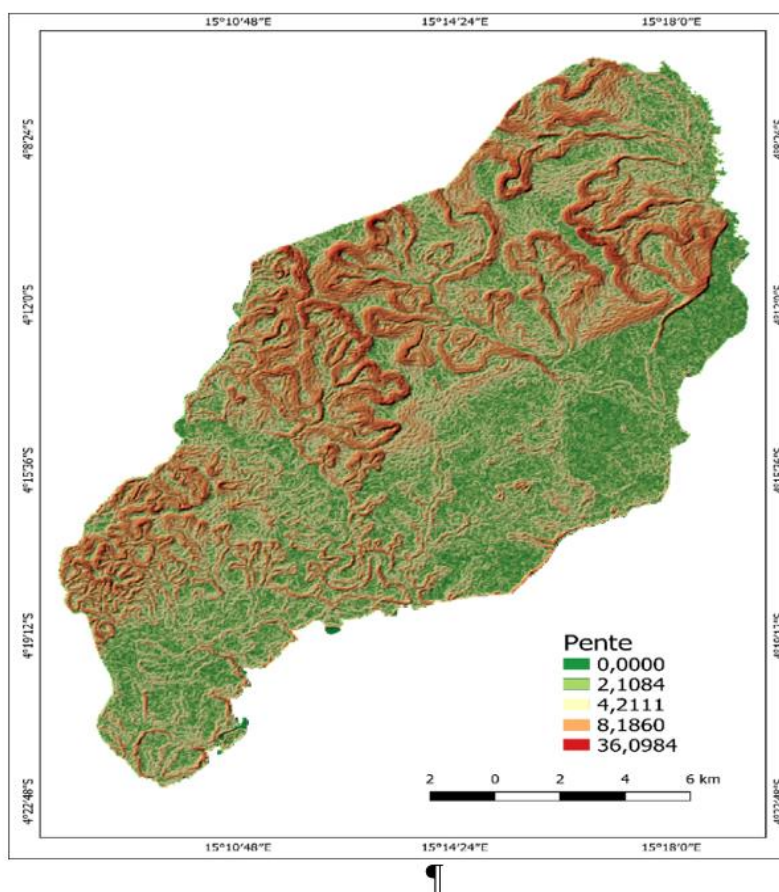


Figure 14 : Les types des pentes de Brazzaville

La zone touristique de Brazzaville est dans l'ensemble occupée par des pentes faibles, qui la rendent très sensible aux facteurs d'expositions climatiques, notamment les extrêmes de pluies, qui peuvent entraîner des inondations récurrentes.

La figure 15 illustre les différents types et la nature des sols de Brazzaville. On relève que la zone touristique de Brazzaville est dans l'ensemble occupée par quatre (4) types de sols (les sols ferralitiques sablo-argileux sur grès de l'Inkissi au Sud-Est, les sols ferralitiques sableux sur sables Batéké au Sud-Ouest et au Nord-Ouest, les sols hydromorphes au Nord-Est et les sols podzoliques au Nord).

Les 3/4 de la zone d'étude sont occupés par les sols ferralitiques sableux sur sables Batéké, très sensibles à l'exposition des facteurs

climatiques, notamment les extrêmes des pluies, susceptibles d'engendrer des érosions.

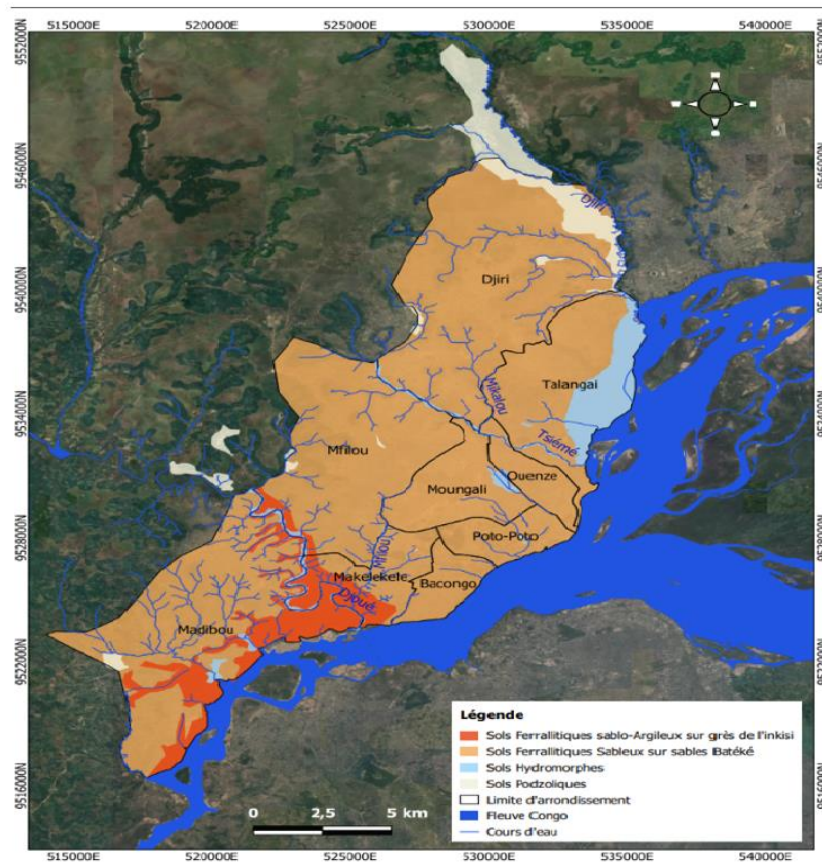


Figure 15 : Types et nature des sols du site touristique de Brazzaville
(Source Nzila J.D, 2021)

2.1.3. Analyse de la sensibilité du secteur tourisme de Brazzaville aux extrêmes des températures

Les figures 16 et 17 concernent l'évolution des indices Humidex et les modifications survenues entre les périodes 1960-1989 et 1990-2019 en fonction de la normale climatique 1981-2010 (Source : Ibiassi Mahoungou G., 2020). Elles montrent que Brazzaville est largement exposé aux facteurs d'exposition climatiques, notamment les extrêmes

des températures, susceptibles d'entraîner des coups de chaleurs et un inconfort thermique très élevés.

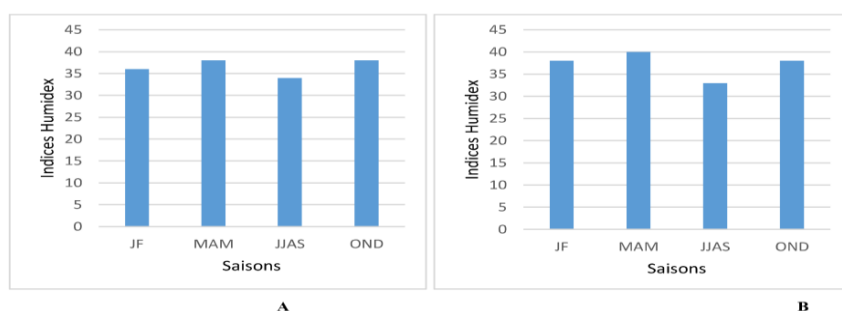


Figure 16 : Evolution des indices Humidex moyens saisonniers de Brazzaville entre les périodes 1960-1989 (A) et 1990-2019 (B)

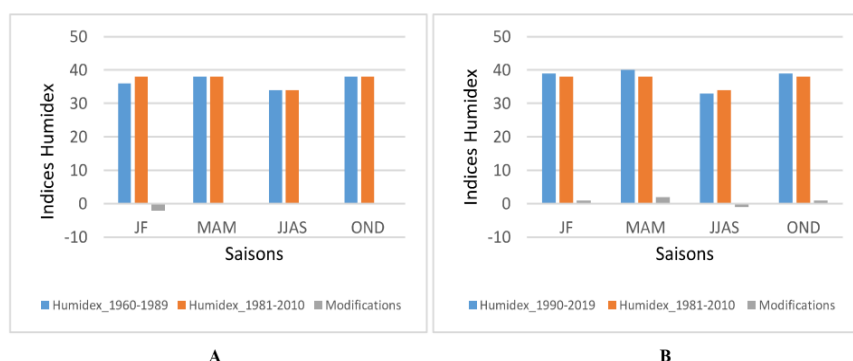


Figure 17 : Modifications constatées sur l'évolution des indices Humidex de Brazzaville entre 1960-1989 et 1990-2019 en fonction de la normale climatique 1981-2010

2.1.4. Analyse des impacts potentiels des facteurs d'exposition du site touristique de Brazzaville

En combinant l'évolution des facteurs d'expositions climatiques et la sensibilité socio-environnementale de la zone touristique de Brazzaville, trois impacts potentiels sont détectés : les inondations, les érosions et les coups de chaleurs (tableau 1). Trois situations de mise en contexte se dégagent :

- Tenant compte de la sensibilité élevée de la zone touristique de Brazzaville à l'augmentation des extrêmes pluviométriques, celle-ci, sera impactée fortement par les érosions fréquentes durant les périodes 2021-2050 et 2051-2080 par rapport à la période 1991-2020 ;

Tableau 1 : Détection des impacts potentiels des facteurs d'expositions climatiques sur le site touristique de Brazzaville en fonction de la sensibilité socio-environnementale durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080

Facteurs d'expositions	Facteurs de sensibilité	Impacts potentiels 1991-2020	Impacts potentiels 2021-2050	Impacts potentiels 2051-2080
Forte augmentation des extrêmes pluviométriques	Sensibilité élevée	Inondations récurrentes	Inondations très récurrentes.	Inondations très récurrentes.
Forte augmentation des extrêmes pluviométriques	Sensibilité élevée	Erosions fréquentes	Erosions très fréquentes	Erosions très fréquentes
Forte augmentation des extrêmes des températures	Sensibilité élevée	Coups de chaleurs fréquents	Coups de chaleurs très fréquents	Coups de chaleurs très fréquents

2.1.5. Analyse de la capacité d'adaptation du site touristique de Brazzaville aux impacts potentiels des facteurs d'exposition climatiques durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080

Les facteurs de la capacité d'adaptation de la zone touristique de Brazzaville durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080, montrent que :

- En situations d'érosions fréquentes (tableau 2), Les capacités d'adaptation étaient moyennes durant la période 1991-2020, faibles pendant la période 2021-2050 et seront très faibles, courant la période 2051-2080.

Tableau 2 : Analyse de la capacité d'adaptation de Brazzaville en fonction des inondations potentielles durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080

Facteurs	Période de référence	Période de projection	Période de projection
	1991-2020	2021-2050	2051-2080
Institutions	fortes	fortes	fortes
Technologies	faibles	faibles	faibles
Savoir	faible	faible	faible
Ressources humaines	fortes	faibles	faibles
Ressources financières	moyennes	faibles	faibles
Equité	moyenne	faible	faible
Analyse de la capacité d'adaptation	Moyenne	Faible	Faible

- En situation d'inondations récurrentes (tableau 3), les capacités d'adaptation du site touristique de Brazzaville étaient moyennes durant la période 1991-2020 et seront faibles, pendant la période 2021-2050. Elles seront très faibles, courant la période 2051-2080.

Tableau 3 : Analyse de la capacité d'adaptation de Brazzaville en fonction des érosions potentielles durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080

Facteurs	Période de référence	Période de projection	Période de projection
	1991-2020	2021-2050	2051-2080
Institutions	fortes	fortes	Fortes
Technologies	faibles	faibles	Faibles
Savoir	faible	faible	Faible
Ressources humaines	fortes	faibles	Faibles
Ressources financières	moyennes	faibles	Faibles
Equité	moyenne	faible	Faible
Analyse de la capacité d'adaptation	Moyenne	Faible	Faible

- Lors des coups de chaleurs fréquents (tableau 4), les capacités d'adaptation de la zone touristique de Brazzaville étaient moyennes durant la période 1991-2020 et seront faibles pendant la période 2021-2050. Elles seront très faibles, courant la période 2051-2080.

Tableau 4 : Analyse de la capacité d'adaptation de Brazzaville en fonction des coups de chaleurs durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080

Facteurs	Période de référence	Période de projection	Période de projection
	1991-2020	2021-2050	2051-2080
Institutions	fortes	fortes	fortes
Technologies	faibles	faibles	faibles
Savoir	faible	faible	faible
Ressources humaines	fortes	faibles	faibles
Ressource financières	moyennes	faibles	faibles
Equité	moyenne	faible	faible
Analyse de la capacité d'adaptation	Moyenne	Faible	Faible

2.1.6. Analyse des vulnérabilités du site touristique de Brazzaville durant les périodes 1991-2020 ; 2021-2050 ; 2051-2080

-Analyse des vulnérabilités du site touristique de Brazzaville durant la période 1991-2020

Les résultats de l'analyse des vulnérabilités de la zone tourisme à Brazzaville durant la période 1991-2020 (tableau 5), ont montré :

- En situation d'érosions récurrentes et avec les capacités d'adaptations moyennes, la zone touristique de Brazzaville a été moyennement vulnérable durant la période 1991-2020 ;
- En situation d'inondations récurrentes et avec les capacités d'adaptations faibles, la zone touristique de Brazzaville a été fortement vulnérable durant la période 1991-2020 ;
- En situation de coups de chaleurs récurrents et avec les capacités d'adaptations moyennes, la zone touristique de Brazzaville a été moyennement vulnérable durant la période 1991-2020.

Tableau 5 : Analyse des vulnérabilités du secteur tourisme à Brazzaville durant la période 1991-2020.

Impacts potentiels	Capacités d'adaptations	Vulnérabilités 1991-2020
Erosions récurrentes	Moyennes	Moyennes
Inondations récurrentes	Faibles	Fortes
Forts coups de chaleurs	Moyennes	Moyennes

2.1.7. Analyse des vulnérabilités de la zone touristique à Brazzaville durant la période 2020-2050

Les résultats de l'analyse des vulnérabilités du site touristique de Brazzaville durant la période 2020-2050 (tableau 6), révèlent :

- En situation d'érosions récurrentes et avec les capacités d'adaptations faibles, la zone touristique de Brazzaville sera fortement vulnérable durant la période 2020-2050 ;
- En situation d'inondations récurrentes et avec les capacités d'adaptations faibles, la zone touristique de Brazzaville sera fortement vulnérable durant la période 2020-2050 ;
- En situation de coups de chaleurs récurrents et avec les capacités d'adaptations faibles, la zone touristique de Brazzaville sera fortement vulnérable durant la période 2020-2050.

Tableau 6 : Analyse des vulnérabilités du secteur tourisme à Brazzaville durant la période 2021-2050.

Impacts potentiels	Capacités d'adaptations	Vulnérabilités 2021-2050
Erosions récurrentes	Faibles	faibles
Inondations récurrentes	Faibles	faibles
Forts coups de chaleurs	Faibles	faibles

-Analyse des vulnérabilités du site touristique de Brazzaville durant la période 2051-2080

Les résultats de l'analyse des vulnérabilités du site touristique de Brazzaville durant la période 2051-2080 (tableau 7), montrent que :

- En situation d'érosions récurrentes et avec les capacités d'adaptations très faibles, la zone touristique de Brazzaville sera très vulnérable durant la période 2051-2080 ;
- En situation d'inondations récurrentes et avec les capacités d'adaptations très faibles, la zone touristique de Brazzaville sera très fortement vulnérable durant la période 2051-2080 ;
- En situation de coups de chaleurs récurrents et avec les capacités d'adaptations très faibles, la zone touristique de Brazzaville sera très vulnérable durant la période 2051-2080.

Tableau 7 : Analyse des vulnérabilités du secteur tourisme à Brazzaville durant la période 2051-2080

Impacts potentiels	Capacités d'adaptations	Vulnérabilités 2051-2080
Erosions récurrentes	Très faibles	Très faibles
Inondations récurrentes	Très faibles	Très faibles
Forts coups de chaleurs	Très faibles	Très faibles

2.2. Discussion

Les résultats obtenus sur l'évolution actuelle (1991-2020) des facteurs d'expositions climatiques à Brazzaville, traduisent une tendance à la baisse faiblement significative des précipitations moyennes saisonnières (Ibiassi et al., 2021). Ibiassi et al., 2019 ; Itoua et al., (2017) montrent que les vulnérabilités du Centre et Nord-Congo-restent toujours effectives en s'appuyant non seulement sur une détection des ruptures pluviométriques mais aussi, à travers une tendance révélée à la baisse des précipitations, laquelle est parfois remplacée par un regain de pluviosité.

De même, les résultats obtenus sur l'évolution actuelle des températures, sont très proches de ceux obtenus par divers travaux

(OMM, 2021, p.5 ; GIEC, 2022, p. 11). Ceux-ci, confirment pour les mêmes périodes, l'existence et la projection très probable d'une hausse de la fréquence des températures, des vagues de chaleurs et des précipitations.

Des auteurs (G. Ibiassi Mahoungou, 2021 : p. 10 ; Mansour Almazroui, p. 19 ; Pokam Mba et al, 2018) donnent des résultats similaires pour les périodes 2011-2040, 2041-2070 et 2071-2100 en fonction de la période de référence 1981-2010. Ceci, en tenant évidemment compte de l'évolution future des extrêmes pluviométriques qui traduisent une tendance à la hausse fortement significative des extrêmes climatiques (extrêmes des précipitations et extrêmes des températures). Aussi, l'analyse qui vient d'être réalisée sur les vulnérabilités de la zone touristiques de Brazzaville, est en accord avec les résultats obtenus sur le confort bioclimatique des principaux centres urbains du pays (G. Ibiassi Mahoungou, 2020), les érosions qui y sont enregistrées (Mayima et al, 2016, p.7) et les inondations toujours fréquentes (G. Ibiassi Mahoungou et al, 2021 : p. 5).

La similarité entre les résultats obtenus et ceux, provenant de la littérature, peut être justifiée par la qualité des données traitées et la robustesse des modèles utilisés (Hansler et al, 2013 : p.2 7). En effet, lesdits modèles qui présentent une forte capacité suivant le niveau des scénarios, présagent pour le 21^{ème} siècle et cela, au profit du continent africain particulièrement le bassin du Congo, des précipitations parfois importantes à la moyenne dans les saisons MAM et SON mais aussi, des températures très élevées avec des conséquences dramatiques sur les moyens de subsistance.

Conclusion

Au regard des résultats qui viennent d'être discutés, l'on peut retenir que la zone touristique de Brazzaville est l'objet de diverses pressions parmi lesquelles, celles liées aux aléas climatiques. Il s'agit des facteurs d'exposition et de sensibilité qui conduisent aux impacts potentiels.

Il s'ensuit pour la durée maximale de la période humide (CWD), des jours plus ou moins pluvieux (R95p ; R10p) et des précipitations supérieures à R20 mm, une tendance soit à la baisse ou à la hausse, moyennement significative de 1991 à 2080, des saisons MAM et OND.

Aussi, la tendance des températures liées aux jours faiblement ou moyennement chauds (Tx 10 p ; Tx95p) des saisons MAM et OND à Brazzaville, est marquée par la hausse fortement significative de 1991 à 2080.

De même, le site touristique de Brazzaville est resté courant 1991-2020, fortement sensible aux extrêmes de pluies, responsables des inondations récurrentes et aux érosions, mais aussi aux extrêmes des températures, responsables des coups de chaleurs à cause des inconforts thermiques très élevés. En réalité durant cette période, la zone touristique de Brazzaville a présenté une vulnérabilité moyenne par rapport aux érosions et aux coups de chaleurs puis, une forte vulnérabilité en s'appuyant sur les inondations récurrentes.

Enfin, la vulnérabilité de la zone touristique de Brazzaville sera forte durant la période 2020-2050 en raison des érosions récurrentes, des inondations et des coups de chaleurs récurrents. Par rapport à toutes les anomalies énumérées, la vulnérabilité devra être très prononcée pendant 2051-2080, dans cette zone touristique.

Étant donné que le secteur du tourisme est un puissant vecteur de croissance économique et de création d'emplois, il paraît fondamental que les actions en cours, inscrites dans le PND et qui portent, sur le renforcement des capacités des acteurs, la sensibilisation, la conscientisation et la protection de l'environnement, soient poursuivies de façon effective, pour réduire les vulnérabilités de la zone touristique de Brazzaville.

Références bibliographiques

- GIEC(2022) : Le deuxième volet du sixième rapport d'évaluation du Giec : AR6 Changement climatique 2022 : Impacts, adaptation et vulnérabilité — GIEC (ipcc.ch) :
- GIEC (2007c) : Bilan 2007 des changements climatiques : l'atténuation des changements climatiques. Contribution du Groupe de travail III au Quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [B. Metz, O. R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (sous la direction de)]. Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis, Cambridge University Press.

- GÓMEZ, M., 2005, « Weather, Climate and Tourism », A Geographical Perspective, *Annals of Tourism Research*, 32(3), p. 571-591
- IBIASSI MAHOUNGOU Geoffroy ; MBILOU Ngapio Urbain ; HANCHANE Mohamad, MANIAKA Fred William, 2021, « Évènements hydro-pluviométriques extrêmes et risques d'inondations dans la Cuvette congolaise (République du Congo) de 1960 à 2019 », *Actes du Colloque de l'Association Internationale de Climatologie(AIC), Casablanca, Maroc, du 07 au 08 juillet 2021*, p. 252-257.
- IBIASSI MAHOUNGOU Geoffroy, 2021, « Diagnostic de l'évolution des facteurs d'expositions climatiques actuels (1960 à 2019) et futures (2040 ; 2050 et 2100) de la ville de Pointe-Noire (République du Congo) » ; *Revue Espace Géographique et Société Marocaine (EGSM)*,: ISSN: 1113-8270 ; <https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/EGSM/25467>; p. 229-241.
- IBIASSI MAHOUNGOU Geoffroy, 2020, « Réchauffement climatique et caractérisation des ambiances bioclimatiques saisonnières à Brazzaville et Pointe-Noire de 1960 à 2019 par application de l'indice Humidex », *Revue Climat et développement ; LACEEDE ; n°2*, p. 5-15.
- ITOUA Thierry Roland, IBIASSI MAHOUNGOU Geoffroy, MALOBA-MAKANGA Jean Damien, MANIAKA Fred William, SAMBA-KIMBATA Marie Joseph (décembre 2017) : Évolution décennale des régimes pluviométriques au Nord-Congo (République du Congo) de 1932 à 2011 ; *Geotropes ; EDUCI, n° 2 ; PP. 7-24*
- OMM (2021) : *The Ocean, Our Climate and Weather ; journal de l'Organisation Météorologique Mondiale Vol. 70 (1) ; 111P.*
- MANSOUR ALMAZROUI, FAHAD SAEED, SAJJAD SAEED, NAZRUL ISLAM, MUHAMMAD ISMAIL, NANA AMA BROWNE KLUTSE, MUHAMMAD HAROON SIDDIQUI (2020) : Projected Change in Temperature and Precipitation Over Africa from CMIP6 ; *Earth Systems and Environment* <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00161>; 21P.
- MAYIMA Brice Anicet, DITENGO Clémence et GOMA BOUMBA Hugues Bruno, 2016, « Croissance spatiale et phénomènes morpho-climatiques dans la ville de Brazzaville au Congo », <https://regardsuds.org/croissance-spatiale-et-phenomenes->

[morpho-climatiques-dans-la-ville-de-brazzaville-au-congo/](#),
25/04/2022 à 14h55.

- PARROD Camille, GEORGE Emmanuelle, CHAIX Christophe et VINCENTI Sabine, 2020, « Vulnérabilité et adaptation aux effets du changement climatique dans le Haut-Chablais : enseignements d'une démarche d'accompagnement », Sciences Eaux & Territoires, INRAE, hors-série (67), p. 2-7.
- POKAM MBA, W., T Longandjo, Georges-Noel ; Moufouma-Okia, W., , Bell, J.P, , James R., et al., (2018) : Consequences of 1.5 C and 2 °C global warming levels for temperature and precipitation changes over Central Africa ; Environ. Res. Lett. 13 055011 13P. Environ.
- FOTSO-NGUEMO, T., CHAMANI, R., ZÉPHIRIN D. YEPDO, SONKOUÉ, D., et al., (2018) : Projected trends of extreme rainfall events from CMIP5 models over Central Africa ; Atmospheric science Letters ; DOI: 10.1002/asl.803 ; 8P.
- SCOTT, D. & LEMIEUX, C., 2010, « Weather and Climate Information for Tourism, Procedia Environmental Sciences» 1, p. 146–183
- UNESCO, 2014, *Le changement climatique en Afrique : Guide à l'intention des journalistes*, publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, France, 103 p.