



**ETUDE DE L'EVOLUTION DES EXTREMES PLUVIOMETRIQUES
ET DE TEMPERATURE DANS LE BASSIN VERSANT DE RIVIERE
DAVO (SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE) A PARTIR DE
CERTAINS INDICES DU LOGICIEL RCLIMDEX**

**STUDY OF THE EVOLUTION OF THE RAINFALL EXTREMES AND
TEMPERATURE EXTREMES IN DAVO RIVER BASIN (SOUTH-
WESTERN OF COTE D'IVOIRE) FROM SOME INDICES OF THE
SOFTWARE RCLIMDEX**

***ATCHEREMI K.N.D¹, JOURDA J. P. R.^{1,2}, SALEY M. B.²,
KOUAME K. J.^{1,2}, BALLIET R.¹***

¹Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE),
Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre
et des Ressources Minières (UFR-STRM),

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22

²Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Unité
de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières
(UFR-STRM), Université Félix Houphouët-Boigny
d'Abidjan-Cocody, 22 BP 801 Abidjan 22

atcheremidick@yahoo.fr

RESUME

Le bassin versant de la rivière Davo située au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire couvre une zone dont la principale activité économique est basée essentiellement sur l'agriculture. Toutefois, le rendement des cultures de cette agriculture tributaire du climat, est influencé par la variation et le changement du climat. L'objectif de ce travail est d'étudier l'évolution des extrêmes pluviométriques et de températures sur trois stations pluviométriques (stations de Daloa, Gagnoa et Sassandra) du bassin versant. Le calcul des indices pluviométriques et de températures a été effectué avec le logiciel RclimDex. Cette étude a montré qu'aux stations de Daloa et de Gagnoa, six (6) des indices pluviométriques calculés sur un total de dix (10) connaissent une hausse.

Notamment, la hauteur maximale des précipitations d'un jour (Rx1day), les jours très pluvieux (R95p), les jours extrêmement pluvieux (R99p), les jours pluvieux consécutifs (CWD). L'un des indices en hausse à Daloa concerne les jours secs consécutifs (CCD) tandis qu'à Gagnoa c'est le cumul maximal des précipitations de 5 jours (Rx5day). Quant à l'indice du total annuel des pluies, il est en baisse à Daloa et Sassandra mais stationnaire à Gagnoa. Au niveau des indices de température, l'amplitude thermique diurne et l'indicateur des durées des séquences chaudes (WSDI) connaissent une hausse également aux trois stations étudiées tandis que l'indicateur des durées des séquences fraîches est en baisse à ces mêmes stations. D'une manière générale, le bassin versant de la Davo connaît une baisse de la pluviométrie et donc une augmentation des séquences sèches pendant les saisons pluvieuses.

Mot clés : Changement climatique, indices pluviométriques, indices des températures, bassin versant de la rivière Davo, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Davo river basin, located at the western-south of Côte d'Ivoire, covers a zone whose the main economic activity is based on agriculture. However, the crop yields of this agriculture dependent on the climate, is influenced by the variation and the climate change. The objective of this work is to study the evolution of the rainfall extremes and temperatures extremes on three synoptic rainfall stations (stations of Daloa, Gagnoa and Sassandra) in Davo river basin. The calculation of the rainfall indices and temperatures indices was performed with the software RclimDex. This study experienced, at the stations of Daloa and Gagnoa, an increase of seven (6) rainfall indices calculated on a total of ten (7). Namely, those indices are: the maximum rainfall of one day height (Rx1day), the days very rainy (R95), the extremely rainy days (R99p) and consecutive wet days (CWD). One of the indices in rise at Daloa relates to the consecutive dry days (CDD) while at Gagnoa it is the maximum total rainfall of 5 days (Rx5day). While the total annual rainfall (PRCPTOT) declined at Daloa and Sassandra but stationary at Gagnoa. Concerning the temperature indices, the diurnal thermal range (DTR) and the warm sequence duration indicator (WSDI) also experienced an increase at the three studied stations while the cool sequence duration indicator is declining at these same stations. Generally, Davo river basin is experiencing a decline in rainfall and therefore an increase in the dry spells during the rainy seasons.

Keywords: climate change, rainfall indices, temperature indices, Davo river basin, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Le bassin versant de la rivière Davo est situé dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ce bassin jouit d'un climat tropical humide de transition. Ce climat fait de lui une zone essentiellement agricole qui compte parmi les zones économiques et nourricières de la Côte d'Ivoire. Quasiment toutes les cultures du bassin sont dépendent de la pluviométrie. Elles subissent de facto l'influence du régime pluviométrique qui a un impact certain sur les productions agricoles à l'échelle du temps et de l'espace. L'OMM (2009) soutient que la durabilité des conditions de développement agricole et de vie économique dépend de la capacité à gérer les risques associés aux événements extrêmes du climat. C'est pourquoi la connaissance du comportement des valeurs extrêmes pluviométriques dans le bassin versant est nécessaire pour un développement socio-économique durable. Selon Balliet (2017), plusieurs techniques et méthodes ont été développées ou adaptées par la communauté scientifique tout comme par des projets (STARDEX, ENSMBLE, ECA & D) pour analyser les extrêmes climatiques. La méthode appliquée dans la présente étude a été mise en place par l'Organisation Météorologique Mondiale à l'intention des décideurs (OMM, 2009). Cette méthode met œuvre le calcul des indices pluviométriques et des températures de la chronique 1961-2016 aux stations de Daloa, Gagnoa et Sassandra. L'analyse des résultats obtenus a permis de caractériser l'évolution des extrêmes pluviométriques et des températures dans le bassin versant de la Davo.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de la rivière Davo est situé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes $5,01^{\circ}$ et $6,84^{\circ}$ N et les longitudes $5,68^{\circ}$ et $6,48^{\circ}$ W (Figure 1). C'est un sous bassin du fleuve Sassandra. La Davo est une rivière longue de 295,6 km qui draine un bassin versant de 7 194 km². Ce bassin s'étend du Nord au Sud essentiellement sur les régions de la Marahoué (Bouaflé), du Gôh (Gagnoa), de la Nawa (Soubré) et du Gbôklé (Sassandra). Il couvre la nouvelle boucle de cacao. Le bassin versant de la Davo est soumis au climat équatorial de transition (climat Attiéen). La végétation de la région est constituée essentiellement d'une forêt humide sempervirente (Sorokoby, 2013).

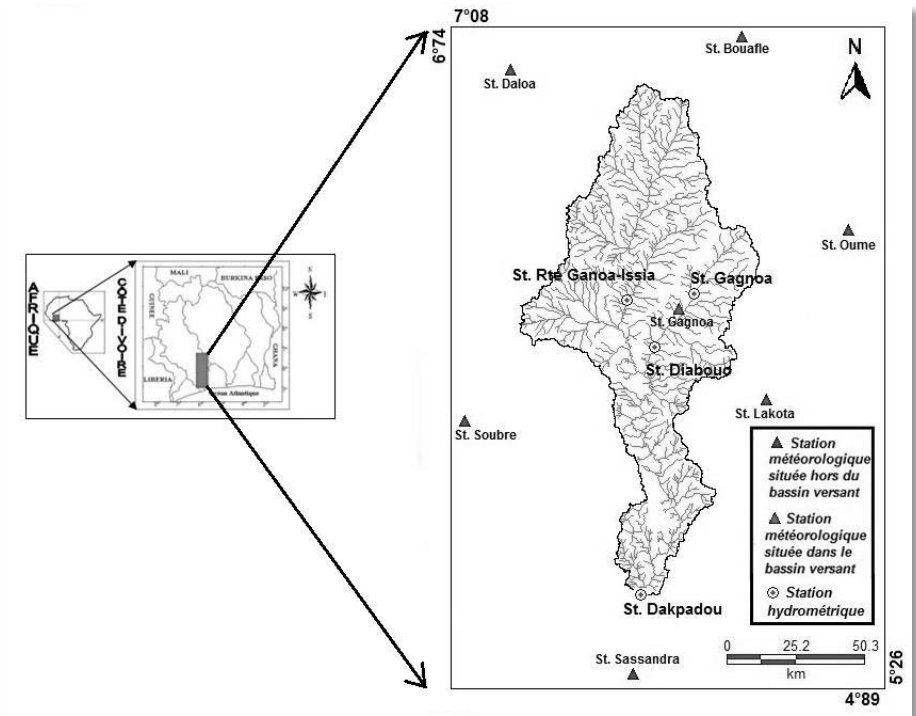


Figure 1 : Localisation du bassin versant de la rivière Davo

MATERIEL ET METHODE

Données et Matériel

Bases de données hydroclimatiques

Les données utilisées dans cette étude sont des données de pluies et de températures journalières allant de 1961 à 2016 (55 ans) des stations de Daloa, Gagnoa et de Sassandra. Elles proviennent de la base de données de la Sodexam et du site internet Tutiempo.

Logiciels utilisés

Il s'agit du logiciel de statistiques 'R', version 3.1.2 (2014-10-31), téléchargeable gratuitement sur le site <http://www.r-project.org>. Il permet le calcul des indices climatiques traduisant les pluies annuelles totales, leurs

fréquences et leurs extrêmes tel qu'utilisé dans les travaux de Haylock et *al.* (2006). Ce logiciel s'accompagne d'un programme associé RCLimDex, version 1.0, qui permet également le calcul de ces indices climatiques (Xuelin Zhang et Feng Yang, 2004). Ce dernier est également téléchargeable gratuitement à partir du site web de Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI) : <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/RCLimDex/rclimdex.r>.

Méthodologie

Contrôle de qualité

Le procédé de contrôle de qualité dans RCLimDex aide à identifier les erreurs d'enregistrement qui peuvent exister sur des données quotidiennes (Peter, 2004 et Planche, 2005 *in* Balliet (2017)). Les principes sont les suivants :

- Remplacer la température maximale quotidienne des valeurs erronées par -99,9, si elle est inférieure à la température minimale quotidienne ;
- Il n'est pas possible d'avoir plus de 365 à 366 observations journalières par année ;
- Le mois de février ne doit pas avoir plus de 28 observations quelle que soit l'année considérée ;
- Les données manquantes ou négatives (pour les précipitations) sont remplacées par -99,9 avant le contrôle de qualité par le logiciel.

Choix et calcul des indices

L'analyse des extrêmes de pluies et de températures a été possible grâce au calcul des indices. Bien qu'il existe de nombreux indices climatiques (27 définis par l'Expert Team on Climate Change Detection Indices (ETCCDI)), 7 indices pluviométriques et 3 indices de température ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Le choix de ces indices a été fait pour mettre en relief les événements pluvieux extrêmes et leur fréquence d'une part et d'autre part apprécier les variations de température et leur durée. Les identités, les noms et les définitions de ces indices sont présentés dans le tableau 1. Cette méthode d'analyse est communément utilisée pour l'étude des événements extrêmes (Manton et *al.*, 2001 ; Griffiths et *al.*, 2003, Haylock et *al.*, 2006 ; New et *al.*, 2006 ; Aguilar et *al.*, 2009 ; Santos et *al.*, 2010 ; Hountondji et *al.*, 2011 ; Filahi et *al.*, 2015).

L'analyse des tendances linéaires (exprimées en % par année) a été réalisée de 1961 à 2016 par régression linéaire entre les différents indices pluviométriques et le temps (en années). Les pentes ainsi estimées ont été regroupées en deux classes indiquant des tendances significatives et non significatives.

Tableau 1: Indices des extrêmes des précipitations et des températures journalières

Identification	Nom de l'indice	Définition	Unité
Précipitations			
PRCPTOT	Total annuel des pluies	Précipitations totales annuelles des jours pluvieux ($RR \geq 1,0$ mm)	mm
RX1day	Hauteur maximale des Précipitations d'un jour	Précipitation totale maximale d'un jour pluvieux	mm
RX5day	Cumul maximal des précipitations de 5 jours	Précipitation totale maximale sur 5 jours pluvieux consécutifs pendant l'année	mm
R95p	Jours très pluvieux	Précipitation totale annuelle avec précipitation > 95e percentile	mm
R99p	Jours extrêmement pluvieux	Précipitations totales annuelles avec les précipitations > 99e percentile	mm
CDD	Jours secs consécutifs	Nombre maximal des jours consécutifs avec précipitations journalières < 1 mm	jour
CWD	Jours pluvieux consécutifs	Nombre maximal de jours consécutifs avec des précipitations journalières ≥ 1 mm	jour
Températures			
WSDI	Indicateur des durées des séquences chaudes	Nombre de jours dans l'année avec au moins six jours consécutifs où $T_{max} > 90e$ percentile	%jours
CSDI	Indicateur des durées des séquences fraîches	Nombre de jours dans l'année avec au moins six jours consécutifs où $T_{min} < 10e$ percentile	%jours
ATD	Amplitude Thermiques Diurne	Différence moyenne annuelle entre T_{max} et T_{min}	°C

La limite des deux classes considérées est définie à partir de la statistique t de Student utilisée pour tester l'hypothèse d'une pente égale à 0. La tendance est dès lors qualifiée comme étant significative si la probabilité p (p-value) du test t appliquée à la pente de régression est inférieure à 0,05, alors qu'elle ne l'est pas lorsqu'elle dépasse le seuil de 0,05.

L'avantage d'utiliser les indices pour la détection du changement climatique est qu'ils permettent une comparaison facile des tendances entre diverses régions appartenant à des zones climatiques différentes. Les indices des extrêmes

climatiques sont facilement compréhensibles et maniables pour des études d'impacts climatiques sur le plan socio-économique (Christensen et *al.*, 2002).

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats

Indice des Totaux annuels des précipitations (PRCPTOT)

Les valeurs de cumuls de précipitations annuelles sont présentées sur la figure 2. On note la régression des hauteurs annuelles de pluie à la station de Daloa par la droite de tendance linéaire. La tendance (ligne pleine en gras) de l'indice est en régression de 1,55 mm/an. Cette régression est non significative statistiquement avec un p-value égal à 0,399. Les pluies baissent de 15,5 mm par décennie. Ce qui fait qu'en 55 ans, elles ont diminué de 85,25 mm. Par ailleurs, on observe les cumuls les plus élevés en 1964 (1737,1 mm), 1969 (1587,9 mm), en 1987 (1577,5 mm) et 2014 (1607,8 mm) et les plus faibles en 1962 (883,8 mm), en 1970 (925 mm), en 1997 (841,1 mm) et en 2001 (821,6 mm).

La courbe de lissage de la figure 2 indique deux phases d'évolution des cumuls annuels. La période 1961-1998 est marquée par une baisse des cumuls annuels. Enfin, 1999-2016 est caractérisée par une hausse des cumuls.

La tendance de l'indice est pratiquement constante à Gagnoa. Cette quasi-stationnarité apparaît également dans la deuxième phase de la courbe de lissage (1977-1997) après une première phase (1961-1976) marquée par une baisse des cumuls annuels. La troisième phase (1998-2016) qui succède à la phase des cumuls annuels constants, enregistre une hausse des cumuls. Les cumuls les plus élevés sont se situent en 1963 (2038,3 mm) et 2014 (1963 mm). Quant aux cumuls les plus faibles, ils ont été enregistrés en 1999 (767 mm).

La tendance de l'indice est en forte régression de 8,96 mm/an à Sassandra soit de 89,6 par décennie et de 492,8 mm sur 55 ans. Cette forte régression significative (P-value de 0,001) est en déphasage avec la deuxième phase de courbe de lissage (1992 à 2016) qui révèle une légère remontée de la pluviométrie avec un pic des cumuls à 1994,7 en 2014.

Les Indices PRCPTOT montrent que les totaux pluviométriques enregistrés au cours d'une saison influencent largement les rendements agricoles. En effet, chaque plante a ses exigences en quantité d'eau pour un bon développement.

Lorsque cette quantité n'est pas atteinte, il s'ensuit une baisse de la production (Balliet, 2017).

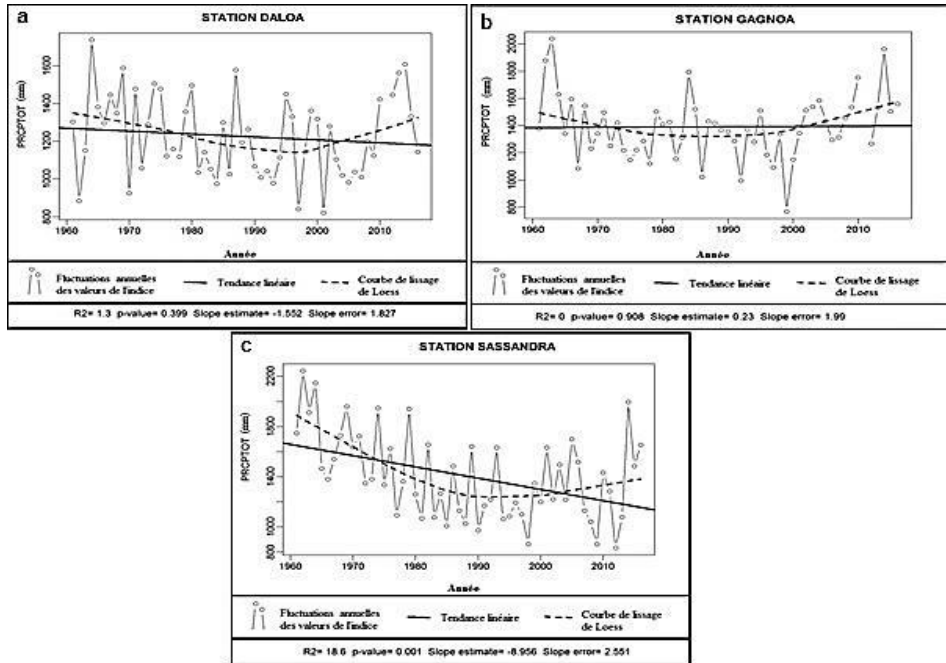


Figure 2 : Variation annuelle et tendance linéaire (ligne pleine) des valeurs de l'indice PRCPTOT aux stations de Daloa (a), de Gagnoa (b) et de Sassandra (c)

Indices des jours consécutivement humides (CWD) et des jours consécutivement secs (CDD)

La figure 3 présente l'évolution des jours consécutivement pluvieux (CWD) et des jours consécutivement secs (CDD) aux stations de Daloa, Gagnoa et Sassandra. On observe une légère tendance à la hausse des jours consécutifs humides avec une faible fluctuation du nombre de jours humides et un maximum de 18 jours d'humidité continue en 2003 à Daloa. De même les jours consécutifs secs ont une tendance à la hausse à Daloa mais avec une fluctuation plus marquée du nombre de jours secs entre 1972 et 2010 où ce nombre atteint 112 jours.

A Gagnoa, la tendance linéaire est ascendante pour les jours consécutifs humides et traduit une remontée de la pluviométrie. Ce que confirme la tendance linéaire en régression des jours consécutifs secs.

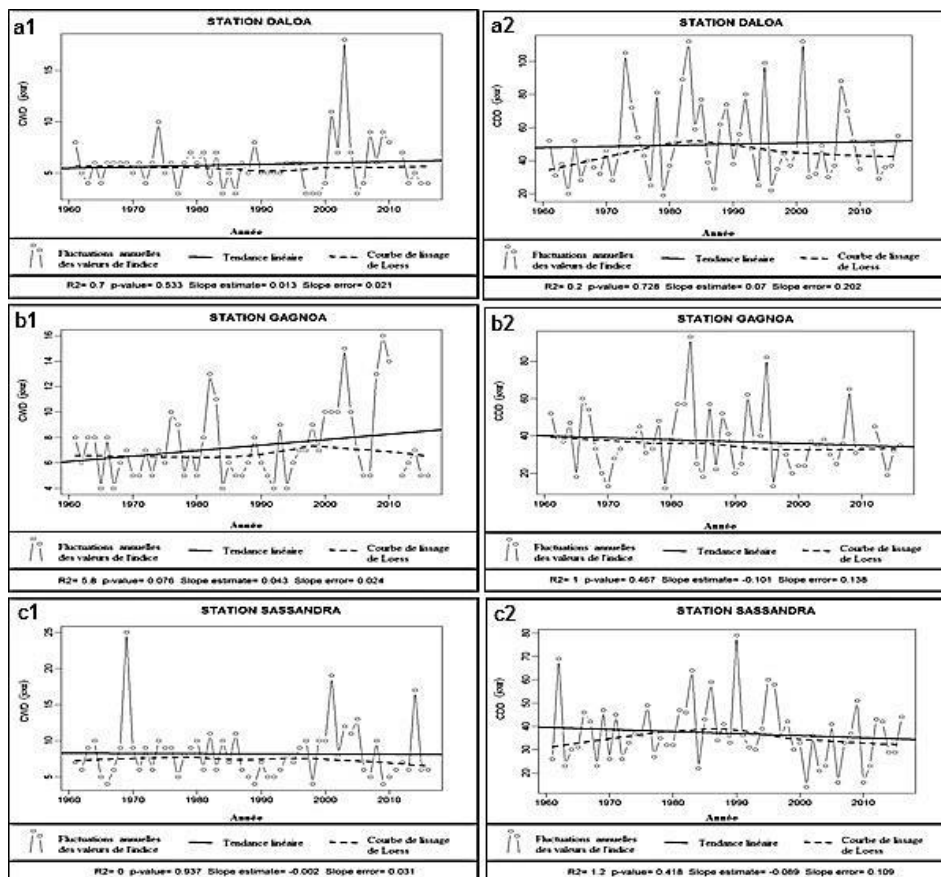


Figure 3 : Variation annuelle et tendance linéaire (ligne pleine) des valeurs des indices CWD et CDD aux stations de Daloa (a₁&a₂), de Gagnoa (b₁&b₂) et de Sassandra (c₁&c₂)

La tendance linéaire à Sassandra montre une stationnarité des jours consécutivement humides tandis que la tendance des jours consécutivement secs.

Du nord au sud, le bassin versant de la Davo connaît une relative augmentation du nombre de jours des séquences pluvieuses et une baisse du nombre de jours de séquences sèches.

Cet état de fait démontre l'augmentation des saisons des pluies et le raccourcissement des saisons sèches dans le bassin depuis le début des années 2000 jusqu'à présent (2016).

Le nombre de jours pluvieux (CWD) est très déterminant pour la durée des saisons pluvio-agricoles dans un lieu donné. A cela s'ajoute la durée des cycles culturaux qui est un facteur très déterminant de la production agricole. Elle oriente les paysans dans le choix des variétés à cultiver. Une variété dont la durée du cycle est nettement supérieure à la durée de la saison pluvio-agricole éprouvera éventuellement de sérieux problèmes d'adaptation (Carbonel et al., 1990).

L'occurrence d'une séquence de jours consécutifs secs (CDD) au sein de la saison des pluies peut également avoir un impact fort sur la production agricole. Les séquences sèches créent un manque d'eau au niveau de la plante. Quand elles interviennent au début ou en pleine saison de croissance, elles peuvent être à l'origine d'un faux démarrage de saison ou encore hypothéquer toute une campagne agricole.

Indices de Maximum d'une journée de pluies (R1day) et du cumul maximal des précipitations de 5 jours (RX5day)

L'indice R1day indique la précipitation totale maximale d'un jour pluvieux. Les figures 4a₁, 4b₁ et 4c₁ montrent que cet indice est en hausse aux stations de Daloa et de Gagnoa, respectivement de 2,13 mm/décennie et de 2,8 mm/décennie tandis qu'il est en baisse à Sassandra avec une régression de 8,13 mm/décennie. Cela traduit une intensification des événements pluvieux aux stations qui enregistrent des hausses et une baisse d'intensité de ces événements pluvieux aux stations qui enregistrent des baisses.

Les courbes de lissage épousent la progression de l'indice à Daloa et à Gagnoa. Cependant à Sassandra, la courbe de lissage montre trois phases de l'évolution de l'indice. La première phase qui caractérise une forte baisse de l'indice a lieu entre 1961 et 1980. La deuxième phase qui a lieu entre 1980 et 2002, indique une constance dans l'évolution de l'indice. Alors que la troisième phase qui a lieu entre 2002 et 2016 montre une légère hausse de l'indice.

L'indice Rx5days correspond à la précipitation totale maximale sur 5 jours pluvieux consécutifs pendant l'année. L'évolution de cet indice qui se fait différemment d'une station à l'autre, est représentée par les figures 4a₂, 4b₂ et 4c₂. La tendance de cet indice est constante à Daloa, croissante à Gagnoa avec une hausse 0,367 mm/an et décroissante à Sassandra avec une baisse de 19,36 mm/an.

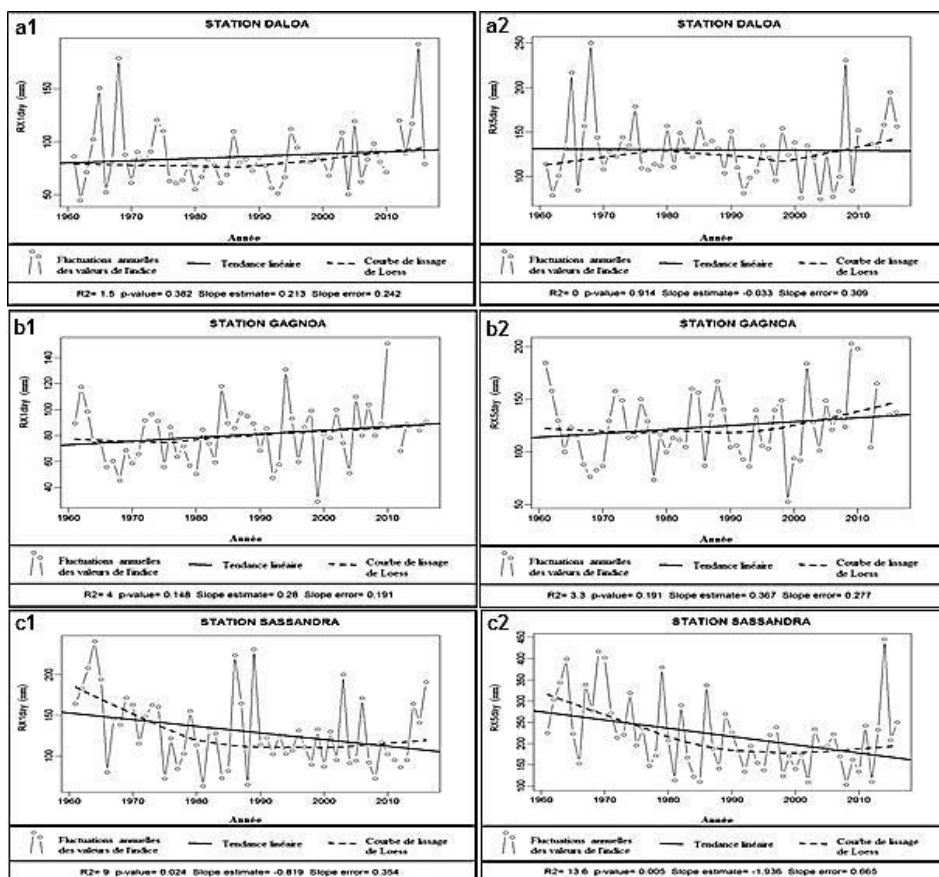


Figure 4 : Variation annuelle et tendance linéaire (ligne pleine) des valeurs des indices RX1day et RX5day aux stations de Daloa (a₁&b₂), de Gagnoa (b₁&b₂) et de Sassandra (c₁&c₂)

Indices des Jours très humides (R95p) et des jours extrêmement humides (R99p).

L'indice R95p est le cumul des précipitations supérieures au percentile 95. Les figures 5a₁, 5b₁ et c₁ montrent l'évolution de cet indice à Daloa, à Gagnoa et à Sassandra. La tendance de cet indice est en hausse de 2,01 mm/an et de 1,54 mm/an respectivement à Daloa et à Gagnoa. Cependant, à Sassandra cet indice affiche une tendance à la baisse de 7,29 mm/an.

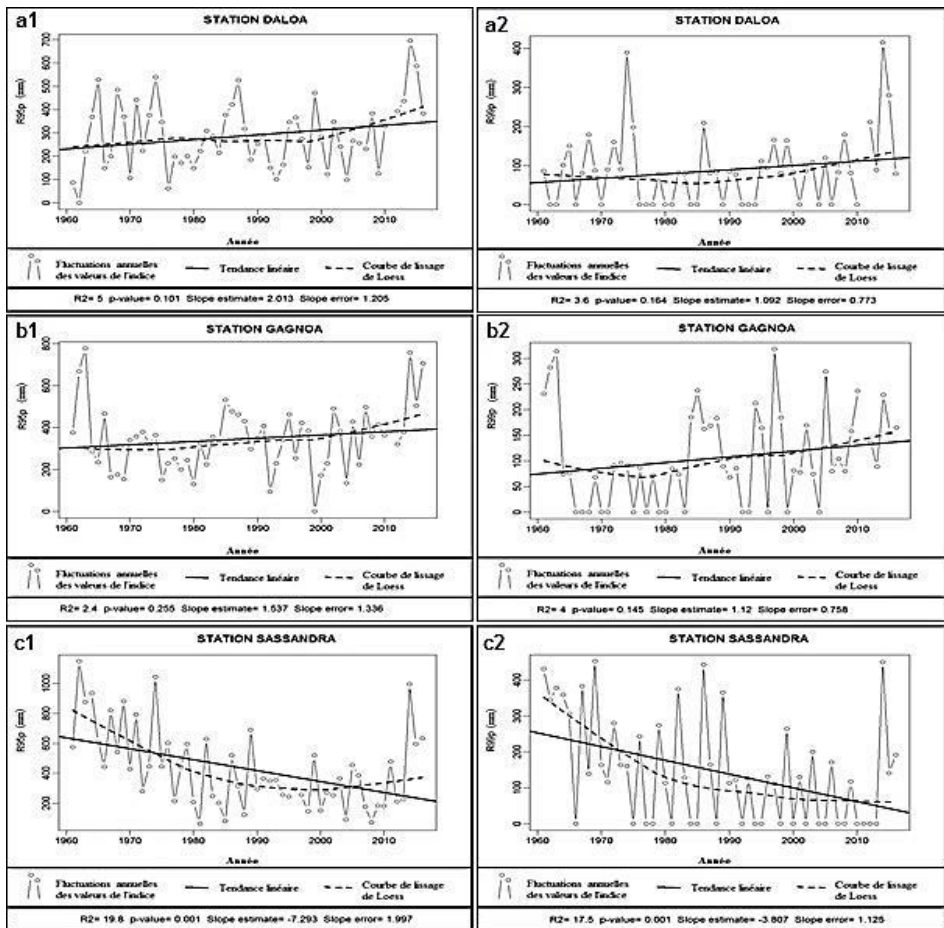


Figure 5 : Variation annuelle et tendance linéaire (ligne pleine) des valeurs des indices R95p et R99p aux stations de Daloa (a₁&a₂), de Gagnoa (b₁&b₂) et de Sassandra (c₁&c₂)

Les indices des jours extrêmement humides (R99p) des figures 5a₂, 5b₂ et 5c₂ montrent une évolution des fluctuations des cumuls, des tendances et des courbes de lissage identique à celles des jours très humides des stations de Daloa, Gagnoa et de Sassandra. Cette évolution, indique que l'indice est en hausse de 10,92 mm/décennie à Daloa et de 11,2 mm/décennie à Gagnoa. Les extrêmes les plus importants ont eu lieu en 1974 (389,5 mm) et en 2014 (415 mm) à Daloa tandis qu'à Gagnoa, ceux-ci se situent en 1963 (313,4 mm) et en 1997 (318 mm). A Sassandra, la tendance de l'indice est en forte baisse de 38,07 mm/décennie. Toutefois, les extrêmes les plus élevés ont eu lieu en 1969

(451,8 mm), en 1986 (442 mm) et en 2014 (449,1 mm). Selon la courbe de lissage, cette baisse tend à s'estomper depuis le début de la décennie 2000 avec une constance des extrêmes.

Les jours très humides (R95p) et les jours extrêmement humides (R99p) constituent les apports journaliers en eau les plus importants par rapports à leurs seuils (au 95^e percentile et au 99^e percentile). Par la quantité d'eau apportée, ils peuvent contribuer aux phénomènes des géorisques naturels notamment les inondations, les glissements de terrains, l'érosion des sols, etc. (Balliet, 2017).

Indices des durées des séquences fraîches (WSDI) et des séquences chaudes (CSDI).

La tendance des indices des séquences fraîches et celle des séquences chaudes évoluent inversement à Daloa, à Gagnoa et à Sassandra comme l'indique la figure 6. Selon cette figure, le nombre de jours frais dans l'année est en baisse à Daloa (0,04%/an), à Gagnoa (0,09%/an) et à Sassandra (0,09%/an). Cette baisse s'accroît du nord vers le sud du bassin. Inversement, le nombre de jours chauds dans l'année augmente progressivement du nord au sud du bassin. Ainsi, on a 0,035%/an à Daloa, 0,036 %/an à Gagnoa et 0,12%/an à Sassandra. L'évolution de chaque indice des séquences fraîches confirme celle des séquences chaudes puisque lorsque la température augmente le nombre de jours frais diminue. Ce qui explique bien que le réchauffement climatique est à l'origine du changement climatique puisque la hausse des températures provoque une réduction des périodes fraîches c'est-à-dire une baisse de la pluviométrie et aussi un raccourcissement des saisons de pluie.

Indice des amplitudes thermiques diurnes (DTR)

La figure 7 montre l'évolution de l'indice des amplitudes thermiques diurnes. Cette évolution se traduit par une tendance à la hausse de l'indice aux trois stations d'études. Daloa enregistre une hausse de 0,015°C/an. A Gagnoa et à Sassandra cette hausse est respectivement de 0,016°C et de 0,011°C. Selon les courbes de lissage, les fluctuations de températures comportent deux phases à Daloa (de 1961 à 1986 puis de 1987 à 2016) et à Sassandra (de 1961 à 1981 à 2016). Les premières phases étant des baisses de températures tandis que les deuxièmes sont des hausses de températures. Ces observations confirment également la situation déjà évoquée au paragraphe précédent et appellent au même commentaire du réchauffement climatique ayant induit le changement climatique.

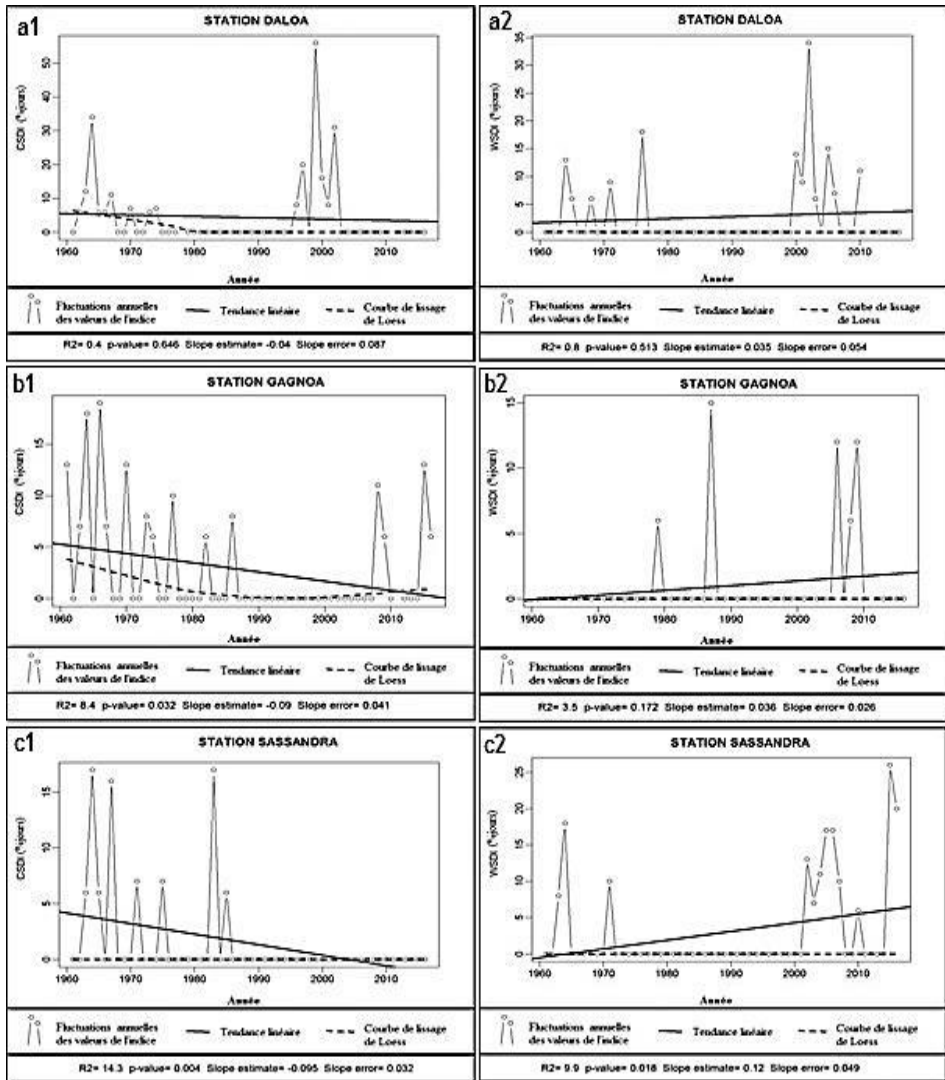


Figure 6 : Variation annuelle et tendance linéaire (ligne pleine) des valeurs des indices CSDI et WSDI aux stations de Daloa (a₁&a₂), de Gagnoa (b₁&b₂) et de Sassandra (c₁&c₂)

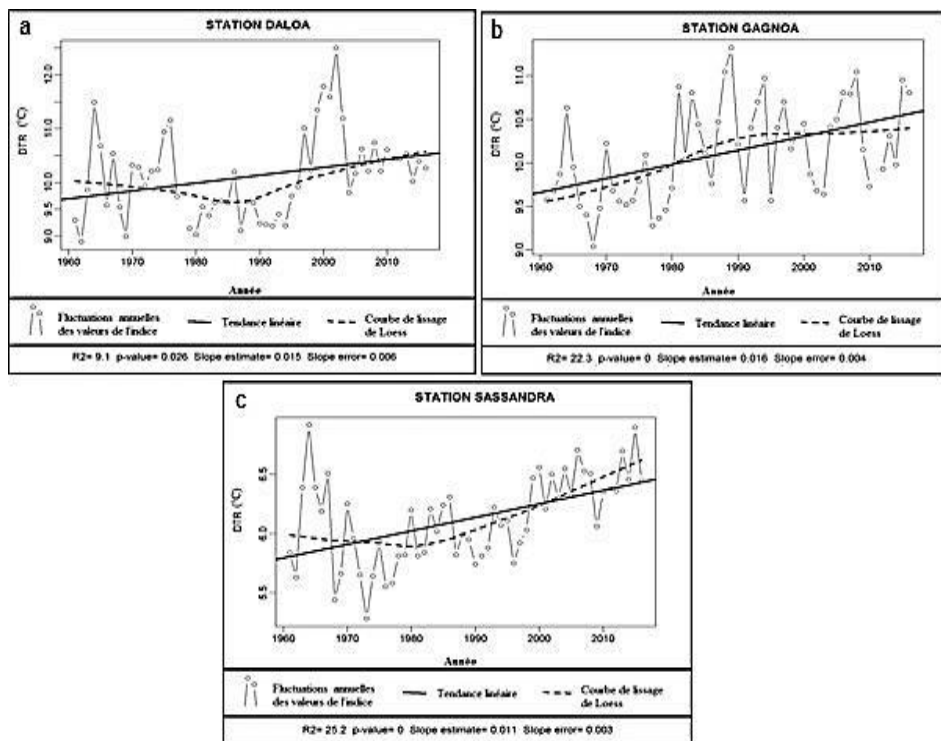


Figure 7 : Variation annuelle et tendance linéaire (ligne pleine) des valeurs de l'indice DTR aux stations de Daloa (a), de Gagnoa et de Sassandra (c)

DISCUSSION

L'application des indices climatiques au bassin versant de la rivière Davo a montré la baisse des totaux des pluies (PRCPTOT) aux stations de Daloa et de Sassandra sauf à la station de Gagnoa où la tendance est très légèrement en hausse de 0,23 mm/an. Ce que confirment les courbes de lissage dont les dernières phases indiquent toutes une remontée de la pluviométrie à toutes les stations. Ce résultat contraste avec celui obtenu par Balliet (2017) à Gagnoa. L'actualisation des données serait à l'origine de ce contraste. La chronique analysée par cet auteur s'arrête en 2013 contrairement à celle de la présente étude qui se prolonge jusqu'en 2016. L'indice CWD tout comme l'indice CCD évolue différemment du nord au sud du bassin. Ces différentes tendances indiquent que le bassin est marqué par une accentuation des saisons ce qui fait que lorsqu'il pleut plus pendant la saison des pluies, la saison sèche se trouve

prolongée et vice-versa. Cependant à Gagnoa, il se produit le phénomène contraire car une saison pluvieuse abondante est souvent suivie de la réduction de la période sèche. La plupart des résultats obtenus ne sont pas significatifs, ce qui explique le contraste observé dans les résultats. En effet, compte tenu de certains facteurs notamment la pression anthropique sur la végétation, la région du bassin connaît une baisse générale des précipitations totales annuelles d'abord comme c'est le cas dans d'autres villes de la Côte d'Ivoire. Notamment dans la région de San-Pedro (Fadika, 2012), à Soubré (Sorokoby, 2013), à Tortya (Soro, 2014) et dans bon nombre de pays de l'Afrique de l'Ouest (New et *al.*, 2006). Dans leur étude sur l'évolution des conditions climatiques extrêmes quotidiennes couvrant le Sud et l'Ouest de l'Afrique, New et *al.*, (2006) ont montré que, globalement, les régions connaissent une baisse des précipitations totales annuelles (PRCPTOT) et du nombre de jours de pluie. Aguilar et *al.*, (2009) dans leur analyse des précipitations de l'Afrique centrale entre 1955 et 2006 sont arrivés aux mêmes conclusions. Cette baisse est fortement ressentie au Sud du bassin en raison de la dégradation de la forêt dense locale. Par ailleurs, ce changement des précipitations pourrait aussi être accentué par une augmentation de la température de l'air dans le bassin versant et associée aux impacts des gaz à effet de serre (Adiaffi, 2008). Ces changements, en accord avec une tendance à l'augmentation des températures des régions entre les deux hémisphères de l'ordre de 0,08 °C/10 ans, vont entraîner une dérégulation du mécanisme de migration du front intertropical (FIT). Le FIT détermine le climat en Afrique de l'Ouest (Péné et Assa, 2003 ; GIEC, 2007; Adiaffi, 2008 ; Assemian et *al.*, 2013). Selon CTA (2016), ces baisses de pluies en Côte d'Ivoire et particulièrement dans les régions du bassin, seraient causées aussi par la déforestation en cours. Pour rappel, la forêt dense de la Côte d'Ivoire a subi une importante dégradation depuis les années 1960 jusqu'à aujourd'hui. Elle est passée de 13 millions d'hectares à moins de deux millions d'hectares actuellement (Yao, 2009). Cette dégradation de la forêt a entraîné des modifications, des perturbations au niveau des cycles hydrologiques, compte tenu du fait que la forêt est l'un des facteurs essentiels qui participe à la création de la pluie. En effet, la forêt favorise l'évapotranspiration qui participe au cycle de l'eau à travers la formation des nuages.

Cette situation du changement climatique par baisse de la pluviométrie dans le bassin peut avoir une conséquence négative sur la production agricole, car la plupart des spéculations est liée à la pluviométrie surtout sa fréquence et sa distribution spatiale et aussi la longueur de la saison.

CONCLUSION

L'analyse de l'évolution des indices pluviométriques au cours des 55 ans d'observation a mis en évidence la baisse de la plupart des indices pluviométriques dans le bassin de la Davo. Cette baisse s'accompagne d'une hausse des indices de température pendant cette même période. Les indices pluviométriques et de température, qui ne suivent pas ces tendances et présentent les tendances contraires aux évolutions générales de la pluviométrie et de la température, témoignent des perturbations locales. Cette situation prédispose le bassin versant à une sécheresse, donc à la dégradation de l'environnement et une diminution de rendement agricole.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADIAFFI B. (2008). Apport de la géochimie isotopique, de l'hydrochimie et de la télédétection à la connaissance des aquifères de la zone de contact « socle-bassin sédimentaire » du sud-est de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Paris Sud, Paris, France, 230 p.
- AGUILAR A., AZIZ BARRY A., BRUNET M., EKANG L., FERNANDES A., MASSOUKINA M., MBAH J., MHANDA A., DO NASCIMENTO D.J., PETERSON T.C., THAMBA UMBANDA, O., TOMOU M., ZHANG X. (2009). Changes in temperature and precipitation extremes in western central Africa, Guinea Conakry and Zimbabwe, 1955-2006. *Journal of geophysical research*, vol. n°114, DO2115, doi: 10.1029/2008JDO11010, 2009.
- ASSEMIAN E. A., KOUAME F. K., DJAGOUEA E. V., AFFIAN K., JOURDA J. P. R., ADJA M., LASM T., BIEMI J. (2013). Étude de l'impact des variabilités climatiques sur les ressources hydriques d'un milieu tropical humide : Cas du département de Bongouanou (Est de la Côte d'Ivoire). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 26, n° 3, pp. 247-261.
- BALLIET R. (2017). Impacts du changement climatique et de la pression anthropique sur l'environnement naturel et humain de la région du Gôh (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire) : analyse de mesures endogènes d'adaptation. Thèse unique, Université Félix Houphouët Boigny ; 193 p.
- CARBONNEL J.P, HUBERT P., VALBADET E., MERMOUD A., BARIAC T. H. (1990). Variabilité spatiale des précipitations soudano-sahéliennes à l'échelle décamétrique. C.R, Académie Scientifique., Paris, t311, Série II, pp. 1425-1430.
- CHRISTENSEN J.H., CARTER T.R., GIORGI F. (2002). Prudence employs new methods to assess European climate change, E.O.S. 83, 147p.

- CTA, (2016) Côte d'Ivoire : La baisse de la pluviométrie affecte la production d'électricité. Programme de radio rurale 03/04. CTA, Wageningen, The Netherlands, 2003. [Online] Available: <https://cgspace.cgiar.org/browse?type=author> (April 19, 2016).
- FADIKA V. (2012). Variabilité hydroclimatique et modélisation hydrologique de quelques bassins versants côtiers du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 164 p.
- FILAHY S., MOUHIR L., TANARHTE M., TRAMBLAY Y. (2015). Tendances et variabilité des événements extrêmes au Maroc. XXVIII^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège 2015.
- HAYLOCK M.R., PETERSON T., ABREU DE SOUSA J.R., ALVES L. M., AMBRIZZI T., ANUNCIACAO Y. M. T., BAEZ J., BARBOSA DE BRITO J. I., BARROS V. R., PERLATO M. A., BIDGAIN M., COLONEL G., CORRADI V., GARCIA V.J., GRIMM A. M., JAILDO DOS ANJOS R., KAROLY D., MARENGO J.A., MARINO M. B., MEIRA P.R., MIRANDA J. C., MOLION L., MONCUNILL D.F., NECHET D., ONTANEDA G., QUINTANA J., RAMIREZ E., REBELLO E., RUSTICUCCI M., SANTOS J. L., TREBEJO I. & VINCENT L. (2006). Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of climate*, vol. n°19, pp. 1490-1512.
- HOUNTONDJI Y. C., DE LONGUEVILLE F., OZER P., (2011). Trends in extreme rainfall events in Benin (West Africa), 1960-2000. Proceedings of the 1st International Conference on Energy, Environment and Climate Change, 26-27 August 2011, Ho Chi Minh City, Vietnam. <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/96112> (April 19, 2016)
- MANTON M. J., DELLA-MARTA P. M., HAYLOCK M. R., HENNESSY K. J., NICHOLLS N., CHAMBERS L. E., COLLINS D. A., DAW G., FINET A., GUNAWAN D., INAPE K., ISOBE H., KESTIN T. S., LEFALE P., LEYU C. H., LWIN T., MAITREPIERRE L., OUTPRISITOWN N., PAGE C. M., PAHALAD J., PLUMMER, N., SALINGER M. J., SUPPIAH R., TRAN V. L., TREWIN B., TIBIG I. & YEE D. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *International Journal of Climatology*, vol. n° 21, pp. 269-284.
- NEW M., HEWISTON B., DAVID B., TSIGA S. A., KRUGER A., MANHINSUE A., GOMEZ B., COELHO C. A. S., MASISI D. N., KALULANGA E., BULANE E., FORTUNATA L., MDOKA M. L. & LAJOIE R., (2006). Evidence of trends in daily climate extremes over southern and West Africa. *Journal of Geophysical Research*, vol. n°111, D14102, doi:10.1029/2005JD006289.
- OMM, (2009). Troisième conférence mondiale sur le climat, Nouvelles du climat mondial, 34, janvier, www.wmo.ch (19 avril 2016).

- PENE B. C. ET ASSA A.D. (2003). Variations interannuelles de la pluviométrie et de l'alimentation hydrique de la canne à sucre en Côte d'Ivoire. *Sécheresse*, vol. n°14, pp. 43-52.
- SAHANI M., MOEYERSONS J., VANDECASTEELE I., TREFOIS P., OZER PIERRE. (2012). Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957 À 2010. *Geo-Eco-Trop.*, vol. n°36, pp. 121-136.
- SANTOS C. A. C. D., NEALE C. M. U., RAO T. V. R. AND SILVA B. B. D. (2010). Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation over Utah, USA. *International journal of climatology*, vol. n°31, pp. 1813–1822.
- SORO T. D. (2014). Évolution des ressources en eau du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) dans un contexte de variabilité et de changement climatiques : impacts hydrologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques. Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 221 p.
- SOROKOBY V. M. (2013). Étude hydrologique et hydrogéologique de la région de Soubré (sud-ouest de la côte d'ivoire) dans un contexte de variabilité climatique. Thèse Unique, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire), 171p.
- YAO K. T. (2009). Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire : cas du département de Soubré. Apport de la télédétection, de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie. Thèse unique, UFR STRM, Université de Cocody, Abidjan, 233 p.
- ZHANG X. AND YANG F. (2004). RCLimDex 1.0, User Manual. Climate Research Branch Environment, Downsview, Ontario, Canada, 23p.
- ZIKA M. (2012). Evaluation et gestion des risques climatiques sur le système agropastoral : cas des communes de Say et de Tamou. Mémoire de Master, Centre Régional AGRHYMET, 78 p.