

Rôle des conditions pédoclimatiques sur la présence d'une savane en milieu forestier tropical africain. Cas de la savane de Dabou (Côte-d'Ivoire)

Christian Hartmann, Daniel Tessier et Georges Pédro

C.R. Acad. Sci. Paris,
t. 319, série II,
p. 1525 à 1533,
1994

Résumé La région de Dabou a longtemps été caractérisée par la présence d'une savane, végétation inhabituelle dans cette zone subéquatoriale humide à forêt sempervirente. Les études réalisées dernièrement montrent que cette région se distingue non seulement par sa végétation, mais également par une organisation de la couverture pédologique en rapport avec un paysage (modélé, réseau hydrographique) caractéristique de zones plus sèches. Le facteur permettant d'expliquer le maintien de la savane jusqu'à une époque récente est avant tout d'ordre pédoclimatique.

Mots-clés : Savane, Pédoclimat, Côte-d'Ivoire, Paysage, Réseau hydrographique.

Abstract Role of pedoclimatic conditions upon the presence of savanna in African rain forest at Dabou (Ivory Coast)

The region of Dabou has been characterized for a long time by the presence of a savanna which is a vegetation type not frequently observed in this subequatorial rainforest area. The studies conducted recently show that this region is distinguished not only by its vegetation, but also by a structure of the soil mantle related to a landscape (surface relief, river system) which are characteristic of drier areas. Climate is the main factor which offers an explanation for the presence of the savanna up to recent times.

Keywords : Savanna, Pedoclimatic conditions, Ivory Coast, Landscape, River system.

C. H. : Institut Français de Recherche
Scientifique pour le Développement
en Coopération,
ORSTOM, BP n° 8006,
97259 Fort-de-France Cedex, France;

D. T. et G. P. : Institut National de la
Recherche Agronomique,
INRA, Station de Science du Sol,
78026 Versailles, France.

**Abridged
English
Version**

I. REGIONAL SITUATION AND HYPOTHESES ON THE SAVANNA AT DABOU

DUE to its subequatorial situation, the south of the Ivory Coast is characterized by a dense rainforest. Several areas of savanna were observed within this forest up to the 1950s-1970s when industrial plantations were established. These savannas, which were considered as uncultivated (Charreau, 1951), were localized only on the Tertiary sands of the terminal Continental (Guillaumet and Adjanohoun, 1971); the largest one was "the savanna at Dabou" which extended over a few hundred square kilometres (figure 1). Such an immediately visible anomaly struck most of the observers and led them to raise the ques-

tion about the origin and maintenance of such a vegetation in the rainforest. Therefore, a first programme of research was conducted. Berlier *et al.* (1956) first checked that neither the profile morphology nor the low content in soil mineral elements limited the vegetal growth. Therefore, from an agronomic point of view, soils under savanna got the same value as soils under forest. Following the discovery of industrial residues (undated) near Dabou, Leneuf and Aubert (1956) put forward the hypothesis about a palaeoclimatic origin (unspecified period) and maintenance of the savanna due to clearing and burning. This hypothesis was very often taken up, particularly by Tricart and Cailleux (1974). Later on, Pomel (1979)

09 OCT. 1995

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 42-481 EX-1

Cote : B

Note

présentée par
Georges Pédro.

remise le 27 septembre 1994,
acceptée le 26 octobre 1994.

put forward the hypothesis about an anthropic origin of the savanna resulting from the forest clearing practised with an axe by a local ethnic group (Adjoukrou) which did not know burning; savanna would then have been maintained through a floristic composition which was particularly adapted to the humid climate. Despite sometimes contradictory hypotheses, all the authors admit implicitly that savanna is only an epiphenomenon and that the ecological conditions of the region of Dabou are in fact similar to those prevailing in the surrounding forest area.

This paper describes attempts to check the hypothesis about the similarity of the savanna area of Dabou and of the surrounding forest area. It results from a detailed soil research conducted in the plantation of the Research Institute on Oils and Oilseeds at Dabou (IRHO) (Hartmann, 1991). This study allowed the structure of the soil mantle to be defined and related it to the other two main features of the landscape, namely the surface relief and the river system.

II. THE SOIL STRUCTURE IN THE LANDSCAPE

In the south of the Ivory Coast, soils belong to the group of the depleted strongly unsaturated ferrallitic soils (Perraud, 1971). When they developed on the sandy deposits of the terminal Continental, it is hard to differentiate them by referring to their morphology. In order to characterize these soils and their evolution, the main criterion used lies in their grain-size composition (Roose and Cherroux, 1966; Caliman, 1990; Hartmann, 1991). It goes from a sandy fraction (less than 10% clay) to a sandy clay fraction (more than 40% clay).

In the whole forest area, profiles are similar whatever their situation in the slope. They show a vertical textural gradient along with a gradual enrichment in fine elements in depth (Roose and Cherroux, 1966; Yoro, 1984) (figure 2a). This type of profile is characteristic of the humid areas of West Africa (Roose, 1980). Thus, by referring to the texture, the soil mantle of the forest area does not reveal any lateral variations and is homogeneous.

On the contrary, the soil mantle of the former savanna at Dabou is structured according to the surface relief. In the interfluvies and

slopes, a textural gradient similar to that of the forest area is observed. Hollows show a surface horizon, with a sandy-clay texture (more than 40% clay), connected with the other deep clay horizon or rising above the usual textural profile (Hartmann, 1991) (figure 2b). This sandy-clay horizon is systematically present in all the hollows; Leneuf (1958) had already observed it in another plantation under savanna.

III. GEOMORPHOLOGY AND RIVER SYSTEM

The morphological slope profiles in the forest area and in the savanna area are different. In the forest area, they are convex from the interfluvie to the flat bottom (figure 2a). In the savanna area, slopes are convex on the interfluvie and the upslope; they become concave by connecting with the bottom (figure 2b). Thus, these differences correspond to different types of surface relief. In order to make a complete observation in the region of Dabou, we drew a geomorphological map and a map of the river system of the region based on the sheets of the topographic map to the scale of 1:50,000 (Abidjan-NB-30-VIII-1bd and 2ac) from the National Geographical Institute (IGN).

Despite the similar geological substratum (Tertiary sands of the terminal Continental), the map of the surface relief (figure 3) shows three great geomorphological units:

a. in the centre of the map, a single plateau covering a few tens of square kilometres dominates the landscape. It culminates above 100 m and is tilted southward with a slope of about 1%. The notches observed on the plateau edges show slopes lower than 10% and variations in the levels reaching 20 to 30 m to a maximum;

b. to the west and to the north, a series of outliers culminating at 80 m; their slopes go beyond 10% and can reach 50%; their variations in level are higher than 40 m;

c. to the west, to the east and to the south of the plateau, there are low alluvial zones (0 to 40 m in elevation).

The river system is related to the morphology of the sedimentary deposit and is described as follows (figure 4):

a. in the centre of the map a zone from which originates some rectilinear drainage

lines, with not many branches, of about 0.8 km/km^2 in density;

b. to the west and to the north: the river system is composed of numerous ramifications with curved branches surrounding the outliers; the density of this system amounts to 1.7 km/km^2 ;

c. to the east and to the south, the main lines which collect water and direct it towards the lagoon are operational throughout the year and show numerous meanders.

Thus, in the centre of the mapped region, there is a river system which is quite similar to that observed in the drier tropical areas, while the whole surrounding network is characteristic of the humid subequatorial areas (Raunet, 1985; Tardy, 1986).

IV. DISCUSSION

In the 1950s, most of the discussion about the evolution of these soils, which are morphologically homogeneous, was based on the results of the chemical analysis. As the latter are similar in the forest areas and in the savanna zones, it was concluded that soils were similar too.

However, from the above-mentioned data it now appears that the structure of the soil mantle is different. In the forest area, a textural gradient is observed in all the topographic positions along with an enrichment in clay related to depth. This type of structure results from a prevailing vertical drainage which carries downward fine particles. Some of these fine elements move towards the lagoon by percolation through the soil (Humbel, 1964; Roose, 1980); Roose (1980) measured them at several tens of kilograms per hectare per year in the forest area of Adiopodoumé (region of Abidjan).

In the region of Dabou, the soil mantle is distinguished by the presence in the topographical bottom of a clay horizon from the top of the profile. In order to check the homogeneity of the sedimentary deposit on the interfluvies and the bottoms, we studied the particle-size distribution of sands (0.05 to 2 mm) in all the topographic positions and for all the horizons down to 3 m (Hartmann, 1991). The resulting distribution is statistically similar in all cases (figure 5); the clay horizon

corresponds therefore to a filling up of the skeleton by fine elements. The accumulation of these fine elements at the top of the soil profile, in the lowlands of the surface relief, is therefore indicative of a water flow with lateral dynamics (surface or subsurface) which is associated with the vertical dynamics.

Therefore, despite similar contents in chemical elements and morphologies, the soil mantle of the region of Dabou is distinguished from that of the forest area by the dynamics of water and solid elements. These differences have consequences for the vegetation growth and the evolution of the surface relief.

In these sandy soils, the available water reserve for plants is limited (no long-term water reserve). When drainage is mainly vertical, the maximum use of available water is maximum, which results in forests. On the contrary, a lateral dynamics removes part of this water so that the climate becomes too dry and no longer allows the forest vegetation to grow. Currently, the savanna would be in equilibrium with these specific climatic conditions.

On the whole, the landscape in the region of Dabou is characterized by a surface relief (long slopes with a gradient lower than 10%), a river system (rectilinear with few ramified branches) and a soil mantle (clay filling-up of the hollows) which are found usually in the Sudano-Guinean area. Therefore, this region with savanna vegetation shows azonal features.

CONCLUSIONS

The region of Dabou is distinguished from the surrounding area not only by its vegetation but also by the whole elements of the landscape. Although currently industrial plantations have replaced savanna, it is still easy to find again the limits of this area called "savanna of Dabou".

Its origin is obviously palaeoclimatic (Leneuf and Aubert, 1956). It has been maintained up to the present time under a more equatorial climate because the environmental features have preserved a Sudano-Guinean water dynamics. Therefore, a savanna vegetation does not represent an epiphenomenon but it is indicative of ecological conditions, mainly climatic, which are quite specific to the region of Dabou.

I. CADRE RÉGIONAL ET HYPOTHÈSES SUR LA SAVANE DE DABOU

Du fait de sa position subéquatoriale, le Sud ivoirien est une zone de forêt dense, humide, sempervirente. Jusqu'à la mise en place de plantations industrielles dans les années cinquante à soixante-dix, plusieurs îlots de savane existaient au sein de cette forêt. Ces savanes, considérées comme incultes (Charreau, 1951), étaient localisées uniquement sur les sables tertiaires du Continental terminal (Guillaumet et Adjanohoun, 1971); la plus grande d'entre elles formait « la savane de Dabou », qui couvrait quelques centaines de kilomètres carrés (figure 1). Une telle anomalie, immédiatement perceptible à l'œil, a frappé la plupart des observateurs et les a conduit à poser la question de l'origine et du maintien d'une telle végétation en milieu forestier humide; d'où la mise en œuvre d'une première série de recherches.

Berlier *et al.* (1956) ont tout d'abord vérifié que ni la morphologie des profils, ni la pauvreté chimique des sols n'étaient des facteurs limitant le développement végétal; du point de vue agronomique, la valeur des terres sous savane était donc similaire à celle des sols sous forêt. Après la découverte de restes d'industrie (non datés) à côté de Dabou, Leneuf et Aubert (1956) ont avancé l'hypothèse d'une origine paléoclimatique (époque non précisée), puis d'un maintien en raison de défrichements et de brûlis. Cette hypothèse a été très souvent reprise, en particulier par Tricart et Cailleux (1974). Plus tard, Pomel (1979) a émis l'hypothèse d'une origine anthropique de la savane, résultat du défrichage de la forêt à la hache par une eth-

nie locale (Adjoukrou) qui ignorait le brûlis; la savane se serait alors maintenue grâce à une composition floristique particulièrement adaptée au climat humide. Malgré des hypothèses parfois contradictoires, tous les auteurs admettent implicitement que la savane n'est qu'un épiphénomène et que les conditions écologiques de la région de Dabou sont finalement identiques à celles du milieu forestier environnant.

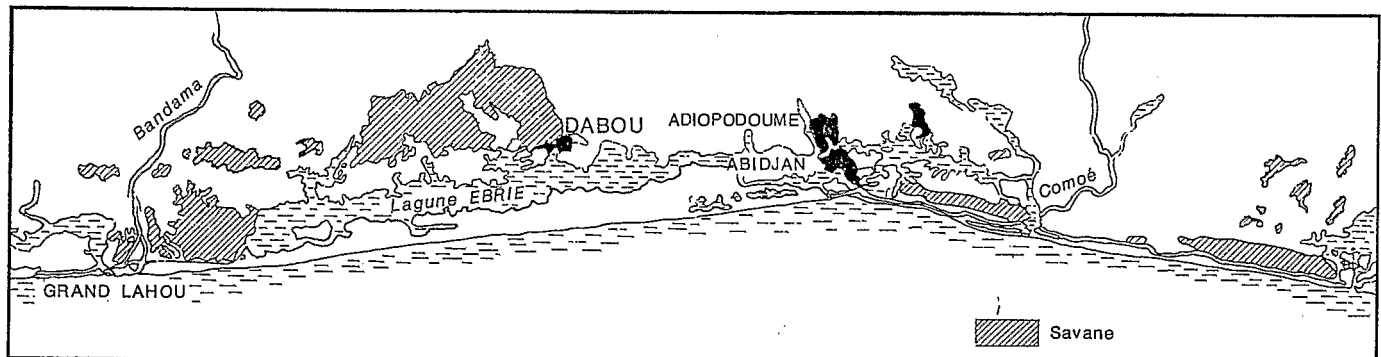
Le but de cette Note est de vérifier l'hypothèse de la similitude du milieu de la savane de Dabou et du milieu forestier environnant. Elle est le fruit d'une recherche pédologique détaillée effectuée dans le cadre de la plantation de l'Institut de Recherche sur les Huiles et Oléagineux (IRHO) de Dabou (Hartmann, 1991). Cette étude a permis de préciser l'organisation de la couverture pédologique et de la relier aux deux autres caractéristiques fondamentales du paysage, à savoir le modelé et le réseau hydrographique.

II. L'ORGANISATION DES SOLS DANS LE PAYSAGE

Les sols du Sud ivoirien appartiennent au groupe des sols ferrallitiques très désaturés appauvris (Perraud, 1971). Lorsqu'ils se sont développés sur les dépôts sableux du Continental terminal, ils sont difficiles à différencier en se référant à leur morphologie. Pour caractériser ces sols et leur évolution, le principal critère utilisé repose sur leur constitution granulométrique (Roose et Cherroux, 1966; Caliman, 1990; Hartmann, 1991). Celle-ci évolue entre un pôle sableux (moins de 10 % d'argile) et un pôle argilo-sableux (plus de 40 % d'argile).

Figure 1 Localisation des savanes littorales incluses avant leur mise en culture (d'après Guillaumet et Adjanohoun, 1971 et Pomel, 1979).

Localization of the coastal savannas before their cultivation (after Guillaumet and Adjanohoun, 1971 and Pomel, 1979).



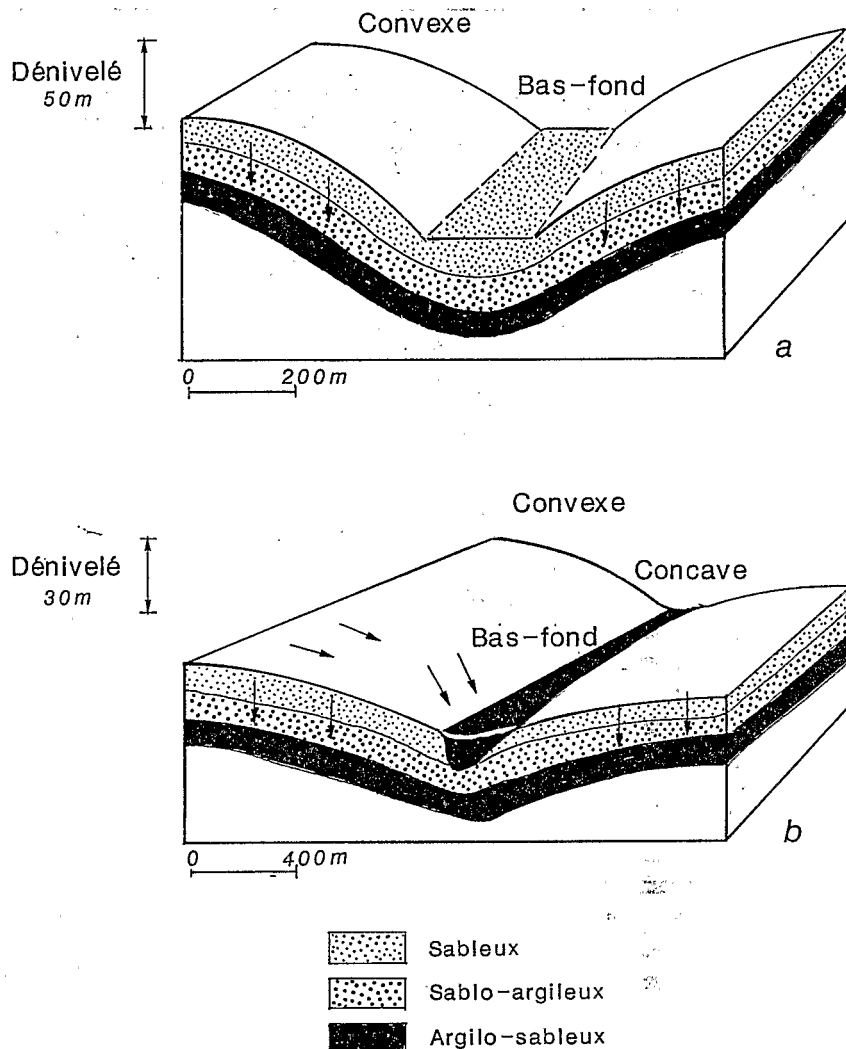
Dans toute la zone forestière installée sur les sables tertiaires, quelle que soit la position dans le versant, les profils sont identiques. Ils présentent un gradient textural vertical avec enrichissement progressif en éléments fins en profondeur (Roose et Cherroux, 1966; Yoro, 1984) (figure 2a). Ce type de profil est caractéristique des zones humides de l'Afrique de l'Ouest (Roose, 1980). Ainsi, en se référant au critère textural, la couverture pédologique du milieu forestier (sur sables tertiaires) ne fait pas apparaître de variations latérales et se présente comme un ensemble homogène.

En revanche, la couverture pédologique de la zone de l'ancienne savane de Dabou se différencie en relation avec le modelé. Sur les interfluvés et les versants, on observe un gradient textural identique à celui de la zone forestière. Quant aux bas-fonds, ils présentent un horizon superficiel de texture argilo-sableuse (plus de 40 % d'argile); celui-ci rejoint l'autre horizon argileux de profondeur ou bien surmonte le profil textural habituel (Hartmann, 1991) (figure 2b). L'existence de cet horizon argilo-sableux est systématique dans tous les bas-fonds; Leneuf (1958) en avait déjà constaté la présence dans une autre plantation sur savane.

III. GÉOMORPHOLOGIE ET RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Les profils morphologiques de versants sont différents en zone de forêt et de savane. En zone de forêt, ils sont convexes de l'interfluve au bas-fond plat (figure 2a). En zone de savane, les versants sont convexes sur l'interfluve et le haut du versant; ils deviennent concaves en se raccordant au bas-fond (figure 2b). Ces différences correspondent ainsi à des modelés différents. Afin de réaliser une observation complète à l'échelle de la région de Dabou, nous avons dressé une carte géomorphologique et une carte du réseau hydrographique de la région à partir des feuilles de la carte topographique au 1/50 000 (Abidjan-NB-30-VIII-1bd et 2ac) de l'Institut Géographique National (IGN).

Malgré la similitude du substratum géologique (sables tertiaires du Continental termi-



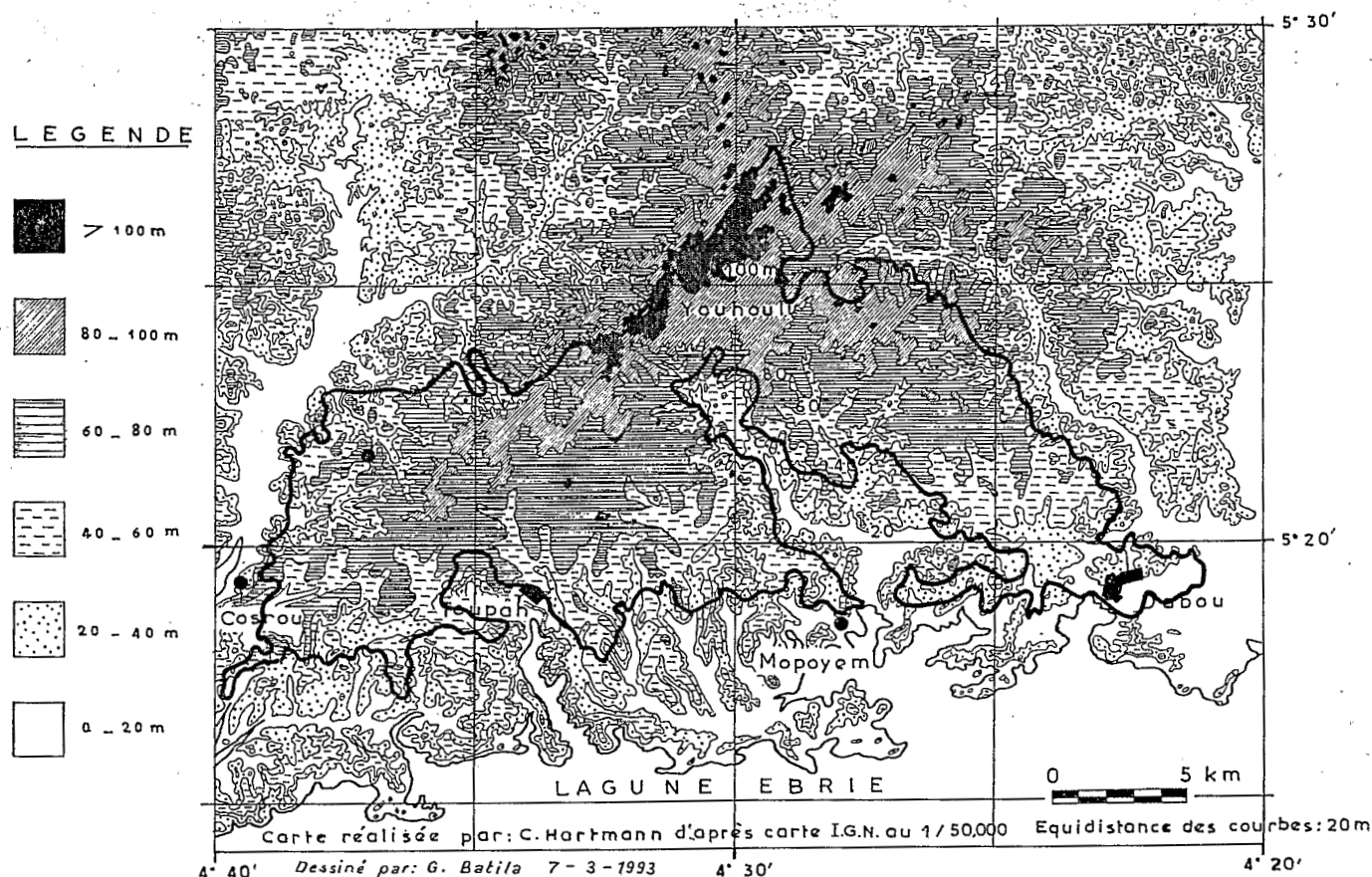
nal), la carte du modelé (figure 3) fait apparaître trois grandes unités géomorphologiques:

a. au centre de la carte, un plateau unique de quelques dizaines de kilomètres carrés domine le paysage. Il culmine à plus de 100 m, incliné vers le Sud avec une pente d'environ 1 %. Les entailles observées sur les bords du plateau présentent des pentes inférieures à 10 % et des dénivelées de 20 à 30 m au maximum;

b. à l'Ouest et au Nord, un ensemble de buttes kilométriques qui culminent à 80 m; leurs pentes dépassent 10 % et peuvent atteindre 50 %, leurs dénivelées sont supérieures à 40 m;

Figure 2 Représentation schématique des toposéquences de sols. a en zone anciennement en forêt. b en zone anciennement en savane.

Schematic representation of soil toposequences. a in the area previously under forest. b in the area previously under savanna.



 Limite de la savane de DABOU

Figure 3 Carte du modelé de la région de Dabou et des limites de la zone de savane.

Map of the surface relief and of the savanna limits in the region of Dabou.

c. à l'Ouest, à l'Est et au Sud du plateau se présentent des zones alluviales basses (0 à 40 m d'altitude).

Le réseau hydrographique est en relation avec la morphologie du dépôt sédimentaire et se présente de la manière suivante (figure 4) :

a. une zone au centre de la carte d'où partent des axes de drainage rectilignes et peu ramifiés, d'une densité d'environ $0,8 \text{ km/km}^2$;

b. à l'Ouest et au Nord: le réseau hydrographique se compose de nombreuses ramifications avec des branches aux formes

incurvées qui encadrent les buttes kilométriques; la densité de ce réseau est de $1,7 \text{ km/km}^2$;

c. à l'Est et au Sud, les axes principaux qui collectent l'eau et la dirigent vers la lagune présentent de nombreux méandres; ils sont fonctionnels toute l'année.

Ainsi, dans la partie centrale de la région cartographiée, il existe un système hydrographique qui s'apparente sensiblement à celui des zones tropicales plus sèches, alors que tout le réseau alentour est caractéristique des zones subéquatoriales humides (Raunet, 1985; Tardy, 1986).

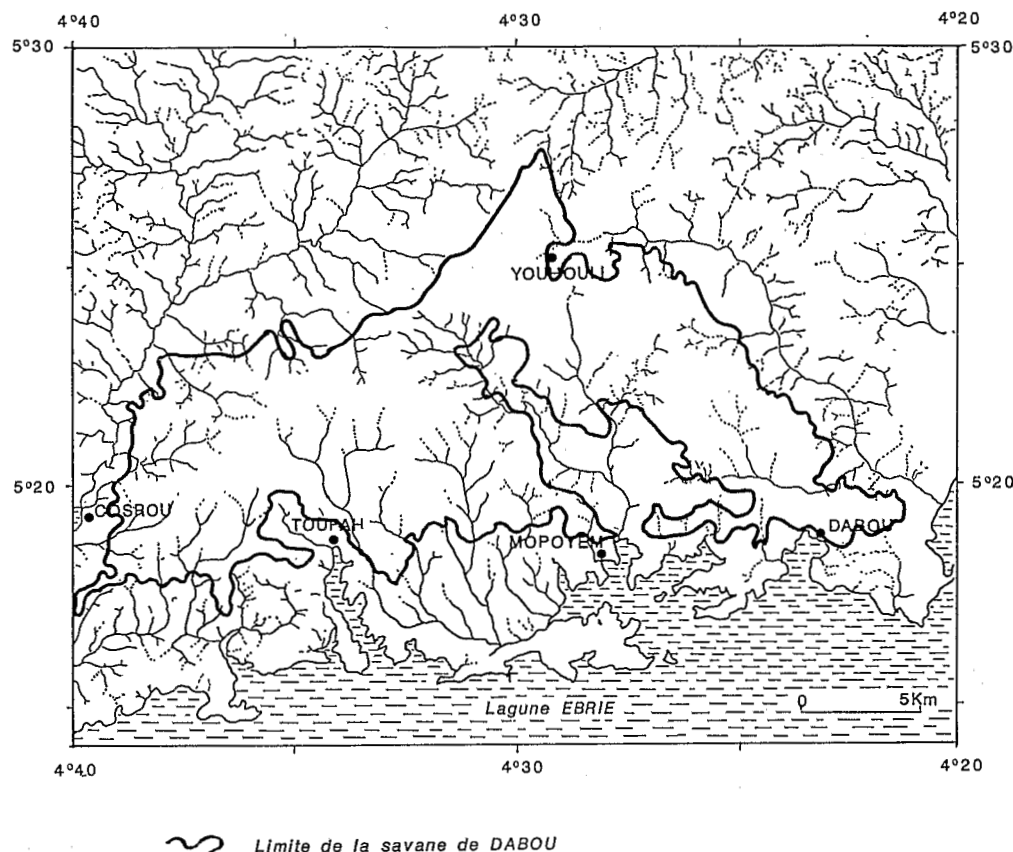


Figure 4 Carte du réseau hydrographique de la région de Dabou et des limites de la zone de savane.

Map of the river system and of the savanna limits in the region of Dabou.

IV. DISCUSSION

Dans les années cinquante, l'essentiel du raisonnement relatif à l'évolution de ces sols, morphologiquement homogènes, reposait sur les résultats d'analyse chimique; ceux-ci étant similaires en zones de forêt et dans les îlots de savane, il a été conclu que les sols étaient eux aussi identiques.

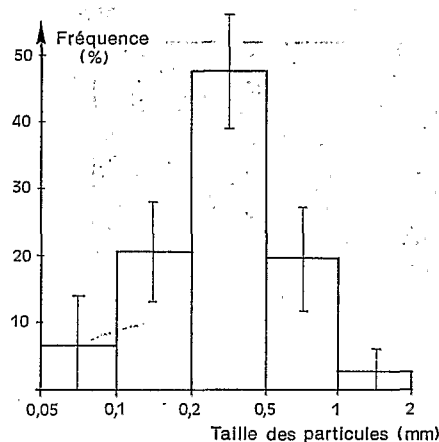
Pourtant, de ce qui précède il apparaît aujourd'hui que l'organisation de la couverture pédologique est différente. En zone de forêt on observe, dans toutes les positions topographiques, un gradient textural allant dans le sens d'un enrichissement en argile avec la profondeur. Ce type d'organisation résulte de la mise en œuvre d'un drainage vertical dominant, avec entraînement de particules fines vers la profondeur. Une partie de ces éléments fins rejoignent même la lagune par percolation au travers du sol (Humbel, 1964; Roose, 1980); Roose (1980) a mesuré une

quantité de plusieurs dizaines de kilogrammes par hectare par an dans la zone forestière d'Adiopodoumé (région d'Abidjan).

Dans la région de Dabou, la couverture pédologique se distingue par l'existence, en position topographique de bas-fond, d'un horizon de texture argileuse au sommet du profil. Afin de vérifier l'homogénéité du dépôt sédimentaire sur les interfluvés et les bas-fonds, nous avons étudié le tri granulométrique des sables (0,05 à 2 mm) dans toutes les positions topographiques et pour tous les horizons jusqu'à une profondeur de 3 m (Hartmann, 1991). La distribution obtenue dans ces horizons argileux est statistiquement identique à celle obtenue sur l'ensemble de la couverture pédologique centrée autour de la fraction 200/500 μm (figure 5). L'horizon argileux correspond donc à un colmatage du squelette par les éléments fins. L'accumulation de ces éléments fins au sommet du profil pédologique, uniquement dans les parties basses du modelé, constitue alors le révéla-

Figure 5 Histogramme de fréquence de cinq fractions sableuses. Les barres de comparaison représentent deux fois l'écart-type autour de la moyenne (plus de 2 000 analyses réalisées).

Frequency histogram of five sandy fractions. The vertical bars represent twice the standard deviation round the mean (more than 2,000 analyses made).



teur d'une circulation d'eau à *dynamique latérale* (de surface ou sub-surface) qui se trouve associée à la dynamique verticale.

Ainsi, malgré des teneurs en éléments chimiques et des morphologies quasi-similaires, la couverture pédologique de la région de Dabou se distingue de celle de la région forestière sur sables tertiaires par la dynamique de l'eau et des éléments solides. Ces différences ont des conséquences sur l'évolution du modelé et sur le développement de la végétation.

Dans ces sols sableux en effet, la réserve en eau utile pour les plantes est limitée (pas de réserve hydrique à long terme). Quand le drainage est à dominante verticale, l'utilisation de l'eau disponible est maximale; d'où la présence de forêts. En revanche, la mise en œuvre d'une dynamique latérale soustrait une partie de cette eau, en sorte que le pédoclimat devient trop sec et ne permet plus

le développement de la végétation forestière. A l'époque actuelle, la savane serait donc en équilibre avec ces conditions pédoclimatiques spécifiques.

Au total, le paysage de la région de Dabou est caractérisé par un modelé (longs versants à pente inférieure à 10 %), un réseau hydrographique (branches rectilignes et peu ramifiées), une couverture pédologique (colmatage argileux des bas-fonds) que l'on retrouve habituellement dans le domaine soudano-guinéen. Cette région à végétation de savane présente donc des caractéristiques *azonales*.

V. CONCLUSION

La région de Dabou se distingue du milieu environnant, non seulement par sa végétation mais encore par l'ensemble des éléments du paysage. Même si de nos jours les plantations industrielles ont remplacé la savane, il est encore aisé de retrouver les limites de cette zone appelée « savane de Dabou ».

Cette savane est considérée comme ayant une origine paléoclimatique (Leneuf et Aubert, 1956). Si elle a été préservée jusqu'à notre époque sous un climat plus équatorial, c'est que les caractéristiques du milieu ont permis le maintien d'un fonctionnement pédohydrique de type soudano-guinéen. La présence d'une végétation de savane ne constitue donc pas ici un épiphénomène, mais est bien l'indicateur de conditions écologiques, notamment pédoclimatiques, tout à fait particulières à la région de Dabou.

Remerciements : Nous tenons à remercier le CIRAD et l'IRHO pour l'aide apportée au cours de la réalisation de ce travail; Ch. A. Masson pour ses remarques constructives.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERLIER, Y., DABIN, B. et LENEUF, N., 1956. Comparaison physique, chimique et microbiologique entre les sols de forêt et de savane sur les sables tertiaires de la Basse Côte-d'Ivoire, *VI^e Congrès de la AISS*, Paris, p. 499-502.
- CALIMAN, J. P., 1990. Dégénération de propriétés physiques conditionnant la fertilité des sols sous culture du palmier à huile en Côte-d'Ivoire. Essai de correction, *Thèse*, Université Dijon, 219 p.
- CHARREAU, C., 1951. *Comparaison des sols de savane et de forêt dans la région de Dabou*, ORSTOM, Paris, multigr., 5 p.
- GUILLAUMET, J. L. et ADJANOHOON, E., 1971. La végétation, in le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire, *Mémoires ORSTOM*, 50.
- HARTMANN, C., 1991. Evolution et comportement de sols sablo-argileux ferrallitiques sous culture de palmier à huile, *Thèse*, Université Paris-VI, 201 p.
- HUMBEL, F. X., 1964. Etude de quelques dépressions circulaires à la surface d'un plateau sédimentaire de Côte-d'Ivoire, *Cahier ORSTOM, sér. Pédol.*, II, (3), p. 27-42.
- LENEUF, N. et AUBERT, G., 1956. Sur l'origine des savanes de la Basse Côte-d'Ivoire, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 243, p. 859-860.

- LENEUF, N., 1958. *Etude analytique comparée de sols des plantations d'hévéa de la SAPH à Bongo et Toupah*, ORSTOM Bondy, Bibliothèque de Pédologie, 6 p.
- PERRAUD, A., 1971. Les sols, *in* le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire, *Mémoires ORSTOM*, 50.
- POMEL, R., 1979. Géographie physique de la basse Côte-d'Ivoire, *Thèse*, Université Caen, 558 p.
- RAUNET, M., 1985. Bas-fonds et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative, *L'agronomie tropicale*, 40, (3), p. 181-201.
- ROOSE, E., 1980. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées, *Thèse*, Université d'Orléans, 587 p.
- ROOSE, E., CHEROUX, M., 1966. Les sols du bassin sédimentaire de Côte-d'Ivoire, *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, IV, (2), p. 51-92.
- TARDY, Y., 1986. *Le cycle de l'eau. Climat, paléoclimats et géochimie globale*, Masson, 338 p.
- YORO, G., 1984 a. *Caractéristiques morpho-pédologiques des types de paysages sur sables tertiaires dans la région du sud-est (Bonoua)*, ORSTOM, Bondy, Bibliothèque de Pédologie, 18 p.
- YORO, G., 1984 b. *Etude pédologique et perspectives agricoles du domaine de M. Banchi*, ORSTOM, Bondy, Bibliothèque de Pédologie, 18 p.