

Variabilité et tendances interannuelles du climat à l'échelle de la Côte d'Ivoire sur la période 1961-2016

Jean-Muller Kouao, Assistant

Bertrand Ouessé Tagnon, Assistant

Laboratoire Géosciences et Environnement, Unité de Formation et de Recherche (UFR) Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Brenger Koffi, Assistant

Amani Michel Kouassi, Professeur Titulaire

Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et des Sciences Géographiques, Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi), Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB)

Kouamé Auguste Kouassi, Maître de Conférences

Droh Lanciné Gone, Professeur Titulaire

Laboratoire Géosciences et Environnement, Unité de Formation et de Recherche (UFR) Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n33p218](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n33p218)

Submitted: 28 September 2024

Accepted: 30 October 2024

Published: 30 November 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kouao J.M., Tagnon B.O., Koffi B., Kouassi A.M., Kouassi K.A. & Goné D.L.(2024). *Variabilité et tendances interannuelles du climat à l'échelle de la Côte d'Ivoire sur la période 1961-2016*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (33), 218.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n33p218>

Résumé

L'objectif de ce travail est de caractériser la variabilité climatique de la Côte d'Ivoire, sur la période 1961-2016. L'étude s'est appuyée sur une base de données de pluies et de températures mensuelles enregistrées dans douze stations synoptiques réparties sur l'ensemble des régions climatiques de Côte d'Ivoire. Des méthodes statistiques basées sur les régressions linéaires et les tests statistiques de détection de rupture de Pettitt et de Hubert, ont permis d'analyser les tendances du climat et la persistance ou non des déficits pluviométriques à l'intérieur des zones climatiques de la Côte d'Ivoire. Particulièrement, les tests de Pettitt et de Hubert, ont été réalisées à partir de

quatre variables climatiques : températures minimales, températures maximales, températures annuelles et cumuls annuels de pluies. Dans l'ensemble, les résultats ont mis en évidence, d'importants changements dans les évolutions des pluies et des températures, avec respectivement, une tendance générale, à la baisse de 21% et à la hausse de 8%, sur toutes les zones climatiques. La modification de l'évolution climatique en Côte d'Ivoire, marquée par une récession pluviométrique, a été observée à partir de 1970. Dans cette tendance générale, à la baisse de la pluie et à la hausse de la température, il a été cependant noté, à la fin des années 2000 et surtout au cours de la décennie 2010, une reprise de la pluviométrie vers des années plus humides, dans certaines localités telles que Bouaké et Bondoukou, appartenant au climat équatorial de transition atténué (climat Baouléen).

Mots-clés: Variabilité climatique, baisse de pluies, hausse de températures, année de rupture, Côte d'Ivoire

Variability and Interannual Trends in Climate at the Scale of Cote d'Ivoire over the period 1961-2016

Jean-Muller Kouao, Assistant

Bertrand Ouessé Tagnon, Assistant

Geosciences and Environment Laboratory, Department of Sciences and Management of Environment, Nangui Abrogoua University, Abidjan, Côte d'Ivoire

Brenger Koffi, Assistant

Amani Michel Kouassi, Professeur Titulaire

Civil Engineering, Geosciences and Geographic Science Laboratory, Department of Earth Sciences and Mining Resources (STeRMi), Félix Houphouët-Boigny National Polytechnic Institute (INP-HB)

Kouamé Auguste Kouassi, Maître de Conférences

Droh Lanciné Goné, Professeur Titulaire

Geosciences and Environment Laboratory, Department of Sciences and Management of Environment, Nangui Abrogoua University, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

This work aims to characterize the climatic variability of Côte d'Ivoire, over the period 1961-2016. The study was based on a database of monthly rainfall and temperatures recorded in twelve synoptic stations spread across all the climatic zones of Côte d'Ivoire. Statistical methods based on linear regressions and statistical break detection tests of Pettitt and of Hubert

were used to analyze climate trends and the persistence or not of rainfall deficits within the climatic zones of Côte d'Ivoire. In particular, the Pettitt and Hubert tests were carried out using four climatic variables: minimum temperatures, maximum temperatures, annual temperatures, and annual cumulative rainfall. Overall, the results highlighted significant changes in rainfall and temperature trends, with a general trend of a 21 % decrease and an 8 % increase, respectively, in all climatic zones. The change in climate evolution in Côte d'Ivoire, marked by a rainfall recession, was observed from 1970. In this general trend of decreasing rainfall and increasing temperature, it was however noted, at the end of the 2000s and especially during the 2010s, a recovery in rainfall towards more humid years, in certain localities such as Bouaké and Bondoukou, belonging to the attenuated transitional equatorial climate (Baoulean climate).

Keywords: Climate variability, decrease in rainfall, increase in temperatures, break year, Côte d'Ivoire

Introduction

La variabilité et le changement climatique sont devenus une préoccupation majeure, partout à travers le monde, en raison de leurs impacts négatifs et durables, sur l'écologie et les systèmes socio-économiques. En Afrique de l'Ouest, plusieurs études (Ardoin *et al.*, 2003 ; Kouassi *et al.*, 2010 ; Mertz *et al.*, 2012 ; Descroix *et al.*, 2015 ; Kouassi *et al.*, 2017 ; Dibi-Anoh *et al.*, 2023 ; Boateng *et al.*, 2024 ; Créat *et al.*, 2024 ; Mohino *et al.*, 2024), se sont intéressées à la variabilité climatique et à ses impacts. De ces travaux, il ressort que cette région connaît une succession d'épisodes climatiques secs et pluvieux, ponctuée de périodes de sécheresses dont l'intensité et l'extension spatiale sont devenues exceptionnelles depuis 1970 (Kouassi *et al.*, 2017). Entre autres, les conséquences de ces épisodes climatiques sont : pénuries des ressources en eau potable, baisse des rendements agricoles, baisse de la production d'énergie, vagues d'inondation et migration des populations.

La Côte d'Ivoire à l'image des autres pays de l'Afrique de l'Ouest connaît des problèmes de variabilité climatique depuis la fin de la décennie 1960. La caractérisation de la variabilité climatique en Côte d'Ivoire a été menée à partir de plusieurs études et de plusieurs méthodes (indices pluviométriques ou indices de Nicholson, test de Pettitt et/ou de la procédure de segmentation de Hubert, migration spatiale des isohyètes, régressions linéaires, modalités de l'évolution des pluies, etc.) (Kouassi *et al.*, 2022). Il ressort de ces études que, globalement, la Côte d'Ivoire a enregistré des ruptures pluviométriques qui se sont signalées entre 1966 et 2000 et engendrée

des déficits de l'ordre de 21 % avec une hausse de la température comprise entre +1 et +1,6°C, sur la période 1960-2010 (Kouassi *et al.*, 2022).

L'économie de la Côte d'Ivoire est largement tributaire de l'agriculture pluviale. En effet, plus de 60 % de la population active dépend de cette activité qui constitue en moyenne plus de 22 % du PIB depuis 2012 et représente la principale source de revenu et d'emploi (MINADER, 2017). Cependant, cette agriculture est particulièrement vulnérable aux effets de la variabilité climatique. Assurément, les irrégularités annuelles et interannuelles de la pluviosité se traduisant par des saisons de pluies déficitaires (Brou, 2005), ont pour conséquences, les mauvaises récoltes. Aussi, les épisodes récurrents, de pluies abondantes, notées dans plusieurs localités de la Côte d'Ivoire, notamment, depuis les années 2010, concourent-elles également, non seulement, à de mauvaises récoltes, mais aussi, à des inondations. Ces dernières, sont responsables de pertes en vies humaines et de biens matériels. La persistance des impacts de la variabilité climatique, semble traduire la difficulté à cerner ce phénomène, surtout son évolution récente et actuelle. Cela est vrai, d'autant plus que, la plupart des travaux antérieurs portant sur la variabilité du climat, à l'échelle de la Côte d'Ivoire, s'est assez peu étendue au-delà de l'année 2005, voire 2010. C'est pourquoi l'actualisation des résultats antérieurs sur la variabilité climatique est un élément de connaissance nécessaire, tant pour évaluer les contraintes environnementales actuelles, que pour mieux prendre en compte ses impacts dans les processus de développement socio-économique. Une question pertinente est donc soulevée : quelle est l'évolution des précipitations et des températures en Côte d'Ivoire au cours des périodes récentes? Cette question sous-entend en premier lieu, l'analyse temporelle des précipitations et des températures, et en deuxième lieu, l'analyse de la persistance ou non de la sécheresse liée à l'évolution des précipitations et des températures. L'objectif de cette présente étude est de caractériser la variabilité climatique sur l'ensemble des zones climatiques du territoire ivoirien, sur la période de 1961 à 2016. Il apparaît, en effet, essentiel d'analyser la variabilité des conditions climatiques observées dans ce pays de l'Afrique de l'Ouest qui constitue une des zones d'intérêt, afin de proposer des stratégies d'adaptation pour réduire la vulnérabilité des populations, des cultures et des infrastructures, une fois les impacts majeurs des fluctuations climatiques sont appréhendés.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

La Côte d'Ivoire est un pays côtier de l'Afrique de l'Ouest, qui se situe entre les longitudes 2°30' et 8°30' Ouest et les latitudes 4°30' et 10°30' Nord (Figure 1). Ce pays qui s'étend sur une superficie de 322 462 km², est limité

au Sud, par l'océan atlantique. Les pays limitrophes sont : Libéria et Guinée, à l'Ouest ; Mali et Burkina Faso, au Nord et le Ghana, à l'Est.

Trois grands types de climat se côtoient en Côte d'Ivoire : le climat équatorial, le climat tropical et le climat de montagnes. Le climat équatorial dans le Sud est caractérisé par un fort taux d'humidité qui est de 82 % à Abidjan (Yao *et al.*, 2013), des températures qui tournent autour de 26 °C, et des précipitations abondantes qui atteignent à Abidjan, 1 675 mm et à Tabou, 1962 mm. Ce climat est constitué de deux saisons sèches et deux saisons humides (Kouakou *et al.*, 2017). Le climat tropical concerne principalement la partie nord du pays. Les températures annuelles tournent également autour de 26 °C, avec des amplitudes thermiques quotidiennes relativement importantes que celles du Sud. Le taux d'humidité, inférieur à celui du Sud du pays, est de 63 % à Korhogo (Yao *et al.*, 2013). La zone considérée est caractérisée par la présence intermittente entre les mois de décembre et février d'un vent frais et sec, l'harmattan. On y relève deux saisons : l'une sèche, et l'autre pluvieuse (Kouakou *et al.*, 2017). Les précipitations moyennes annuelles enregistrées sont généralement inférieures à 1300 mm et atteignent 1151 mm à Korhogo. Le climat de montagnes est localisé à l'Ouest du pays avec des hauteurs pluviométriques annuelles importantes qui atteignent 1984 mm à Danané. Ce climat se caractérise par deux saisons, une pluvieuse et une autre sèche (Kouakou *et al.*, 2017). Les températures annuelles tournent autour de 24°C. L'humidité relative est très forte tout au long de l'année, avec une valeur de 98 % à Man (Kouamé, 2011).

Les valeurs moyennes de température et de pluie, présentées dans cette section, concernent la période 1961-2016.

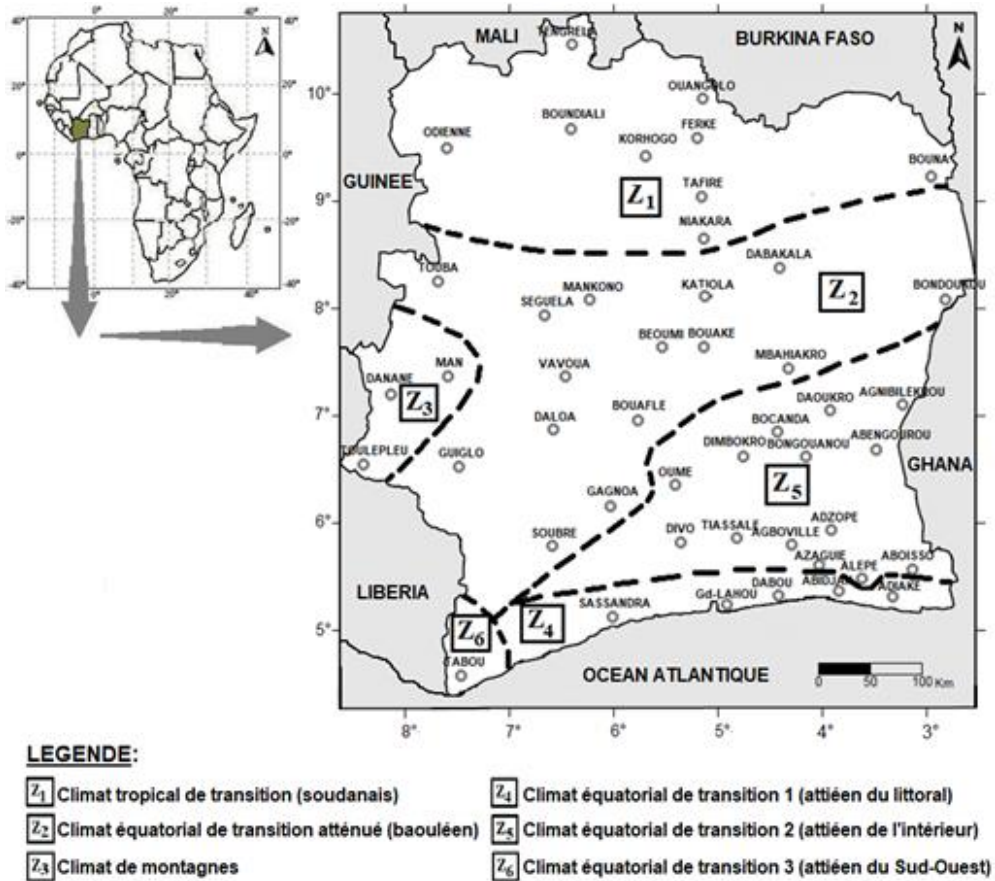


Figure 1 : Présentation de la Côte d'Ivoire et ses différentes régions climatiques (Kouao *et al.*, 2021)

Données de l'étude

Les données utilisées pour réaliser la présente étude sont issues du réseau national de mesures météorologiques de la Côte d'Ivoire. Les données de pluies et de températures mensuelles proviennent de douze stations synoptiques répartis sur tout le pays (Figure 2). Elles couvrent la période 1961-2016 et ont été mises à notre disposition par la Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique, Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM). Le choix des stations a été guidé par la disponibilité et la qualité des données chronologiques, et aussi en tenant compte du caractère représentatif de celles-ci, sur l'ensemble des régions climatiques de la Côte d'Ivoire. Des lacunes existent au sein des séries pluviométriques et thermométriques de certains postes. La constitution d'un vecteur régional ainsi que des données de pluie et de température issues de réanalyses (mises à notre disposition également par la SODEXAM) ont permis de reconstituer les données manquantes au sein des différentes séries chronologiques. La fiabilité et l'intérêt à utiliser des données

de réanalyses ont fait l'objet de nombreuses études, en Côte d'Ivoire, qui ont montré que ces données sont très bien corrélées à celles mesurées au sol (Koffi, 2007 ; Konaté, 2018). Un contrôle de la fiabilité des données après comblement a été effectué à partir d'une approche combinant la méthode des résidus (Djerbouai, 2016) et le test statistique de Buishand (Fossou *et al.*, 2014 ; Acharki *et al.*, 2019). Des valeurs aberrantes, identifiées au sein de certaines séries climatiques (Korhogo et Bondoukou pour la pluviométrie, Man pour la température), ont donc été reconstituées, permettant ainsi de disposer globalement, de chroniques de bonne qualité, sur la période 1961 - 2016.

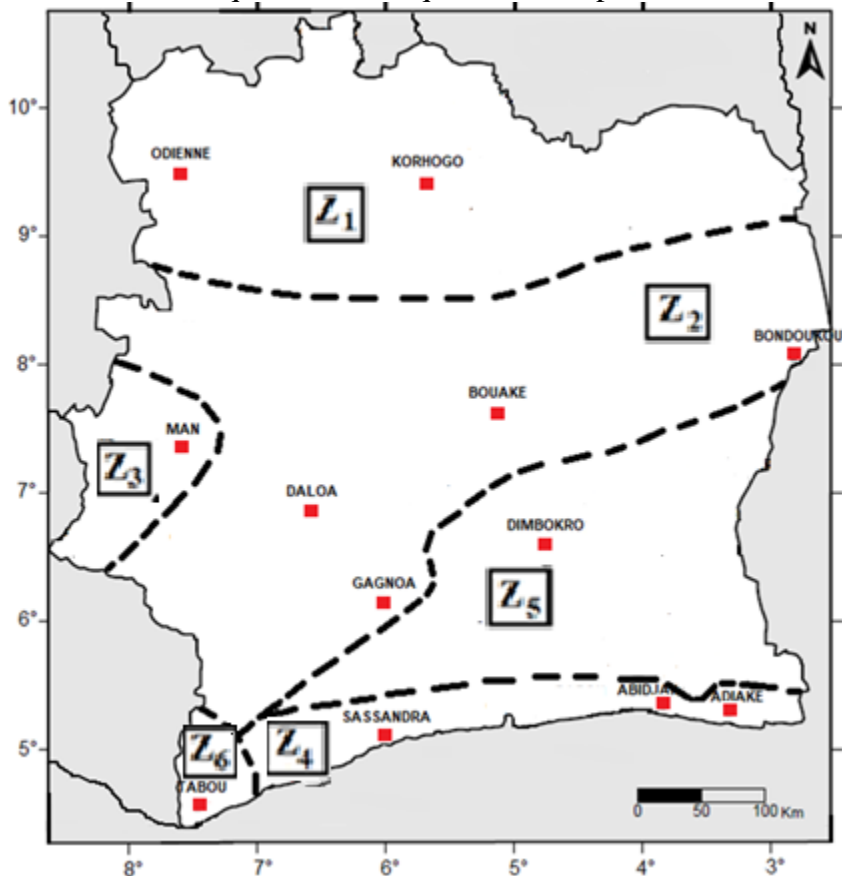


Figure 2 : Localisation des stations synoptiques retenues à l'intérieur de chacune des zones climatiques du territoire ivoirien (modifié de Kouao *et al.*, 2021)

L'étude a été réalisée au niveau des différentes zones climatiques définies, à savoir :

- Zone 1, le climat soudanais (climat tropical de transition), au Nord ;
- Zone 2, le climat baouléen (climat équatorial de transition atténué), au Centre ;
- Zone 3, le climat de Montagnes à l'Ouest ;

- Zone 4, le climat attién du littoral (climat équatorial de transition 1), au Sud ;
- Zone 5, le climat attién de l'intérieur (climat équatorial de transition 2), au Centre-Sud ;
- Zone 6, le climat attién du Sud-Ouest (climat équatorial de transition 3), au Sud-Ouest.

Méthodes utilisées

Cette analyse a été effectuée, sur la période 1961-2016, au niveau de l'ensemble des stations synoptiques retenues.

Analyse des tendances climatiques

L'analyse des tendances climatiques a concerné les valeurs annuelles de précipitations et de températures, au niveau de chaque station, à l'intérieur des zones climatiques.

Dans un premier temps, les apparitions des valeurs minimales et maximales de pluies et de températures annuelles, ont fait l'objet d'analyse. Dans un second temps, l'évolution de ces deux paramètres (pluie et température annuelles) a été abordée par la méthode de régression linéaire. Elle consiste en une représentation graphique d'une droite de régression de type affine qui présente l'évolution linéaire et permet de déceler la tendance (Amoussou, 2010 ; Taibi, 2011 ; Ibrahim, 2012 ; Kouakou *et al.*, 2012 ; Fayé *et al.*, 2015). L'équation de la droite de tendance est sous la forme (Equation 1) :

$$Y = ax + b \quad (\text{Eq.1})$$

où a est le coefficient directeur et représente la pente et b une constante.

Ainsi :

- si $a > 0$, la tendance du paramètre climatique étudié est à la hausse ;
- si $a < 0$, la tendance du paramètre climatique étudié est à la baisse.

Analyse de la stationnarité climatique

Des tests de rupture de stationnarité ont été utilisés pour déceler d'éventuels changements et déterminer la pertinence des tendances observées dans les différentes séries climatiques. Une rupture est un changement dans la loi de probabilité des variables aléatoires dont les réalisations successives définissent les séries chronologiques étudiées (Servat *et al.*, 1998).

Deux approches, à savoir, le test de Pettitt (1979) et la segmentation de Hubert *et al.* (1998), ont été retenues. Plusieurs travaux, dont ceux de Ahoussi *et al.* (2013), Kouassi *et al.* (2017) et Adja *et al.* (2019), ont utilisés ces deux tests de rupture, qui, selon Lubès-Niel *et al.* (1998), sont puissants et

robustes. Ces deux tests statistiques, utilisés de façon complémentaire, ont été appliqués aux minima et maxima annuels de températures ainsi qu'aux pluies annuelles. Ils ont permis par exemple, de tester la capacité des températures extrêmes à déceler des tendances climatiques. L'influence des ruptures révélées dans les séries de pluies et de températures est rendue par le calcul de l'écart de variation qui permet d'apprécier s'il s'agit d'un déficit ou d'un excédent noté (D). Cet écart D est évalué en appliquant la relation (Eq2) suivante :

$$D = \frac{X_j}{X_i} - 1 \quad (\text{Eq.2})$$

où X_j est la moyenne des variations du paramètre climatique après la rupture et X_i la moyenne des variations du paramètre climatique avant la rupture.

Les conditions d'analyse de l'écart de variation s'expriment comme suit :

- si $D > 0$; on a un excédent au niveau de la période après rupture ;
- si $D < 0$; on a un déficit au niveau de la période après rupture.

Lorsque les dates de ruptures, mises en évidence par les deux tests sont identiques, D est calculé à partir de la rupture. Si, au contraire, les dates de ruptures, mises en évidence par les deux tests, sont différentes, alors, le test de Pettitt, qui exprime, contrairement à la segmentation de Hubert, un changement brutal dans la série chronologique, est privilégié.

Résultats et interprétations

Tendances pluvio-thermiques

La figure 3 montre l'apparition des pluies et des températures annuelles minimales et maximales obtenues, sur la période de 1961 à 2016, au niveau des douze stations synoptiques.

Les précipitations annuelles minimales (PAMi) sont arrivées plus fréquemment (50 % des localités) entre 2001 et 2005 et concernent les localités situées au niveau des climats soudanais (zone 1) (Korhogo, Odienné), baouléen (zone 2) (Bouaké, Daloa, Gagnoa) et attiéen de l'intérieur (zone 5) (Dimbokro). Entre 2006 et 2009, 25 % des PAMi sont apparues et concernent les climats baouléen (Bondoukou), de montagnes (zone 3) (Man) et attiéen du littoral (zone 4) (Abidjan). Au niveau du climat attiéen du Sud-Ouest (zone 6) (Tabou) et des autres localités du climat attiéen du littoral (Sassandra, Adiaké), les valeurs minimales sont apparues souvent entre 2012 et 2013.

Les précipitations annuelles maximales (PAMa) sont observées à 92 %, entre 1962 et 1968 (donc avant 1970), sur l'ensemble du territoire ivoirien. Cependant, à la localité d'Odienné, au sein du climat soudanais, la PAMa a été observée en 1976 (donc après 1970).

Les températures annuelles minimales (TAMi) ont été notées à 50 %, en 1976 (après 1970), dans les localités situées au sein des climats soudanais

(Korhogo), attiéen de l'intérieur (Dimbokro), attiéen du Sud-Ouest (Tabou) et attiéen du littoral (Adiaké, Abidjan, Sassandra). En ce qui concerne le climat de montagnes (Man), la TAMi a été observée en 1975 (après 1970). Toutes les localités situées dans le climat baouléen (Bouaké, Bondoukou, Gagnoa, Daloa) ainsi que la localité d'Odienné (climat soudanais) font observer leurs TAMi, entre 1964 et 1967 (avant 1970).

Entre 2010 et 2014, 58 % des températures annuelles maximales (TAMa), ont été observées et concernent les climats soudanais (Korhogo, Odienné), baouléen (Bouaké, Bondoukou, Daloa), de montagnes (Man) et attiéen du littoral (Adiaké). Par contre, 25 % des TAMa ont été notées entre 2002 et 2005, dans les localités de Tabou, au sein du climat attiéen du Sud-Ouest et la majorité des localités du climat attiéen du littoral (Sassandra, Abidjan). Enfin, 17 % sont apparues en 1998, dans certaines localités, du climat baouléen (Gagnoa) et du climat attiéen de l'intérieur (Dimbokro).

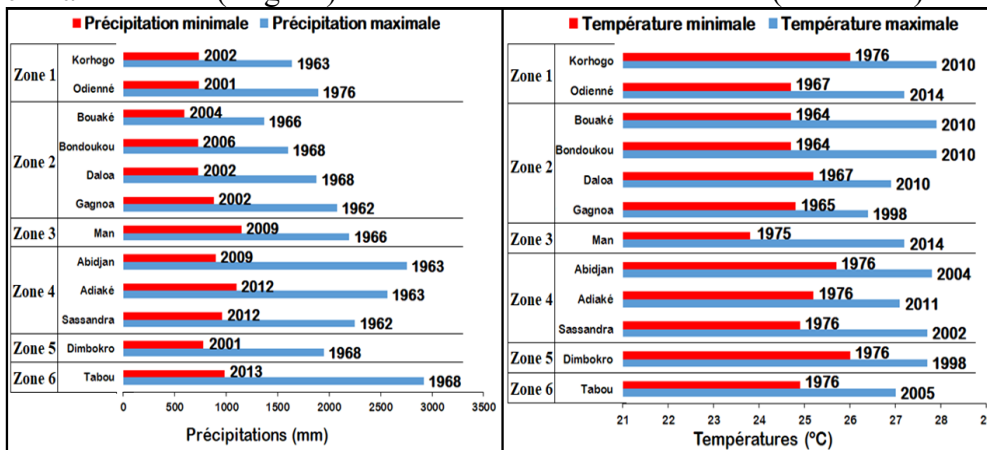


Figure 3 : Apparitions des précipitations et des températures minimales et maximales au sein des zones climatiques, sur la période 1961-2016

Il est constaté, dans l'ensemble et pour chaque paramètre climatique, que les années d'apparition des valeurs annuelles minimales ou maximales ne sont pas uniformes à l'intérieur des zones climatiques. Cela semble traduire un bouleversement climatique qui s'étend à l'ensemble du pays, sur la période de 1961 à 2016. Ce bouleversement dans l'évolution annuelle des pluies et des températures, comme le montre les exemples des figures 4 et 5, met en évidence deux phases par rapport à la moyenne interannuelle, au niveau de chaque paramètre climatique :

- une première phase généralement comprise entre 1961 et le milieu de la décennie 1980, qui apparaît comme une période moins chaude et de fortes pluviométries ;

- une deuxième phase qui se situe entre la fin de la décennie 1980 et 2016 et qui est une période relativement plus chaude et de faibles pluviométries.

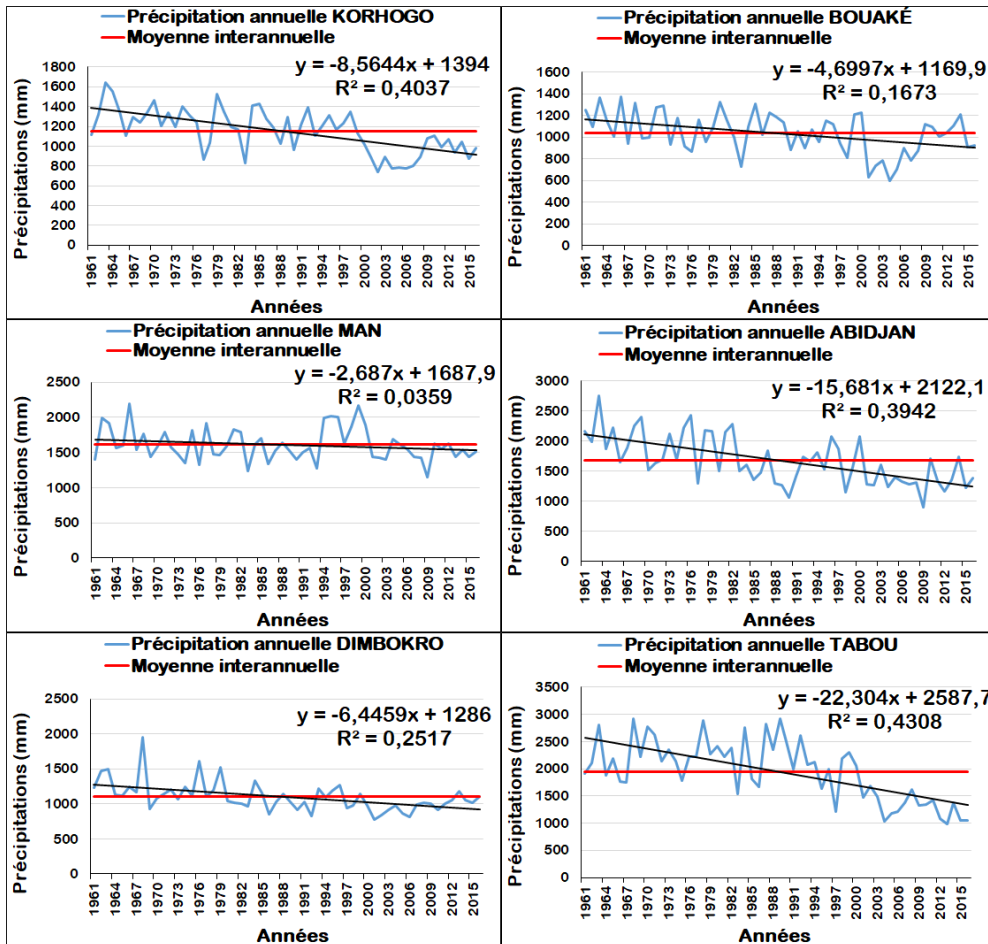


Figure 4 : Tendence à la baisse des précipitations annuelles au niveau des stations de Korhogo (Zone 1), Bouaké (Zone 2), Man (Zone 3), Abidjan (Zone 4), Dimbokro (Zone 5) et Tabou (Zone 6), sur la période 1961-2016

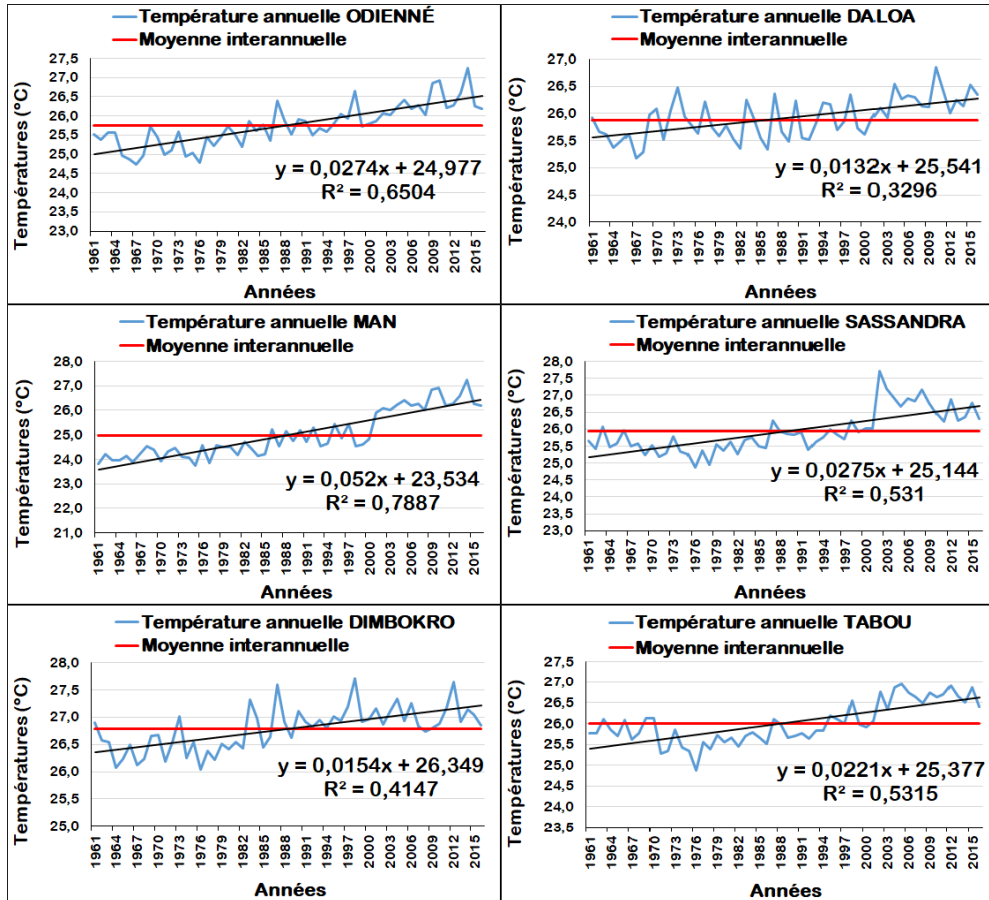


Figure 5 : Tendence à la hausse des températures annuelles au niveau des stations d’Odienné (Zone 1), Daloa (Zone 2), Man (Zone 3), Sassandra (Zone 4), Dimbokro (Zone 5) et Tabou (Zone 6), sur la période 1961-2016

La tendance des pluies et des températures est respectivement à la baisse et à la hausse pour toutes les localités au niveau de l’ensemble des zones climatiques étudiées (Figures 4 et 5). Ces tendances climatiques s’étendent sur quatre décennies (les décennies 70, 80, 90 et 2000). La baisse pluviométrique est accentuée au niveau des climats soudanais (Korhogo, Odienné), attéen du Sud-Ouest (Tabou) et attéen du littoral (Abidjan, Adiaké, Sassandra) avec des R² qui se situent entre 0,3 (Sassandra, climat attéen du littoral) et 0,58 (Odienné, climat soudanais). La régression pluviométrique est relativement moins importante au niveau des climats baouléen (Bouaké, Bondoukou, Daloa, Gagnoa), de montagnes (Man) et attéen de l’intérieur (Dimbokro) avec des R² qui fluctuent entre 0,03 (Man, climat de montagnes) et 0,29 (Daloa, climat baouléen). La régression constatée du cumul annuel des précipitations sur la période 1961-2016 est comprise entre -223 mm/décennie (Tabou, climat attéen du Sud-Ouest) et -26 mm/décennie (Man, climat de montagnes), avec

une moyenne de -103 mm/décennie. Au niveau des températures, la progression de celles-ci est cependant prononcée sur l'ensemble des zones climatiques du territoire ivoirien avec des R^2 qui oscillent entre 0,32 (Daloa, climat baouléen) et 0,84 (Bouaké, climat baouléen), pour des hausses comprises entre +0,1°C/décennie (Daloa, climat baouléen ; Dimbokro, climat attiéen de l'intérieur) et +0,5°C/décennie (Bouaké, climat baouléen ; Man, climat de montagnes) avec une moyenne de 0,2°C/décennie sur la période 1961-2016.

Stationnarité des données climatiques

La pertinence des tendances observées, au niveau de l'ensemble des régions climatiques, sur la période 1961-2016 est marquée par des ruptures de stationnarité dans l'évolution des paramètres climatiques étudiés.

Les résultats des tests statistiques de Pettitt et de Hubert appliqués aux séries de températures extrêmes [température minimale (T_{min}) et température maximale (T_{max})] et aux cumuls pluviométriques annuels (Pan) de la période 1961-2016, sont présentés dans le tableau I. Les hypothèses du test de Pettitt sont rejetées aux seuils de probabilité (ou seuils de confiance) de 90 à 99 % et confirment la présence de ruptures significatives au sein des différentes séries des variables analysées.

Sur l'ensemble des régions climatiques, les deux tests permettent de déceler une période de rupture, globalement à la baisse, de la pluviométrie et à la hausse, de la thermométrie, située généralement entre 1970 et 2000 (Tableau I). Les premières ruptures ont été observées autour de l'année 1970, les secondes autour de l'année 1980 et les dernières autour de l'année 2000. Ces ruptures sont comprises majoritairement entre 1970 et 1989 au niveau des séries de T_{min} et T_{max} , et entre 1982 et 2000, pour ce qui concerne les séries de Pan. Cependant, des ruptures ont été détectées au sein des séries pluviométriques vers la fin de la décennie 2000 [2007 à Bondoukou et 2008 à Bouaké, climat baouléen (zone 2)] et au début de la décennie 2010 (2013 à Bondoukou, climat baouléen).

Tableau 1 : Déficit et excédents pluvio-thermiques observés dans les zones climatiques par rapport aux années de rupture des séries chronologiques, sur la période 1961-2016

STATIONS	T _{min}			T _{max}			P _{an}			
	T P	T H	D (%)	T P	T H	D (%)	T P	T H	D (%)	
Zone 1	Korhogo	1997*	-	+9,1	1982*	-	+8,3	1998***	1999	-25,7
	Odienné	1987*	-	-6,6	1982*	1983 1988	+11,2	1982***	1982 1993 2000	-29,8
Zone 2	Bouaké	1972*	-	+10,3	1976*	-	+16,8	1989**	2000 2008	-14
	Bondoukou	1996**	1989	+9,6	1989***	-	+21,2	2007*	2013	+27,6
	Daloa	1997*	1997	+3,8	1972*	-	+18,2	1989***	1979 2000	-19,8
Zone 3	Gagnoa	1983*	-	-4,9	1980*	-	+16,9	1995***	1964 1995	-15,5
	Man	1977*	-	+26,6	1973*	1997	+16,5	2000*	-	-8,1
Zone 4	Abidjan	1970*	1968	+24,3	1979**	1975	+20,7	1998***	1999	-22,8
	Adiaké	1987*	-	+25	1975*	-	+15,5	1984***	1970 1985	-28,4
Zone 5	Sassandra	1997*	1997	+4,1	1976*	-	+9,4	1979***	1964 1979	-25
	Dimbokro	1976*	-	+10,9	1976*	-	+17,1	1979***	1968	-15,6
Zone 6	Tabou	1970*	-	-10,2	1997*	-	-29,2	1994***	1994 2002	-36,2

-T P = Année de rupture selon le Test de Pettitt -T H = Année de rupture selon le Test de Hubert -D = Ecart de variation

-Les signes *, ** et *** signifient que la rupture est significative à 90, 95 et 99 %, respectivement, selon le résultat du test de Pettitt

Il est constaté une baisse générale des précipitations sur l'ensemble des zones climatiques de la Côte d'Ivoire, marquée par la rupture historique du début des années 1970 suivie des ruptures autour des années 1980 et 2000. Seule la station de Bondoukou (climat baouléen) présente un excédent pluviométrique (+27,61 %) (Tableau I). L'ensemble des stations affichent un excédent de températures minimales et maximales en dehors de celles des climats soudanais (zone 1) (Odienné : - 6,65 % au niveau des T_{min}), baouléen (Gagnoa : - 4,96 % au niveau des T_{min}) et attiéen du Sud-Ouest (zone 6) (Tabou : - 10,17 % et -29,18 % respectivement au niveau des T_{min} et des T_{max}) qui montrent un déficit de température (Tableau I). On note en moyenne, sur la période de 1961 à 2016, une baisse pluviométrique et une hausse thermométrique respectivement de 27,8 % et 5,5 %, au niveau du climat soudanais, de 5,4 % et 11,5 %, au niveau du climat baouléen et de 25,4 % et 16,5 %, au niveau du climat attiéen de l'intérieur (zone 5). Concernant les climats de montagnes (zone 3) et attiéen de l'intérieur (zone 5), la baisse pluviométrique et la hausse thermométrique est respectivement de 8,1 % et

21,5 % et de 15,6 % et 14 %. Pour le climat attiéen du Sud-Ouest, il est constaté plutôt une baisse au niveau des deux paramètres climatiques qui est de 36,2 % pour la pluviométrie et 19,7 % pour la température. Dans l'ensemble, les zones climatiques affichent un déficit pluviométrique moyen et un excédent thermométrique moyen respectivement de 21,2 % et 8,9 %. Ces résultats montrent ainsi que la sécheresse amorcée depuis la fin des années 1960 continue de frapper l'ensemble des zones climatiques du territoire ivoirien.

Les précipitations annuelles ont évolué à la hausse globalement sur la période 2009-2016 au niveau de certaines localités du climat baouléen (Bouaké et Bondoukou). L'application du test de Hubert permet de déceler une période de rupture située entre 2000 et 2013 au niveau de ces localités (Tableau I). Les ruptures concernent l'année 2013 et les années 2000 et 2008 respectivement pour les localités de Bondoukou et de Bouaké qui enregistrent une reprise de la pluviométrie. Les périodes 2009-2016 et 2014-2016 correspondent à des périodes humides respectivement à Bouaké et à Bondoukou. Ces résultats montrent un retour de la pluviométrie, à la fin de la décennie 2000 et vers le milieu de la décennie 2010, qui semble avoir affecté seulement certaines localités situées au niveau du climat baouléen. Cette hausse pluviométrique est plus prononcée à Bouaké (39,8 %) qu'à Bondoukou (25,3%) où les pluies ont relativement tardé à se réinstaller. La reprise des pluies semble n'avoir pas été dans les mêmes proportions partout dans le climat baouléen.

En revanche, le test de Hubert décèle des points de rupture à Daloa (climat baouléen), en 2000, et à Odienné (climat soudanais), en 1993 et 2000 (Tableau I). Cela traduit des baisses respectives de 15,8 % et 35,7 % des pluies annuelles sur la période 2001-2016, dans ces localités. L'application de la méthode de segmentation de Hubert sur la série pluviométrique de Tabou (climat attiéen du Sud-Ouest) a détecté un point de rupture en 2002 (Tableau I), traduisant également une baisse pluviométrique de 31,1 % sur la période 2003-2016. Ces résultats traduisent un maintien de la sécheresse dans certaines localités au niveau des climats soudanais, baouléen et attiéen du Sud-Ouest.

Des ruptures synchrones ou quasi-synchrones entre les températures extrêmes (Tmin et Tmax) et les pluviométries (Pan) ont été décelées par les deux tests de détection de rupture, au niveau des stations de Korhogo et Odienné (climat soudanais), Adiaké et Sassandra (climat attiéen du littoral), Daloa (climat baouléen), Dimbokro (climat attiéen de l'intérieur) et Tabou (climat attiéen du Sud-Ouest) (soit 58% des stations) (Tableau I).

On considère que deux ruptures sont dites synchrones si elles se situent dans un intervalle de plus ou moins trois années. Les cas les plus marquants concernent les ruptures repérées par le test de Pettitt à la station de Dimbokro,

pour ce qui est des températures (Tmin, Tmax) et de la précipitation, à la station de Korhogo pour ce qui est de la température minimale et de la précipitation, et enfin les ruptures détectées par les deux tests à la station d'Odienné pour ce qui est de la température maximale et de la précipitation. Les résultats obtenus renseignent que les ruptures détectées par les tests statistiques au niveau des séries de températures extrêmes concordent globalement avec celles des pluies annuelles. Les températures extrêmes sont, de ce fait, capables de mettre en évidence, des tendances climatiques.

Discussion

Les évolutions pluies et températures ont connu d'importants changements entre 1961 et 2016, sur l'ensemble du territoire ivoirien. Ces changements, qui s'étendent sur quatre décennies (les décennies 70, 80, 90 et 2000), se traduisent par une chute de la pluviométrie et une hausse de la température. La baisse pluviométrique est accentuée au niveau des régions soudanaise, attiéen du littoral et attiéen du Sud-Ouest alors que l'augmentation de la température semble être amplifiée sur l'ensemble des régions climatiques. La chute des pluies et la hausse des températures sont en moyenne, respectivement de 103 mm/décennie et de 0,2°C/décennie sur l'ensemble des zones climatiques. Le bouleversement opéré est marqué par trois ruptures qui se situent autour des années 1970, 1980 et 2000. Ce changement s'est donc traduit par une baisse générale des précipitations et une élévation des températures extrêmes à partir de l'année 1970 sur l'ensemble des zones climatiques. L'amenuisement des précipitations a été accentué autour de l'année 1980. Ainsi, sur l'ensemble du pays, la modification interannuelle de la pluviométrie, sur la période partant de 1961 à 2016, s'organise grossièrement entre une période humide (1961-1970), marquée par une abondance pluviométrique et des années exceptionnellement humides et une période sèche (1971-2016), accentuée par des épisodes de sécheresses continues et sévères. Les résultats obtenus au cours de ce travail sont en accord avec les conclusions des travaux antérieurs réalisés sur les chroniques hydroclimatiques en Afrique de l'Ouest en général (Descroix *et al.*, 2015 ; Kaboré *et al.*, 2017) et sur le territoire ivoirien, en particulier (Goula *et al.*, 2006 ; Ahoussi *et al.*, 2013 ; Fossou *et al.*, 2014 ; Kouassi *et al.*, 2017 ; Soro *et al.*, 2017) qui ont montré une baisse significative de la pluviométrie, depuis la fin et le début des décennies 1960 et 1970, respectivement. Les déficits pluviométriques et les excédents de températures qui en ont résulté, en référence aux ruptures identifiées, tournent respectivement autour de 21 % et 8 % sur l'ensemble des zones climatiques. Ils sont, pour la pluviométrie, pratiquement de même ordre de grandeur que ceux obtenus en Afrique de l'Ouest qui sont en moyenne de 20 % (Ahoussi *et al.*, 2013 ; Kaboré *et al.*, 2017). En effet, les conclusions des travaux de Kouakou *et al.* (2012) réalisés

sur l'ensemble de la Côte d'Ivoire, pour des chroniques de pluie s'étendant globalement, entre 1920 et 2000, montrent un taux de baisse pluviométrique variant de 12 à 31 %. Ces auteurs montrent également que, l'augmentation de la température avoisine + 1° C sur la période 1960-2000, à l'échelle de la Côte d'Ivoire. Les travaux de Yao *et al.* (2013), effectués dans les quatre régions agroclimatiques de la Côte d'Ivoire, ont également révélé une baisse pluviométrique comprise entre 7,7 et 28,9 % globalement, sur la période 1940-2010 et une augmentation de la température de + 1,6° C, en moyenne, entre 1961 et 2010. Cette chute de la pluviométrie peut en effet s'expliquer par une dérégulation dans la migration saisonnière du Front Intertropical (FIT) vers le Nord (Fossou *et al.*, 2014). Ce déplacement du FIT dépend du contraste thermique entre les océans et le continent. Bigot *et al.* (2005) à travers leurs travaux montrent qu'une part importante de la baisse généralisée des précipitations ivoiriennes après 1970, est due à un réchauffement anormal des Températures de Surface de l'Océan (TSO) de l'Atlantique sud-ouest. La chute de la pluviométrie pourrait aussi s'expliquer par les activités humaines qui, vraisemblablement, sont une contribution dans l'accentuation de ce phénomène. Selon Brou (2005), la diminution de la pluviométrie dans le Sud de la Côte d'Ivoire, coïncide avec la déforestation et la mise en culture de cette zone. Cette dégradation et disparition de la forêt entraînent des modifications ou des perturbations dans le cycles hydrologique (Balliet, 2018). Cette étude a déterminé un regain de la pluviométrie dans certaines localités au sein du climat baouléen, depuis la fin des années 2000. Cela a été observé particulièrement, à Bouaké, durant la période 2009-2016 et à Bondoukou, sur la période 2014-2016. Cependant, les cumuls pluviométriques constatés, restent toujours inférieurs à ceux observés lors de la période humide de 1961 à 1970. La reprise des pluies est plus prononcée à Bouaké qu'à Bondoukou. Ces résultats sont en accord avec la plupart des travaux réalisés par des auteurs tels que Descroix *et al.* (2013), Bodian (2014) et Kaboré *et al.* (2017), en Afrique de l'Ouest et par N'da *et al.* (2016) et Kouassi *et al.* (2017), en Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont également noté un retour de périodes humides, amorcées au cours des décennies 1990 et 2000. L'amélioration de la pluviométrie est due à une augmentation des événements pluvieux quotidiens de forte intensité (Ly *et al.*, 2013 ; Descroix *et al.*, 2013 ; Hangnon *et al.*, 2015 ; Bamba *et al.*, 2015 ; Kaboré *et al.*, 2017). Malgré ce regain de conditions humides, dans certaines localités, il est noté une persistance de périodes sèches dans d'autres, comme les baisses de 15,8 % et 35,7 % respectivement à Daloa (climat baouléen) et à Odienné (climat soudanais), sur la période 2001-2016 et la baisse de 31,1 % à Tabou (climat attiéen du Sud-Ouest), sur la période 2003-2016, révélant la forte variabilité spatiale de la pluviométrie annuelle sur l'ensemble du pays. Kaboré *et al.* (2017) et Kouassi *et al.* (2017) évoquent également et respectivement, une persistance de la sécheresse, au Centre-Nord

du Burkina Faso et dans le bassin versant du Bandama, en Côte d'Ivoire, globalement entre 2000 et 2015.

Conclusion

Cette étude a eu pour objectif de caractériser la variabilité climatique de la Côte d'Ivoire entre 1961 et 2016. Sur l'ensemble des zones climatiques, les régimes de pluies et de températures ont connu d'importants changements dans leurs évolutions avec une tendance générale respectivement à la baisse et à la hausse entre 1961 et 2016. Le pays a connu un changement dans son régime climatique à partir de l'année 1970. Les déficits pluviométriques et les excédents de température, qui en ont résulté, tournent respectivement autour de 21 % et 8 % sur l'ensemble des zones. L'étude a permis de constater que la baisse pluviométrique est accentuée au niveau des climats soudanais, attiéen du littoral et attiéen du Sud-Ouest alors que la croissance de la température semble être amplifiée sur l'ensemble des zones climatiques. La fin des années 2000 et surtout la décennie 2010 marque une reprise de la pluviométrie vers des années plus humides dans certaines localités, au niveau du climat baouléen (Bouaké et Bondoukou). Malgré cette tendance à l'augmentation de la pluviométrie, dans certaines localités, il est noté une persistance des déficits pluviométriques dans d'autres, telles que Daloa (climat baouléen) et Odienné (climat soudanais) depuis l'année 2001 et Tabou (climat attiéen du Sud-Ouest) depuis l'année 2003.

Remerciements

Les auteurs de cet article adressent leur sincère remerciement aux instructeurs dont les critiques et les suggestions ont énormément amélioré le présent article. Aussi, expriment-ils également leur reconnaissance à la Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique, Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM), pour la mise à disposition des données de pluie et de température utilisées dans cette étude.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Acharki, S., Amharref, M., Rachid, E., H., & Bernoussi, A. (2019). Évaluation par approche statistique de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau : application au périmètre du Gharb (Maroc). *Revue des Sciences de l'Eau*, 32 (3), 291-315.
2. Adja, M.G., Djemin, E.J., N'dri, O.F.A., Tohouri, P., Kouamé, K.J., & Jourda, J.P. (2019). Apport de l'Analyse Hydrologique et de la Modélisation de la Relation Pluie-Débit dans le Suivi Quantitatif des Ressources en Eau dans un Contexte de Variabilité Climatique : Cas du Sous-Bassin Versant du Kouto (Nord de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 154 (2), 192-212.
3. Ahoussi, K. E., Koffi, Y. B., Kouassi, A. M., Soro, G., Soro, N., & Biémi, J. (2013). Étude de la variabilité hydroclimatique et de ses conséquences sur les ressources en eau du Sud forestier et agricole de la Côte d'Ivoire : cas de la région d'Abidjan-Agboville. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 1 (6), 30-50.
4. Amoussou, E. (2010). Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassinversant du complexe fluvial lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest) These de Doctorat, Université de Bourgogne, 313 p.
5. Ardoin, S., Lubès-Niel, H., Servat, E., Dezetter, A., & Boyer J-F. (2003). Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest : caractérisation de la situation de la décennie 1990. Hydrology and Mediterranean and semiarid regions. Proceedings of an international symposium held at Montpellier, *IAHS Publ.*, 278, 223-228.
6. Balliet, R. (2018). Impacts du changement climatique et de la pression anthropique sur l'environnement naturel et humain dans la région du gôh (centre-ouest de la côte d'ivoire) : analyse de mesures d'adaptation endogène. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 201 p.
7. Bamba A., Dieppois, B., Konaré, A., Péllarin, T., Balogun, A., Dessay, N., Kamagaté, B., Savané, I., & Diedhiou, A. (2015). Changes in vegetation and rainfall over West Africa during the last three decades (1981-2010). *Atmospheric and climate Sciences*, 5, 367-379.
8. Bigot, S., Brou, Y. T., Oszwaid, J., & Diedhiou, A. (2005). Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales. *Sécheresse*, 16 (1), 5-13.
9. Boateng, D., Aryee, J. N. A., Baidu, M., Arthur, F., & Mutz, S. G. (2024). West African Monsoon dynamics and its control on the stable oxygen isotopic composition of precipitation in the Late Cenozoic.

- Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 129 (10).
<https://doi.org/10.1029/2024JD040748>
10. Bodian, A. (2014). Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Revue Physio-Géo*, 8 (1), 297-312.
 11. Brou, Y.T. (2005). Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire, Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université des sciences et technologies de Lille, France, 226p.
 12. Créat, J., Harrison, S.P., Braconnot, P., d'Agostino, R., Jungclaus, J., Lohmann, G., Shi, X., & Marti, O. (2024). Orbitaly forced and internal changes in West African rainfall interannual-to-decadal variability for the last 6000 years. *Clim Dyn.* 62, 2301-2316.
<https://doi.org/10.1007/s00382-023-07023-y>
 13. Descroix, L., Diongue, N. A., Dacosta, H., Panthou, G., Quantin, G., & Diedhiou, A. (2013). Evolution des pluies de cumul élevé et recrudescence des crues depuis 1951 dans le bassin du Niger Moyen (Sahel). *Climatologie*, 10, 37-49.
 14. Descroix, L., Diongue, N. A., Panthou, G., Bodian, A., Sané, Y., Dacosta, H., Malam, A. M., Vandervaere, J.-P., & Quantin, G. (2015). Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : La SénéGambie et le bassin du Niger Moyen. *Climatologie*, 12, 25-43.
 15. Dibi-Anoh, P.A., Koné, M., Gerdener, H., Kusche, J., & N'Da, C.K. (2023). Hydrometeorological Extreme Events in West Africa: Droughts. *Surv. Geophys*, 44, 173–195.
<https://doi.org/10.1007/s10712-022-09748-7>
 16. Djerbouai, S. (2016). Méthodes de l'intelligence artificielle pour la prévision des sécheresses. Thèse de Doctorat, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Algérie, 141p.
 17. Faye, C., Sow, A.A., & Ndong, J.B. (2015). Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo.*, 9, 17-35.
 18. Fossou, R. M. N., Lasm, T., Soro, N., Soro, T., Soro, G., DE Lasme, O., Z., Baka, D., Onétie, O.Z., & Orou R. (2014). Variabilité climatique et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas des stations de Bocanda et de Dimbokro au Centre-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), *Larhyss Journal*, N°21, 87-110.
 19. Goula B.T.A., Savané I., Konan B., Fadika V., & Kouadio G.B. (2006). Etude comparative de l'impact de la variabilité climatique sur

- les ressources en eau des bassins du N'zo et du N'zi en Côte d'Ivoire. *Vertigo*, 7 (1), 1-12.
20. Hangnon, H., De Longueville, F., & Ozer, P. (2015). Précipitations 'Extrêmes' et inondations à Ouagadougou : Quand le développement urbain est mal maîtrisé. XXVIII^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, 497-502.
 21. Hubert, P., Servat, E., Paturel, J.E., Kouamé, B., Bendjoudi, H., Carbonnel, J. P., & Lubès-Niel, H. (1998). La procédure de segmentation, dix ans après. *IAHS*, n°252, pp.267-273.
 22. Ibrahim, B. (2012). Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI), 245p.
 23. Kaboré, P. N., Ouedraogo A., Sanon M., Yaka, P., & Somé, L. (2017). Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du centre-nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015. *Climatologie*, 14, 82-95.
 24. Koffi, Y. B. (2007). Modélisation pluie-débit en région tropicale humide : application des réseaux de neurones sur quatre stations hydrométriques du Bandama Blanc (Bada, Marabadiassa, Tortiya et Bou) situées au Nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 219p.
 25. Konaté, L. (2018). Contribution des indices climatiques et des modèles de pluies à la surveillance et prévention des inondations pluviales en milieu urbain : cas du district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 199p.
 26. Kouakou, K. E., Kouadio, Z. A., Kouassi, F. W., Goula, B. T. A., & Savané, I. (2014). Modélisation de la température et de la pluviométrie dans un contexte de changement climatique : cas de l'Afrique de l'Ouest. *Revue Afrique Science*, 10 (1), 145-160.
 27. Kouakou, K. E., Moussa, H., Kouassi, A. M., Goula, B. T. A., & Savané, I. (2017). Redefinition of homogeneous climatic zones in Cote d'Ivoire in a context of climate change. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8 (11), 453-462.
 28. Kouakou, K.E., Goula, B.T.A., & Kouassi, A.M. (2012). Analyze of climate variability and change impacts on hydro-climate parameters: case study of Côte d'Ivoire. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, N°3, 1-8.
 29. Kouamé, K.F. (2011). Influence de la variabilité climatique et de la dégradation environnementale sur le fonctionnement de l'hydrosystème du N'zo dans la région guinéenne et semi-montagnaise de la Côte d'Ivoire. Contribution de la télédétection, des

- systèmes d'Informations Géographiques et du modèle hydrologique HYDROTEL. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Cocody, Côte d'Ivoire, 379 p.
30. Kouao, J.-M., Kouassi, A. M., Koudou, A., & Gbola, A. C. F. (2021). Apport des indices climatiques à la redéfinition de la régionalisation climatique de la Côte d'Ivoire dans un contexte de climat changeant. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol.34, N°1, 102-114.
 31. Kouassi, A., Assamoi, P., Bigot, S., Diawara, A, Schayes, G., Yoroba, F., & Kouassi, B. (2010). Étude du climat Ouest-Africain à l'aide du modèle atmosphérique régional M.A.R., *Climatologie*, 7, 39-55.
 32. Kouassi, A. M., Kouao, J.-M., & Kouakou, K. E. (2022). Caractérisation intra-annuelle de la variabilité climatique en Côte d'Ivoire. *Bulletin de l'association de géographes français*, 99 (2), 289-306.
 33. Kouassi, A.M., Assoko, A.V.S., Djé, K.B., Kouakou, K.E., Kouamé, K.F., & Biémi, J. (2017). Analysis of the persistence of drought in West Africa: Characterization of the recent climate variability in Ivory Coast. *Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence*, 1 (2), 47-59.
 34. Lubès-Niel, H., Masson, J.M., Paturel, J.E., & Servat, E. (1998). Variabilité climatique et statistique. Etude par simulation de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chronique. *Revue des sciences de l'eau*, N° 3, 383-408.
 35. Ly M., Traoré, S. B., Alhassane, A., & Sarr B. (2013). Evolution of some observed climate extremes in the west African Sahel. *Weather and Climate Extremes*, 1, 19-25.
 36. Mertz, O., D'haen, S., Maiga, A., Moussa, I.B., Barbier, B., Diouf, A., Diallo, D., Dapola Da, D.E., & Dabi, D. (2012). Climate Variability and Environmental Stress in the Sudan-Sahel Zone of West Africa, *Ambio*, 41 (4), 380-392.
 37. MINADER (2017). Synthèse des volumes du Recensement des Exploitants et Exploitations Agricoles (REEA) 2015/2016. Rapport provisoire, Vol.1, 52p.
 38. Mohino, E., Monerie, P.-A., Mignot, J., Diakhaté, M., Donat, M., Roberts, C. D., & Doblas-Reyes, F. (2024). Impact of Atlantic multidecadal variability on rainfall intensity distribution and timing of the West African monsoon. *Earth Syst. Dynam.*, (15), 15-40. <https://doi.org/10.5194/esd-15-15-2024>
 39. N'da, K.C., Dibi-Kangah, P., Djibril, D.N., Djé, K.B., & Zueli, K.B. (2016). Changements climatiques : quelques aspects de la variabilité climatique dans le bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire. *Revue*

des Sciences Sociales-Programme d'Appuis Stratégique à la Recherche Scientifique (RSS-PASRES), 86-104.

40. Servat, E., Paturol, J. E., Kouamé, B., Travaglio, M., Ouégraogo, M., Boyer J. F., Lubès-Niel, H., Fritsch J. M., Masson, J.M., & Marieu, B. (1998). Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. *IAHS Publication*, N°252, 323-337.
41. Soro, G., Ahoussi K.E., Traoré, A., & Soro, N. (2017). Impacts de la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie dans le « V » Baoulé (centre de la Côte d'Ivoire) au cours de la période 1966-2000 sur les ressources en eau. *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement*, 2 (3), 7-10.
42. Taibi, S. (2011). Analyse du régime climatique au Nord de l'Algérie. Mémoire de MAGISTER EN Agronomie, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach Alger, 149 p.
43. Yao, N. R., Oulé, A. F., & N'goran, K. D. (2013). Etude de vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques en Côte d'Ivoire. Rapport final, 92 p.