

INFLUENCE DES HÉRITAGES MORPHO- PÉDOLOGIQUES DANS LA RÉPARTITION DES FORMATIONS FORESTIÈRES : RÉGION DE SORAB-SIDDAPUR (INDE DU SUD)

par G. BOURGEON et J.-P. PASCAL



Cl. G. Bourgeon

Aspect des « Kan Forests » pendant la saison sèche (fin avril).

ABSTRACT

INFLUENCE OF THE MORPHOPEDOLOGIC HERITAGE IN THE DISTRIBUTION OF STANDS : REGION OF SORAB-SIDDAPUR (SOUTH INDIA)

The distribution of formations is generally linked to bioclimatic characteristics. However, there are some exceptions to this rule, abnormalities so to speak. In India, kan forests in Sorab region are islands of evergreen forests located in an area where deciduous stands would have been expected because of the bioclimate. Conversely, in the area around Siddapur, the forests that the rainfall might allow do not occur. The morphopedologic analysis shows that the nature and properties of soils play a major role in the distribution of formations; this type of analysis is well-adapted to a regional study, it also provides elements on the history of landscapes and allows to specify what the natural formations may have been like before anthropic degradation occurred.

Analogies with certain features of the Ivorian, natural environment are also stressed in the article.

Keywords : *morphopedology, soil-vegetation relationship, evergreen forests, India.*

RESUMEN

INFLUENCIA DE LAS HERENCIAS MORFOEDAFOLÓGICAS EN CUANTO AL REPARTO DE LAS FORMACIONES FORESTALES : REGION DE SORAB-SIDAPUR (INDIA DEL SUR)

El reparto de las formaciones vegetales guarda generalmente relación con las características bioclimáticas. No obstante, existen ciertas excepciones a esta regla, es decir « las anomalías ». En la India, los « kan forests » de la región de Sorab constituyen islotes de bosques de plantas perennes situados en una zona en que el bioclima permitiría prever formaciones correspondientes a bosques caducos. Inversamente, la región que se sitúa en torno de Sidapur no contiene los bosques que su pluviosidad permitiría desarrollar. El análisis morfoedafológico pone de manifiesto que la naturaleza y las propiedades de los suelos desempeñan un importante papel en el reparto de las formaciones vegetales. Este tipo de análisis, perfectamente adaptado al estudio regional, proporciona también los elementos del historial de los paisajes y permite precisar aquello que podían ser las formaciones vegetales naturales antes de producirse la degradación antrópica.

También se hacen resaltar en el artículo las analogías con ciertos rasgos del medio natural existente en Costa de Marfil. Palabras clave : morfoedafología, relaciones suelo-vegetación, bosques de plantas perennes, India.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement MM. Ph. LARQUE, Chercheur à l'Institut de Géologie de Strasbourg, et C. MARIUS, Pédologue à l'ORSTOM, pour la réalisation et l'interprétation des analyses d'argiles.

INTRODUCTION

Les études de la végétation réalisées en Inde par l'Institut Français de Pondichéry ont toujours donné aux facteurs bioclimatiques un rôle explicatif majeur dans la répartition des formations végétales (LEGRIS, 1963 ; PASCAL, 1984b).

Les forêts sempervirentes de l'Inde péninsulaire forment aujourd'hui un continuum, localisé au niveau d'une ligne de reliefs parallèles à la côte ouest et connus sous le nom de Ghâts occidentaux. Ces reliefs qui reçoivent de très abondantes pluies de mousson — pouvant

atteindre près de 8.000 mm en moyenne — n'ont été jusqu'à ce jour que très partiellement défrichés. La disparition de la forêt sempervirente des régions contiguës, où la pluviométrie annuelle dépasse 2.000 mm — plaine côtière et rebord du plateau du Deccan — est généralement expliquée par les défrichements.

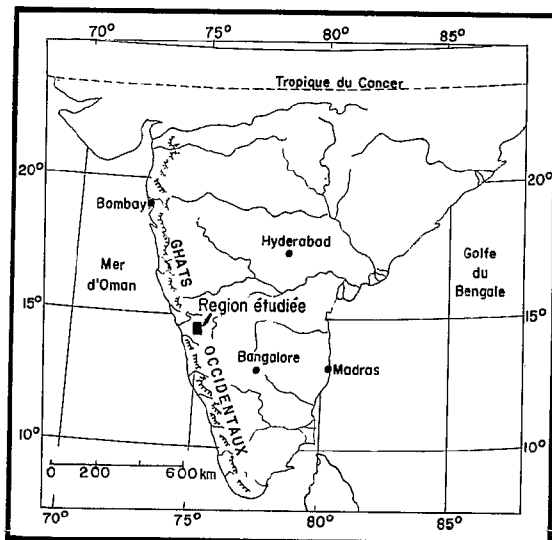
Cependant certaines forêts, à caractère sempervirent, existent en dehors du continuum des Ghâts occidentaux. Elles sont situées 20 à 40 km en retrait, vers l'est, et dans des zones bioclimatiquement peu favorables : c'est le cas notamment des « kan forests » (fig. 2a et 2c). Ces forêts sont localisées sur le plateau du Deccan dans l'Etat du Karnataka. Le nom vernaculaire « kan forests » semble s'appliquer, d'une façon générale et quelle qu'en soit leur origine, à des îlots de forêts. Nous ne traiterons, dans notre exemple, que des « kan » de la région de Sorab et les hypothèses explicatives que nous serons amenés à formuler ne concerneront bien entendu que ces forêts.

Inversement, la zone comprise entre ces « kan » et le continuum, autour de la ville de Sidapur, est pratiquement dépourvue de forêts alors que la pluviométrie y est supérieure ou égale à 3.000 mm (fig. 2b et 2c).

Ces « anomalies » dans la répartition des forêts avaient attiré notre attention lors de la cartographie de la végétation (PASCAL, 1982a, 1984a, 1984b). La recherche d'une explication nous a conduits à étudier toute la région située entre les îlots et le continuum.

C'est une zone de transition climatique présentant un fort gradient pluviométrique ; les altitudes moyennes y oscillent entre 500 et 600 m ; la ligne de partage des eaux entre mer d'Oman et golfe du Bengale la traverse.

FIG. 1. — Carte de situation.





Kan. Forêt réservée de Halagalale. Aspect général ; au premier plan Mimusops elengi espèce très fréquente dans les « Kan forests ». La partie en bordure de forêt a été coupée pour le passage d'une ligne à haute tension.

LES FACTEURS GÉNÉRAUX : CLIMAT ET GÉOLOGIE

LES CONDITIONS CLIMATIQUES

Les pluies

A l'ouest, les vents d'été, soufflant de l'Océan Indien vers l'Asie, s'accompagnent de véritables trombes d'eau qui s'abattent sur les Ghâts occidentaux, les maxima pluviométriques étant atteints généralement près de la crête des Ghâts. Ces pluies de mousson diminuent ensuite très rapidement vers l'est, sur le plateau.

Zone de transition, notre zone d'étude voit s'atténuer les pluies de mousson qui sont progressivement relayées par celles dues à la convection (fig. 2b).

Au sud de l'Inde, la limite de la forêt sempervirente, à basse et moyenne altitudes, correspond généralement à une pluviométrie de 2.000 mm. Cependant la pluviométrie que reçoivent les « kan forests » est pratiquement toujours inférieure, car comprise entre 1.500 et 2.000 mm (cf. fig. 2b et 2c).

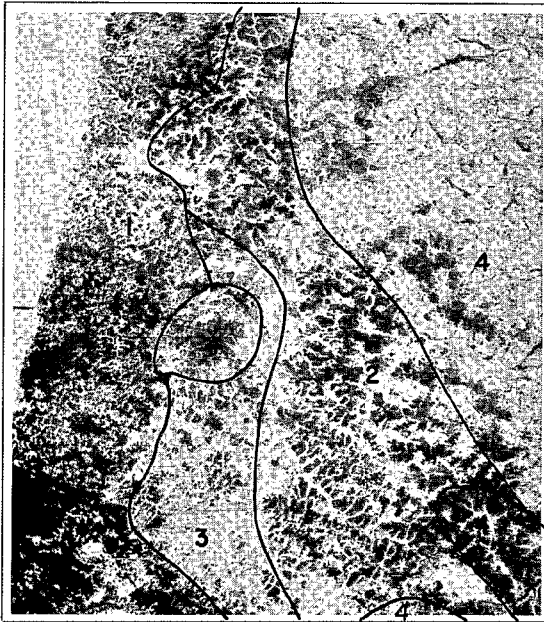
L'étude des régimes pluviométriques est susceptible d'apporter des informations complémentaires (fig. 3).

Les trois stations retenues pour illustrer ces régimes montrent des différences notables :

— A Siddapur (P. moy. = 3.264 mm), le régime pluviométrique est fortement sous la dépendance de la mousson et il faut une année particulièrement sèche pour que l'on puisse observer un maximum secondaire correspondant aux pluies de convection de fin d'année (fig. 3 IIa). Il faut aussi noter que la variabilité la plus forte correspond au maximum de la mousson : juillet (fig. 3 Ia).

— A Sorab, la pluviométrie totale est de 1.824 mm. Elle est donc réduite de près de moitié par rapport à celle de Siddapur, pour une distance de 22 km. Le nombre de jours de pluie passe de 106 à 86. La répartition annuelle des pluies est semblable (fig. 3 Ib). Les différences portent sur l'abaissement du pic de mousson et sur la plus nette individualisation du pic des pluies de

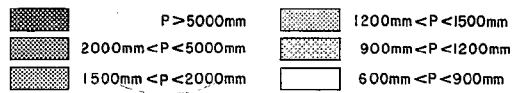
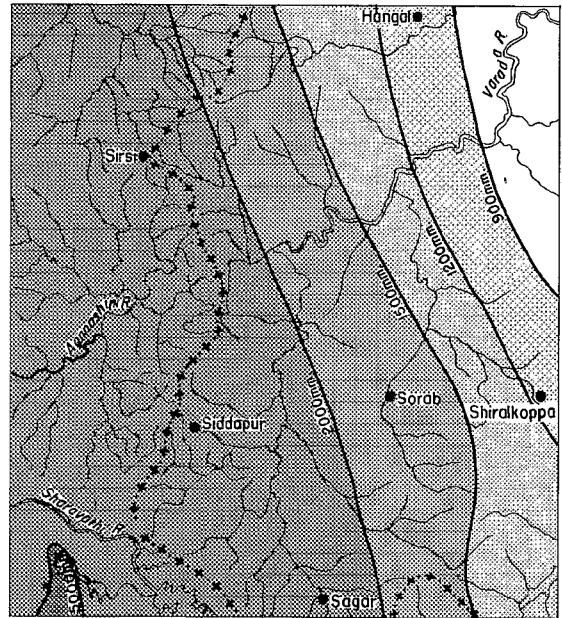
a. CLICHE LANSAT (18-3-75)



- 1_ Region dissequée (continuum sempervirent)
- 2_ Region des interfluvies convexes (Kan forests)
- 3_ Region des longs glacis-versants (sans forêt)
- 4_ Regions non étudiées (lithologies particulières ou formations décidues sèches)

b. PLUVIOMETRIE et HYDROGRAPHIE

d'après Carte des bioclimats des Ghats Occidentaux (J-P. Pascal 1982)



✱ ✱ ✱ Ligne de partage des eaux entre mer d'Oman et golfe du Bengale

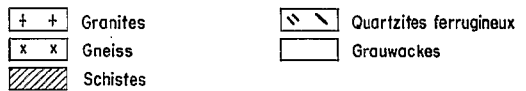
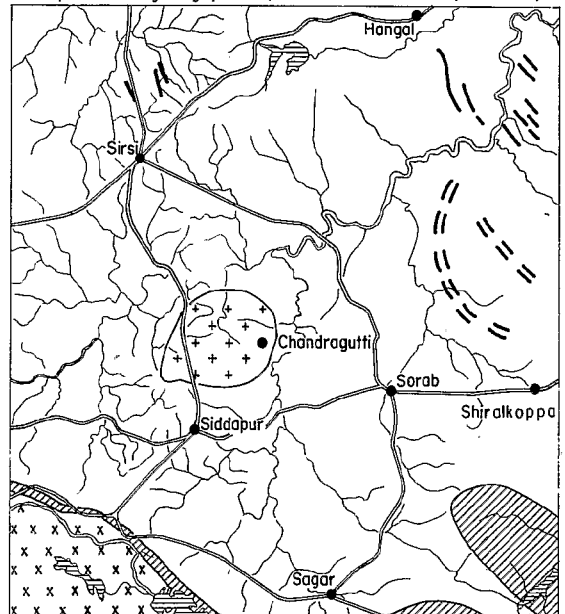
c. FORETS

d'après Forest Map of South India (J-P. Pascal 1982, 84.)



d. GEOLOGIE

d'après Carte géologique au 1/500 000 du Karnataka (G.S.I. 1981)



Echelle commune à toutes les cartes

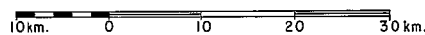
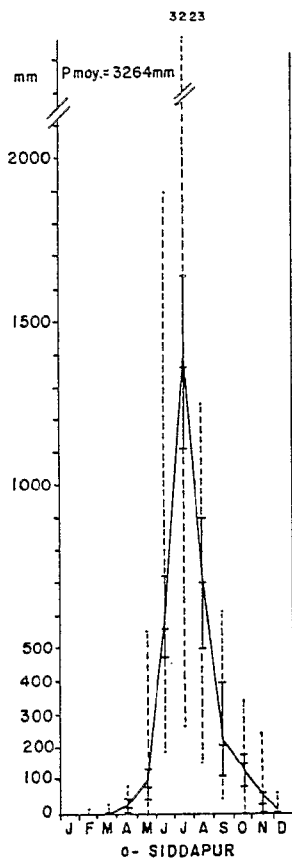
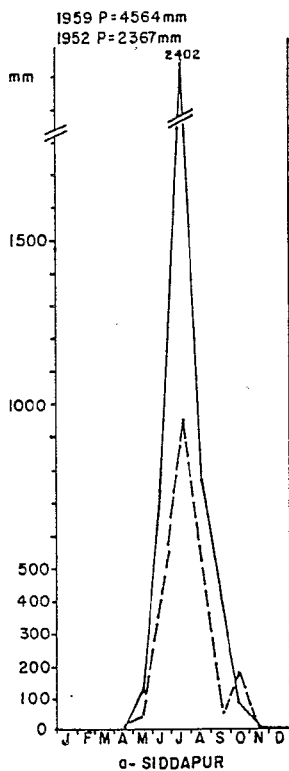
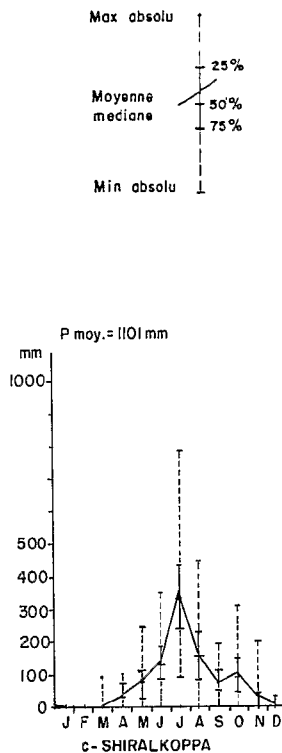
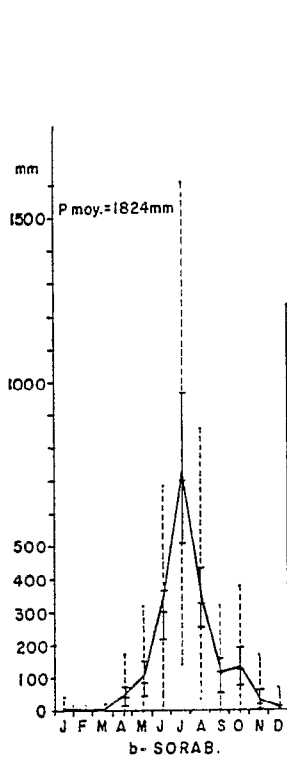


FIG. 2. — Cartes.



I - VALEURS STATISTIQUES - Période 1946-75



II - EXEMPLES D'ANNEES REELLES

— année humide 1959
- - - année sèche 1952
(pluies de mousson faibles)

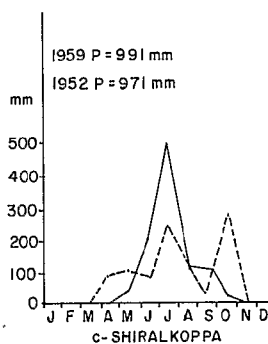
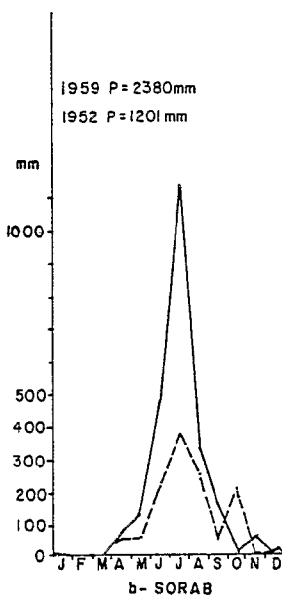


FIG. 3. — Pluviométrie.

convection en octobre. Le caractère mixte du régime (mousson + convection) apparaît donc davantage, ce qui s'exprime bien lors des années exceptionnelles (fig. 3 IIb).

— A Shiralkoppa (17,5 km à l'est de Sorab), la plu-

viométrie n'est plus que de 1.101 mm et le nombre de jours de pluie réduit à 56. Les pluies de mousson sont encore plus faibles (fig. 3 Ic). Celles de convection d'automne et de printemps jouent donc un rôle accru, particulièrement lors des années sèches (fig. 3 IIc).

Les températures

Le régime thermique correspond aussi à la transition entre les régions occidentales influencées par la mousson et l'intérieur du plateau, où la continentalité se fait sentir. A Sirsi (tableau 1), le mois le plus froid, en valeurs moyennes, est situé en décembre (24,1 °C) pendant la saison sèche ; ce minimum ne constitue pas un facteur

limitant pour l'extension des forêts sempervirentes. Le mois le plus chaud, toujours en valeurs moyennes à Sirsi, est avril (28,5 °C) et correspond au passage zénithal. La station de Sirsi, pourtant située à l'ouest de la zone étudiée, montre un régime déjà nettement continental.

TABLEAU 1
TEMPÉRATURES SIRSI

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy. an.
Temp. maximale	27,9	30,2	32,4	32,4	32,0	29,6	26,2	26,2	27,2	28,1	27,2	26,7	28,7
Temp. minimale	21,5	22,5	23,4	24,7	24,2	22,9	22,5	22,7	23,0	23,2	22,8	21,5	22,9
Temp. moyenne	24,7	26,3	27,4	28,5	28,1	26,2	24,3	24,4	25,1	25,6	25,0	24,1	25,8

La saison sèche

Elle est déterminée selon la méthode de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) : mois sec si $P < 2T$. Le calcul est effectué individuellement pour chaque mois et non sur les normales mensuelles. La saison sèche varie entre 6 et 7 mois sur l'ensemble de la région. A Sorab (moyenne 6,1) la saison sèche peut varier entre 3 et 9 mois selon les

années, mais une année sur deux elle reste entre 5 et 7 mois. Certains mois peuvent être déficitaires — août et le plus souvent septembre — entre les deux périodes de pluie : mousson d'été et convection d'automne (fig. 3b).

En résumé

On peut déduire de ces données bioclimatiques que le facteur limitant l'extension des « kan » vers l'est est la diminution de la pluviométrie (plus de « kan » pour une pluviométrie inférieure à 1.500 mm). La saison sèche apparaît être d'une durée pratiquement uniforme dans

toute la région et n'interviendrait donc que par sa variabilité. Ceci est dû en partie à la méthode d'estimation employée ; une approche plus fine, de type bilan hydrique, permettrait de mieux cerner le paramètre sécheresse.

GÉOLOGIE

Le substratum géologique de la région est constitué principalement de roches du super-groupe de DHARWAR, appelées parfois improprement schistes de DHARWAR (fig. 2d).

C'est essentiellement la série de SIRSI-RANIBENNUR (B. P. RADHAKRISHNA, 1967) aussi nommée RANIBENNUR-DANDELI GROUP (R. H. SAWKAR, 1984) qui affleure dans notre zone d'étude.

Elle est constituée de grauwackes alternant avec des

bancs plus schisteux ; on y trouve plus exceptionnellement des calcaires.

Les grauwackes, sur les coupes qui permettent de voir des zones non altérées, se présentent comme des roches grises à gris-verdâtre, dures et massives sans schistosité marquée. Altérés, ils prennent une couleur rougeâtre et un débit schisteux.

Les données suivantes sont extraites de B. P. RADHAKRISHNA (1967) et C. S. PICHAMUTU (1985) et

concernent l'ensemble de la formation ainsi que des formations similaires :

— les éléments détritiques des grauweekes sont essentiellement constitués de quartz et de feldspaths associés à quelques fragments volcaniques,

— la matrice (ou ciment) est constituée de feldspath, quartz, chlorite et mica.

Un échantillon provenant de notre zone d'étude a été soumis à l'analyse par rayons X ; il apparaît constitué principalement de quartz, de chlorite, de mica et de plagioclases.

Seules des informations très générales sur la composition chimique des grauweekes précambriens sont dispo-

nibles ; signalons seulement que ce sont des roches riches en fer (5 % en moyenne si on l'exprime sous la forme FeO) et en calcium (2 à 3,5 % si on l'exprime sous la forme CaO).

La série de SIRSI RANIBENNUR, d'origine sédimentaire, constitue l'étage moyen du comblement volcano-sédimentaire d'un géosynclinal ensuite métamorphisé.

Elle est surmontée de quartzites ferrugineux qui donnent quelques reliefs de faible commandement à l'est de la zone qui nous intéresse, les reliefs les plus importants (CHANDRAGUTTI FORT, 850 m) étant liés à un petit massif granitique au nord de Siddapur.

RELATIONS MORPHOPÉDOLOGIE — VÉGÉTATION

Comme nous l'avons signalé précédemment, la ligne de partage des eaux entre golfe du Bengale et mer d'Oman passe dans notre zone d'étude. Elle se situe à une trentaine de kilomètres en retrait (donc vers l'est) de la crête des Ghâts et ce décalage illustre la dynamique conquérante du réseau hydrographique dépendant de la mer d'Oman (fig. 2b). Cette distribution particulière du réseau hydrographique introduit une dissymétrie marquée entre l'ouest de la zone, disséqué par les rivières de la mer d'Oman, et l'est, épargné par cette dissection, et qui a de ce fait conservé des modelés beaucoup plus doux.

Nous ne traiterons pas des zones de relief liées à des lithologies particulières et n'occupant que des superfi-

cies réduites : massif granitique de Chandragutti et affleurements des quartzites ferrugineux. Nous distinguerons sur les grauweekes trois types de modelés (fig. 2a) :

— les interfluves convexes de la région de Sorab à l'est,

— la région disséquée à l'ouest,

— les longs glacis versants de la région de Siddapur au centre-sud.

Nous décrivons chacun de ces types de modelé en précisant les caractéristiques des sols et des forêts qui lui correspondent. Nous commencerons par l'est où les héritages sont plus nombreux.

LES INTERFLUVES CONVEXES DE LA RÉGION DE SORAB

Modelé général (fig. 4 11a)

L'est de notre zone, au niveau de la ville de Sorab, présente un modelé à très larges interfluves ; la taille moyenne d'un bassin versant élémentaire est de l'ordre de 5 km². Les dénivellations maximales n'excèdent pas 50 m. L'ensemble du modelé est convexo-concave avec une très large prédominance des convexités.

Les petits bas-fonds concaves ne sont généralement pas entaillés ; par contre les rivières plus importantes sont bordées de terrasses alluviales à sols jaunes. L'altitude moyenne des talwegs est comprise entre 560 et 580 m.

Sols et formations superficielles

Du centre de l'interfluve au bas-fond on trouve successivement :

— **Au niveau de l'interfluve** un sol gravillonnaire rouge dont les gravillons sont constitués d'éléments ferrugineux. Ces sols sont identiques aux sols **ferrallitiques**

remaniés modaux (classification ORSTOM Côte-d'Ivoire) que l'on trouve très fréquemment en Afrique de l'Ouest. Ils attestent d'une longue évolution du milieu : en effet les gravillons ferrugineux sont généralement considérés comme résultant du démantèlement

d'une cuirasse préexistante formée sous des conditions climatiques différentes. L'existence d'une cuirasse (et de paléoclimats différents) est ici attestée par la présence de blocs résiduels. A l'est de notre zone d'étude, dans la région de Hubli-Gadag, les paléo-cuirasses sont plus nettes, car encore peu démantelées, mais en déséquilibre géochimique évident car actuellement colonisées par le carbonate de calcium.

Le profil suivant a été décrit dans la forêt de Halagalale (les chiffres entre parenthèses renvoient aux n° d'échantillon de l'annexe n° 1).

0-20 cm — horizon brun-rougeâtre foncé ; humifère ; contenant environ 10 % de graviers ferrugineux ; structure grumeleuse moyenne associée à une structure massive ; texture limono-sableuse ; très poreux ; très nombreuses racines (270, 271).

20-40 cm — horizon brun-rougeâtre foncé ; humifère ; contenant environ 60 % de graviers ferrugineux ; structure polyédrique subanguleuse peu nette ; texture limono-argilo-sableuse ; très poreux ; nombreuses racines (272).

40-130 cm — horizon rouge ; de pénétration humifère ; contenant environ 80 % de graviers ferrugineux ; à structure polyédrique subanguleuse peu nette ; texture argileuse ; très poreux ; nombreuses racines (273, 274).

Des analyses chimiques classiques ont été réalisées sur les échantillons. La capacité d'échange cationique (C.E.C.) est assez faible dans les horizons profonds (sans matière organique abondante), comprise entre 9 et 11 milliéquivalents pour 100 g (me/100 g) quand elle est exprimée en fonction du sol total. Calculée par rapport à l'argile seule elle est de l'ordre de 16 me/100 g, ce qui correspond bien à une nature kaolinique de la fraction argileuse. Elle est par contre plus importante et bien saturée par les bases échangeables (taux de saturation variant de 0,75 à 1) dans les horizons organiques ; ceci traduit le rôle important et bien connu de la matière organique dans le recyclage des éléments minéraux sous couvert forestier.

Les autres analyses effectuées (triacide sur sol tamisé à 2 mm) viennent aussi corroborer la nature kaolinique des matériaux de néoformation (rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ voisin de 2). Pour un échantillon (272), cela a d'ailleurs été confirmé par une détermination aux rayons X*. L'accroissement du pourcentage de fer en profondeur



Détail des horizons gravillonnaires
(1 intervalle sur la mire = 10 cm).

G. Bourgeon.

(cf. analyse triacide) est dû à la présence d'éléments ferrugineux de la taille des sables dans la terre fine (débris fins de cuirasse).

Les analyses pédologiques classiques ne donnent que peu d'indications sur les propriétés hydriques de ces sols ; en effet, la capacité de rétention en eau des sols gravillonnaires ne peut être mesurée facilement et correctement. Il existe des distorsions flagrantes entre les résultats des mesures de capacité de rétention à la presse à membrane, effectuées sur échantillons remaniés (structure détruite, terre tamisée), et le comportement des végétaux. La seule façon correcte de procéder serait d'effectuer des campagnes de détermination du profil hydrique *in situ* soit à la sonde à neutrons, soit par prélèvements réalisés après saturation du sol suivie de drainage de l'eau « gravitaire » (BOURGEON, 1984, études pédologiques pour l'extension du complexe sucrier de Zuénoula, Côte-d'Ivoire, non publié).

— Un court versant fréquemment induré fait suite à l'interfluve. L'induration semble assez récente et due à l'incision du réseau hydrographique qui a induit le piégeage, dans les altérites soumises au battement de nappe, des oxyhydroxydes libérés par la destruction de la cuirasse d'interfluve.

— Le bas-fond est totalement bouleversé par l'activité humaine et souvent élargi au détriment des zones non indurées du versant. Il est aménagé en rizières et réservoirs.

La végétation

A ce modèle en larges interfluves convexes alternant avec d'étroits bas-fonds correspond la répartition suivante de la végétation :

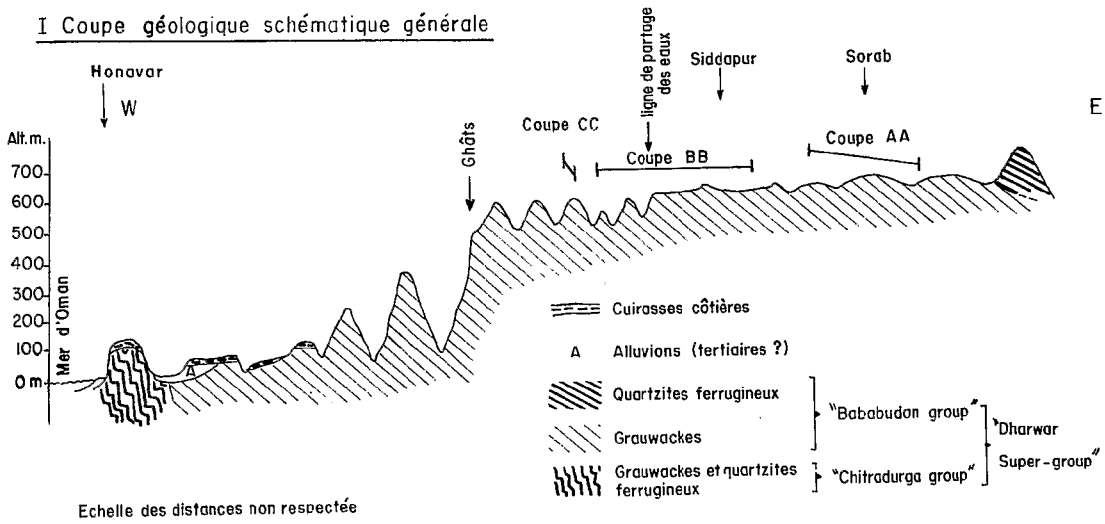
— Sur les interfluves se trouvent des îlots forestiers qui constituent les « kan forests ». Ce sont originellement des formations sempervirentes, souvent transformées par l'homme en forêts semi-décidues. Une dégradation plus poussée conduit à des forêts totalement déci-

dues (elles perdent alors le nom de « kan »). Tous les stades intermédiaires existent. La forêt peut aussi être totalement remplacée par des cultures (ananas notamment).

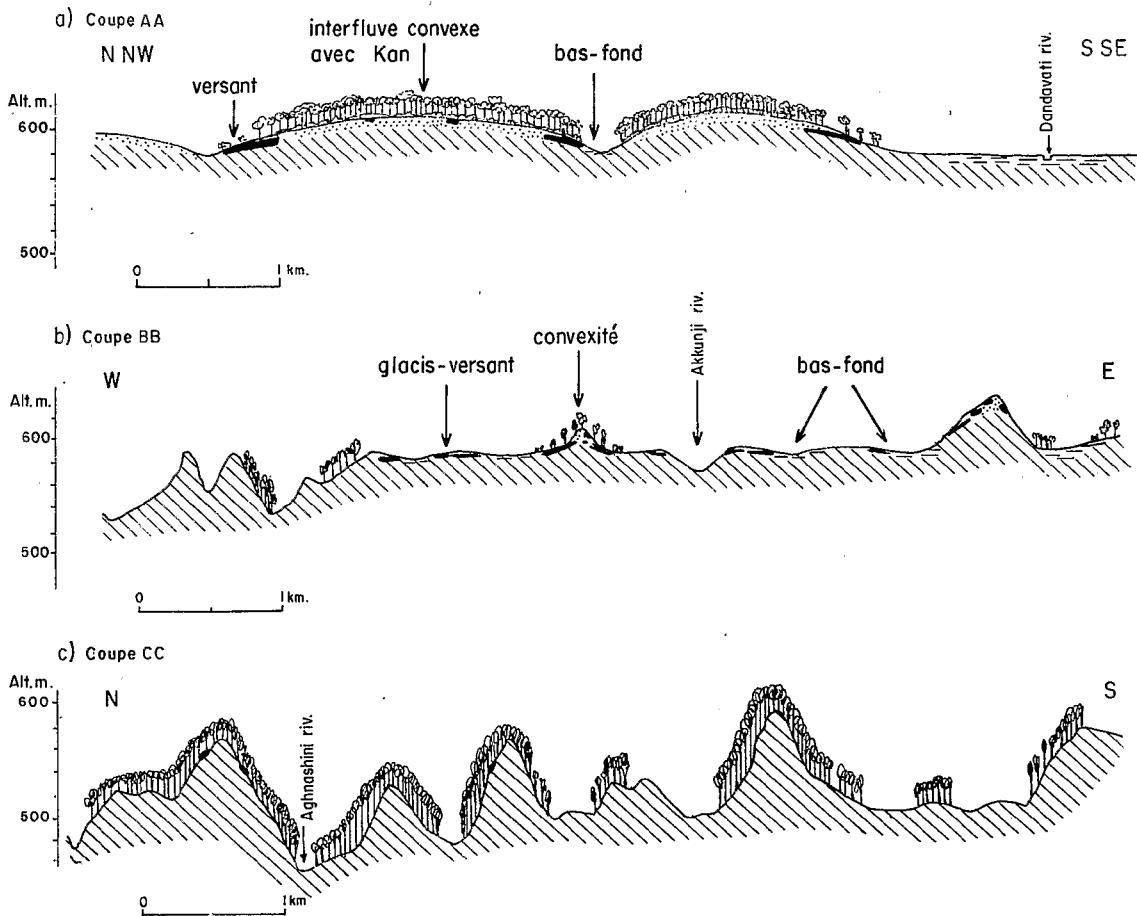
— Le versant et les bas de pente (quant ils ne sont pas cultivés) sont occupés par une savane plus ou moins arborée et plus ou moins dégradée selon l'intensité de l'action anthropique. Dans les zones cuirassées, les arbustes dominants sont *Gardenia resinifera* et *Careya arborea*. Le tapis graminéen est généralement rasé en permanence par le bétail.

* Analyses réalisées par l'Institut de Géologie de Strasbourg.

I Coupe géologique schématique générale



II Coupes d'après cartes topographiques au 1/50 000 e.



LEGENDE des coupes AA, BB, CC.

- Alluvions et colluvions
- Cuirasses
- Produit de démantèlement des cuirasses
- Grauwackes et altérations

FIG. 4. — Coupes.



Kan. Forêt réservée de Tavanandi. Base d'un *Ficus nervosa*, le sous-bois est envahi par une espèce de *Strobilanthes*.

« LES KAN FORESTS »

La structure et la composition floristique du peuplement varient localement selon la nature et l'intensité de l'action anthropique. Nous prendrons pour exemple la forêt de Halagalale (située à 2 km au sud de Sorab) dont certaines parties ne sont pas trop perturbées. On peut ainsi se faire une opinion sur ce que pouvaient être les forêts des interfluves avant l'action de l'homme.

Nous reprenons ici les principaux résultats d'une étude antérieure (PASCAL, 1984b).

Structure

La répartition des hauteurs et les ensembles structuraux (E.S.) définis selon la méthode d'OLDEMAN (1974) apparaissent dans la figure 5 établie à partir d'une parcelle de 1.600 m². L'ensemble structural supérieur, entre 17 et 35 m, est riche. Le nombre de grands arbres est élevé : 13 arbres dépassent 30 m dans les 1.600 m² considérés. La fermeture de la canopée est tout à fait semblable à celle des forêts du continuum sur les Ghâts. Tous les arbres de l'E.S.I. sont ici sempervirents. L'E.S. II,

entre 9 et 17 m, est clairsemé. Les coupes dans le sous-bois ont pratiquement fait disparaître les ensembles structuraux inférieurs ainsi que l'ensemble d'avenir (normalement situé sur le graphique le long et à droite de la ligne H = 100 d).

Ces coupes affectant les petits arbres ne modifient pas trop les valeurs de la surface terrière et de l'indice de biomasse (D² H) : 70 m²/ha (63,1 pour le seul E.S.I.) et 2.323,5 m³/ha respectivement. Ces valeurs sont semblables à celles mesurées dans les forêts de basse et moyenne altitudes sur les Ghâts (voir ci-dessous).

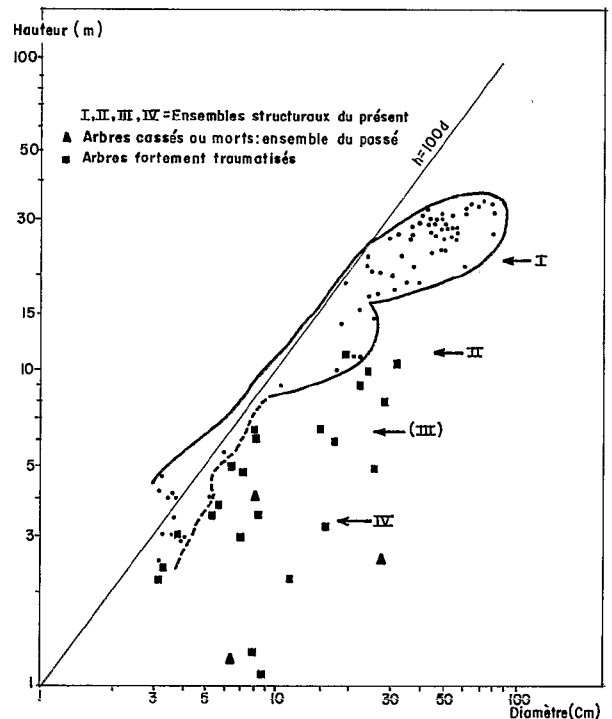
On peut donc très raisonnablement penser que les interfluves de cette région portaient des forêts de structure comparable à celle des forêts du continuum situées plus à l'ouest et à la même latitude, mais sous une pluviométrie supérieure.

Composition floristique

Les variations sont importantes d'une « kan » à l'autre, non seulement dans la présence ou l'absence des espèces mais aussi dans leurs proportions relatives.

— Les arbres de l'E.S. I. : parmi les plus fréquents figurent plusieurs espèces de *Diospyros* (*D. sylvatica*, *D. buxifolia* et *D. oocarpa*), ainsi que *Dysoxylum malabaricum*, *Holigarna arnottiana*, *H.*

FIG. 5. — ENV. HALAGALALE - FORÊT SEMPERVIRENTE (Sous-bois dégradé)
Relations entre hauteurs et diamètres (parcelle de 1.600 m², circonférence ≥ 10 cm).



grahamii, *Mimusops elengi*, *Persea macrantha*, *Gironniera cuspidata*, *Beilschmiedia dalzellii*, *Casearia bourdillonii*, *Syzygium gardneri*. Un peu plus petits mais tout aussi fréquents sont : *Vitex altissima*, *Mangifera indica*, *Artocarpus heterophyllus* et *Aglaiia barberi*. Dans les zones plus ouvertes apparaissent des arbres plus typiques des forêts décidues humides tels que *Lagerstrœmia microcarpa*, *Terminalia paniculata*, *T. bellerica*, *Alstonia scholaris*, etc.

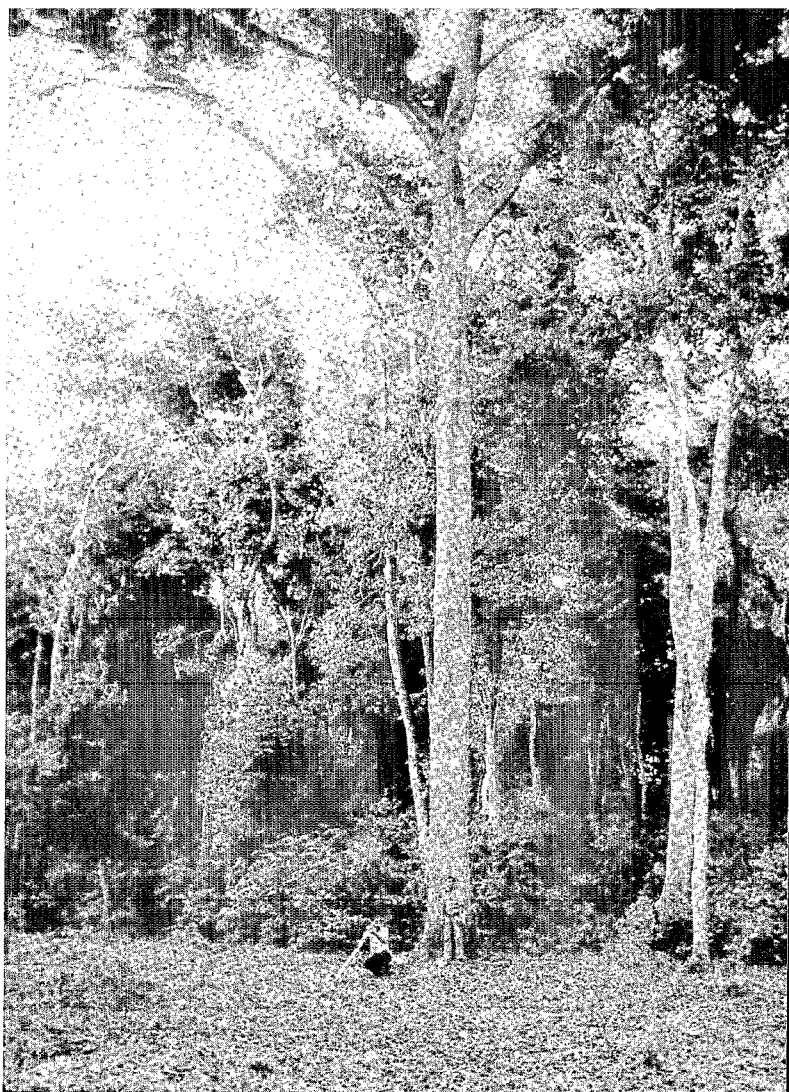
— Les arbres de l'E.S. II : on retrouve à ce niveau des individus de *Vitex altissima*, *Mangifera indica* et *Aglaiia barberi*. Plus typiques de cet ensemble structural sont : *Aporosa lindleyana*, *Xantolis tomentosa*, *Flacourtia montana*, tous très communs. Moins fréquemment se rencontrent *Hydnocarpus pentandra*, *Trichilia connaroides*, *Cinnamomum malabathrum*, *Knema attenuata*, *Actinodaphne malabarica* (les trois dernières espèces atteignent parfois l'E.S. I).

— Les arbres et arbustes des E.S. III et IV : les plus communs sont *Ixora brachiata*, *Memecylon talbotii*, *M. wightii*, *Casearia rubescens*, *Leea indica*, *Strobilanthes* sp., *Ixora nigricans*, *Chionantus malabaricus*, *Ervatamia heyneana*. Généralement présents mais moins fréquents : *Alangium salvifolium*, *Ardisia solanacea*, *Beilschmiedia wightii*, *Drypetes roxburghii*, *Glochidion malabaricum*, *Murraya koenigii*.

— Les lianes ne sont pas très nombreuses : *Piper* est très commun, peut-être par suite de son exploitation dans le passé. Citons encore : *Calycopteris floribunda*, *Elaeagnus kologa*, *Gnetum ula*, *Desmos lawii*, *Artabotrys zeylanica*, *Uvaria narum*, *Ventilago bombaiensis* et *Poihos scandens*.

La composition floristique des « kan forests », telle que nous l'observons actuellement dans les zones les plus denses, présente des affinités floristiques très nettes avec le type forestier à *Persea macrantha*, *Diospyros* spp., *Holigarna* spp. qui couvre les Ghâts à la même latitude (voir ci-dessous).

L'exploitation dans le passé des « kans » pour le poivre, le sagou (tiré de *caryota urens*) et les jaques (fruits d'*Artocarpus heterophyllus*) a sensiblement modifié la proportion relative des différentes espèces. Actuellement, les coupes d'exploitation créent des ouvertures importantes modifiant le microclimat dans la forêt. Les prélèvements quotidiens de petit bois dans le sous-bois placent ces formations dans un déséquilibre dynamique



Kan. Forêt réservée de Halagalale. Aspect général. Au 1^{er} plan, *Mimusops elengi*, espèce fréquente dans les « Kan forests ».

évident : l'ensemble d'avenir est partout squelettique (cf. fig. 5).

Dans les endroits les plus affectés, la forêt sempervirente a été transformée progressivement en forêt décidue. La figure 2c montre qu'il y a déjà, dans la zone qui nous intéresse, autant de forêts décidues que de « kan ».

En résumé

L'intérêt majeur de cette zone est réside dans la présence des « kan forests », îlots sempervirents quand ils ne sont pas trop perturbés, sur des sols rouges gravillonnaires qui semblent favoriser leur maintien dans une zone bioclimatiquement peu favorable. Ces sols résultent du démantèlement d'une cuirasse et il est bien difficile, par les analyses physico-chimiques classiques, de trouver un caractère qui puisse expliquer leur rôle sur la végétation.

Dans le cas où cela a été étudié, en Côte-d'Ivoire notamment (PELTRE, 1977 ; BOURGEON, 1984, non publié), ce type de sol semble assurer une bonne couverture des besoins hydriques de la végétation grâce à la présence de plusieurs caractères favorables — bonne capacité de rétention en eau et bonne pénétrabilité au système racinaire notamment — et à l'absence de caractères défavorables — induration et hydromorphie — typiques des zones à végétation plus réduite.

La correspondance entre plages de sols rouges gravillonnaires et îlots forestiers est presque parfaite et la **lisière des forêts** correspond à la **limite pédologique**. L'activité humaine n'est donc pas responsable de la dis-

tribution sous forme d'îlots des « kan forests » qui n'ont certainement jamais constitué, du moins au cours du quaternaire récent, un massif continu. Elle intervient simplement dans la dégradation des îlots forestiers.

LA ZONE OUEST DISSÉQUÉE

Modelé général (v. fig. 4 11c)

La région disséquée par les rivières se jetant dans la mer d'Oman est très différente de la précédente (fig. 2a et 2c). Les affluents de la rivière principale, l'Aghnashini, ont profondément entaillé leur lit puisque l'altitude des talwegs est de l'ordre de 480-500 m. Les points hauts sont toujours à la même altitude — voisine de 600 m — certains conservent des témoins cuirassés.

La densité des ramifications du réseau hydrographique est très forte et les bassins-versants élémentaires ont une superficie de moins d'1 km² (contre 5 pour la zone précédente).

Le paysage est formé par un semis de petites collines très pentues, les vallées sont étroites et ne s'élargissent jamais en bas-fond.

Sols et formations superficielles

Si l'on examine maintenant les sols, les coupes montrent toujours des signes de troncature et de rajeunissement :

— altérations peu épaisses (comparées à d'autres formations tropicales, par exemple sous modelé de demi-oranges) ;

— présence dans les profils, pratiquement dès la surface, de nombreux fragments rocheux incomplètement altérés.

Le profil suivant, décrit dans la forêt de Nirogod située 30 km à l'ouest de Siddapur, illustre bien les sols de cette région. Ils présentent des caractères assez semblables de haut en bas des versants (les chiffres entre parenthèses renvoient aux n^{os} d'échantillons de l'annexe n° 1) :

— 0-10 cm — horizon brun foncé ; humifère ; contenant environ 50 % de gravier de grauwaque très altéré ; structure grumelleuse ; texture limono-argilo-sableuse ; très poreux, très nombreuses racines (279).

— 10-30 cm — horizon brun foncé ; humifère ; contenant environ 50 % de graviers de grauwaque très altéré ; structure polyédrique subanguleuse ; texture limono-argilo-sableuse ; très poreux ; nombreuses racines (280).

— 30-80 cm — horizon rouge-jaunâtre ; apparemment non organique ; contenant environ 70 % de cailloux et graviers de grauwaque altéré ; texture argilo-limoneuse ; poreux ; nombreuses racines (281).

— 80-180 cm — horizon rouge-jaunâtre ; blocs de grauwaque très altéré ; texture de la terre fine entre les blocs, limono-argilo-sableuse (282).

Les analyses physico-chimiques montrent un pH assez nettement plus acide que dans la zone précédente. La capacité d'échange cationique (C.E.C.) est plus faible que pour le profil étudié sous « kan », surtout dans les horizons profonds ; c'est essentiellement lié à la moindre importance du taux d'argile (ramenée à 100 g d'argile, la C.E.C. est peu différente dans les horizons minéraux, pour les deux sols). Le taux de saturation des horizons inférieurs reste élevé (≈ 50 %) grâce aux éléments rocheux incomplètement altérés présents sur l'ensemble du profil. Le rapport SiO₂/Al₂O₃ est du même ordre de grandeur que précédemment, les analyses d'argile effectuées sur l'échantillon n° 282 révèlent qu'ici encore la kaolinite est dominante ; elle est accompagnée de traces de goéthite, de gibbsite et d'interstratifiées.

La végétation

La répartition de la végétation sous forme de taches de forêt alternant avec des étendues herbeuses semble être le résultat de la fragmentation par l'homme du continuum forestier sempervirent sur sa marge orientale. La forêt ne correspond ici à aucune unité physiographique

particulière et les effets actuels de la pression anthropique sont flagrants. Les talwegs sont généralement cultivés en rizières où plantés d'aréquier et de bananiers. Les lambeaux forestiers sont plus ou moins dégradés selon le statut de la forêt — privé ou public — et le type

d'utilisation : exploitation forestière, élagage pour engrais vert, source de bois de feu.

LA FORÊT PRIMAIRE PEU OU PAS DÉGRADÉE

Elle correspond au type sempervirent à *Persea-Dyospyros-Holigarna* (PASCAL, 1984).

Structure

La figure 6 montre la distribution des hauteurs et des ensembles structuraux sur une parcelle de 1.600 m² dans la forêt de Magod appartenant à ce type sempervirent.

L'E.S. I est formé d'arbres dont les cimes s'étagent entre 25 et 38 m. Le nombre de grands arbres (h > 30 m) est presque le double de celui observé dans la « kan » de Halagalale pour la même surface (24 et 13 respectivement).

L'E.S. II, entre 13 et 22 m, ne comprend que 3,4 % des individus de la forêt et les ensembles inférieurs 2,3 %. Les arbres d'avenir représentent 69,9 % des sujets ; l'équilibre dynamique de cette forêt paraît donc assuré. Les valeurs de la surface terrière (67,7 m²/ha) et l'indice de biomasse (2.572,7 m³/ha) sont du même ordre de grandeur que ceux calculés à Halagalale.

L'effet de la longue saison sèche (6 mois selon la méthode de calcul utilisée) se traduit dans la structure spatiale de la forêt par l'absence des émergents et le rôle réduit des ensembles structuraux inférieurs. Il est plus marqué dans la composition floristique.

Composition floristique

Elle est caractérisée par :

- l'absence des espèces caractéristiques des types plus méridionaux qui ne supportent pas la longue saison sèche,
- la dominance des espèces sempervirentes à large amplitude écologique,
- la richesse en espèces héliophiles, sempervirentes ou décidues, apparaissant de façon presque systématique dans les ouvertures, même modérées,
- la plus grande fréquence des lianes.

Les arbres de l'E.S. I, les plus communs sont *Artocarpus hirsutus*, *Calophyllum polyanthum*, *Canarium strictum*, *Cinnamomum malabathrum*, *Diospyros buxifolia*, *D. oocarpa*, *D. sylvatica*, *Dysoxylum malabaricum*, *Holigarna arnotiana*, *H. grahamii*, *Hopea ponga*, *Knema attenuata*, *Mimusops elengi*, *Myristica dactyloides*, *Persea macrantha*, *Polyalthia fragrans*, etc.

Les arbres de l'E.S. II les plus typiques et les plus fréquents sont : *Cryptocarya bourdillonii*, *Diospyros candolleana*, *Garcinia gummi-gutta*, *G. indica*, *G. morella*, etc.

Parmi les espèces les plus communes des E.S. III et IV citons *Memecylon* (5 espèces dont *M. talbotii*), *Blachia denudata*, *Eugenia macrosepa*, *Flacourtia mon-*

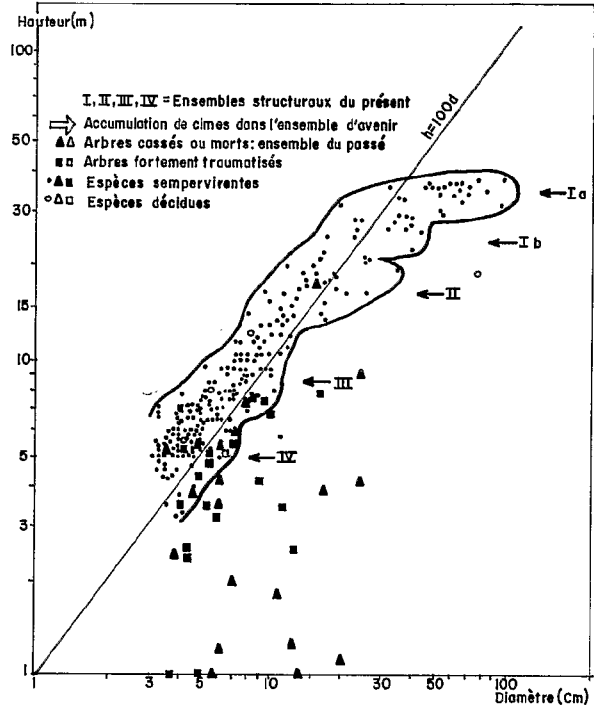


FIG. 6. — ENV. MAGOD - FORÊT SEMPERVIRENTE
Relations entre hauteurs et diamètres
(parcelle de 1.600 m², circonférence ≥ 10 cm).

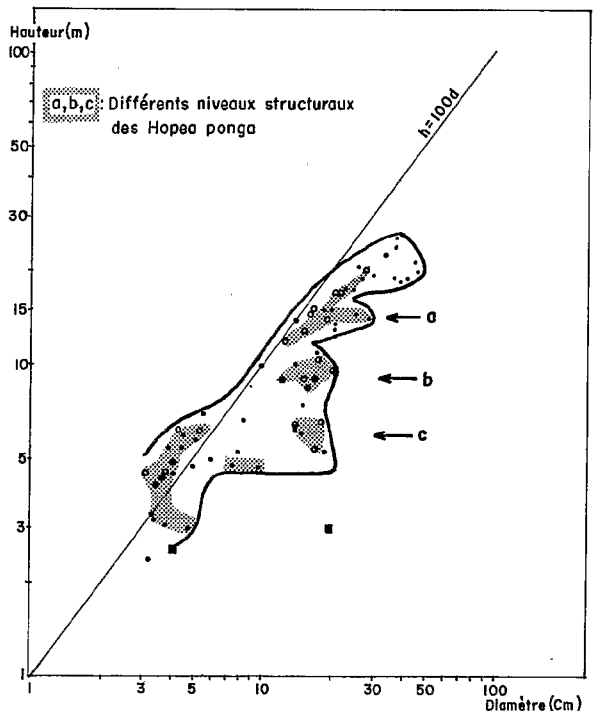


FIG. 7. — ENV. MAVINGOD - FORÊT SEMPERVIRENTE DÉGRADÉE
Relations entre hauteurs et diamètres
(parcelle de 1.000 m², circonférence ≥ 10 cm).

tana, *Casearia esculenta*, *Dichapetalum gelonioides*, *Ixora brachiata*, *I. nigricans*, etc.

LES LAMBEAUX SEMPERVIRENTS DÉGRADÉS

La plupart des lambeaux forestiers détachés du continuum ont subi des modifications profondes par suite de l'action de l'homme. Ces modifications concernent aussi bien la structure que la composition floristique. Nous prendrons pour exemple une forêt située à 15 km environ à l'ouest de Siddapur, près du village de Mavingod. Cette forêt est l'objet de prélèvements continus pour le bois de feu et d'élagage pour engrais vert. Il est intéressant de remarquer que l'on n'obtient pas ce type de formation par dégradation des « kan ».

Structure

Le peuplement est bas (26 m pour le plus grand arbre), irrégulièrement ouvert, les arbres sont mutilés. Les relations entre hauteurs et diamètres sont données par la figure 7. La répartition en ensembles structuraux n'est pas claire. En effet de nombreux arbres sont régulièrement écimés pour empêcher leur croissance et maintenir ainsi le feuillage à une hauteur accessible. C'est le cas surtout des *Hopea ponga* : cette Dipterocarpaceae

qui atteint normalement l'E.S. I se retrouve ici disséminée à tous les niveaux structuraux (grisés sur la figure 7).

On peut cependant identifier un E.S. I de 18 à 26 m. La surface terrière est de 44 m²/ha mais c'est surtout l'indice de biomasse qui est affecté : 942,2 m³/ha, soit 36 % de celui de la forêt primaire de Magod. La dégradation se traduit donc par une réduction de près des deux tiers de l'indice de biomasse.

Composition floristique

On retrouve dans ces lambeaux de forêt dégradée la plupart des espèces de la forêt non perturbée : *Diospyros sylvatica*, *D. buxifolia*, *Holigarna arnottiana*, *Artocarpus hirsutus*, *Mimusops elengi*, *Myristica dactyloides*, *Garcinia morella*, *Flacourtia montana*, etc. mais les densités sont très différentes. Dans l'exemple étudié *Hopea ponga* comprend 41,9 % des individus (de circonférence égale ou supérieure à 10 cm) alors qu'il ne dépasse guère 2 % dans les conditions naturelles. Cette espèce profite des conditions de demi-lumière créées par l'ouverture de la canopée. Elle est très abondante dans toutes les formations semi-décidues de la région issues de perturbation. Il faut mentionner également l'importance d'autres espèces de lumière ou de demi-lumière telles *Aporosa lindleyana*, *Olea dioica* et *Archidendron monadelphum*.

En résumé

Cette zone appartient au continuum sempervirent en raison de la pluviosité élevée. C'est aussi une zone de dissection intense. Nous pouvons imaginer qu'elle ne formait avec la zone précédente qu'un vaste plateau faiblement ondulé et largement cuirassé il y a quelques millions d'années ; la dissection par le réseau hydrographique ouest, progressant capture après capture sur ce plateau, a ensuite largement déblayé les anciens sols et for-

mations superficielles, ne laissant subsister que quelques blocs de cuirasse. Le nouveau sol formé, à tendance ferrallitique marquée, mais présentant de nombreux caractères de rajeunissement, permet partout à la forêt sempervirente de s'installer. Ce ne sera que l'action de l'homme et de ses troupeaux qui démantèleront le continuum forestier.

LES LONGS GLACIS VERSANTS DE LA RÉGION DE SIDDAPUR AU CENTRE-SUD

Le modelé général (v. fig. 4 IIb)

Sous une pluviométrie moyenne partout supérieure à 3.000 mm, la zone centre-sud de notre étude se présente comme un triangle vide de forêts (fig. 2a et 2b). Elle possède quelques traits communs avec la zone est ; elle est en effet aussi soumise à l'action du réseau hydrographique coulant vers le golfe du Bengale et l'on y

retrouve quelques convexités à sols rouges gravillonnaires. Le modelé est par contre tout à fait différent : les convexités sont très étroites et la majeure partie du paysage est constituée de longs glacis versants passant insensiblement à des bas-fonds très larges.

Sols et formations superficielles

Sur les convexités étroites le sol est rouge, très gravillonnaire (gravillons ferrugineux), les blocs de cuirasse sont très nombreux et la tendance à l'induration au niveau du passage au versant est générale.

Le sol type des grands glacis versants est un sol brun jaune illustré par le profil suivant (non analysé) :

— 0-20 cm — horizon brun foncé ; faiblement humifère ; quelques blocs et graviers de cuirasse ferrugineuse ; texture limono-argilo-sableuse ; structure massive ; racines fines.

— 20-60 cm — horizon brun ; apparemment non organique ; sans éléments grossiers ; texture limono-

argilo-sableuse ; structure finement polyédrique ; très friable ; peu de racines.

— 60-130 cm — horizon brun ; à nombreuses taches d'hydromorphie ; sans éléments grossiers ; texture limono-argilo-sableuse ; structure massive ; très peu de racines.

Le profil est fréquemment moins épais et limité en profondeur par une cuirasse ; la cuirasse peut même affleurer par endroits sur le versant. Il présente dans tous les cas de nombreux caractères défavorables, structure massive et hydromorphie, qui en limitent la profondeur utile.

La végétation

La végétation de cette zone est très dégradée.

Les convexités portent parfois quelques bouquets d'arbres ou, le plus souvent, des arbres isolés, bas (8 à 17 m pour les plus grands), tortueux, mutilés, présentant de nombreux rejets. Ces quelques arbres sont continuellement sollicités pour bois de feu, fourrage et engrais vert.

On retrouve là certaines espèces des « kan forests » *Vitex altissima*, *Mangifera indica*, *Xantolis tomentosa*, *Aporosa lindleyana*, *Diospyros montana*, *Flacourtia montana* et plus rarement *Diospyros sylvatica*, *Mimusops elengi*, *Hydnocarpus pentandra*, *Cinnamomum malabathrum*. Beaucoup plus fréquentes sont les espèces typiques des forêts décidues : *Lagerstroemia micro-*

carpa, *Bombax ceiba*, *Buchanania lanzan*, *Terminalia paniculata*, *T. bellerica*, *Careya arborea*, *Albizia odoratissima*, *Carallia brachiata*, *Embliba officinalis*, etc.

Parmi les arbustes citons *Atalantia* sp., *Ixora brachiata*, *Xeromphis spinosa*, *Carissa inermis* et *Ixora coccinea*.

Les longs versants, quand ils ne sont pas cultivés, sont le domaine d'une savane arborée ou arbustive à *Gardenia resinifera* et *Careya arborea*, ou d'un fourré bas discontinu riche en espèces épineuses ou impalatables. On n'y retrouve pratiquement jamais de forêts et il est douteux que cette absence soit uniquement due à la pression anthropique.

En résumé

La comparaison de cette zone avec la première montre qu'ici aussi la présence des espèces des forêts sempervirentes semble liée à celle des sols rouges gravillonnaires, mais l'on ne peut plus parler de forêt. Les différences de modelé entre ces deux zones, difficilement explicables en l'état actuel de nos recherches, pourraient induire des comportements différents de la nappe phréatique. Les

sols des longs glacis versants, hydromorphes et souvent indurés, ne semblent pas favorables à l'installation de la forêt. Nous avons donc finalement une zone bioclimatiquement favorable mais édaphiquement sèche. Les facteurs pédologiques gênent considérablement l'extension des forêts : la situation est l'inverse de celle décrite pour les « kan forests ».

DISCUSSION SYNTHÈSE

Nous avons utilisé l'approche morphopédologique (KILIAN, 1974 ; TRICART, 1974 et 1979) pour expliquer la répartition de la végétation dans la région étudiée, et montré combien elle était complémentaire de l'approche bioclimatique. Une telle démarche a déjà été utilisée en Côte-d'Ivoire pour l'étude du contact forêt-savane (AVENARD *et al.*, 1974). Un grand nombre de similitudes

existent entre la région que nous avons étudiée en Inde et la zone de contact forêt-savane ivoirienne. Dans ce qui va suivre nous ferons référence à nos propres observations en Côte-d'Ivoire, mais surtout à l'excellente synthèse de P. PELTRE (1977) sur le « V » Baoulé dont nous adopterons une partie du vocabulaire.



*Forêt décidue dans les environs de Sorab. Ce type de forêt est obtenu par dégradation progressive des Kan.
La hauteur du peuplement n'excède pas ici 20 m.*

LA NOTION D'« ANOMALIE » DANS LA RÉPARTITION DES FORMATIONS VÉGÉTALES

En Inde comme en Côte-d'Ivoire, la notion d'« anomalie » dans la répartition des formations végétales est née d'une trop exclusive prise en compte du facteur climatique à des échelles où il n'est plus parfaitement adapté pour expliquer la nature des formations végétales présentes. Sont alors considérées comme « anormales » toutes les formations végétales qui ne semblent pas en équilibre avec les conditions climatiques. Dans le cas qui nous intéresse les deux anomalies sont :

— La zone centre-sud qui ne porte aucune forêt alors que le bioclimat laissait prévoir la forêt sempervirente :

l'explication classique est alors d'accuser la pression anthropique (à laquelle on attribue même parfois les cuirasses).

— La zone est qui porte des flots de forêt sempervirente alors que le bioclimat laissait prévoir des formations décidues : l'explication devient alors très difficile ; la formation est considérée comme relict et donc en déséquilibre dynamique avec le climat.

Selon cette même approche strictement bioclimatique, seule la zone ouest est « normale » : formations sempervirentes dans un climat qui leur convient.

CE QU'APPORTE L'ANALYSE MORPHOPÉDOLOGIQUE

L'analyse de la situation des « kan forests » montre qu'elles sont installées de façon très préférentielle sur certaines unités morphopédologiques des paysages. Ces unités présentent les caractères suivants :

— ce sont des témoins anciens d'une évolution complexe du milieu, passant par une phase de cuirassement suivie d'une phase de démantèlement des cuirasses ;
— cette évolution a conduit à la constitution de sols

rouges à gravillons ferrugineux, « reposant » sur des altérations épaisses et susceptibles de « tamponner » efficacement la saison sèche ;

— par suite de l'évolution géomorphologique des versants, ces témoins occupent généralement les sommets d'interfluves et la forêt qui leur est liée apparaît sous forme d'îlots.

En ce qui concerne la zone Centre-Sud, une évolution géomorphologique quelque peu différente a conduit à une sorte de sécheresse édaphique :

— par réduction de l'extension des témoins de sols rouges gravillonnaires favorables à la forêt,

— par développement de longs glacis versants, souvent indurés, domaines de la savane ou de fourrés bas.

La zone ouest, débarrassée par la dissection de la plupart des héritages témoins des phases passées, connaît un équilibre « normal » entre climat et végétation, équilibre uniquement perturbé par l'homme.

L'analyse que nous avons réalisée nous permet de proposer le schéma suivant de la répartition de la végétation naturelle et de son évolution sous l'action de la pression anthropique (tableau 2).

TABLEAU 2
RÉPARTITION DE LA VÉGÉTATION EN RELATION AVEC LES TYPES DE MILIEU PHYSIQUE

MILIEU PHYSIQUE		VÉGÉTATION		
Type de paysage	Unité morphopédologique	Stades d'évolution en fonction de la pression anthropique		
		nulle	pression anthropique	forte
Interfluves convexes (région de SORAB)	Sommet d'interfluve (Sols ferrallitiques remaniés)	Ilots forestiers sempervirents (« Kan Forests »)	Ilots semi-décidus à décidus	Cultures
	Versant (Sols indurés)	Forêt décidue	Bosquets	Dalle de cuirasse à l'affleurement
	Bas-fond (Sols hydromorphes)	?		Rizières plantations
« Glacis-versants » (région de SIDDAPUR)	Convexité étroite (Sols ferrallitiques remaniés Sols indurés)	Petits boqueteaux		Buttes érodées Arbres isolés disparition des horizons humifères
	Glacis versant (Sols peu évolués colluviaux, indurés)	Savane boisée	Savane arborée	Savane herbeuse ou fourré bas discontinu
	Bas-fond (Sols hydromorphes)	?		Rizières
Zone disséquée	Colline (Sols ferrallitiques rajeunés)	Forêt sempervirente	Forêt dégradée	Savane (érosion en « pied de vache »)
	Bas-fond étroit (Sols hydromorphes)	Forêt sempervirente Faciès ripicole	Forêt dégradée	Rizières plantations

LES SIMILITUDES AVEC LE MILIEU NATUREL IVOIRIEN

Les grandes étapes de l'évolution du modelé sont les mêmes dans la région qui nous intéresse en Inde et dans le centre (AVENARD, 1973) et surtout le nord-ouest (BERTRAND *et al.*, 1984 ; BOURGEON et BERTRAND, 1983) de la Côte-d'Ivoire : phase de cuirassement suivie du démantèlement de la cuirasse et de la constitution des sols rouges gravillonnaires en position de sommet d'interfluve.

La roche mère a joué un rôle symétrique en fournis-

sant le fer nécessaire à la constitution des cuirasses :

— En Inde notre zone d'étude est située sur grauwackes ; à des latitudes peu différentes, les zones gneissiques présentent beaucoup moins de traces de cuirassement.

— En Côte-d'Ivoire, dans la région de Bouaflé-Zuénoula (BOURGEON, 1984, non publié) les cuirasses importantes et les sols rouges qui en dérivent sont situés sur les « schistes » birrimiens.

Dans les deux cas aussi, le réseau hydrographique a joué un grand rôle en contribuant à la localisation des témoins de l'évolution ancienne — donc des forêts qu'ils portent — dans les zones les plus préservées de la dissection :

— en Inde, la région de Sorab, à l'est de la zone étudiée,

— en Côte-d'Ivoire, le bassin de Bandama beaucoup moins entaillé que celui du Nzi (PELTRE, 1977).

CONCLUSIONS

La réflexion que nous venons de présenter est le premier résultat d'une étude plus générale des liaisons sols-formations forestières, entreprise depuis 1985 à l'Institut Français de Pondichéry. Elle illustre une méthode qui privilégie l'analyse géomorphologique comme moyen de compréhension.

Il faut souligner ici que l'Inde est un pays très mal connu du point de vue géomorphologique et paléoclimatique, beaucoup moins bien que l'Afrique de l'Ouest. Malgré cela, la compréhension des liaisons pouvant exis-

ter entre sol et végétation passe par des études de sol qui débordent le cadre étroit du profil et de la classification pédologique : elles doivent aussi intégrer l'histoire du sol, ce que permet très bien la géomorphologie.

Cet exemple est aussi l'illustration de la richesse du milieu naturel de l'Inde péninsulaire qui présente, sur une superficie assez réduite, une très riche variété de situations tropicales : certaines, comme celle que nous avons évoquée ici, ont leur équivalent ailleurs ; d'autres sont certainement originales.

BIBLIOGRAPHIE

- AVENARD (J. M.). — Evolution géomorphologique au quaternaire dans le centre-ouest de la Côte-d'Ivoire. *Rev. Geomorphol. Dyn.* T. XXII N° 2, pp. 145-160, 1973.
- AVENARD (J. M.), BONVALLOT (J.), LATHAM (M.), RENARD DUGERDIL (M.), RICHARD (J. F.). — Aspects du contact forêt-savane dans le centre et l'ouest de la Côte-d'Ivoire ORSTOM, Paris, 254 p., Trav. et Doc. N° 35, 1974.
- BAGNOULS (F.), GAUSSEN (H.). — Les climats biologiques et leur classification. *Ann. de Géogr.*, N° 355, 66^e année, 1957.
- BERTRAND (R.), BOURGEON (G.), ANGE (A.), GRÉGOIRE (J. M.). — Les paysages morphopédologiques du complexe sucrier de Borotou-Koro (Côte-d'Ivoire). Caractéristiques et genèse. *L'Agro. Trop.*, T. XXXIX N° 2, 1984.
- BOURGEON (G.), BERTRAND (R.). — Organisation de la « couverture pédologique » et précision de sa cartographie. Analyse d'un exemple. *Sci. du sol*, 1, pp. 49-63, 1983.
- G.S.I. — Early Precambrian Supracrustals of Southern Karnataka. Editors J. Swami Nath & M. Ramakrishnan, Memoir of the Geological Survey of India, N° 112, 1981.
- KILIAN (J.). — Etude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de travail, méthodes cartographiques. *L'Agro. Trop.*, T. XXIX, N°s 2-3, pp. 141-154, 1974.
- LEGRIS (P.). — La végétation de l'Inde, écologie et flore, 596 p., 32 fig., 21 cartes, 20 pl. photo. Institut Français de Pondichéry, *Trav. Sec. Sci. & Tech.* T. VI, 1963.
- OLDEMAN (R. A. A.). — L'architecture de la forêt guyanaise. Mém. ORSTOM, N° 73, 1974.
- PASCAL (J. P.) [with the collaboration of SHYAM-SUNDER (S.), MEHER-HOMJI (V. M.)]. — Forest Map of South India, 1/250 000 scale, sheet Shimoga. The Karnataka Forest Department and the French Institute, Pondichéry, 1982a.
- PASCAL (J. P.). — Bioclimats des Ghâts occidentaux, 2 cartes au 1/500 000. Institut Français de Pondichéry, hors série N° 17, 1982b.
- PASCAL (J. P.) [with the collaboration of SHYAM SUNDER (S.), MEYER-HOMJI (V. M.)]. — Forest map of South India, 1/250 000 scale, sheet Belgaum-Dharwar-Panaji. The Karnataka Forest Department and the French Institute, Pondichéry, 1984a.
- PASCAL (J. P.). — Les forêts denses humides sempervirentes des Ghâts occidentaux de l'Inde, 364 p., 11 pl. photo, 123 fig., 79 tabl. Institut Français de Pondichéry. *Trav. Sec. Sci. & Tech.* T. XX, 1984b.
- PELTRE (P.). — Le « V Baoulé » (Côte-d'Ivoire Centrale) Héritage géomorphologique et paléoclimatique dans le tracé du contact forêt-savane. ORSTOM, Paris, 198 p., 2 cartes, Trav. & Doc. N° 80, 1977.
- PICHAMUTU (C. S.). — Archean Geology, 420 p. Oxford and I.B.H. Publishing Co, New Delhi, Bombay, Calcutta, 1985.
- RADHAKRISHNA (B. P.). — Reconsideration of some problems in the Archean complex of Mysore, 102-110. *Jnl. Geol. Soc. of India*, 1967.
- SAWKAR (R. H.). — Geology of the Manganese ore deposits of North Kanara district, Karnataka State, India, 15^{p.} + carte, Seminar on Mining & Ecology in green belt, Mining Engineer's Association of India, Belgaum Sub Centre, 1984.
- TRICART (J.). — De la géomorphologie à l'étude écographique intégrée. *L'Agro. Trop.*, T. XXIX N°s 2-3, pp. 122-132, 1974.
- TRICART (J.). — Paysage, écologie et approche systémique, 377-382. *Bull. Ass. Geogr. Français*, N° 465, Paris, 1979.

ANNEXE

1) Analyses physico-chimiques (réalisées à l'Institut Français de Pondichery par MM. ARUMUGAM (P.), BALASUBRAMANIAN (K.), et ORUKAIMANI (G.)).

Zone	« Kan forest » (Halagalale R.F.)					Continuum sempervirent (Nirogod R.F.)			
N° Echantillon	270	271	272	273	274	279	280	281	282
Profondeur cm	0-10	10-20	20-40	70	110	0-10	10-30	30-80	150
PH									
H ₂ O	6,22	6,10	5,90	5,82	5,82	5,77	5,63	5,21	5,18
KCl	5,78	5,65	5,39	5,34	5,49	5,37	5,05	4,79	4,97
Granulométrie (%)									
Sable grossier	15,2	20,2	21,9	16,3	15,1	13,9	12,5	10,5	12,1
Sable fin	21,2	21,0	21,5	11,1	11,1	26,5	26,9	20,9	21,5
Limon grossier	15,7	16,1	14,3	8,0	8,9	10,9	11,6	12,9	13,2
Limon fin	14,6	11,9	10,5	7,7	9,1	19,6	20,5	18,4	19,6
Argile	33,3	30,7	31,7	56,9	55,8	29,1	28,5	37,5	33,5
Carbone ‰	4,73	3,14	1,72	0,92	0,61	5,29	2,64	1,17	0,83
Azote ‰	3,53	2,57	1,61	1,19	1,12	3,21	1,58	0,71	0,55
Bases échangeables (me/100 g)									
Ca	14,7	10,2	5,9	2,7	2,5	11,1	3,5	2,0	2,1
Mg	3,6	2,4	2,1	1,0	1,2	2,6	1,2	0,7	0,6
Na	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	0,2	0,2	0,0	0,3
K	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Capacité d'échange me/100 g	17,9	15,3	11,0	10,3	9,0	15,4	8,4	6,2	4,8
Taux de saturation	> 1	0,84	10,75	0,40	0,45	0,92	0,61	0,48	0,67
Analyse triacide (%)									
Perte au feu	13,2	9,9	8,0	9,1	9,8	14,9	10,0	8,7	8,5
Quartz + insolubles	47,7	49,4	48,8	25,6	25,6	46,9	45,4	38,2	32,8
SiO ₂ combinée	12,6	12,6	13,2	24,2	23,4	12,1	15,3	18,7	21,3
Al ₂ O ₃	10,3	10,9	12,7	21,5	18,9	12,7	13,2	16,45	18,6
Fe ₂ O ₃	12,9	15,3	16,7	20,0	21,0	11,0	10,5	13,3	14,8
TiO ₂	1,4	1,2	1,1	0,9	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1
MnO	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
MgO	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5
CaO	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1
P ₂ O ₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	tr.	tr.
Total	99,4	100,3	101,4	102,2	100,7	99,9	96,5	97,2	97,8
Rapport SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,08	1,97	1,77	1,91	2,1	1,62	1,97	1,94	1,95

2) Détermination des minéraux argileux par rayons « X » (Institut de Géologie de Strasbourg)

Echantillon : N° 272. Sol total broyé : quartz, kaolinite, goëthite.

Fraction argileuse : kaolinite dominante, traces de smectite, illite et goëthite.

Echantillon : N° 282. Sol total broyé : quartz, kaolinite, goëthite et traces de gibbsite.

Fraction argileuse : kaolinite dominante, traces d'interstratifiées, goëthite et gibbsite.

Grauwacke : Roche broyée : quartz, chlorite, mica, plagioclase.