



---

## Étude de l'évolution des températures dans les Rivières du Sud : de la Basse Casamance (Sénégal) au Rio Gêba (Guinée-Bissau)

### Study of the evolution of temperatures in the Southern Rivers: from Lower Casamance (Senegal) to Rio Gêba (Guinea-Bissau)

Mbagnick FAYE<sup>1</sup>, Dome TINE<sup>2</sup>, Oumar Harouna SY<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Laboratoire de Climatologie et d'Environnement (LCE)- Département de Géographie, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar- Sénégal

<sup>2</sup> Département de Géographie, Laboratoire de Télédétection Appliquée (LTA), Université Cheikh Anta DIOP de Dakar- Sénégal

<sup>3</sup>Département de géographie, Faculté des lettres et sciences humaines Université Cheikh Anta DIOP de Dakar- Sénégal

---

**Résumé :** Le changement climatique est aujourd'hui sans conteste. L'analyse des modèles climatiques et de données statistiques ont révélé une forte variabilité des paramètres pluviométriques. Si un retour timide de la pluviométrie est noté depuis la fin des années 1990, les températures n'ont cessé de grimper durant ces deux dernières décennies.

Cette étude cherche à caractériser l'évolution des températures dans la partie septentrionale des Rivières du Sud entre 1961 et 2018. La méthodologie est basée sur l'analyse des données climatiques fournies par l'ANACIM, les réanalyses de ERA-40, les données CHIRPS et les données issues de la base de données WorldClim. Les résultats des analyses des anomalies de températures standardisées et le test d'homogénéité de Pettitt (1979) ont mis en exergue une augmentation des températures à partir des années 1980. Les températures minimales ont connu une hausse de 1,19 °C à Ziguinchor et 0,55°C à Cap Skiring entre 1961 et 2018. Les températures maximales, quant à elles, ont connu dans la même période une hausse de 0,86 °C à Ziguinchor, 0,57 °C à Cap Skiring et 1,26°C à Bissau.

**Mots clés :** Changement climatique, Températures, Rivières du Sud, Réanalyses, anomalies standardisées.

---

**Abstract:** Climate change is now unquestionable. The analysis of climate models and statistical data have revealed a strong variability of rainfall and weather parameters. Although a timid return of rainfall has been noted since the late 1990s, weather have continued to rise over the last two decades.

This study seeks to characterize the evolution of weather in the northern part of the Southern Rivers between 1961 and 2018. The methodology is based on the analysis of climate data provided by ANACIM, ERA-40 reanalyses, CHIRPS data, and data from the WorldClim database. The results of the standardized temperature anomaly analyses and the Pettitt (1979) homogeneity test highlighted an increase in weather from the 1980s. Minimum weather increased by 1.19°C in Ziguinchor and 0.55°C in Cap Skiring between 1961 and 2018. Maximum weather, meanwhile, have increased in the same period to 0.86 ° C in Ziguinchor, 0.57 ° C in Cape Skiring and 1.26 ° C in Bissau.

**Keywords:** Climate change, weather, Southern Rivers, Reanalyses, Standardized anomalies.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.8033806>

---

## 1. Introduction

La prise de conscience sur l'évolution du climat n'est pas récente. Les fluctuations climatiques, animées par des cycles de durée variable, alternant entre périodes froides et périodes chaudes montrent que le climat a toujours évolué (Lamy, 2014). Les facteurs explicatifs de cette variabilité ou changement climatique sont longuement discutés dans la littérature scientifique (Leroux, 2000 ; GIEC, 2007 ; Cuccia, 2008 ; CILSS-AGRHYMET., 2010 ; Giuffrida, et Sansosti, 2011). Cette variabilité se décline différemment selon les régions du globe et les propriétés de surface (Cuccia, 2008 ; CILSSAGRHYMET, 2010). Elle peut être due à des processus intrinsèques de la terre, à des influences extérieures (variations de l'intensité du rayonnement solaire) ; ou plus récemment aux activités humaines (Ndong, 2015). Le cinquième rapport du GIEC, (2014) affirme les origines anthropiques de ce réchauffement et prévoit son amplification dans les siècles à venir. Cela concorde avec les travaux de PNUE/GRID-Arendal, (2009) qui signalent que 13 des 15 années les plus chaudes de notre planète, sur les 150 ans des observations météorologiques mondiales, se situent entre 1997 et 2011. La gravité du phénomène a amené la communauté internationale à demander aux gouvernements des pays membres de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques de « prévoir et prévenir les changements climatiques d'origine anthropique qui pourraient nuire au bien-être de l'humanité ».

En Afrique de l'ouest, cette variabilité est plus manifeste sur les régimes des précipitations et des températures. Le rapport du GIEC (2013) confirme qu'au cours du 21<sup>ème</sup> siècle le réchauffement climatique en Afrique devrait être plus important qu'au niveau mondial. Les températures moyennes annuelles et saisonnières de l'Afrique de l'Ouest ont augmenté de 1 à 3°C depuis le milieu des années 1970. Les vagues de chaleur sont devenues plus intenses et plus longues par rapport aux deux dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle. Entre 1961 et 2014, la fréquence des journées très chaudes (plus de 35 °C) a augmenté de 1 à 9 jours par décennie. De même, la fréquence des nuits tropicales (température minimale supérieure à 20 °C) a augmenté de 4 à 13 nuits par décennie, et les nuits froides sont devenues moins fréquentes (GIEC, 2021). Les périodes de canicules sont plus longues que celles douces, en particulier dans les régions arides et semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Ces épisodes de modification climatique ont attiré l'attention des chercheurs sur la dynamique du climat Ouest-africain. Cette évolution est observée dans plusieurs stations météorologiques Ouest Africaines et a eu sans doute des impacts dramatiques sur les ressources naturelles et les activités socioéconomiques de la sous-région. Les causes de ces modifications climatiques sont liées, selon Tippett et Giannini (2006) et Fontaine et al, (2009), aux anomalies de Température de Surface Océanique (TSO) de l'Atlantique et à leurs variations inter-décennales dans les deux hémisphères. Le réchauffement des eaux favoriserait une augmentation de la convergence d'humidité sur les régions

sahéliennes, et une fin de saison des pluies plus arrosée que la normale en septembre (Fontaine et al, 2009). La littérature autour de la dynamique du climat Ouest Africain est nombreuse et très diversifiée avec des conclusions souvent concordantes en ce qui concerne l'évolution de la pluviométrie et des températures.

Aujourd'hui, à l'image des régions ouest Africaines, le littoral des Rivières du Sud est soumis, à des changements rapides accentués par la variabilité climatique. La baisse de la pluviométrie observée depuis les années 1970 conjuguée à la hausse des températures a contribué à l'augmentation de l'évaporation et à l'extension des terres salées.

Cette étude cherche à analyser l'évolution des températures dans les Rivières du Sud, particulièrement de la Basse Casamance au Rio Gêba. Elle est basée sur les données températures fournies par l'ANACIM, les réanalyses de ERA-40, les données CHIRPS et de WorldClim. Le choix des ré-analyses, des données de WorldClim et de CHIRPS se justifie par le manque de données in-situ qui constitue un réel problème en Afrique.

## 2. Le domaine de l'étude

L'espace étudié se situe dans la partie septentrionale des Rivières du sud qui est comprise entre 11° 28' et 13°11' latitude Nord et 16°48' et 15°06' longitude Ouest et qui s'étend de la Basse Casamance au Rio Gêba. Vu que la résolution spatiale des données utilisées ne donne pas la possibilité d'étudier l'évolution des températures à l'échelle régionale, nous avons choisi une couverture spatiale beaucoup plus adéquate à l'image du domaine Ouest africain. Il est compris entre 15° Ouest et 6° Est et 3° et 24° Nord.

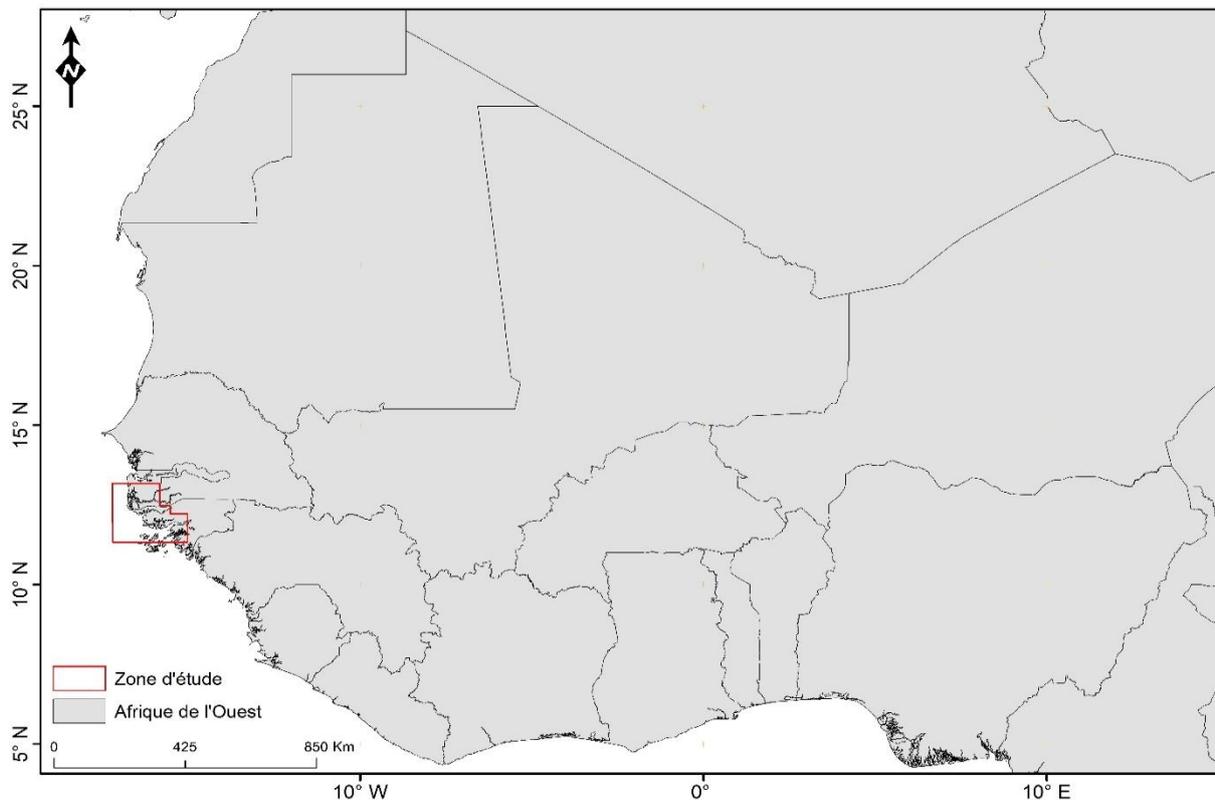


Figure 1: Situation géographique de l'espace étudié.

### 3. Matériels et Méthodes

#### - 3.1. Description des données utilisées

Pour caractériser l'évolution pluviométrique dans les Rivières du Sud, nous avons compilé des données météorologiques de sources différentes pour reconstituer les séries chronologiques des températures de plus de 50 ans d'observation. Il s'agit des données de WorldClim, composées de données pluviométriques et de températures moyennes minimales et maximales ainsi que 18 variables bioclimatiques disponibles à 4 résolutions spatiales différentes : 0,86 km<sup>2</sup> et 344 km<sup>2</sup> à l'équateur et s'étendent sur une longue période allant de 1960 à 2000 pour les observations et des simulations allant jusqu'en 2100. Ces données sont téléchargeables gratuitement avec des formats facilement exploitables. Les réanalyses météorologiques du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT/ECMWF) sont également utilisées. Ces dernières sont un ensemble de données climatologiques issues de réanalyses numériques de données d'observations (stations, bouées, radiosondages, observations aériennes) à l'aide d'un système d'assimilation, (Gibson *et al.* (1997) *in* Kouassi *et al.* (2010)). Les observations utilisées pour la réanalyse ERA 40 incluent principalement les données d'archives du ECMWF mais également celles provenant de différents pays et organisations. La réanalyse ERA 40 utilise une grille gaussienne de résolution horizontale d'environ 125 km. Par contre, les données disponibles sont généralement de 2.5 degrés latitude x 2.5 degrés longitude. Ces données sont disponibles entre 1000 hPa et 10 hPa, (Dehasse, 2011).

L'intérêt des réanalyses réside dans la possibilité d'utilisation de données archivées et la correction des données manquantes dans certaines zones en manque d'observation. Les réanalyses météorologiques sont constituées de séries d'observations de paramètres atmosphériques tel que la température, échantillonnées toutes les 6 heures et maillées sur le globe. Le tableau 1 représente quelques données de réanalyses disponibles et téléchargeables gratuitement.

Tableau 1: Caractéristiques spatio-temporelles de quelques bases de données de réanalyses globales, échantillonnées toutes les 6 heures.

	<i>Source</i>	<i>Période</i>	<i>Résolution horizontale</i>	<i>Résolution verticale</i>
CFSR	NCEP	Du 01/01/1979 au 31/12/2010	Surface : 0.312° x 0.312° Atmosphère : 0.5° x 0.5°	37 niveaux pression jusqu'à 1 mbar
CFSv2	NCEP	Du 01/01/2011 à aujourd'hui	Surface : 0.205° x 0.205° Atmosphère : 0.5° x 0.5°	37 niveaux pression jusqu'à 1 mbar
ERA-15	ECMWF	Du 01/01/1979 au 31/12/1993	1.125° x 1.125°	17 niveaux pression jusqu'à 10 hPa
ERA-40	ECMWF	Du 01/09/1957 au 31/08/2002	1.125° x 1.125°	23 niveaux pression jusqu'à 1 hPa
ERA-Interim	ECMWF	Du 01/01/1979 à aujourd'hui	0.703° x 0.703°	37 niveaux pression jusqu'à 0.1 hPa
MERRA	NASA	Du 01/01/1979 à aujourd'hui	0.5° x 0.667°	42 niveaux pression jusqu'à 0.1 hPa
NNRP1	NCEP, NCAR	Du 01/01/1948 à aujourd'hui	2.5° x 2.5°	17 niveaux pression jusqu'à 10 mbar
NCEPR2	NCEP, DOE	Du 01/01/1979 à aujourd'hui	Surface : 1.875° x 1.875° Atmosphère : 2.5° x 2.5°	17 niveaux pression jusqu'à 10 mbar

Source : Baqué, *et al.* (2016).

Toutes ces données météorologiques historiques nous permettent de caractériser l'évolution climatique à travers une comparaison des séries étudiées basée sur les écarts à la moyenne, l'indice de température standardisé et une analyse spatiale des températures.

### 3.2. Acquisition des données

Les données climatiques utilisées sont extraites de la plateforme Google Earth Engine (GEE). C'est une Plateforme en cloud pour l'analyse des données géospatiales donnant à l'utilisateur la possibilité de travailler dans une infrastructure du géospatial Big Data. Google earth engine est une infrastructure d'archivage de données géospatiales de plusieurs pétaoctets et de traitement parallèle permettant une analyse à l'échelle planétaire. Il stocke un ensemble de données géospatiales comme Landsat, Sentinel, occupation du sol, couverture végétale, MODIS etc., des données climatiques comme CHIRPS, les réanalyses ERA-5, ERA-15, ERA-40, TRMM etc. GEE fournit un explorateur de données et une interface de programmation d'applications (API) basée sur JavaScript ou Python (Faye et al, 2022).

### 3.3. Méthodes d'analyse de l'évolution climatique

L'analyse de l'évolution des températures est basée sur les réanalyses de ERA-40 dont les données remontent jusqu'en 1957. Ces données sont comparées à celles issues de la station météorologique de Ziguinchor, de WorldClim de la partie Guinéenne par des méthodes statistiques afin d'observer l'évolution des températures dans cette partie.

### 3.4. L'indice de Température Standardisé (ITS)

L'indice de Température Standardisé (ITS) est utilisé pour caractériser l'évolution thermique du milieu étudié.

L'ITS permet de déterminer respectivement les années chaudes ( $ITS > 0$ ) et celles douces ( $ITS < 0$ ).

Il est déterminé par la formule suivante :  $ITS = (Vi - Vm)/S$  avec :

$Vi$  = Valeur de la température pour une année  $i$  ;

$Vm$  = moyenne annuelle sur la série considérée ;

$S$  = écart type des valeurs sur la même période.

Les valeurs de l'indice sont classées en différentes catégories (McKee et al., 1993). Une période normale est une période pendant laquelle la moyenne annuelle est sensiblement égale à la moyenne de la série (tableau 2).

**Tableau 2:**-Classification des valeurs de l'Indice de Température Standardisé (ITS) (McKee et al. 1993).

Valeurs	ITS
2,0 et plus	Extrêmement chaud
1,5 à 1,99	Très chaud
1,0 à 1,49	Moins chaud
-0,99 à 0,99	normale
-1,0 à -1,49	doux
-1,5 à -1,99	Moyennement doux
-2 et moins	Très doux

Source : OMM (2012).

### 3.5. Détection des ruptures au sein des séries de températures annuelles

#### Le test de Pettitt

Le test de Pettitt est utilisé pour identifier les ruptures dans les séries de température. C'est un test non paramétrique qui ne requiert pas d'hypothèse sur la distribution des données. Le test de Pettitt est une adaptation du test de Mann-Whitney basé sur les rangs pour identifier le moment d'une transition dans les séries (Pettitt, 1979). Le test de Pettitt consiste à décomposer la série principale de N éléments en deux sous-séries à chaque instant t compris entre 1 et N-1. La série principale présente une rupture à l'instant t, si les deux sous-séries ont des distributions différentes. Les variables de Pettitt (U) sont définies par l'équation suivante :

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij} \qquad U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

Où  $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$  avec  $\text{sgn}(Z) = 1$  si  $Z > 0$ , 0 si  $Z = 0$  et -1 si  $Z < 0$ .

Il propose de tester l'hypothèse nulle en utilisant la statistique KN définie par le maximum en valeur absolue de  $U_{t,N}$  pour (t) variant de 1 à N -1. L'absence de rupture dans la série de taille N, constitue l'hypothèse nulle  $H_0$ . Si elle est rejetée, le test met en évidence la date de rupture.

## 4. Résultats

### 4.1. Analyse des ruptures dans les séries chronologiques

Le test statistique de Pettitt met en évidence les différentes ruptures dans les séries chronologiques des températures (figure 2). L'analyse de l'évolution des températures minimales et maximales décèle des ruptures pour toutes les séries, excepté les températures minimales à la station de Bissau avec des intervalles de confiance de 95%. Toutes les ruptures sont observées entre les années 1970 et 1990. Les températures maximales enregistrent des ruptures en 1979 à Bissau et en 1994 à Ziguinchor et Cap Skiring tandis que les ruptures des températures minimales sont notées en 1982 à Ziguinchor et en 1986 à Cap Skiring.

Une rupture est un changement dans la loi de probabilité de la série chronologique à un instant donné (Lubès et al., 1994). Cependant, toutes les ruptures observées marquent une augmentation des températures minimales et maximales. A Ziguinchor, une augmentation de 1,19 °C est notée au niveau des températures minimales à partir de 1982 tandis que les températures maximales sont passées de 33,89 °C en moyenne entre 1961 et 1994 à 34,75 °C entre 1995 et 2018 soit une hausse de 0,86 °C. A Cap Skiring, une augmentation des températures minimales et maximales est enregistrée en 1987 et 1994 avec respectivement 0,55 et 0,57 °C. A Bissau, seules les températures maximales ont connu une hétérogénéité dans leur évolution. Elles ont connu une hausse de 1,26°C à partir de 1979.

Cette augmentation des températures observée durant ces dernières années dans les Rivières du Sud est en phase avec les résultats d'autres travaux effectués en Afrique de l'ouest (Servat et al., 1997a ; Ndong, 2015 ; Faye et al., 2019).

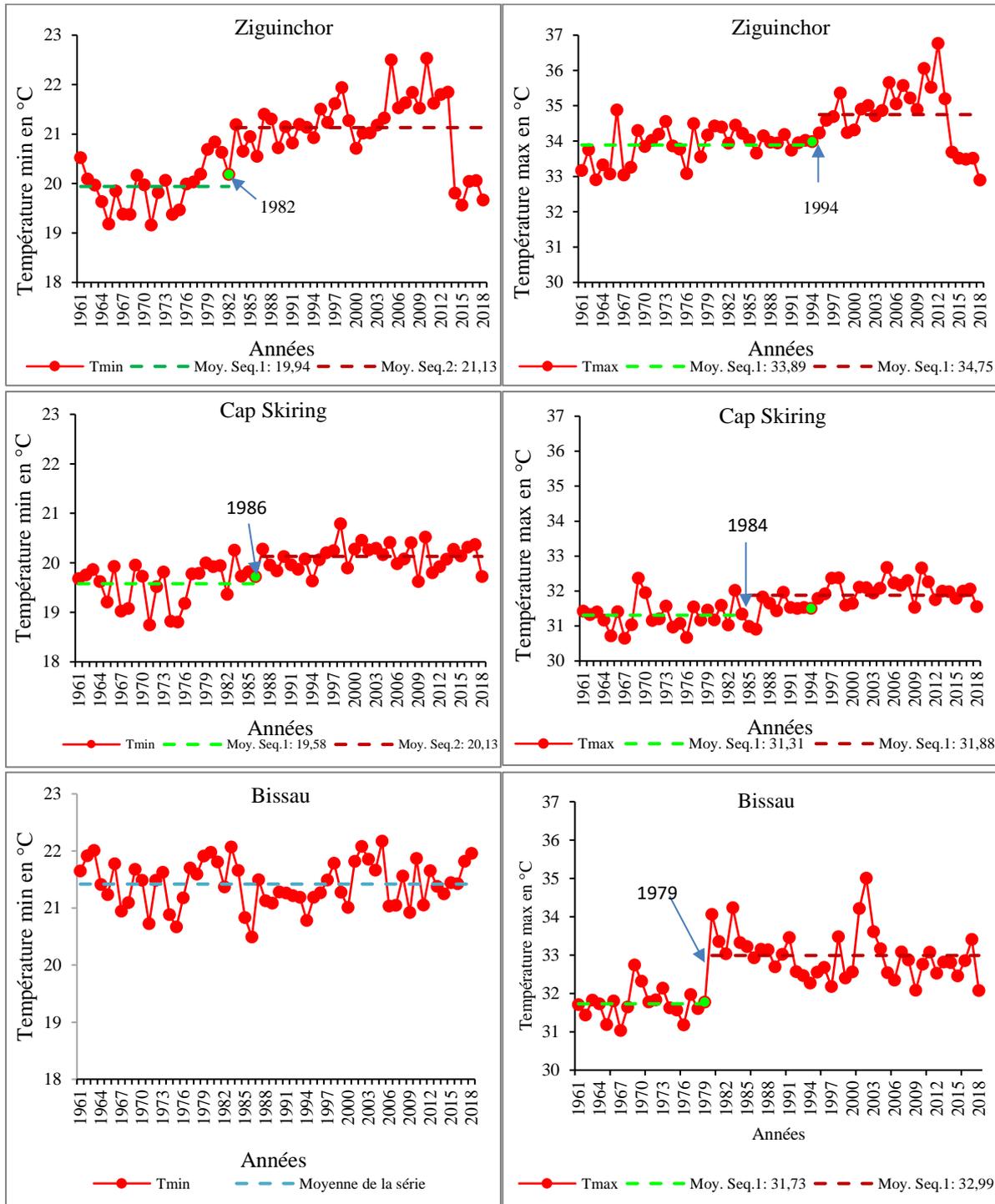


Figure 2 : Ruptures dans l'évolution des températures entre 1961 et 2018 selon le test de Pettitt (1979).

#### 4.2. Les anomalies de températures Standardisées

Le tableau 3 donne une idée sur la fréquence des années chaudes, normales et celles douces des stations étudiées. A Ziguinchor la fréquence des années chaudes (36 %) pour les températures minimales est légèrement supérieure à celles douces (22 %), différemment aux températures maximales. A la station de Cap Skiring, les années chaudes représentent 43% contre 35% pour les températures minimales et 43% contre

38% pour les températures maximales. Les années chaudes et douces sont supérieures aux années proches de la normale au niveau des stations de Cap Skiring et de Bissau. A la station de Bissau les années chaudes et les années douces représentent respectivement 42% et 43% pour les températures minimales et 41% et 44% pour les températures maximales. En moyenne, les stations de Ziguinchor et de Cap Skiring enregistrent plus d'années chaudes que d'années douces tandis qu'à la station de Bissau, les années douces dominent légèrement.

**Tableau 3: Fréquence (en %) des anomalies de températures standardisées de Ziguinchor, Cap Skiring et Bissau.**

Stations	Températures minimales								
	Chaud en %			PN en %	Doux en %			% années chaudes	% années douces
	EC	TC	MC		MD	TD	ED		
<b>Ziguinchor</b>	2	0	34	42	8	6	8	36	22
<b>Cap Skiring</b>	25	4	14	22	15	5	15	43	35
<b>Bissau</b>	24	5	13	15	17	7	19	42	43
Températures maximales									
<b>Ziguinchor</b>	6	4	24	26	34	0	6	34	40
<b>Cap Skiring</b>	14	9	20	19	15	8	15	43	38
<b>Bissau</b>	19	12	10	15	10	7	27	41	44

(**EC** = Extrêmement Chaud ; **TC** = Très Chaud ; **MC** = Modérément Chaud ; **PN** = Proche de la Normale ; **MD** = Modérément Doux ; **TD** = Très Doux ; **ED** = Extrêmement Doux).

L'analyse des anomalies des températures standardisées repose sur deux périodes (figure 3). Une période avec des températures modérées tout au début de la série jusqu'aux années 1980 avec des températures minimales et maximales évoluant en dessous de la normale malgré l'intermittence de quelques années chaudes. Une période chaude qui s'étire des années 1990 jusqu'à 2018 avec un indice de température, globalement, positif. L'année 2012 est la plus chaude à Ziguinchor avec une anomalie de +3,15°C largement au-dessus de la normale. L'évolution des températures maximales est devenue remarquable à partir des années 2000 dans toutes les stations et suivent un gradient Sud-nord. Les anomalies sont plus faibles en région guinéenne tout en augmentant au fur et à mesure qu'on progresse vers le nord. Les températures minimales suivent la même dynamique mais avec des allures légèrement différentes.

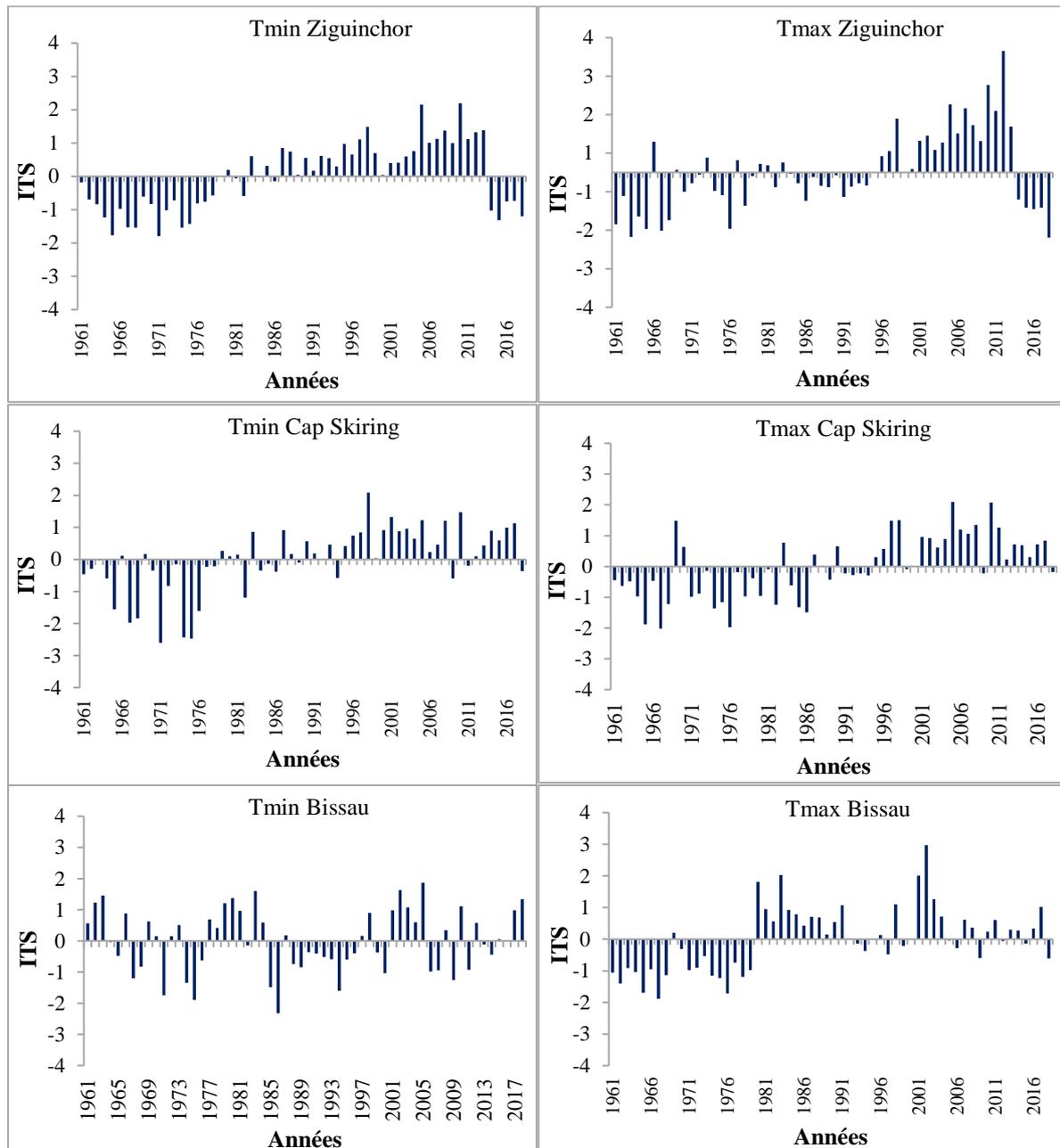


Figure 3: Indice des températures standardisées dans les trois stations étudiées.

### 4.3. Dynamique spatio-temporelle des températures

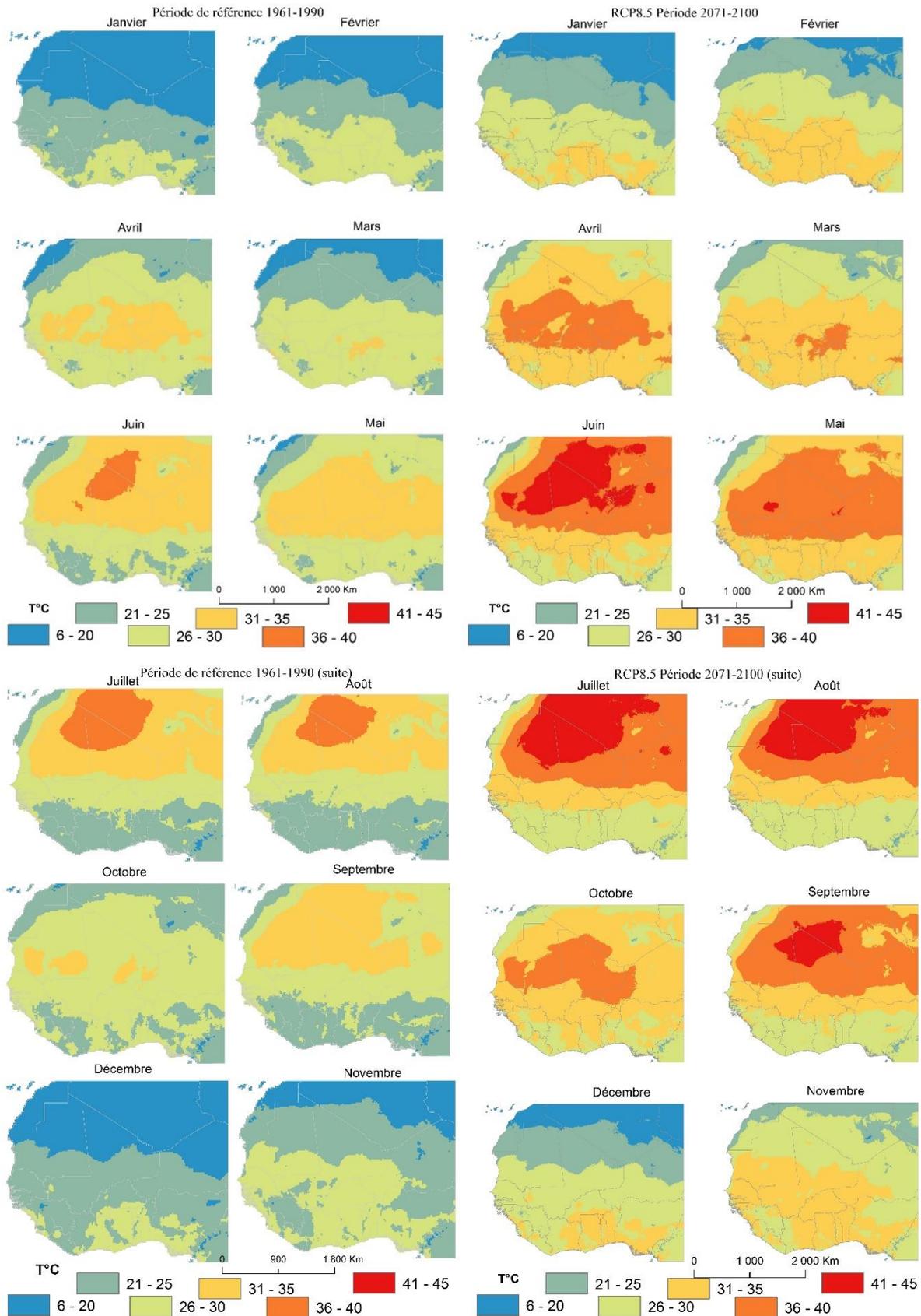
Les analyses portent sur les températures moyennes mensuelles de la période 1961-1990 comparées au scénario d'émission de gaz à effet de serre RCP 8.5. Les scénarios RCP sont quatre scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Leur sélection a été effectuée par les scientifiques sur la base de 300 scénarios publiés dans la littérature. Le RCP 8.5 constitue le scénario le plus pessimiste tandis que le RCP 2.6 reste le plus favorable. La comparaison des

températures moyennes mensuelles de 2071 à 2100 par rapport à la normale de référence 1961-1990 permet de caractériser le cycle thermique mensuel dans les Rivières du Sud.

L'analyse spatiale des températures moyennes mensuelles confirme les conclusions du GIEC et les résultats issus des analyses statistiques détaillées plus haut. Les températures ont connu une hausse dans toute la région et une répartition spatiale très contrastée. Cette augmentation des températures notée sur la période 2071-2100 est due aux émissions accrues de gaz à effet de serre accompagnées par une variabilité naturelle du climat. Ces modifications du cycle thermique vont se répercuter sur la dynamique des espaces littoraux par l'élévation du niveau marin, accentuation de l'érosion littorale, inondation et salinisation des terres de culture.

En se basant sur les résultats de la figure 4, l'augmentation des températures est plus constatée en milieu continental d'Afrique de l'ouest notamment au niveau du Sahara et du Sahel que sur les façades littorales qui subissent les influences océanographiques. Ces interactions influencent la dynamique saisonnière des températures qui se traduit par de faibles températures en région Guinéenne et le littoral ouest-africain pendant l'hiver (de décembre à février) pour la période 1961-1990. Cependant, une migration vers le Nord d'après le RCP 8.5 avec une augmentation significative est observée pour cette même saison.

Une forte augmentation des températures est notée au printemps (de mars à mai) avec des observations passant de 33° C en moyenne à 38° C. Le maximum des températures est souvent enregistré en ETE en Afrique de l'ouest. L'analyse spatiale des moyennes mensuelles met en évidence de fortes températures qui suivent un gradient Sud-nord allant des régions guinéennes au Sahara en passant par le Sahel et pouvant atteindre les façades côtières.



**Figure 4:** Variation moyenne mensuelle des températures de 2071-2100 sur la base du RCP 8.5 comparée à la période de référence 1961-1990.

## 5. Discussion

L'avènement de l'ère industrielle est accompagné d'une augmentation de la température moyenne de la terre. Ce développement industriel a entraîné une forte émission de gaz à effet de serre qui a modifié la dynamique du climat à l'échelle globale. Ces gaz empêchent une partie de cette chaleur de repartir dans l'espace, d'où le réchauffement de la planète. L'augmentation des gaz à effet de serre perturbe l'équilibre radiatif de la planète et entraîne la hausse des températures. Depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a augmenté de 30 %, alors que la température moyenne du globe a connu une hausse de 0,6 %. Le quatrième rapport du GIEC de 2007 affirme que les activités humaines sont responsables de la hausse des températures observée depuis 30 ans. Elles sont à l'origine des modifications climatiques récentes notamment les récurrents épisodes de sécheresse observés à partir des années 1970 en Afrique. Tous les rapports du GIEC sont unanimes sur la persistance du changement climatique avec notamment l'augmentation des températures due aux émissions de gaz à effet de serre.

Ce phénomène est appréhendé à travers les modèles atmosphériques bien qu'ils soient affectés d'un certain nombre d'incertitudes. Ce changement climatique se caractérise par une augmentation rapide des températures minimales et une diminution de l'amplitude thermique (Braganza *et al.* 2004). Les vagues de chaleur sont devenues plus intenses et plus longues. Des températures minimales supérieures à 20 ° C deviennent de plus en plus fréquentes réduisant ainsi l'amplitude thermique diurne. Selon Ringard *et al.* (2014), ces vagues de chaleur seront plus intenses, plus fréquentes et plus longues au cours du 21<sup>ème</sup> siècle dans cette partie de l'Afrique. Les événements climatiques extrêmes comme les changements brusques de température sont devenus aujourd'hui plus fréquents avec des coûts environnementaux et socioéconomiques souvent très élevés. C'est le cas en 2002 au sud de la Mauritanie et le nord du Sénégal qui étaient affectés par des pluies diluviennes accompagnées de vagues de froid entraînant une dizaine de morts d'hommes et une perte de plus de 50000 bovins et 500000 ruminants au Sénégal (GIEC, 2021).

Dans les rivières du sud, les températures varient selon les saisons et la situation géographique. Le test statistique de Pettitt a mis en évidence le changement de tendances dans toutes les séries de températures (températures minimales et maximales). L'analyse des résultats du test montre la présence de ruptures dans les séries exceptées les températures minimales de la station de Bissau avec un intervalle de confiance de 95%. Ces ruptures sont observées entre les années 1970 et 1990. L'indice standardisé des températures conforte ces résultats. Les températures modérées sont notées en début de série (les années 1960 et 1970) avec des anomalies négatives. La fin des années 1990 et le début des années 2000 et 2010 sont marqués par une hausse des températures. Cela est mis en exergue par la fréquence des valeurs positives de l'ITS. Ces résultats sont en phase avec les travaux de Tine, (2023), Faye, (2019) et Ndong, (2015) et les conclusions du GIEC qui révèlent une augmentation des températures ces deux dernières décennies. En effet, les températures les plus élevées sont enregistrées pendant la saison sèche. L'alizé maritime de l'Atlantique nord, en balayant les côtes sénégalaises, adoucit les températures pendant la saison sèche. Par contre, la pénétration du courant marin

chaud de Gulf Stream sur le littoral atlantique explique la hausse des températures dans cette partie.

## 6. Conclusion

L'augmentation des températures n'est plus à démontrer. Cette hausse des températures est générale en Afrique de l'ouest à partir des années 1990. L'analyse des données étudiées a mis en exergue cette évolution dans la partie septentrionale des Rivières du Sud. En effet, les températures (minimales et maximales) les plus élevées sont enregistrées pendant les années 2000. Ces deux dernières décennies sont marquées par la fréquence des canicules, des vagues de chaleur et la réduction de la durée des périodes froides. Ce qui impacte négativement la santé humaine (déshydratation), l'environnement (extension des terres salées, dégradation de la mangrove, de la végétation) et les activités socio-économiques (perte de terres de culture, baisse des rendements agricoles).

## REFERENCES

- Baqué B., Cazenave L., Marot T. 2016.** Utilisation de ré-analyses météorologiques pour le dimensionnement et le calcul de performances d'aéronefs, 8p.
- Braganza, K., Karoly, D.J., Arblaster, J.M. 2004.** Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophysical Research Letters*, 31, L13217, doi : 10.1029/2004GL019998.
- CILSS-AGRHYMET. 2010.** Le Sahel face aux changements climatiques: Enjeux pour un développement durable. Ouagadougou, Burkina Faso/Ouagadougou: CILSS-AGRHYMET, Bulletin mensuel, numéro spécial, 43 p.
- Cuccia, C. 2008.** Changements climatiques observés en Bourgogne depuis 1961: études des variations de températures et de précipitations. Bourgogne: CRC-UB-CNRS-Météo France, 52p.
- Dehasse, P. 2011.** Une comparaison des différentes configurations du modèle canadien gem avec les données de réanalyse NCEP et ERA 40 dans l'arctique pour la période 1978-2002. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, p.38.
- Faye M, Tine D, Diouf F, Cissay A, and Faye C. S. 2022.** Climate change and land use dynamics in Djirinda Commune (Fatick Region - Senegal) : Remote sensing approach. *European Journal of Biology and Biotechnology*, Vol 3 | Issue 4, 7p. DOI: <http://dx.doi.org/10.24018/ejbio.2022.3.4.375>
- Faye M, Fall A, Tine D, Faye C. S, Faye B & Ndiaye A. 2019.** « Evolution pluviométrique de 1950 à 2013 au Sénégal oriental : cas de la Région de Tambacounda », *Int. J. Adv. Res.* 7(12), p. 270-287.
- Faye M. 2019.** La variabilité climatique des années 1950 aux années 2010 et ses impacts sur les ressources naturelles dans la région de Tambacounda (Sénégal), thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop Dakar, 424p.
- Fontaine B, Roucou P, Camara M, Vigaud N, Konaré A, Sanda S. I, Diedhiou A et Janicot S. 2012.** Variabilité pluviométrique, changement climatique et régionalisation en région de mousson africaine. *La Météorologie - Spécial AMMA*, 8p. GIEC. (2007) : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II, III au 4<sup>e</sup> Rapport d'évaluation du GIEC. Equipe de rédaction principale, Pachauri R. K et Reisinger A., Genève, Suisse, 114 p.

**GIEC. 2022.** Impacts, options d'adaptation et domaines d'investissement pour une Afrique de l'Ouest résiliente au changement climatique. Le sixième rapport d'évaluation du GIEC, fiche régionale/Afrique de l'ouest, Climate and Development Knowledge Network and African Climate & Development Initiative, 20 p.

**GIEC. 2014.** *Changements climatiques 2014: incidences, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II. 5e Rapport d'évaluation du GIEC sur l'évolution du climat.* Genève, : GIEC, Suisse, 40 p.

**GIEC. 2013.** Bilan 2013 des changements climatiques : Rapport de synthèse, GIEC, Genève, Suisse, 34 p.

**GIEC. 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II, III au 4<sup>e</sup> Rapport d'évaluation du GIEC. Equipe de rédaction principale, Pachauri R. K et Reisinger A., Genève, Suisse, 114 p.

**Giuffrida, A. et Sansosti, G. 2011.** Manuel de météorologie: Un guide pour comprendre les phénomènes atmosphériques et climatiques. (Gremese, Éd.) Rome, Italie: Gremese, 140 p.

**IPCC. 2014.** Africa. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1199-1265.

Leroux M. (2000). *La dynamique du temps et du climat.* Paris, France: DUNOD, 367 p.

**Kouassi A, Assamoi P, Bigot S, Diawara A, Schayes G, Yoroba F et Kouassi B. 2010.** étude du climat ouest-africain à l'aide du modèle atmosphérique régional M.A.R. *Climatologie*, vol. 7, 17p.

**Lamy C. 2014.** Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne. Thèse de doctorat, Université rennes 2, 287 p.

**Lubès-Niel H, Masson J. M., Servat E, Paturel J. E., Kouamé B & Boyer J. F. 1994.** Caractérisation de fluctuations dans une série chronologique par application de tests statistiques Etude bibliographique, ORSTOM FRIEND AOC, Programme ICCARE, 3. 21.

**Mckee, T.B., Doesken, N.J. et Kleist J. 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the eighth conference on applied climatology, Anaheim, California, Boston, American Meteorological Society, 179-184.

**Ndong, J.B. 2015.** Evolution climatique récente sur le littoral sénégalais. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, 4 (2), 151-168.

**OMM. 2012.** Guide de l'utilisation de l'indice de précipitations normalisé. Éd. Temp-Climat-eau, Vol. 1090, Suisse, OMM, 2012.

**Pettitt A. N. 1979.** A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28(2), 126-135.

**PNUE/GRID-Arendal. 2009.** Climat en Péril : Guide grand public des derniers rapports du GIEC. *PNUE, GRID-Arendal et SMI*, 59 p.

**Ringard J., Dieppois B., Rome S., DJE Kouakou B., Konaté D., Katiellou G. L., Lazoumar R. H., Bouzou-Moussa I., Konaré A., Diawara A., Ochou A.D., Assamoi P., Camara M., Diongue A., Descroix L. et Diédhiou A. 2014.** Evolution des pics de températures en Afrique de l'ouest : étude comparative entre Abidjan et Niamey. 27<sup>e</sup> colloque de l'Association Internationale de Climatologie, « Système et interactions », Dijon, Volume 27.

**Servat E., Paturel J. E., Lubès- Niel H., Kouamé B., Ouédraogo M., Masson J.M., 1997a.** Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part one : Detailed analysis of the phenomenon in Côte d'Ivoire. Journal of Hydrology, 191 : 1-15.

**Tine D. 2023.** Évolution climatique et dynamiques des espaces littoraux par approche géomorphologique dans la partie septentrionale des Rivières du Sud : de la Basse Casamance (Sénégal) au Rio Gêba (Guinée Bissau). Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop, 304 p.

**Tippett M.K., Giannini A. 2006.** Potentially Predictable Components of African Summer Rainfall in an SST-Forced GCM Simulation, 13p.