



**CARACTERISATION DE LA SECHERESSE METEOROLOGIQUE
DANS LA REGION DE LA MARAHOUE (CENTRE-OUEST DE LA
COTE D'IVOIRE): APPORT DE L'INDICE STANDARDISE DE
PRECIPITATION (SPI)**

**CHARACTERIZATION OF METEOROLOGICAL DROUGHT IN THE
REGION OF MARAHOUE (CENTER-WEST OF CÔTE D'IVOIRE:
CONTRIBUTION OF THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX
(SPI))**

***N'GUESSAN B. V. H.^{1,2}, OGA Y. M. S.¹, YAPI A. F.¹, KOUADIO B. H.^{1,2},
BIEMI J.^{1,2}, AFFIAN K.^{1,2}***

¹ Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement,
Université FHB, 22 BP 582 Abidjan 22 - Côte d'Ivoire.

² Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection, Université
FHB, 22 BP 801 Abidjan 22 Côte d'Ivoire.

vami@outlook.com

RESUME

La région de la Marahoué située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire est une zone à forte activité agricole. A l'instar des autres régions du pays, elle connaît des perturbations climatiques suscitées par la détérioration des paramètres climatiques en occurrence les précipitations. L'évaluation des effets de la sécheresse sur les ressources en eau est le but de ce travail, en vue de proposer aux populations des mesures d'atténuation ou d'adaptation face à ce fléau. Pour ce faire, une analyse des données pluviométriques a été faite au niveau de la station de Zuénoula (1972 à 2000), de Bouaflé (1940 à 2001) et de Sinfra (1966 à 2000). La méthode utilisée est basée sur le calcul des indices standardisés de précipitation (SPI) à différentes échelles de temps : 3 mois, 6 mois, 12 mois et 24 mois. Ces indices étudiés à court terme (03 mois et 06 mois) indiquent que la zone d'étude a observé une sécheresse modérée sur 24,14% à 42,86% du temps total analysé. A moyen terme (12 mois), 24,14% à 37,14% du temps analysé ont

enregistré une sécheresse modérée. A long terme (24 mois) les valeurs du SPI indiquent que 31,67% à 42,42% du temps total analysé a enregistré une sécheresse modérée ; 6,06% à 11,67% du temps total analysé est marqué par une sécheresse sévère.

Mots-clés : sécheresse, indices standardisés de précipitation, adaptation, Marahoué, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Marahoué region in western of Cote d'Ivoire is a high agricultural area under frequent climatic disturbances mainly due to high rainfall variability. The aim of this study is to assess the effects of drought on water resources, in order to propose mitigation or adaptation strategies to the people. To do this, an analysis of rainfall data was done by computing standardized precipitation indices (SPI) at different time scales: 3 months, 6 months, 12 months and 24 months in Zuenoula (1972-2000), Bouaflé (1940-2001), and Sinfra (1966-2000). These short-term indices (03 months and 06 months) indicate that the study area observed a moderate drought on 24.14% to 42.86% of the total time analyzed. To means term (12 months), 24.14% to 37.14% of the time analyzed recorded a moderate drought. In the long term (24 months) the SPI values indicate that 31.67% to 42.42% of the total time analyzed recorded a moderate drought; 6.06% to 11.67% of the total time analyzed is marked by severe drought.

Key Words: drought, standardized indices of precipitation, adaptation, Marahoué, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

La sécheresse est un phénomène naturel apparaissant dans toutes les régions du monde et particulièrement en Afrique de l'Ouest (Mirabbasia *et al.*, 2013 ; Savane *et al.*, 2001). Elle est liée à un manque ou une baisse de la pluviométrie dans une région donnée. Ceci a pour conséquences de sérieux problèmes de manque d'eau à certaines périodes de l'année dans diverses régions de la Côte d'Ivoire et particulièrement dans la région de la Marahoué qui est une zone à forte activité agricole (Doumouya *et al.*, 2009). A l'instar des autres régions du pays, elle connaît des perturbations climatiques suscitées par la détérioration des paramètres climatiques en occurrence les précipitations. Étant donné que certains scénarios des changements planétaires indiquent le risque

d'augmentation de l'occurrence et l'impact des sécheresses dans les années à venir (GIEC 2007), alors l'objectif de ce travail est donc d'évaluer les effets de la sécheresse sur les ressources en eau en se basant sur l'indice standardisé de précipitation(SPI) à différentes échelles de temps.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 5°15' et 6°30' Ouest et les latitudes 6°00' et 8°00' Nord (Figure 1). Du point de vue administratif, la zone est limitée au Nord par la Région du Béré, au Sud par la Région du Gôh, à l'Est par les Régions du Gbêkê et du Bélier, à l'Ouest par la Région du Haut-Sassandra.

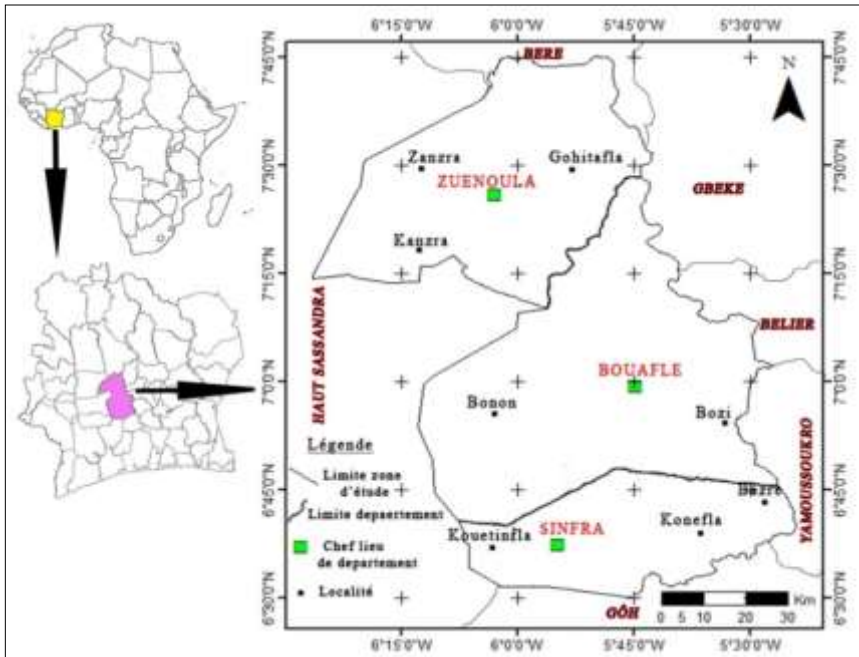


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

A cheval entre la zone de forêt et la zone des savanes, la région de la Marahoué couvre une superficie de 9 092,48 km² dont 4 222,48 km² pour le département de Bouaflé, 3 252 km² pour le département de Zuénoula et 1 618 km² pour le département de Sinfra. Le relief de la région, relativement plat, est composé de bas plateaux avec quelques bas-fonds et de collines dont l'altitude moyenne est

de 260 mètres. Le Climat est de type baouléen et caractérisé par deux (02) grandes saisons alternées par deux (02) petites : une grande saison sèche (de décembre à fin février), une grande saison de pluie (de mars à juin), une petite saison sèche (de juillet à août) et une petite saison de pluie (de septembre à novembre), (Irié et *al.*, 2015).

DONNEES ET METHODES

Données

Les données de base sont constituées de relevés pluviométriques journaliers provenant de trois postes pluviométriques dont celle de Bouaflé (1924-2001), de Sinfra (1966-2000) et de Zuénoula (1972-2000). Pour la spatialisation de l'indice standardisé de précipitation, les données pluviométriques des stations environnantes de la zone d'étude ont aussi été utilisées. Il s'agit des stations de : Divo, Lakota, Bouaké, Vavoua, Beoumi, Oumé, Gagnoa, Dimbokro, Soubré et Mankono. La chronique utilisée pour la spatialisation est de 1954 à 2000.

Méthodes

Une analyse des données pluviométriques journalières a été faite sur l'environnement du logiciel ClimPact 2 Master qui est un programme mis au point par l'Organisation Mondiale de la Météorologie. Ce programme calcule plus de quatre-vingt-dix indices, dont le SPI et le SPEI. Pour cette étude, l'indice SPI a été retenu. Les données de pluie couvrent la période de 1972 à 2000 pour la station de Zuénoula, de 1940 à 2001 pour la station de Bouaflé et de 1966 à 2000 pour la station de Sinfra. La méthode utilisée est celle du calcul des indices standardisés de précipitation (SPI) à différentes échelles de temps : 3 mois, 6 mois, 12 mois et 24 mois. La spatialisation de l'indice standardisé de précipitation a été faite par décennie sur ArcMap 10.3.1, les données pluviométriques des stations environnantes de la zone d'étude ont aussi été utilisées. Il s'agit des stations de : Divo, Lakota, Bouaké, Vavoua, Beoumi, Oumé, Gagnoa, Dimbokro, Soubré et Mankono. La chronique utilisée pour la spatialisation est de 1953 à 2000.

Indice standardisé des précipitations

L'indice SPI d'un lieu donné se calcule, pour la période choisie, à partir des relevés à long terme des précipitations. La série des données de longue durée est

ajustée à une distribution de probabilité que l'on transforme ensuite en une distribution normale pour que l'indice SPI moyen, du lieu considéré et pour le laps de temps étudié, soit égal à zéro (GIEC 2007) Les valeurs positives de l'indice SPI indiquent des précipitations supérieures à la médiane et les valeurs négatives, des précipitations inférieures à la médiane.

L'indice SPI indique qu'une sécheresse débute quand sa valeur est inférieure ou égale à -1,0 et qu'une sécheresse se termine quand sa valeur devient positive.

IL est défini par l'équation 2 :

$$SPI = \frac{(P_i - P_m)}{\sigma} \quad (2)$$

Où :

P_i : Précipitation de l'année i (mm), P_m : Précipitation moyenne historique de la période (mm)

σ : Ecart-type historique des précipitations de la période (mm)

On effectue une classification de la sécheresse suivant les valeurs du SPI (Tableau I).

Tableau 1 : Classification des séquences de sécheresse selon SPI (Mickey et al., 1993).

Classe	Descripteurs
SPI > 2	Humidité extrême
1 < SPI < 2	Humidité forte
0 < SPI < 1	Humidité modérée
-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée
-2 < SPI < -1	Sécheresse sévère
SPI < -2	Sécheresse extrême

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats des indices standardisés de précipitation

La région de la Marahoué a connu une variabilité hydroclimatique, matérialisée par une alternance d'années humides et sèches au regard de l'évolution des indices SPI, figure 2. Les années sèches sont représentées par les valeurs négatives de l'indice SPI, matérialisées par la couleur rouge et les années humides par les valeurs positives, matérialisées par la couleur bleue.

Les valeurs du SPI calculées pour le court terme (03 mois et 06 mois) varient beaucoup et donne plus de détails sur les saisons. À l'échelle du moyen (12

mois) et long (24 mois) terme, ces valeurs se stabilisent et traduisent avec plus de précision les périodes de déficit et d'excédent des précipitations.

La figure 2 montre qu'à Zuénoula les sécheresses les plus longues et les plus intenses sont enregistrées durant les périodes de 1976-1977, 1982-1984, 1990-1994 et 1997-1998. A Bouaflé, ces sécheresses sont observées durant les périodes de 1974-1979, 1982-1984 et 1993-2001. La station de Sinfra a aussi enregistré des sécheresses plus longues et plus intenses durant les périodes de 1970-1977, 1982-1985 et 1991-1995.

En vue de déterminer la variation des fréquences de sécheresse enregistrées dans la région de la Marahoué, les différentes classes de sécheresse ont été déterminées en fonction des différentes échelles de temps à partir des résultats du calcul de l'indice SPI (tableau 2).

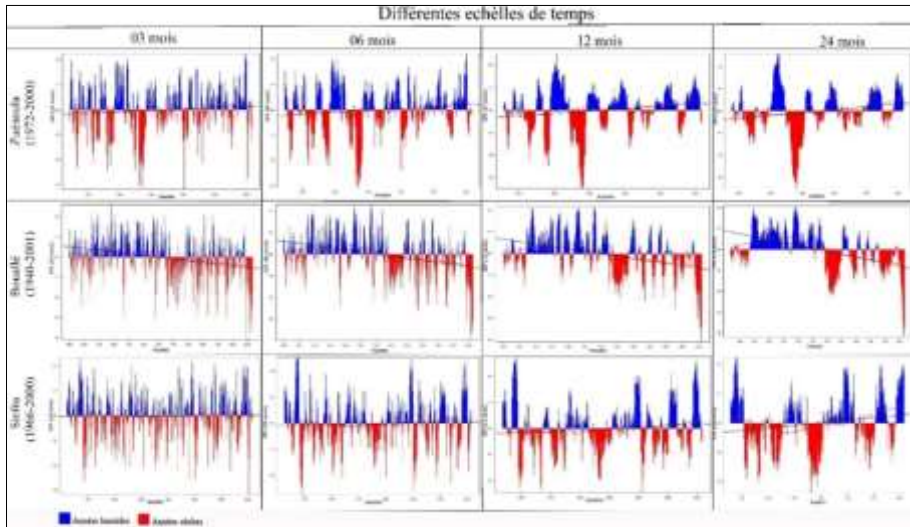


Figure 2 : Indice Standardisé des Précipitations des trois stations pluviométriques de la zone d'étude à différentes échelles de temps

Tableau 2 : Variation des fréquences de différentes classes de la sécheresse dans la région de la Marahoué

Échelles de temps	Fréquences de sécheresse		
	Extrême	Sévère	Modérée
Court terme (03 mois et 06 mois)	1,61% à 3,45%	3,23% à 6,90%	24,14% à 42,86%
Moyen terme (12 mois)	1,61% à 3,45%	3,86% à 8,06%	24,14% à 37,14%
Long terme (24 mois)	1,67% à 7,41%	6,06% à 11,67%	31,61% à 42,42%

Caractérisation de la sécheresse météorologique dans la région de la Marahoué (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire): apport de l'Indice Standardisé de Précipitation

D'après ce tableau, si on se réfère au court et moyen terme, ce sont 1,61% à 3,45% du temps total observé qui ont connu une sécheresse de type extrême dans la région d'étude. Sur le long terme, ces chiffres varient entre 1,67% à 7,41% de la période totale analysée. La zone d'étude a aussi connu une sécheresse de type sévère sur la période totale observée avec un pourcentage variant entre 3,23% à 11,67% selon les différentes échelles de temps. Quel que soit l'échelle de temps choisi, la région de la Marahoué a enregistré une sécheresse de type modérée avec plus de 24% du temps total analysé.

Pour mieux observer l'évolution des effets de la sécheresse dans la région de la Marahoué, les valeurs moyennes des indices standardisés de précipitations des différentes échelles de temps ont été spatialisées par décennie, figure 3. Dans la première décennie (1953-1964) les plus faibles valeurs du SPI sont enregistrées au Nord-ouest de la zone d'étude, cette zone est donc plus affectée par les effets de la sécheresse pendant cette période.

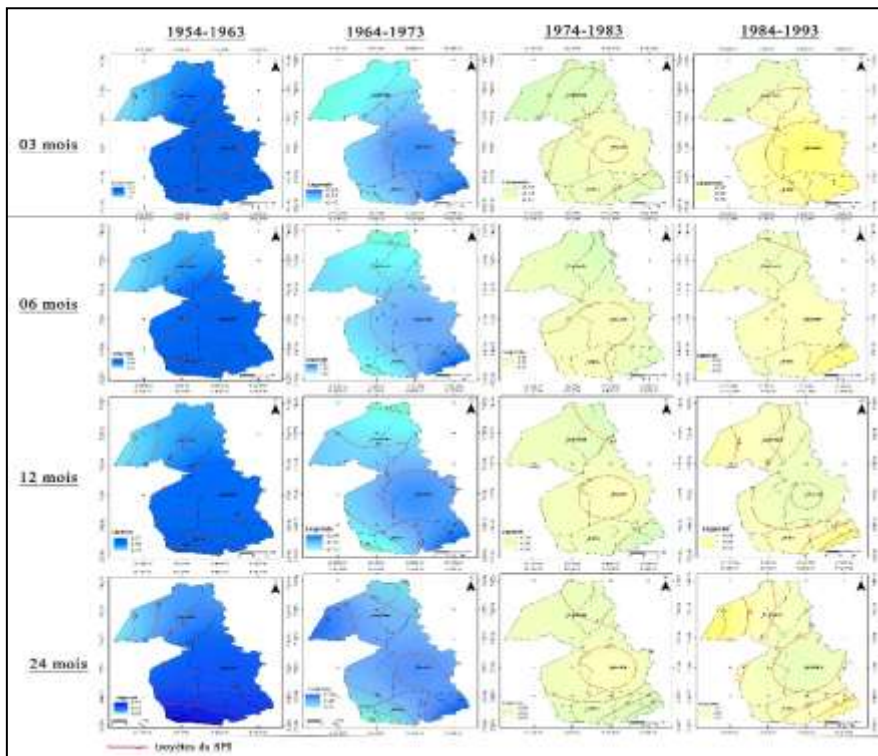


Figure 3 : Répartition spatiale des valeurs moyennes du SPI à différentes échelles de temps par décennie.

A la décennie 1964-1973 les zones Nord-est et Sud-ouest de la Marahoué sont les plus touchées par les effets de la sécheresse. Durant la période 1974-1983, le Centre de la Marahoué a observé les plus faibles valeurs du SPI.

Pendant la dernière décennie (1984-1993), les effets de la sécheresse ont été plus ressentis au Sud-est de la Marahoué. Cependant à l'échelle de 03 mois, le Centre de la Marahoué a également enregistré de faible valeur de SPI. A l'échelle de 24 mois les extrêmes Nord-ouest et Sud-est de la zone d'étude montrent des effets de la sécheresse.

Discussion

La baisse de la pluviométrie déterminée au cours de cette étude se situe en général après 1970, et s'intègre dans les périodes sèches définies par les études antérieures. Comme signalés par (Paturel et *al.*, 1995) les années 1970 constituent une période très représentative de l'importante chute de la pluviométrie en Côte d'Ivoire. Dans le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire, des études ont mises en évidence un important déficit pluviométrique, plus précisément dans le département de Divo et de Gagnoa. Les travaux de (Diomande et *al.*, 2013), ont également mises en évidence un déficit pluviométrique dans les régions des savanes de la Côte d'Ivoire, selon ces hauteurs, cette baisse pluviométrique a eu des répercussions sur le bilan hydrique de ces régions. Dans le bassin versant du haut Badaman à Tortya, une baisse de la pluviométrie de l'ordre de 12 à 20% a été enregistrée après les années 1970 (Soro, 2014).

L'analyse de l'indice standardisé des précipitations(SPI) a révélé que le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire a connu un important déficit pluviométrique après 1970 avec des pics en 1969 à Sinfra, en 1983 à Zuénoula et en 1989 à Bouaflé. Ces pics ont été caractérisés par des sécheresses de types extrêmes et sévères à Zuénoula et à Bouaflé ; à Sinfra elles sont de types modérés. Ces résultats confirment les recherches effectuées par (Mahé et *al.*, 2001) en Afrique de l'Est et de l'Ouest et (Bigot et *al.*, 2005) en Côte d'Ivoire. En Côte d'Ivoire, les travaux de (Goula et *al.*, 2006) ont montré que les décennies 1970-1979 ,1980-1989, et 1990-1999 ont été des périodes sèches. A l'Ouest du pays, les études de (Sanane et *al.*, 2001) ont également mentionnés une baisse de la pluviométrie sur la période 1970-2000.

La spatialisation des valeurs moyennes des indices standardisés de précipitations a également permis de d'affirmer cette baisse progressive de la pluviométrie marquée par la sévérité de la sécheresse devenue de plus en plus importante de depuis les années 1970 et qui s'étend du Nord vers le Sud de la

région d'étude. La région de la Marahoué a enregistré depuis les années 1970 des sécheresses de types modérées avec des fréquences variant entre 31,03% et 38,46%. Ces résultats sont conformes avec les travaux de (Doumouya et al., 2009) dans le bassin versant du Badaman.

CONCLUSION

D'une échelle de temps à l'autre, l'évolution historique du SPI s'avère différente. Le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire a été affecté par plusieurs périodes sèches depuis les années 1970. Les sécheresses les plus remarquables de par leur fréquence sont de types modérés. Ces épisodes secs ont été plus intenses en 1969 à Sinfra, en 1983 à Zuénoula et en 1989 à Bouaflé. Des trois stations étudiées, celles de Bouaflé et Zuénoula sont les plus affectées par la sécheresse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIGOT S., BROU Y.T., OSZWALD J., DIEDHIOU A. (2005). Facteurs de la variabilité pluviométrique en Côte d'Ivoire et relations avec certaines modifications environnementales, *Science et changement planétaire/Sécheresse*, Vol.16, Issue 1, pp. 5 -13.
- IRIE G. R., SORO G. E., GOULA B. T. A., (2015). Changements d'états de surface et évolutions spatio-temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire), *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 13, Issue 2, pp. 386-397.
- DIOMANDE B. I., KANGAH A. D. P., DJE K. B. (2013). Variabilité du bilan hydrique dans les régions de savanes de Côte d'Ivoire, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, Issue 2, 15p.
- DOUMOUYA I., KAMAGATE B., BAMBA A., OUEDRAOGO M., OUATTARA I., SAVANE I., GOULA B. T. A., BIEMI J. (2009), impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du Bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire), *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, Issue 14, pp. 203–215.
- GIEC (2007). Bilan des changements climatiques, contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, Genève, Suisse, 103 p.
- GOULA B. T. A., SAVANE I., KONAN B., FADIKA V., KOUADIO G. B. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins versants

- du N'Zo et du N'Zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide), *Vertigo*, Vol.7, Issue 1, pp. 1-12.
- MAHÉ G., L'HOTE Y., OLIVRY J. C., WOTLING W. (2001). Trends and discontinuities in regional rainfall of West and Central Africa, *Hydrological Sciences Journal*, Vol.46, Issue 2, pp. 211-226.
- MCKEE T.B., DOESKEN N. J., KLEIST J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, du 17 au 22 janvier 1993, Boston, American Meteorological Society, pp. 179-184.
- MIRABBASIA R., ANAGNOSTOUB E.N., FAKHERI-FARDA A. Dinpashoha Y., ESLAMIANC S. (2013). Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index, *Journal of Hydrology*, Vol.492, Issue 7, pp. 35-48.
- PATUREL J. E., SERVAT E., KOUAME B., BOYER J.F. (1995). Manifestation de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne, cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Benin, *Bulletin sécheresse*, Vol.6, Issue 1, pp. 95-102.
- SAVANE I., COULIBALY K. M., GION P. 2001. Variabilité climatique et ressources en eaux souterraines dans la région semi-montagneuse de Man, *Science et changement planétaire/Sécheresse*, Vol.12, Issue 4, pp. 231-237.
- 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 de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire), 266 p.