

Contribution à l'analyse des inter-relations entre activités humaines et variabilité climatique : cas du Sud forestier ivoirien

*Contribution to the analysis of interrelations between human activities and
climatic variability: case of the South Ivorian Forest*

Téléspore Brou Yao^a, Eric Servat^{b*}, Jean-Emmanuel Paturel^b

^a IGT, Université de Cocody, 22 BP 744, Abidjan 22, Côte-d'Ivoire

^b Orstom, Programme Friend AOC, 06 BP 1203, Cidex 1, Abidjan 06, Côte-d'Ivoire

Abstract—The South Ivorian Forest has suffered a large rainfall deficit for 25 years. At the same time, it has been noticed that the movement of the coffee and cocoa production seems concomitant with that of the isohyets during recent decades. The variations in albedo and rainfall gradient seem to be linked to the significant changes to the forest cover. These could affect precipitation locally. (© Académie des Sciences / Elsevier, Paris.)

Ivory Coast / rain forest / human activities / climatic variability / albedo / land use

Résumé — Le Sud forestier ivoirien subit, depuis 25 ans, un important déficit pluviométrique. Parallèlement, on a constaté que le déplacement de la production cacaoyère et caféière semblait concomitant de celui des isohyètes au cours des dernières décennies. Les variations de l'albédo et du gradient pluviométrique apparaissent alors comme liées aux considérables modifications apportées au couvert forestier. Celles-ci pourraient avoir des incidences locales sur les précipitations. (© Académie des Sciences / Elsevier, Paris.)

Côte-d'Ivoire / forêt humide / activités anthropiques / variabilité climatique / albédo / occupation des sols

Abridged version

The drought that has affected the Sahel for more than 25 years is also felt in the south, under more equatorial latitudes, and particularly in the countries along the Gulf of Guinea (Paturel et al., 1997; Servat et al., 1997).

The southern half of Ivory Coast, a dense humid forest zone, is affected by this rainfall variability. Even though the 1950s and 1960s were rather rainy, the decline in rainfall became particularly noticeable in the forest zone as early as the seventies, with practically all the stations showing a deficit (Brou Yao, 1997) (figure 1). This deficit increased in the eighties, but was observed to be less intense in the easternmost and westernmost parts of the regions studied.

Between 1960 and 1980, the forest zone was characterised by a strong increase in cocoa and coffee production, which is

the driving force of the Ivorian economy. The result of this was the emergence of an agricultural economy based on coffee and cocoa.

Since 1965, the depletion of available land progressively forced populations to migrate to the neighbouring regions (figure 2). During the course of the seventies, agricultural activity moved towards the south-central and west-central regions, thus generating very high rural population densities and an accelerated rate of exploitation of those regions. The eighties saw a trend towards the homogenisation of population densities in the forest zone.

At the same time, the total surface of forest areas not used for agricultural purposes diminished from 8.3 to 1.5 million hectares between 1955 and 1993 in the region studied

Note présentée par Georges Pédro.

Note remise le 12 juin 1998, acceptée après révision le 19 octobre 1998.

* E-mail : servat@adiopo.orstom.ci

C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes / *Earth & Planetary Sciences*
1998, 327, 833–838

833

Fonds Documentaire ORSTOM



010017766

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B* 17766 Ex : 1

(figure 3). Consequently, it seems that the major movements in the history of agricultural activity and the changes in rainfall are interrelated.

The establishment of a plantation economy and the considerable deforestation that ensued could have led locally to modification of complex exchanges between the vegetation and the atmosphere. The recent changes in both the albedo and the rainfall gradient were analysed. These variables are indicators of a possible change in these interactions.

The important changes in the plant cover mentioned in table I had serious repercussions in terms of the radiation balance, including the albedo. The work of Monteny (1988) makes it possible to quantify the albedo of the different types of plant cover, and consequently to assess the relative variations recorded between 1955 and the period after 1970 (table II) (Brou Yao, 1997). The results seem to indicate that a strong

reduction in the initial plant cover, due, in this case, to human activities, produces an increase in the albedo.

It was also noted that the progressive decline in rainfall towards the hinterland was sharper during the 1980s. This phenomenon is quite obvious in the shady forest sector where almost all the humid forest massifs have been replaced by plantations, wildland and fallow land.

By focusing on the specific case of the South Ivorian Forest, this study aimed at contributing to the analysis of interrelations between climatic variability and anthropic activities.

Although natural climate fluctuations are probably the main reason for the decline in rainfall observed in West and Central Africa over the past twenty-five years, man's activities, and in particular deforestation linked to intensive cropping, have certainly also been a contributing factor.

1. Introduction

La moitié sud de la Côte-d'Ivoire, zone de forêt dense humide, subit la sécheresse observée plus généralement depuis 25 ans en Afrique de l'Ouest et centrale (Paturel et al., 1997 ; Servat et al., 1997). Or, cette région se caractérise, ces dernières années, par le développement spectaculaire de l'économie de plantation (essentiellement café et cacao) et son corollaire, qui est, à la fois, l'augmentation rapide des densités de populations rurales et l'accroissement de la pression sur le milieu forestier. Autant d'éléments qui posent avec acuité le problème de la dynamique des relations entre populations, agriculture et environnement et celui de la compréhension des interrelations entre variabilité climatique et activités anthropiques.

2. Évolution récente de la pluviométrie

Le Sud forestier ivoirien, cadre de cette étude, s'étend sur la partie la plus méridionale de la Côte-d'Ivoire. Comme d'autres études l'ont montré (Paturel et al., 1997 ; Servat et al., 1997), si les décennies 1950 et 1960 se révèlent plutôt pluvieuses, dès les années 1970 la baisse de la pluviométrie prend une importance particulière dans la zone forestière, où la quasi-totalité des stations présente un déficit (Brou Yao, 1997) (figure 1). La diminution de la pluviométrie s'accroît encore, ensuite, au cours de la décennie 1980, mais plus faiblement, cependant, aux extrémités est et ouest des régions étudiées.

3. Évolution spatiale et temporelle de l'économie de plantation

Le milieu forestier a connu, au cours des années 1960 à 1980, une très forte augmentation de sa production ca-

caoyère et caféière, liée à un vaste mouvement de colonisation foncière. Pour contourner la baisse de la productivité liée au vieillissement des plantations de café et de cacao, la société agraire a eu recours à la migration progressive d'une partie de sa population. Les effets sur le milieu forestier se sont immédiatement fait sentir et se sont amplifiés au fil des années.

3.1. Migration des populations et des centres de production

Jusqu'en 1965, l'arrivée des populations pour la mise en culture du café et du cacao s'est faite en priorité dans le quart sud-est du pays, se traduisant par un défrichement systématique (figure 2). La disparition progressive de la forêt et l'épuisement des terres ont, peu à peu, contraint les populations à émigrer vers les régions voisines. Au cours des années 70, l'activité agricole s'est déplacée en direction du Centre-Sud et du Centre-Ouest, y entraînant un rythme accéléré de mise en exploitation de ces régions. Les années 80 montrent une tendance à l'homogénéisation des densités de population dans la zone forestière, qui correspond à la généralisation du système de l'économie de plantation.

3.2. Évolution du couvert forestier

La superficie totale des zones forestières non soumises à l'agriculture a régressé, dans la région étudiée, passant de 8,3 à 1,5 millions d'hectares entre 1955 et 1993 (figure 3). La baisse de la pluviométrie dans cette région, simultanément à sa mise en culture, conduit à s'intéresser aux relations qui pourraient exister entre ces deux phénomènes et, en particulier, à la modification des échanges entre végétation et atmosphère.

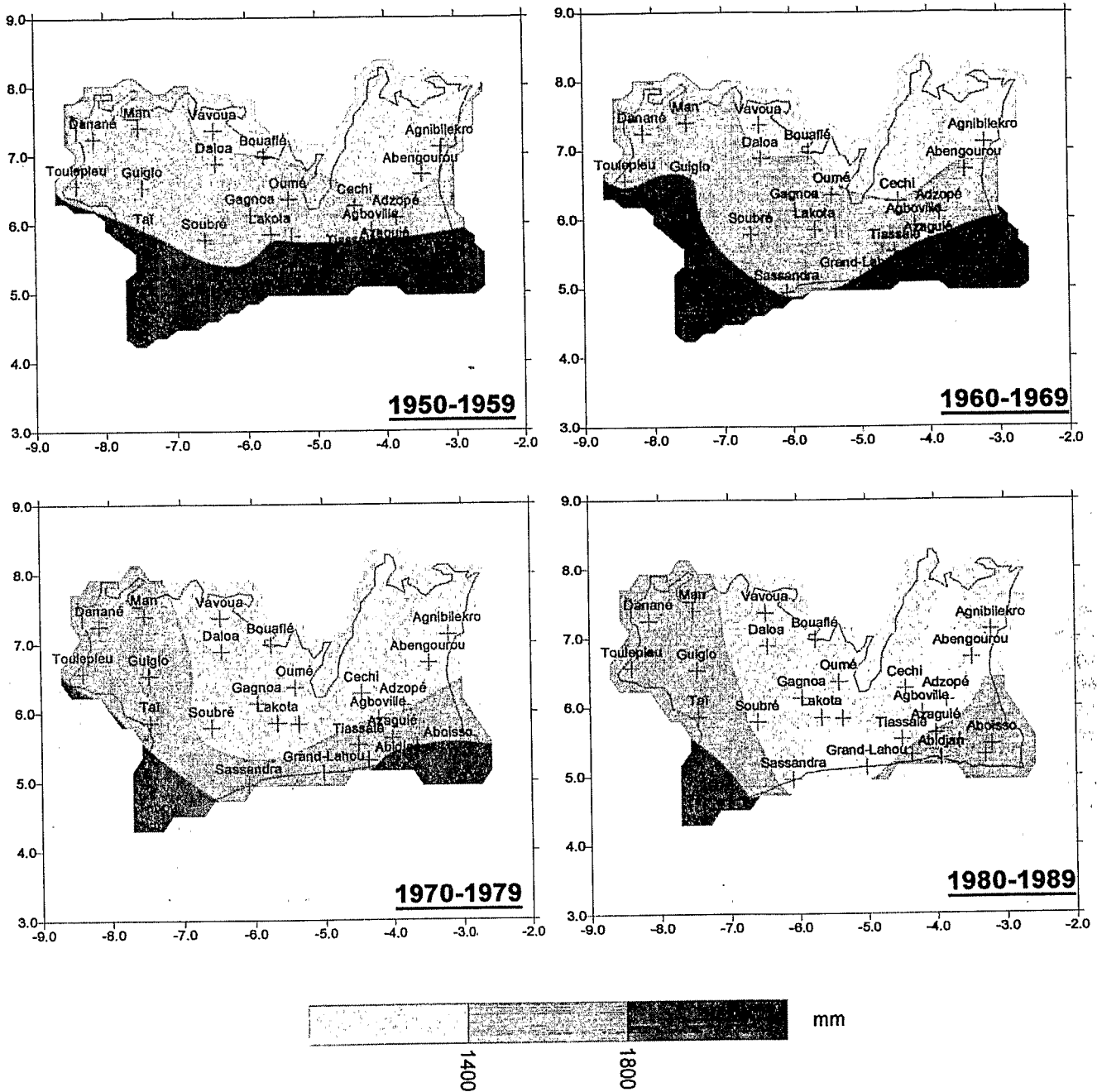


Figure 1. Évolution de la pluviométrie du Sud forestier ivoirien de la décennie 1950 à la décennie 1980.

Rainfall changes in the South Ivorian Forest from the 1950s to the 1980s.

4. Analyse de la variabilité de paramètres descriptifs des relations entre végétation et atmosphère

4.1. Évolution comparée des activités agricoles et de la pluviométrie

On s'est intéressé, ici, à la zone à pluviométrie inférieure à 1 400 mm, isohyète qui marque généralement la limite septentrionale du Sud forestier ivoirien humide. De

la décennie 1960 à la décennie 1980, cette zone va migrer progressivement du Centre-Est au Sud-Ouest de la Côte-d'Ivoire (figure 1). Un mouvement similaire s'observe, simultanément, au niveau des densités de population et des activités agricoles liées à la culture du café et du cacao (figure 2), entraînant des défrichements considérables. Dans le Sud-Ouest, en particulier, le mouvement de conquête a été très rapide, les paysans inversant les rapports entre forêt dense et espace cultivé en une dizaine d'années.

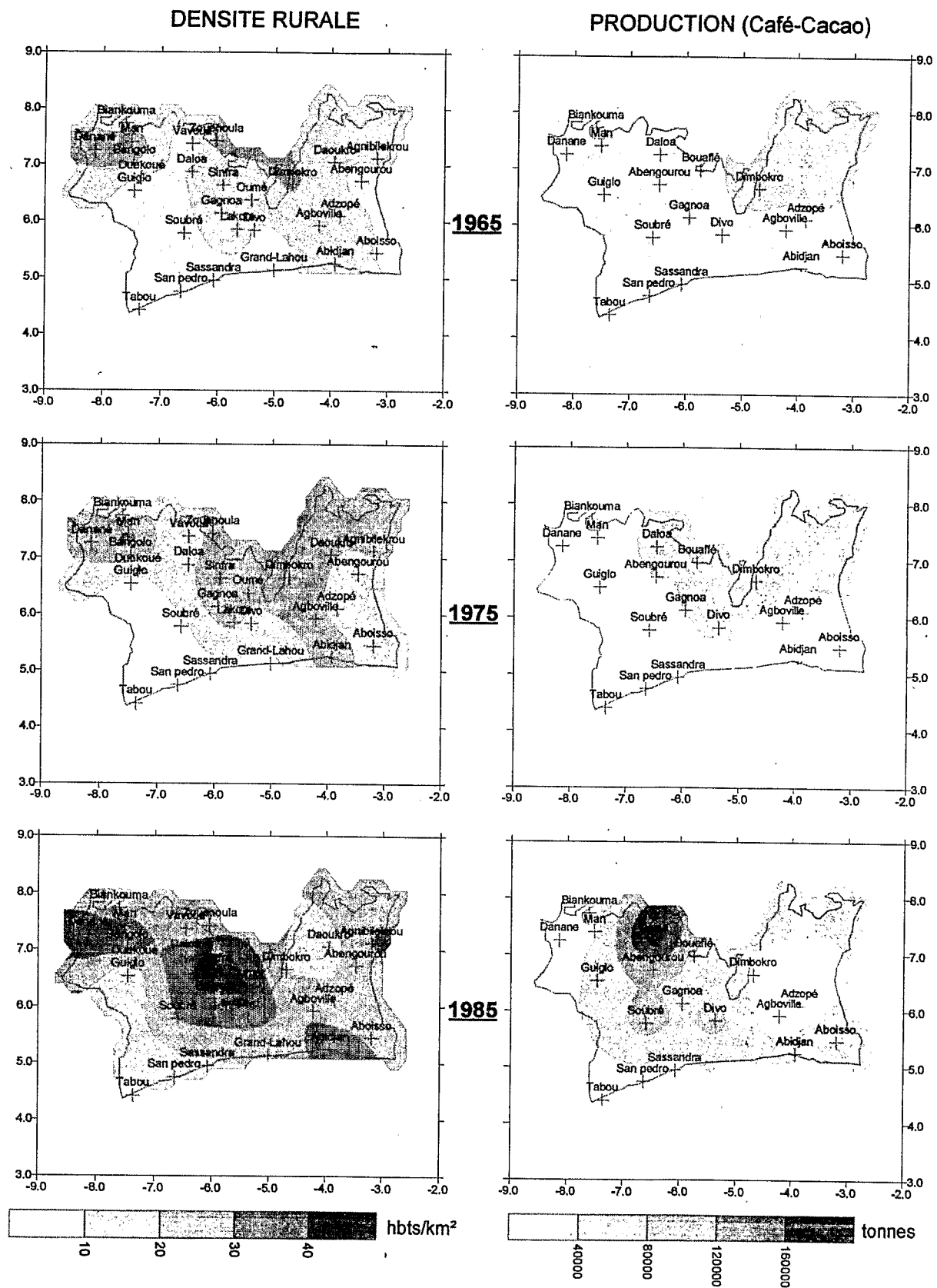


Figure 2. Évolution comparée de la densité de population rurale et de la production de café-cacao.

Comparative evolution of the farming population density and of the coffee-cocoa production.

Tableau I. Évolution de l'occupation du sol dans certaines régions de Côte-d'Ivoire.

Land use evolution in some regions of Ivory Coast.

	1955		Après 1970	
	Forêt (%)	Cultures (%)	Forêt (%)	Cultures (%)
Soubré	95	5	13,5	86,5
San Pedro	95	5	26	74
Tabou	95	5	56	44
Guiglo	95	5	46	54

Tableau II. Variation de l'albédo dans le Sud-Ouest et l'Ouest ivoirien.

Albedo variation within the Southwest and West Ivorian.

	Albédo en 1955	Albédo après 1970	Variation relative (%)
Soubré	12	16	+ 33
San Pedro	12	15,5	+ 29
Tabou	12	14,3	+ 19
Guiglo	12	14,5	+ 21

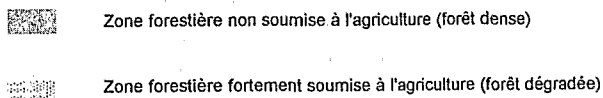
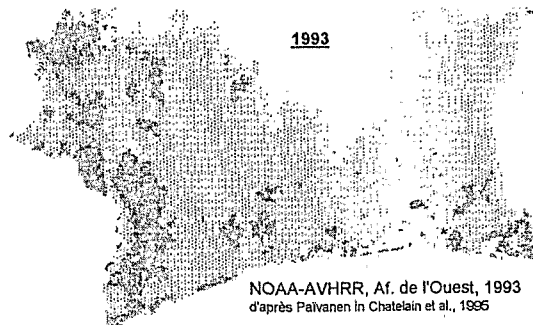
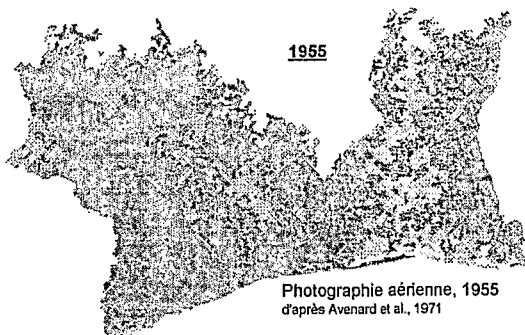


Figure 3. Comparaison de la répartition des zones forestières du Sud ivoirien en 1955 et 1993.

Comparison between the allocation of forest zones of the South Ivorian in 1955 and in 1993.

Grands mouvements de l'histoire de l'activité agricole et évolution de la pluviométrie en milieu forestier semblent donc se superposer.

4.2. Conséquences de l'anthropisation du milieu forestier sur certaines relations végétation-atmosphère

Cette analyse a été menée au travers des évolutions récentes de l'albédo et du gradient pluviométrique. Ces variables sont des indicateurs d'une modification possible des relations complexes entre la végétation et l'atmosphère.

4.2.1. Évolution récente de l'albédo

Depuis 1955, où l'on peut considérer que l'ensemble du territoire étudié était couvert par la forêt primaire, l'évolution du couvert végétal dans des régions à très forte déforestation (Soubré et San Pedro dans le Sud-Ouest de la Côte-d'Ivoire) (Brou Yao, 1997) entraîne (tableau I), à l'inverse de ce que l'on observe dans d'autres secteurs à couvert forestier encore préservé (Guiglo et Tabou), de sérieuses répercussions sur les termes du bilan radiatif, dont l'albédo. Il est possible d'apprécier les variations relatives d'albédo enregistrées entre 1955 et la période

post-1970 (Monteny, 1988) (tableau II). Elles montrent une nette augmentation de l'albédo avec la déforestation.

4.2.2. Évolution du gradient pluviométrique

L'évolution du gradient pluviométrique entre les décennies 1950 et 1980 a été analysée sur un transect SW-NE orienté dans le sens des vents dominants.

Sur ce transect, quatre zones ont été individualisées du sud-ouest au nord-est :

- (i) zone 1 : littoral
- (ii) zone 2 : forêts ombrophiles
- (iii) zone 3 : forêts mésophiles
- (iv) zone 4 : savanes préforestières et savanes soudanaises.

La pluviométrie saisonnière (de janvier à août — remontée de la zone de convergence intertropicale (ZICT) — et de septembre à décembre — redescente de la ZICT) de chaque zone a été exprimée en pourcentage de celle enregistrée dans la zone 1, prise comme référence. Les gradients pluviométriques obtenus (tableau III) montrent que la réduction progressive des précipitations vers l'intérieur du pays est plus accentuée durant la décennie 1980. Ce phénomène est très net dans le secteur de forêt ombrophile, là où la quasi totalité des massifs forestiers humides a été remplacée par des plantations et des jachères.

La régression des apports continentaux, liée à la régression des surfaces forestières en secteur de forêt dense, et donc à une modification du recyclage de l'eau dans sa phase atmosphérique, semble donc avoir contribué à la diminution observée de la pluviométrie en Côte-d'Ivoire, même si, assurément, d'autres paramètres interviennent également dans ce phénomène.

Tableau III. Comparaison des gradients pluviométriques moyens des périodes 1951-1959 et 1981-1989.

Comparison between mean rainfall gradients in the periods 1951-1959 and 1981-1989.

	Janvier-août		Septembre-décembre	
	gradient 1951-1959 (%)	gradient 1981-1989 (%)	gradient 1951-1959 (%)	gradient 1981-1989 (%)
zone 1	100	100	100	100
zone 2	65	55	64	56
zone 3	57	51	56	47
zone 4	50	44	44	39

5. Conclusion

Parallèlement à la baisse enregistrée de la pluviométrie, on a observé que la part des forêts denses humides dans le

6. Références

Avenard J.-M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Toucheboeuf P., Guillaumet J.-L., Adjanohoun E. et Perraud A. 1971. Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire, *Mémoires Orstom*, 50, Orstom, Paris, 391 p.

Brou Yao T. 1997. Analyse et dynamique de la pluviométrie dans le Sud forestier ivoirien : recherche de corrélation entre les variables climatiques et les variables liées aux activités anthropiques, *Thèse*, Université de Cocody, Abidjan, Côte-d'Ivoire

Châtelain C., Laurent G. et Spichiger R. 1995. A recent history of

Sud forestier ivoirien a considérablement diminué entre 1955 et 1990, au profit de jachères et de cultures dont, principalement, le binôme café-cacao. Ce phénomène va de pair avec une densification des populations rurales dans cette région.

Les déplacements des zones de fortes productions caooyère et caféière correspondent à la migration des isohyètes. En outre, les variations observées sur certains paramètres tels que l'albédo ou le gradient pluviométrique, synonymes d'une modification possible des relations complexes entre la végétation et l'atmosphère, apparaissent comme liées aux modifications subies par le couvert forestier.

C'est ainsi que, si les fluctuations naturelles du climat expliquent probablement la plus grande partie de la baisse de la pluviométrie observée en Afrique de l'Ouest et centrale depuis plus de 25 ans maintenant, les activités humaines, et en particulier la déforestation liée à des mises en culture intensives, y contribuent probablement de leur côté.

forest fragmentation in southwestern Ivory Coast, *Biodiversity and Conservation*, 5, 37-53

Monteny B. 1988. Contribution à l'étude des interactions végétation-atmosphère en milieu tropical humide, *Thèse*, Paris, 170 p.

Paturel J.-E., Servat E., Kouamé B., Lubès H., Ouedraogo M. et Masson J.-M. 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part two: an integrated regional approach, *J. Hydrol.*, 191, 16-36

Servat E., Paturel J.-E., Lubès H., Kouamé B., Ouedraogo M. et Masson J.-M. 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part one: detailed analysis of the phenomenon in Côte-d'Ivoire, *J. Hydrol.*, 191, 1-15