

# LE MILIEU PHYSIQUE TROPICAL

in : Agriculture tropicale  
 Bull. Tech. d'Informations  
 n° 379-381,  
 Avril - Juin,  
 Ministère de l'Agric., Paris,

P. PELTRE \*

## QU'EST-CE QUE LA ZONE TROPICALE ?

En première approximation le monde tropical se définit par des climats chauds, localisés de part et d'autre de l'équateur entre les deux tropiques (23° 27' N et S), selon une bande plus ou moins régulière qui fait le tour de la terre, d'où le terme de "zone" tropicale ou intertropicale. On s'accorde généralement pour fixer les limites de cette zone aux régions dont la température moyenne du mois le plus frais ne descend pas en-dessous de 17 ou 18° C, voire 20° C selon les auteurs, à quoi deux critères supplémentaires sont fréquemment ajoutés :

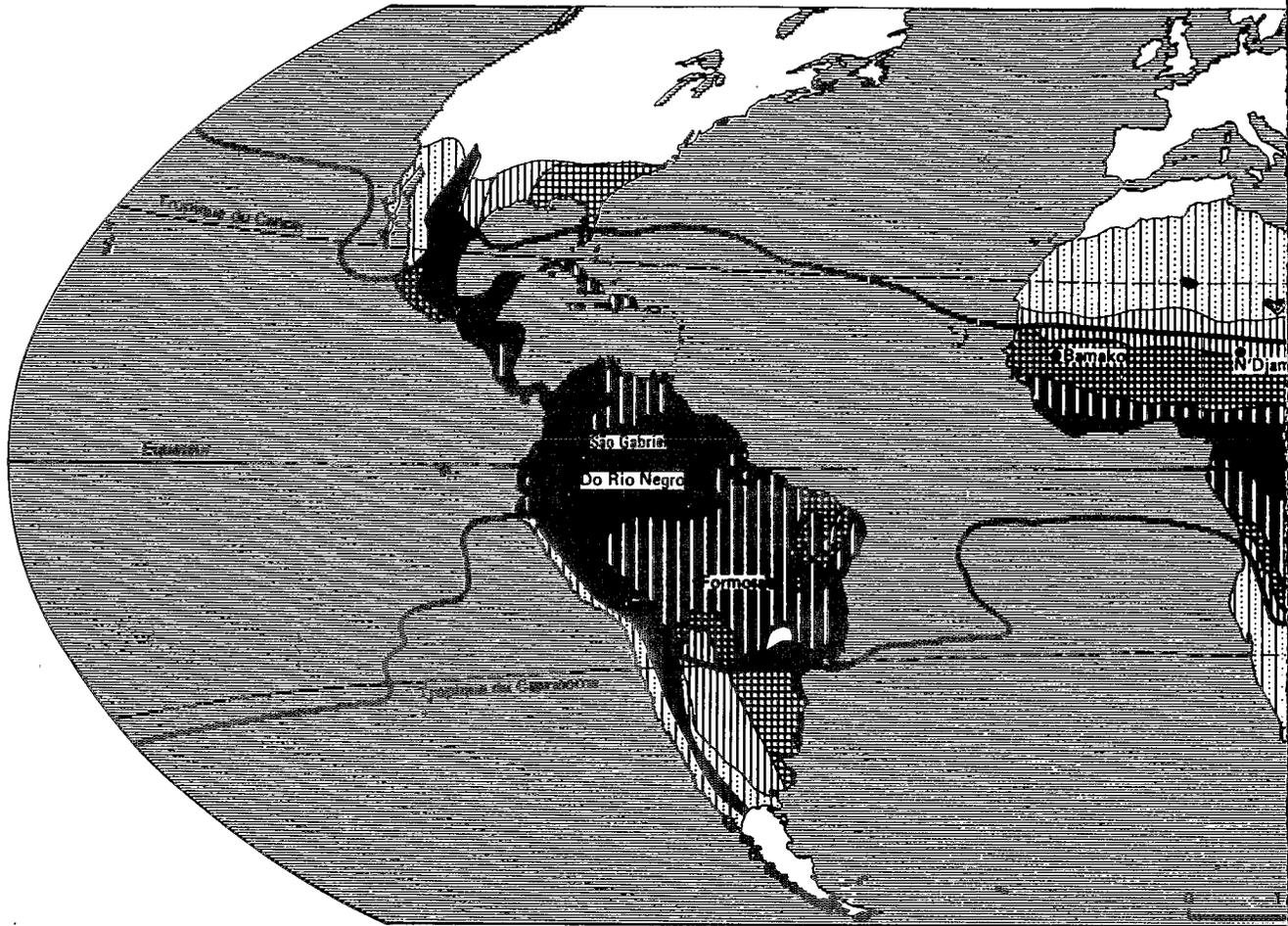
- amplitude thermique quotidienne supérieure à l'amplitude thermique annuelle ;
- précipitations annuelles supérieures à 350, 400 ou 500 mm, capables de permettre des cultures sans irrigation, ce qui varie selon le régime plu-

viométrique et la température, laquelle commande l'évaporation.

Les limites de la zone "intertropicale" ainsi définie sont irrégulières : elles n'atteignent pas la ligne des tropiques sur l'Afrique (au N de l'équateur) et sur l'Atlantique S, et la débordent largement sur le Pacifique en fonction de l'humidité et des températures induites par les grands courants marins. Les régions semi-arides notamment et les déserts chauds ne font pas partie de la zone tropicale du fait de l'insuffisance des précipitations et de l'amplitude thermique annuelle excessive, de même que les régions à climat méditerranéen qui présentent en outre des précipitations de saison froide, contrairement aux régions tropicales. Les régions à climat aride, semi-aride et méditerranéen sont généralement classées dans le monde subtropical, le terme de zone leur convenant assez mal du fait d'une répartition encore plus irrégulière en fonction de la latitude que celle des régions tropicales.

\* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.), Géographe, 24 rue Bayard, 75008 Paris

B18. 72421



## LES CLIMATS TROPICAUX

### CLIMATS TROPICAUX

-  Climat équatorial
-  Climat tropical humide  
= tropical à courte saison sèche
-  Climat tropical contrasté  
- tropical à moyenne saison sèche
-  Climat tropical sec  
= tropical à longue saison sèche
-  Variété montagnarde

### CLIMATS AU CONTACT DU MONDE TROPICAL

-  Climat subtropical humide
-  Climat semi-aride
-  Climat aride
-  Limite du monde tropical

## LES CAUSES DE LA PLUVIOSITE TROPICALE

- Limites du monde tropical  
c'est-à-dire où l'on a simultanément :
  - des températures moyennes toujours supérieures à 20°.
  - des précipitations annuelles supérieures à 350 mm.
  - une amplitude thermique quotidienne supérieure à l'amplitude thermique annuelle.
 Certaines régions reçoivent des pluies des alizés maritimes, d'autres au moment du passage de la bande pluvieuse (la mousson) d'autres enfin sont frappées par les typhons

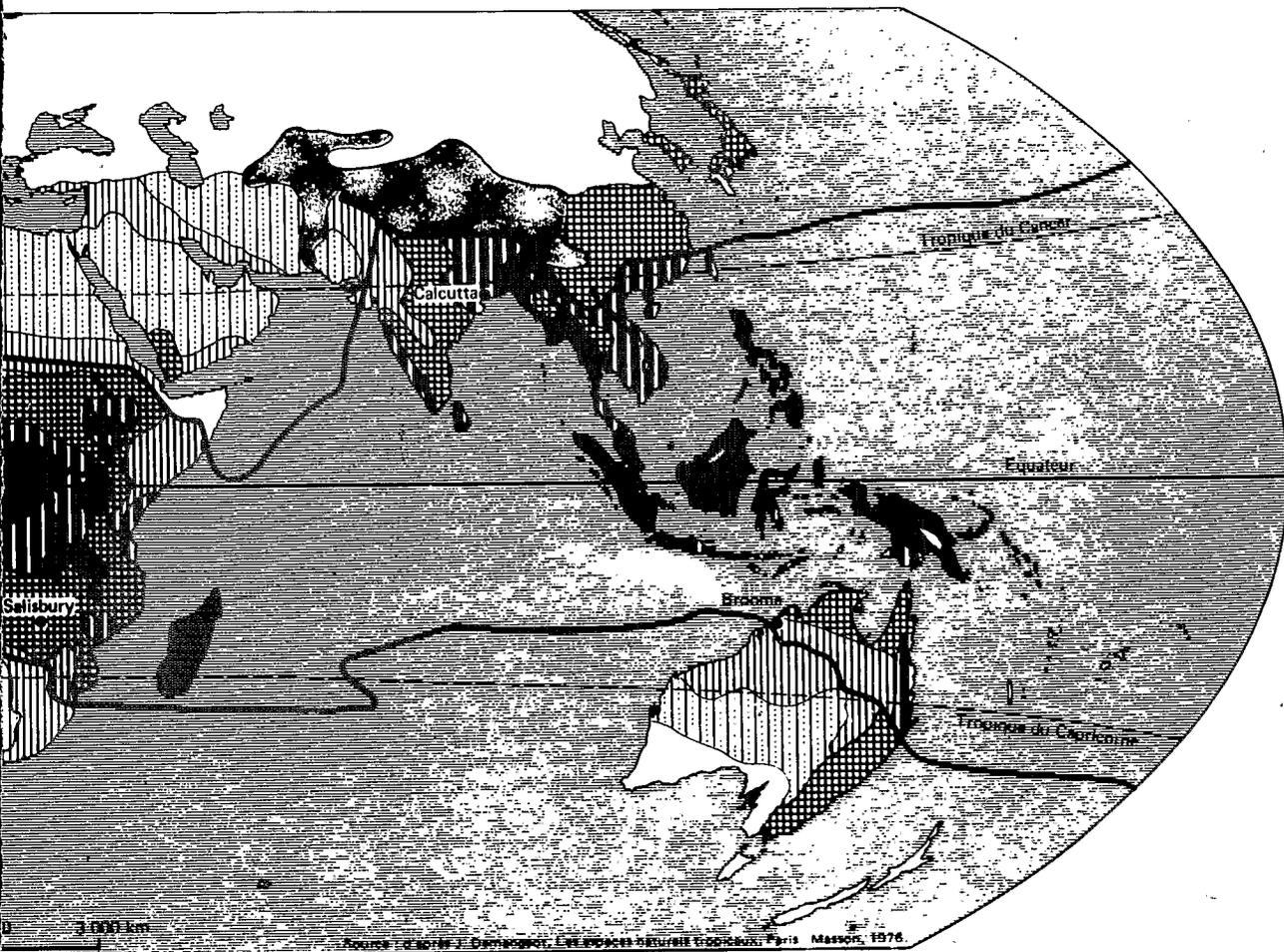


FIGURE 1  
**Grands types de climats tropicaux**

(Tiré de la Documentation photographique n° 6040 - avril 1979 : "Les paysages tropicaux", Paris, la Documentation Française, d'après J. DEMANGEOT, 1976, MASSON, Paris,

## 1 — LES CARACTÈRES DU MONDE TROPICAL

### Climats équatoriaux et climats tropicaux à saison sèche

Les climats tropicaux ont en commun des températures élevées, dont les moyennes annuelles oscillent entre 23° et 30° C (Paris : 11,5°, Marrakech : 20°), et une faible amplitude du photopériodisme journalier, la durée du jour variant d'autant moins que l'on est proche de l'équateur : entre 11 h 30 et 12 h 30 à l'équateur contre 9 h à 16 h à 45° de latitude. Ils se différencient très fortement par contre en fonction de leur inégale pluviosité, tant en quantité annuelle que par le régime pluviométrique, dont l'effet sur la végétation renforce considérablement la diminution des précipitations sur les marges du monde tropical.

A proximité de l'équateur thermique ou météorologique - lequel ne coïncide pas forcément avec l'équateur géographique - il pleut toute l'année, avec deux maxima plus ou moins symétriques après les équinoxes et une faible amplitude thermique annuelle. Ce sont les diverses nuances des climats équatoriaux. En s'éloignant de l'équateur vers les tropiques, la quantité de pluie diminue, l'amplitude thermique annuelle augmente et surtout les deux maxima de précipitations se rapprochent et se fondent en une saison des pluies unique, dont le maximum est centré un ou deux mois

après le solstice d'été ; c'est "l'hivernage" de certaines régions, notamment au Sénégal, bien que les pluies se produisent en saison chaude. Ces climats sont qualifiés de tropicaux "longs ou courts" selon la durée de la saison des pluies, ou de plus ou moins "contrastés", selon l'ampleur de la saison sèche.

La transformation des climats en fonction de la latitude, traduit en simplifiant, l'effet du balancement annuel de la Zone Intertropicale de Convergence (CIT) ou Front Intertropical de Convergence (FIT), cette convergence désignant celle des alizés des ceintures tropicales boréales et australes, responsable du développement massif des cellules convectives qui produisent le gros des précipitations. Le FIT suit avec quelque retard le balancement apparent du soleil entre les deux tropiques, induisant chaque année deux maxima convectifs à l'équateur et un seul à proximité de chacun des tropiques. Ce schéma se complique naturellement de tous les effets d'échanges Océan-Continent : climats dominés par les régimes d'alizés et climats de moussons, en Asie du SE et en Afrique Occidentale (1).

(1) Sur le mécanisme des moussons, cf. DEMANGEOT (1976) ou PEGUY (1961).

TABLEAU 1

Climat	Précipitations annuelles	Saison sèche cumulée	Exemples
Equatorial 2 Max. symétriques	Plus de 2000 mm ou 1 maximum et pas de saison sèche	0 à 3 mois	Douala, Colombo
Subéquatorial 2 Max. dissymétriques	2000 à 1500 mm et courte saison sèche	2 à 3 mois	Abidjan, Iquitos
Tropical Humide	2000 à 1500 mm	2 - 3 à 5 mois	Entebbe Hong Kong
Tropical contrasté	1500 à 1000 mm	4 - 5 à 7 mois	Fort Achambault, Bombay, Bamako.
Tropical sec	1000 à 400 mm	6 - 7 à 9 mois	N'Djamena, Dakar

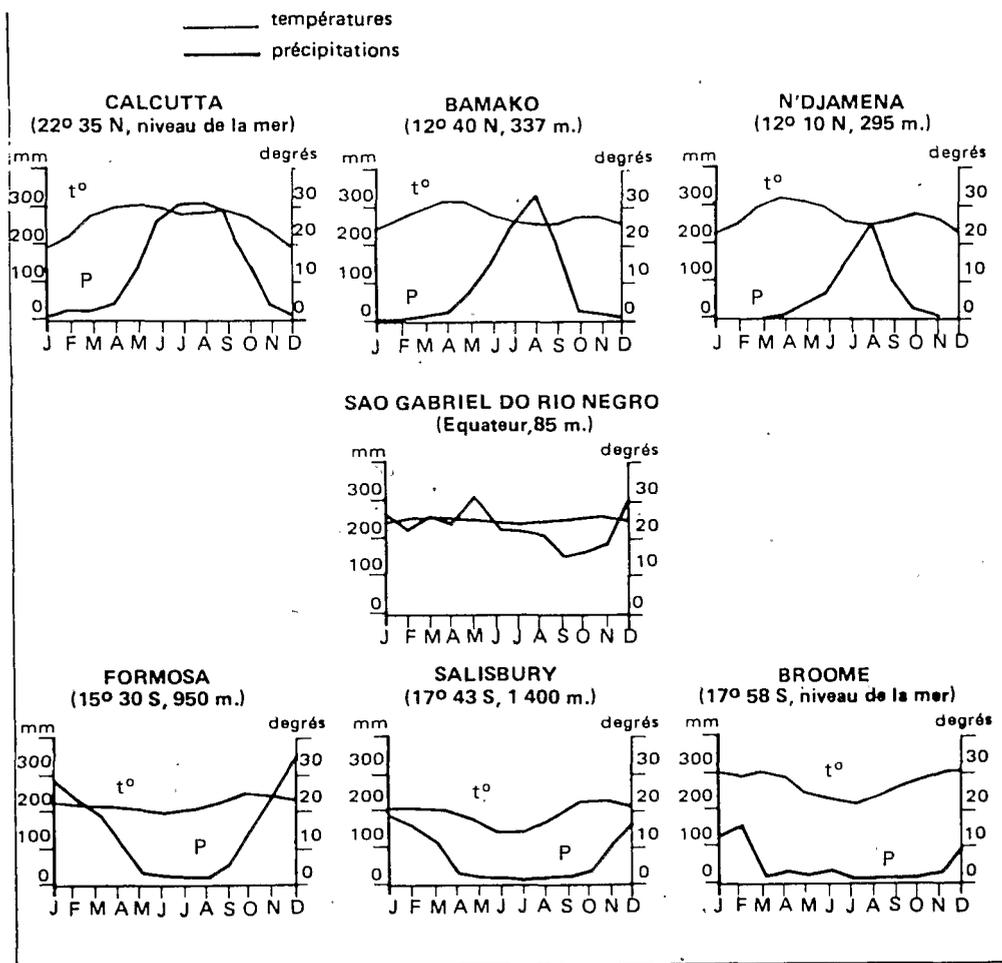


FIGURE 2  
Diagramme de quelques stations

(fig. 1), où l'on a pris  $P = 10 t$ , pour mieux exprimer le spectacle saisonnier des températures. Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN, où l'on prend  $P = 2 t$  permet de mieux visualiser la saison sèche (tiré de J. DEMANGEOT, La Documentation Française 1979).

Les typologies des climats tropicaux sont de nature statistique, à partir de la quantité et du régime des précipitations, génétique en fonction des mécanismes et des causes du climat, ou écologique. Nous ne parlerons que de cette dernière, parce que la plus significative et la plus commode en matière de végétation et d'agriculture. La classification écologique des climats tropicaux, issue des travaux convergents de H. GAUSSEN et de C. TROLL, tient compte pour l'essentiel des effets du climat sur la végétation par calcul de l'évapotranspiration, résultante de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes. Une première démarche cherche à définir commodément la sécheresse en

comparant précipitations et températures mensuelles (GAUSSEN) : est considéré comme sec tout mois dont les précipitations (en mm) sont inférieures au double de la température moyenne (en °C) ; le résultat est exprimé sur l'année par un diagramme ombrothermique très simple (figure 2). Une seconde démarche, plus complexe, consiste à rechercher les jours secs à partir de données plus nombreuses : pluie, température, vent, nébulosité..., le nombre de jours secs dans l'année constituant un indice xérothermique.

A partir de cette approche on peut dresser une typologie simplifiée des climats tropicaux (cf tableau 1).

Tous ces types de climat ont en commun une grande variabilité inter-annuelle des précipitations ; la moyenne annuelle des pluies varie d'une part dans des proportions importantes d'une année à l'autre, d'autre part le calendrier pluviométrique est irrégulier : les pluies, d'origine orageuse pour la plupart, ont des intensités élevées, et leur efficacité pour l'alimentation en eau des végétaux dépend essentiellement de leur bonne répartition au cours de la saison des pluies. Cette variabilité est d'autant plus grande que le climat est sec, et nous verrons qu'elle constitue l'un des premiers facteurs limitants pour le développement de la végétation.

### Les formations végétales

La végétation du monde tropical se différencie très fortement selon l'humidité du climat, et se distribue entre deux pôles opposés : forêts denses humides sous climats équatoriaux et tropicaux humides et brousses et steppes à épineux sous climats tropicaux secs, en passant par toutes les nuances de forêts sèches ou claires et de savanes plus ou moins boisées sous les climats tropicaux contrastés. Mais elle est également très différenciée selon les domaines géographiques : après la séparation progressive des continents tropicaux au Jurassique, chacun d'eux a connu une évolution propre de sa flore et de sa faune à partir d'un fond commun pantropical, et l'on distingue les domaines floristiques Ethiopien (Afrique), Néotropical (Amérique tropicale) et Indo-Malais, ce dernier étant particulièrement riche en espèces parce que moins isolé dans le sens Est-Ouest que les deux premiers. Inversement les domaines insulaires sont particulièrement riches en endémismes, ou caractères floristiques et faunistiques propres à une région : domaines Malgache, Polynésien et Australien, où l'évolution de la vie s'est faite à l'abri de tout échange.

Le critère de classement le plus maniable des formations végétales est physionomique, leur aspect floristique, très complexe, restant affaire de spécialistes régionaux. Sous leur aspect physionomique les formations tropicales sont classées à partir du type de peuplements ligneux (arbres à défoliation saisonnière ou non, structure par strate, arbustes épineux ou non) éventuellement liés à des peuplements herbacés (denses, lâches, plus ou moins hauts...). En simplifiant, la végétation tropi-

cale peut se répartir en trois classes :

- Les forêts denses humides, qui se subdivisent en forêt sempervirente ou ombrophile, équatoriale, dont les feuilles tombent régulièrement tout au long de l'année, et forêt semi-décidue humide, ou mésophile, sous climat tropical humide, dont une partie des espèces connaît une défoliation de saison sèche. Cette subdivision se complique beaucoup quant à l'aspect floristique, mais affecte peu la physionomie des forêts humides, qui restent assez voisines à l'œil d'un non spécialiste.

- Sous climat tropical contrasté, les formations très largement dominantes sont toutes les variétés de savanes boisées, dont le terme à peuplement ligneux le plus dense est la forêt claire, sous laquelle subsiste un couvert herbacé parcouru par les feux de saison sèche. Les forêts sèches tropicales occupent la même aire climatique, où elles sont cependant très minoritaires ; perdant toutes leurs feuilles en saison sèche, elles sont qualifiées de décidues ou caducifoliées, et ne présentent aucun couvert herbacé au sol.

- Sous climat tropical sec on rencontre majoritairement des steppes à buissons épineux plus ou moins dense, définies par un couvert herbacé très discontinu, où les feux ne passent plus. Moins répandues, les brousses à épineux sont beaucoup plus fermées et peuvent être considérées comme une variété particulière de forêts sèches xérophiles.

En première approximation, cette typologie est assez "zonale", ce qui signifie qu'elle décrit un gradient décroissant dans l'importance et la densité des peuplements ligneux et herbacés depuis l'équateur jusqu'aux tropiques. Mais ce gradient n'est que très imparfaitement latitudinal dans le détail, et des formations très distinctes sont susceptibles d'occuper des aires aux climats très voisins, selon les conditions de roches et de sols ainsi que de l'histoire passée du climat.

On sait en effet, par l'étude des pollens fossiles, de la composition floristique de la végétation, des sols et du modelé, que les changements passés du climat ont fortement modifié la couverture végétale, dont les grandes formations ont occupé des aires plus restreintes ou plus étendues qu'actuellement. Ainsi en Côte d'Ivoire les savanes arborées soudaniennes ont atteint la côte au cours d'un épisode sec vers - 20 000 ans, la forêt dense humide étant réduite à des refuges très localisés (cf. PELTRE 1977) ; de plus la forêt tend encore actuellement à regagner du terrain sur ses lisières,



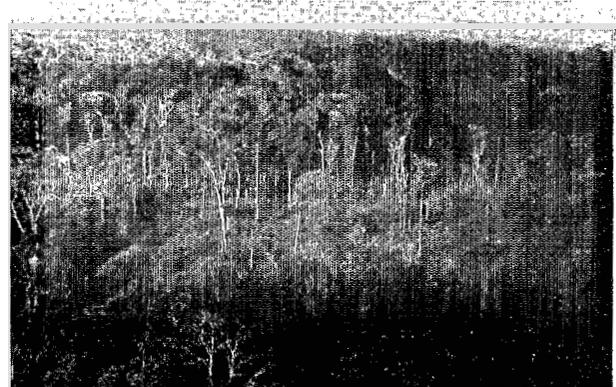
*Savane dégradée (pâturage et surtout cultures)  
près de KOMBO LAKA - ADAMAOUA  
(NEIGANGA) - Cameroun - 1963 - LETOUZEY R.  
Collection C.T.F.T.*



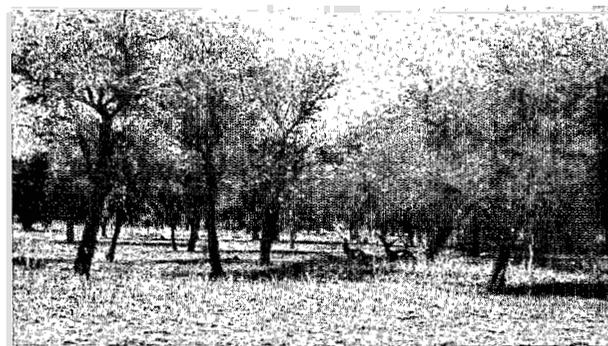
*Steppe arborée au Niger - SARLIN P.  
1961 - Collection C.T.F.T.*



*Forêt semi-décidue en cours de destruction  
pour cultures ; jachère à Pennisetum purpureum  
précédant la savanisation - Cameroun  
LETOUZEY - 1959 - Collection C.T.F.T.*



*Côte d'Ivoire - Service de l'Information  
La Forêt dense - 1964 - Collection C.T.F.T.*



*Forêt claire à Balanites dans le Nord Cameroun  
Kousseri - Fort Foureau - Cameroun  
1939 - Collection C.T.F.T.*

l'avance pouvant être chiffrée à 1 mètre par an dans certains cas (cf. BLANC - PAMARD et SPICHIGER 1977). Des phénomènes de même nature sont connus sur la bordure méridionale du massif congolais, dans les régions de mosaïque forêt-savane du Congo-Brazzaville. Enfin des études récentes montrent d'importants reculs de la forêt amazonienne sur les piedmonts Andins, où il existe des cas de forêt dense humide développée sur un modelé et un matériel typiquement dunaires (1).

Sur les marges arides du monde tropical, les problèmes de recul de la végétation sont célèbres, notamment au sud du Sahara. Mais l'on ignore encore, faute de corrélations chronologiques précises, si la bande des savanes soudanaises d'Afrique s'est simplement déplacée en latitude alternativement, ou si elle s'est au contraire successivement dilatée puis rétrécie, en mordant simultanément sur les domaines forestiers et semi-arides au cours des phases de plus grande extension. La forêt équatoriale de la cuvette congolaise ne semble avoir subi que des dilatations ou des rétrécissements de son aire, autour d'un noyau permanent. Enfin les modifications des grandes formations végétales ne sont encore connues qu'en des points très localisés en Amérique Latine et en Asie, où leur disposition actuelle est plus complexe, moins latitudinale, qu'en Afrique.

Les effets des changements de climat sur la couverture végétale, bien que mal connus encore dans leur détail, semblent affecter toute la zone tropicale, et nous verrons que l'étude du modelé et des sols confirment leur existence. L'approche du milieu naturel tropical doit donc tenir compte de ce contexte dynamique, dans lequel la végétation ne s'adapte aux changements du climat qu'avec un retard important, dans lequel la pratique des feux annuels en savane joue un rôle important.

### Les sols et le modelé

Dans toute la zone tropicale, l'élaboration des sols et le façonnement du relief sont étroitement interdépendants ; ils sont directement commandés par les effets du climat sur la roche mère, le plus souvent par l'intermédiaire essentiel et primordial

(1) Concernant les paléoclimats sur les piedmonts andin, cf. SOUBIES (1981), deux communications de SERVANT et al. (1981) et le N° spécial de : cahiers ORSTOM. vol. X, N° 1, 1978.

de la végétation et de la faune du sol. En effet, la fragmentation et l'altération de la roche sont en général réalisées par des acides humiques faibles et non par de l'eau pure, le couvert végétal protège le sol et en modifie le climat, enfin la faune du sol y produit des mouvements de matière solide et un brassage considérable.

- Comme la végétation, modelés et sols se répartissent entre deux pôles extrêmes, en fonction de l'humidité du climat. Dans les régions équatoriales forestières, la pédogénèse et l'évolution du relief sont sous la domination de l'altération biochimique, rendue très active par la température élevée et la vie végétale intense. En même temps le couvert végétal très dense immunise presque totalement le sol de l'agressivité des pluies, et les actions morphogénétiques mécaniques sont très réduites, le transport de matière s'effectuant surtout en solution dans les eaux. Ce type de morphogénèse a été qualifié de "**biostasique**" par EHRART et correspond aux régions forestières à relief de croupes ou collines multiconvexes (demi-oranges), à sols rouges ferrallitiques très profonds, jusqu'à plus de 30 mètres.

- Au contraire dans les régions tropicales sèches à steppes et savanes peu couvrantes, où des pluies très intenses arrivent sur une végétation réduite en fin de saison sèche, souvent après brûlis, les actions mécaniques dominent, à forte composante latérale par ruissellement sur les versants. Ce sont des régions d'aplanissements généralisés, créés par un ruissellement "en nappe" ou en petits chenaux anastomosés que favorise une végétation très clairsemée qui s'oppose à la concentration du ruissellement ; il s'agit là d'une morphogénèse de type "**rhéxistatique**". Les sols y sont plus minces (1 à 3 m) sur de longs versants rectilignes en pente faible, et présentent des profils contrastés : horizons "appauvris" en surface reposant sur une nappe de gravats très fréquente, la "stone-line", horizons d'accumulation d'argiles au-dessous.

- Entre ces deux pôles, altération à composante verticale et actions météoriques à composante latérale se combinent dans le domaine des sols ferrugineux tropicaux, occupés surtout par des savanes boisées, où le fer résiduel après altération a fréquemment été induré en carapaces et cuirasses ferrugineuses, que l'on appelait les "latérites" autrefois.

En simplifiant, on peut établir le tableau suivant des correspondances "zonales" ou latitudinales entre sols, végétation et climat :

Types de sols dominant	Formations végétales dominantes	Climat	Nombre de mois secs	Précipitations
Ferrallitiques rouges, profonds	Forêt ombrophile Forêt mésophile	Equatorial	0 - 2	Plus de 2000 m  1 500 mm  1 000 m  400 m
		Subéquatorial	2 - 3	
		Trop. humide	3 - 5	
Ferrallitiques et ferrugineux à pisolites et cuirasses	Savanes boisées et forêts sèches	Tropical contrasté	4 - 7	
Ferrugineux ocres et beiges à nodules	Brousses à épineux et steppes trop. arbustives	Tropical sec	6 - 9	
Sols subarides	Steppes tropicales	Tropical sec	8 - 10	

A ceci il faut ajouter des sols présents sous tous les types de climat, dits azonaux ou intrazonaux : la catégorie des sols hydromorphes, engorgés saisonnièrement pour des raisons de structure du sol et de topographie ; les sols vertiques à argiles gonflantes, issus de l'altération de roches riches en bases en milieu mal drainé, et le cortège des sols développés sur roches volcaniques récentes, très fertiles en-dehors des zones sèches (Andosols).

### Les caractères "tropicaux" du modelé

Au total, les régions tropicales présentent, à conditions climatiques voisines, de grandes similitudes entre elles en ce qui concerne le modelé et les sols. Au plan géologique, hormis les chaînes montagneuses et les régions volcaniques de superficies réduites, la plupart des régions tropicales se situent sur des socles très anciens (dits gondwaniens : 570 millions d'années contre 280 pour les socles hercyniens des régions tempérées), dont les roches d'âge précambrien, cristallines et métamorphiques, sont essentiellement siliceuses. Ces vieux socles n'ont pratiquement pas connu de transgressions marines, et les sédiments qui en couvrent environ la moitié sont détritiques et continentaux, constitués surtout de séries gréseuses, donc également siliceuses. D'une part les calcaires, liés aux sédimentations marines, sont donc très rares dans la zone tropicale, ce qui implique des conséquences pédologiques importantes ; d'autre part ces socles anciens sont rigides : ils n'ont pas connu de plissements, mais des déformations à grand rayon (p. ex. la cuvette congolaise) et surtout de nombreux épisodes de fracturation, créant des réseaux de failles qui ont forte-

ment influencé le façonnement du relief. Les paysages tropicaux présentent donc une certaine unité structurale : roches essentiellement siliceuses, fracturation généralisée, morphogénèse continentales, non interrompue par des épisodes marins transgressifs.

Les sols et modelés tropicaux présentent également des caractères morphoclimatiques très particuliers, comparés à ceux des régions tempérées ou froides : épaisseur des profils sous forêt dense humide, cuirassement ferrugineux fréquent sous savane, aplanissements généralisés au pied de reliefs résiduels très localisés sous savanes et steppes. Ces caractères sont liés au foisonnement de la vie végétale qui ne subit pas d'interruption saisonnière hivernale, et à la permanence très ancienne des climats chauds sur des socles cristallins. De plus ces régions, bien qu'elles aient connu des changements de climat, n'ont pas subi de bouleversement climatique comparable à ceux des grandes glaciations quaternaires dans les régions tempérées ; en particulier les vastes dépôts fluvio-glaciaires des latitudes moyennes n'existent pas ici, pas plus que l'intense remaniement des sols réalisé par les processus liés au gel. Seuls existent dans la zone tropicale des sols dérivés de la roche-mère siliceuse par altération biochimique, fortement retouchés par l'érosion en nappe lorsque le climat tropical contrasté a réduit le couvert végétal ; ces sols sont liés à des modelés caractéristiques du monde tropical : collines multiconvexes dans la zone humide, aplanissements dans la zone tropicale contrastée, souvent dominés par des reliefs résiduels rocheux, chaînons quartzitiques ou schisteux et inselbergs granitiques, témoins de l'ancienneté de la morphogénèse continentale.

Mais dans le détail, les sols et la végétation ne concordent pas toujours aussi bien avec le climat qu'un schéma général ne l'indique, surtout aux limites de chaque ensemble. Modelé, sols et végétation ont enregistré l'héritage de changements passés du climat, principalement en quantité et régime des précipitations. On connaît de nombreuses traces d'épisodes plus humides dans les zones Sahélienne en Afrique, notamment très grande extension du Lac Tchad à plusieurs reprises au quaternaire récent et variations de régime du fleuve Sénégal, dont il reste d'importants dépôts alluviaux. Inversement les limites de la forêt dense humide ont fortement reculé durant le quaternaire récent, dont nous avons vu des exemples en Côte d'Ivoire, au Congo et sur le piedmont amazonien des Andes Boliviennes, sans que l'on sache encore corréliser ces variations des zones bioclimatiques.

Toujours est-il que de nombreux sols sont hérités de phases climatiques anciennes, que le modelé de nombreuses régions ne peut s'expliquer sans tenir compte de ces alternances paléoclimatiques, et que les formations végétales ne sont pas nécessairement en équilibre avec le climat actuel dans les zones de transition.

### **Les eaux de surface**

L'ensemble de la zone tropicale subit une forte évaporation, liée aux températures élevées, laquelle entraîne des déficits d'écoulement élevés. Mais ces derniers sont particulièrement forts sous climat tropical contrasté, et diminuent lorsque l'on dépasse 1 500 mm de précipitations annuelles : le Logone n'écoule que 11 % environ des précipitations reçues sur son bassin, contre 40 % pour l'Amazonie. En outre la vigueur du relief accélère l'écoulement et diminue l'évaporation, améliorant ainsi les coefficients d'écoulement.

Les débits des fleuves tropicaux sont énormes, surtout ceux de la zone tropicale humide, qui collectionnent les records mondiaux en longueur et en débits bruts. Par rapport à la superficie de leurs bassins-versant, ce sont également les fleuves des régions équatoriales ou tropicales humides qui présentent les débits spécifiques (moyens annuels ou modules) plus élevés : 15 à 30 l/s/km<sup>2</sup> contre 5 à 8 l/s/km<sup>2</sup> sous climat tropical contrasté ; pour comparaison, la Seine à Paris écoule 5,9 l/s/km<sup>2</sup>.

Le régime des fleuves tropicaux est exclusive-

ment pluvial, contrairement à ceux des régions tempérées où c'est la fonte des neiges qui domine, les crues intervenant avec deux ou trois mois de retard sur la saison des pluies. Le régime dépend du climat, mais également de la disposition en latitude des grands bassins fluviaux : régimes équatoriaux à deux maxima, régimes tropicaux à un seul maximum, et régimes complexes dont le Niger est le plus bel exemple, avec une seule crue en décembre janvier à Tombouctou, mais deux maxima à l'embouchure, l'un en février mars, provenant de la tête du bassin, l'autre en août septembre, dû aux pluies locales sur la partie aval du bassin.

D'un point de vue géomorphologique, les fleuves des régions forestières se caractérisent par un transport de matériel fin uniquement : limons, argiles et substances dissoutes, ce qui confirme le rôle presque exclusif de l'altération dans la morphogénèse de ces systèmes biotasiques. Les galets sont absents et n'existent que dans des terrasses fluviales relictuelles, qui témoignent de l'existence de climats passés plus agressifs sur une couverture végétale plus réduite, et peut-être de phases tectoniques de soulèvement à grand rayon. Les fleuves des régions de savanes et steppes tropicales transportent surtout des sables et limons, mais là aussi les galets sont rares et inactuels.

Cette rareté des éléments grossiers dans le lit actuel des cours d'eau est liée au faible relief des vastes régions de socle cristallin du monde tropical, où tracé et profil des fleuves sont également caractéristiques : ce sont des tracés à coudes brusques et à baïonnettes, inscrits dans des réseaux de fractures, et des profils en marches d'escalier dont les nombreux rapides sont déterminés par des failles et des discontinuités lithologiques du socle. Partout dans les régions de socle les cours d'eau s'inscrivent dans la roche en place, et seuls ceux des régions de piedmont des reliefs importants alluvionnent et présentent des tracés à méandres, comme la haute Amazonie ou les fleuves de l'Ouest malgache.

Enfin les eaux souterraines ne se présentent en grandes nappes phréatiques que dans les régions où une couverture sédimentaire masque le socle, et encore sont-elles fréquemment inactuelle dans la zone tropicale sèche. Dans les régions de vieux socle cristallin, elles se réduisent à de nombreuses petites nappes dans les poches d'altérites, et à des "réservoirs" constitués par les roches broyées des lignes de fractures, au demeurant très nombreux.

ses. La pauvreté en grandes plaines alluviales, d'origine fluvio-glaciaire aux latitudes moyennes,

et en bassins sédimentaires d'origine marine, reste un trait majeur de nombre de régions tropicales.

## 2 — LES CONTRAINTES DU MILIEU NATUREL

La zone tropicale présente des contraintes spécifiques fortes pour l'agriculture, liées aux climats, à la fragilité des sols et au rôle primordial de la végétation naturelle dans les équilibres bioclimatiques qui commandent l'évolution des sols. Les systèmes agraires traditionnels sont en général bien adaptés à ces contraintes et préservent assez bien l'équilibre du milieu, équilibre qui s'est lui-même adapté à ces systèmes de culture comme en témoignent les feux annuels, de règle dans toutes les régions de savane, où ils ont surtout une fonction de nettoyage. Au contraire, les systèmes de culture intensifs et mécanisés d'origine occidentale subissent beaucoup plus fortement ces contraintes, et nécessitent une bonne adaptation aux conditions de climats et de sols tropicaux pour ne pas menacer à court terme l'équilibre du milieu naturel.

### Des climats agressifs et irréguliers

L'une des caractéristiques majeures des climats tropicaux réside dans le fait que les pluies y sont presque exclusivement orageuses ou dues aux cyclones tropicaux ; elles ont de ce fait des intensités élevées, associées à une forte irrégularité interannuelle, tant en volume que selon un calendrier très variable, d'autant plus capricieux du reste que le climat est plus sec.

Cette variabilité élevée entraîne notamment des pointes d'intensité occasionnelles des précipitations, qui provoquent une érosion en nappe d'autant forte que le développement de la végétation naturelle est limité par la sécheresse du climat. En régions de forêt dense humide le sol est protégé par la couverture végétale fermée et l'érosion reste peu active ; mais ce risque augmente sur les grands périmètres de culture mécanisée où le sol reste à nu une partie de l'année, et il devient considérable lorsque cette partie du calendrier agricole coïncide avec le gros des pluies.

La grande variabilité des pluies a pour autre conséquence une certaine fragilité des cultures, dans la mesure où elles exigent un minimum de régularité des pluies durant leur cycle de développement.

Cette fragilité varie selon la tolérance au déficit pluviométrique de chaque culture, et les systèmes agraires traditionnels y pallient en associant toujours plusieurs cultures de susceptibilités diverses aux aléas du calendrier pluviométrique. La monoculture, de règle dans les grands complexes agricoles mécanisés, est naturellement beaucoup plus vulnérable à l'irrégularité des pluies.

Enfin la chaleur favorise le développement de maladies et de parasites des hommes, des animaux et des plantes. Ces problèmes sanitaires et phytosanitaires constituent un facteur supplémentaire d'agressivité du climat, très pénalisant pour toute implantation de nouvelles races de bétail ou de variétés améliorées de culture, le plus souvent non résistantes aux grandes endémies. En outre les grands complexes agro-industriels sont fréquemment implantés dans des zones vidées de peuplement par suite de contraintes sanitaires, qu'il faut préalablement assainir ; l'onchocercose qui affecte toutes les grandes vallées alluviales de l'Afrique de l'Ouest des savanes en est un bon exemple.

### Des sols médiocres et fragiles

Nous avons vu qu'une très grande part des régions tropicales ont un soubassement de vieux socle cristallin, soumis à une altération tropicale très ancienne. Il en résulte des sols pauvres en éléments minéraux mobilisables par les plantes, dont les horizons sont surtout constitués de résidus de l'altération (quartz, fer, alumine), dont certains sous forme d'argiles de néoformation stables. La kaolinite notamment, très largement majoritaire dans les sols ferrallitiques et ferrugineux, n'a qu'une capacité d'échange réduite, qui entraîne une fertilité minérale en général médiocre. La fertilité de ces sols dépend donc surtout des apports en matière organique, dont nous avons vu que sa minéralisation est très rapide sous les climats tropicaux, ce qui signifie son mauvais stockage dans les horizons superficiels.

En outre plusieurs éléments jouent dans le sens

d'une médiocre structure des sols tropicaux : un déséquilibre fréquent dans la texture (déficit en limons notamment), la pauvreté en calcium des roches cristallines ainsi que la minéralisation rapide de la matière organique. Aucun de ces facteurs n'est favorable à la constitution de complexes argilo-humiques stables dans les horizons, dont la structure est par conséquent médiocre : les sols sont durs et compacts en saison sèche, et mal drainés, à tendance boueuse en saison des pluies. Comme de surcroît certains cycles culturaux exigent des labours en saison des pluies, on conçoit combien la grande culture mécanisée dans les régions tropicales risque de dégrader les sols par compactage de leurs horizons. La figure 3 résume la dynamique des sols kaoliniques selon le climat, sous végétation naturelle et sous culture.

Seuls les sols développés sur roches volcaniques font exception à ces caractères de fertilité et de structure médiocres, du fait que leurs argiles ont une bonne capacité d'échange, permettant ainsi la constitution d'un complexe argilo-humique stable ; fertilité minérale et structure y sont donc bien meilleurs que dans les sols développés sur socle cristallin.

Enfin l'altération très ancienne des roches sur socle cristallin, soumise à d'importantes variations de climat, est responsable d'une grande extension des indurations ferrugineuses (cuirasses et carapaces) dans toute la zone tropicale à climat contrasté ; ces cuirasses, affleurantes ou à faible profondeur dans les sols, constituent en soi une forte contrainte pour l'agriculture, dont elles limitent les possibilités d'extension dans l'espace. A titre d'illustration, on peut estimer à 45 % du total les superficies inutilisables en agriculture à la charrue dans un terroir du Nord de la Côte d'Ivoire (1), contre 25 % seulement inutilisables en agriculture traditionnelle à la daba (2). La différence provient pour l'essentiel des cuirasses sub-affleurantes, où le buttage à la daba autorise la mise en culture d'horizons superficiels très minces, impossibles à labourer à la charrue.

(1) cf. : pp 340 - 352 in PELTRE-WURTZ J. et STECK B. Influence d'une société de développement sur le milieu paysan. Coton et culture attelée dans la région de la Bagoué (Nord Côte d'Ivoire). 482 p. multigraph., Abidjan, Centre ORSTOM de Petit-Bassam.

(2) Houe traditionnelle en pays Sénoufo, dont le travail est très superficiel. Le labour à la daba ramène la terre en buttes, qui fournissent aux racines un volume de terre et un drainage suffisants.

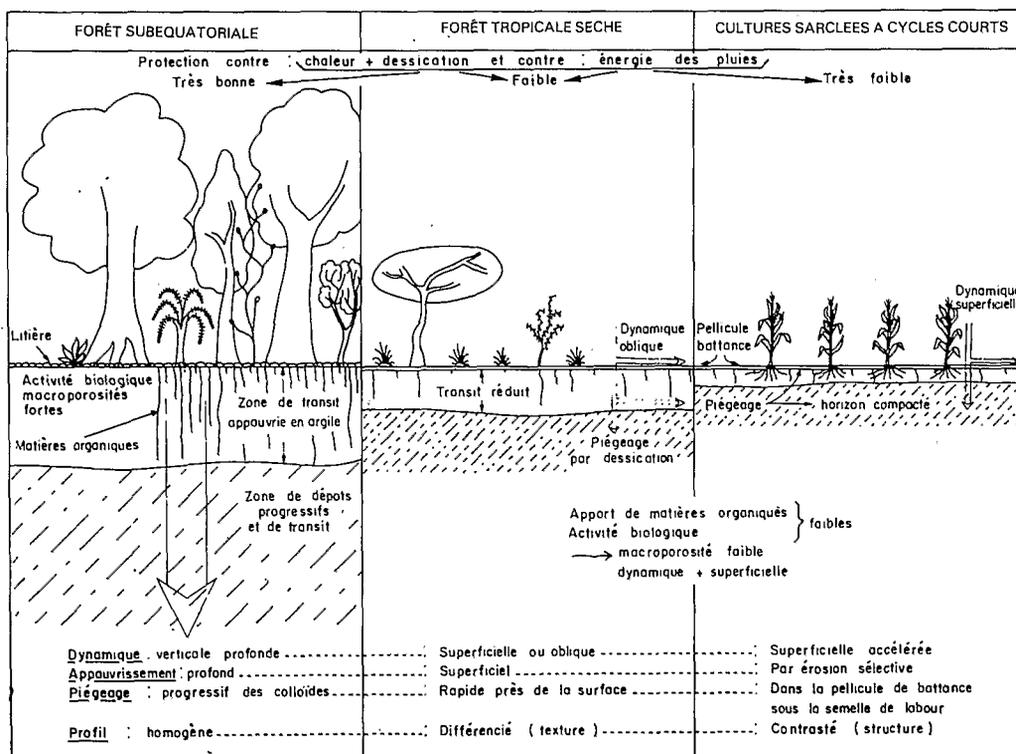


FIGURE 3

**Influence biologique et climatique sur l'évolution du profil pédologique d'une couverture kaolinique en milieu tropical**

(Tiré de "Cahiers Orstom" Pédol. vol. XVIII N° 3-4 1980-1981)

## CONCLUSION

### Des équilibres bioclimatiques fragiles

Nous avons vu à quel point la couverture végétale commande directement l'évolution du relief et la dynamique du sol. La végétation naturelle a par ailleurs enregistré les effets des variations passées des climats, et se situe partout dans un contexte dynamique : aux lisières des grandes forêts équatoriales la forêt tend à regagner du terrain, alors que dans les marges sahéliennes la végétation se dégrade sous l'action conjointe d'oscillations climatiques sèches et d'une surcharge pastorale générale depuis l'amélioration de l'état sanitaire du bétail.

On comprend que les défrichements n'aient pas le même impact selon la zone bioclimatique où ils se situent : alors que sous climat tropical sec les risques irréversibles sont grands dans un contexte

général de dégradation, ils sont bien moindres sous climat tropical humide ou subéquatorial, où la végétation naturelle conserve un potentiel élevé de reconquête. Cependant même dans ce dernier cas il subsiste des risques très sensibles de dégradation de la structure du sol si des manières culturelles mécanisées sont appliquées sans précaution : choix des périodes de labours et des types d'engins utilisés, degré de couverture des cultures et assolement, taille et forme du parcellaire, notamment. Une telle dégradation est très difficilement réversible, sauf très longue jachère, et justifie donc beaucoup de prudence dans l'implantation de nouveaux systèmes de culture intensive en zone tropicale, que l'évolution démographique rapide et la forte urbanisation de ces régions rend inéluctable dans un proche avenir.

## BIBLIOGRAPHIE

### Généralités

DEMANGEOT J. - *Les espaces naturels tropicaux*. Paris, Masson, 1976.

DAVEAU S. et RIBEIRO O. : *La zone intertropicale humide*. Paris, A. Colin, 1973.

DE PLANHOL X. et ROGNON P. : *Les zones tropicales arides et subtropicales*. Paris, A. Colin, 1970.

### Cartes

*Times Atlas of the World*, Londres, 1978.

- Carte des climats : p. XXIV : World climate, pl. 4 : World climatology.

- Structure géologique : pl. 2 World physiography.

- Carte de la végétation : pl. 5 World vegetation.

*Carte des climats du monde* (selon GAUSSEN et TROLL) : in La documentation photographique N° 6040, avril 1979, "Les paysages tropicaux", Paris, la Documentation Française..

### Climat

PEGUY Ch. P. : *Précis de climatologie*. Paris, Masson, 1961.

GAUSSEN H. et LEGRIS : *La délimitation des zones tropicales humides*. in : *Les annales de Géographie*, 1963.

TROLL C. et PFAFFEN K. H. : *Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde*. Erdkunde, 1964.

### Végétation et changements climatiques

LEMEE G. : *Précis de biogéographie*. Paris, Masson, 1967.

SCHNELL R. : *Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux*. Paris, Gauthier-Villars, 1970, 2 vol.

PELTRE P. : *Le "V Baoulé" (Côte d'Ivoire centrale). Héritage géomorphologique et paléoclimatique dans le tracé du contact forêt-savane*. Travaux et Documents de l'ORSTOM N° 80, 1977.

SPICHIGER R. et PAMARD C. : *Etude du recré forestier sur des parcelles cultivées en lisière d'un îlot forestier dans le sud du pays Baoulé*. Candolée, 1973, pp. 21-37.

SOUBIES F. : *Existence d'une phase sèche en Amazonie brésilienne datée par la présence de charbons dans les sols (6000 à 3000 ans BP)*. in : *cah. ORSTOM XI, N° 1, Géol.* ; 1979-1980.

SERVANT M., FONTES FC., RIEU M, SALIEGE JF. : *Phases climatiques arides holocènes dans le sud-ouest de l'Amazonie (Bolivie)* C.R. Acad. Sc. Paris, t.292, pp. 1295-1297. *Variations du régime et de la nature des précipitations au cours des 15 derniers millénaires dans les Andes boliviennes*. C.R. Acad, Sc, Paris, t. 292, pp. 1209-1212.