



Photo Sarlin.

Forêt secondaire semi-décidue en Côte d'Ivoire.

LA PÉDOLOGIE FORESTIÈRE DANS LES PAYS TROPICAUX LA FORÊT ET LE SOL

par P. SARLIN,
*Chef de la Division de Pédologie
au Centre Technique Forestier Tropical.*

SUMMARY

FORESTRY PEDOLOGY AND THE STUDY OF FORESTED SOILS

Vegetation and forests especially contributes to the formation of the soil wich it covers, by altering the rock ; this is made possible by the penetration of the roots and the action of the organic acids from humus.

The soil thus formed is protected thereafter by the forest.

Reciprocally, a certain type of soil is more or less suitable for the growth of a particular forest species.

Certain species, referred to as « exacting », have very particular requirements on optimum soil conditions to fit them. Therefore it is more instructive to study these, at present, rather than tolerant species whose growth is relatively independant of soil, conditions.

The Limba is among the most exacting species and it has been possible to show a correlation between its growth and certain soil characteristics such as the rate of exchangeable bases and even pH.

Young plantations are often irregular in their growth and this irregularity shows up, among other things, the heterogeneity of soil, as each plant is under the influence of its own microstation.

Later on, the plant modifies the soil, enriching it with some of the elements contained in its leaves, this process being in proportion to its rate of growth.

This article brings out some points concerning the presumed exigencies of certain forest species : Limba, Okoume, and some others.

LA PEDOLOGIA FORESTAL Y EL ESTUDIO DE LOS SUELOS FORESTALES

La vegetación, y, en particular, la vegetación de los bosques, contribuye, a formar el suelo que éstos recubren, debido a la alteración de la roca, que tiene lugar por la penetración de las raíces y, asimismo, por la acción de los ácidos orgánicos del humus.

Acto seguido, el bosque protege al suelo así formado.

Recíprocamente, cierto tipo de suelo conviene más o menos bien para el desarrollo de un especie forestal determinada.

Ciertas especies, denominadas exigentes, son muy difíciles de aclimatarse por lo que respecta a las condiciones óptimas de los suelos más convenientes, por lo cual su estudio resulta más instructivo, de forma inmediata, que el estudio de las especies que se adaptan fácilmente y que son indiferentes en relación con el suelo.

El Limba figura entre las especies más exigentes y ha podido demostrarse una correspondancia entre el crecimiento y ciertas características del suelo, como por ejemplo, el porcentaje de bases intercambiables, e incluso el pH.

Las plantaciones jóvenes son frecuentemente irregulares, y semejante irregularidad refleja, entre otras cosas, la heterogeneidad del suelo, quedando cada planta bajo la influencia de su microestación.

A continuación, cada planta modifica el suelo por aportación de los elementos contenidos en las hojas, y ello con tanta mayor intensidad cuanto más vigoroso es su crecimiento.

Este estudio proporciona indicaciones respecto a las exigencias presuntas de ciertas especies forestales tropicales : Limba, Okumé, y, asimismo, algunas otras.

Le terme PÉDOLOGIE, éthymologiquement, dérive des racines grecques « pedon » = sol et « logos » = étude.

La pédologie forestière est donc l'étude des sols forestiers.

La pédologie générale étudie les conditions qui exercent leur influence sur le sol et elles sont nombreuses : roche-mère, climat, végétation, actions animales ou humaines.

On a pensé, à une certaine époque, que la pédologie pourrait être exercée dans le cadre d'un assez grand nombre de disciplines extérieures qu'elle appliquerait au sol, objet de son étude.

On peut citer : la chimie du sol, la physique du sol, la climatologie du sol, la minéralogie du sol, la microbiologie du sol, etc...

Cette multiplicité, loin d'entraîner une spécialisation étroite, a tendance à agrandir le champ des recherches. Les pédologues doivent être individuellement polyvalents ou se diviser en spécialités,

surtout s'ils recherchent sérieusement des applications pratiques.

Aussi voit-on apparaître la pédologie descriptive et la cartographie, la pédologie agronomique et, d'une façon générale, la pédologie appliquée à telle activité ayant le sol comme support essentiel.

La pédologie forestière, branche de la pédologie appliquée, recherche les relations entre le sol et les peuplements forestiers, naturels ou artificiels qu'il supporte. Cette recherche est dynamique, les deux éléments en relation évoluant simultanément par eux-mêmes et par action réciproque.

La végétation, cela est bien connu, est liée à la nature du sol : les sols calcaires, acides, marécageux ne portent pas la même végétation, forestière ou non.

La végétation contribue à former un sol qui lui est propre, bien caractéristique, surtout si elle est puissante, c'est le cas de la forêt.

Il y a donc action réciproque, variable dans le temps, du sol sur la forêt et de la forêt sur le sol.

Plantation de Limba de 5 ans
(Loudima, République du Congo, Brazzaville).

Photo Sarlin.

La pédologie forestière comporte donc nécessairement l'étude simultanée du sol et du peuplement forestier.

On pourrait croire que cet objet, malgré sa dualité, est relativement limité et l'on ne voit pas, *a priori*, l'intérêt des applications de résultats problématiques de ces études.

L'expérience de quelques années a montré, bien au contraire, que si les recherches ont donné certains résultats fort intéressants du point de vue théorique, les possibilités pratiques sont plus importantes encore, même en dehors du domaine forestier.

Les conclusions générales auxquelles on a pu parvenir sont brièvement les suivantes :

— La forêt naturelle tropicale humide contribue à la formation du sol et à sa conservation.

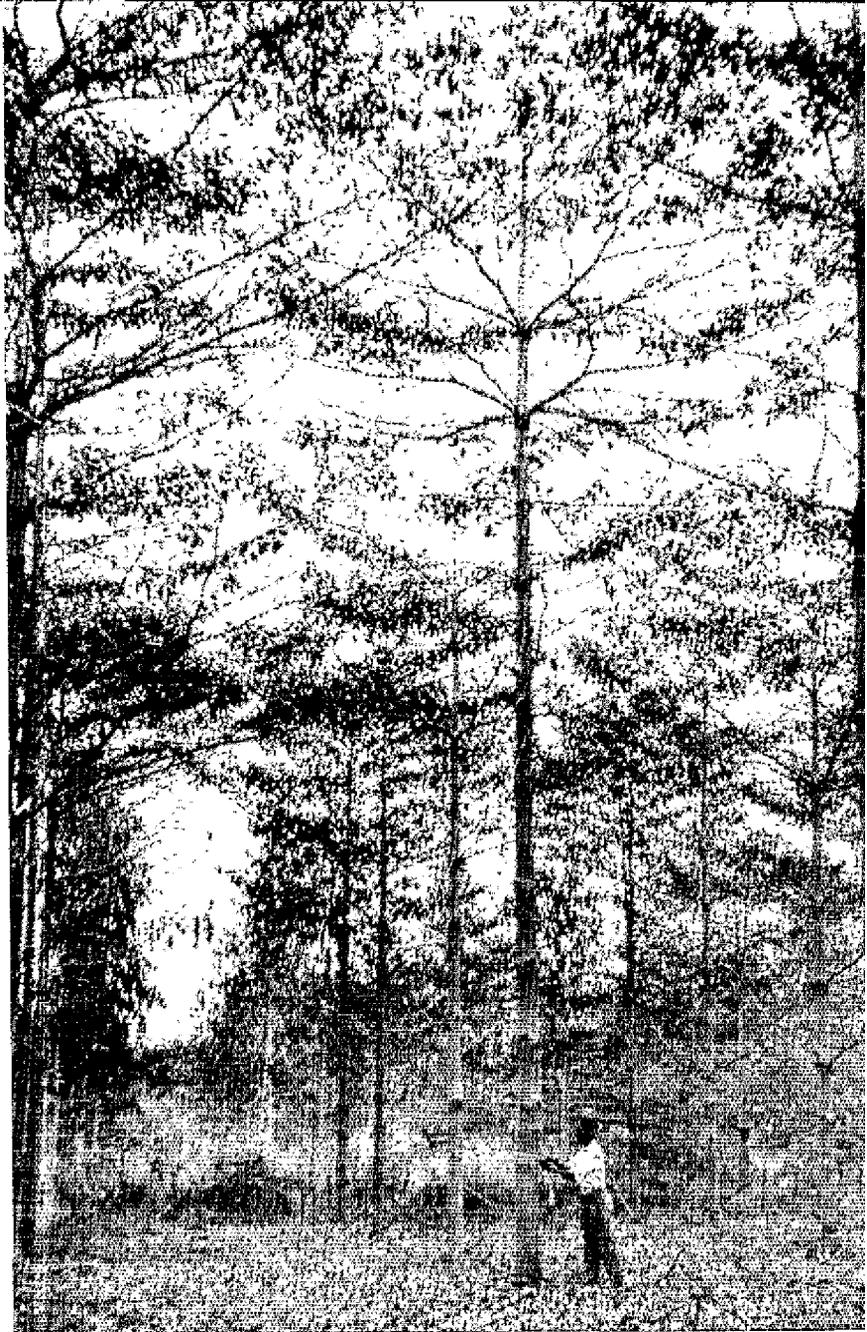
— Les plantations forestières sont d'autant plus influencées par les propriétés du sol que l'espèce utilisée est plus exigeante.

— Réciproquement, ce sont les espèces exigeantes qui améliorent le plus rapidement le sol de la plantation.

— Le sol peut être responsable de différences constatées dans la vitesse d'accroissement en volume, la forme des troncs, la régénération naturelle. Ici encore, il semble que chaque espèce ait son comportement particulier.

— En régions sèches, les différents types de sols ont généralement des vocations bien définies, leur distinction est précieuse pour en établir la meilleure utilisation possible.

— Enfin, on peut dire maintenant que la pédologie forestière tropicale peut être utilement employée dans des études concernant les travaux de Développement.



Nous nous proposons d'étudier ici, sur un certain nombre d'exemples, les actions réciproques de la forêt et du sol sous les climats tropicaux.

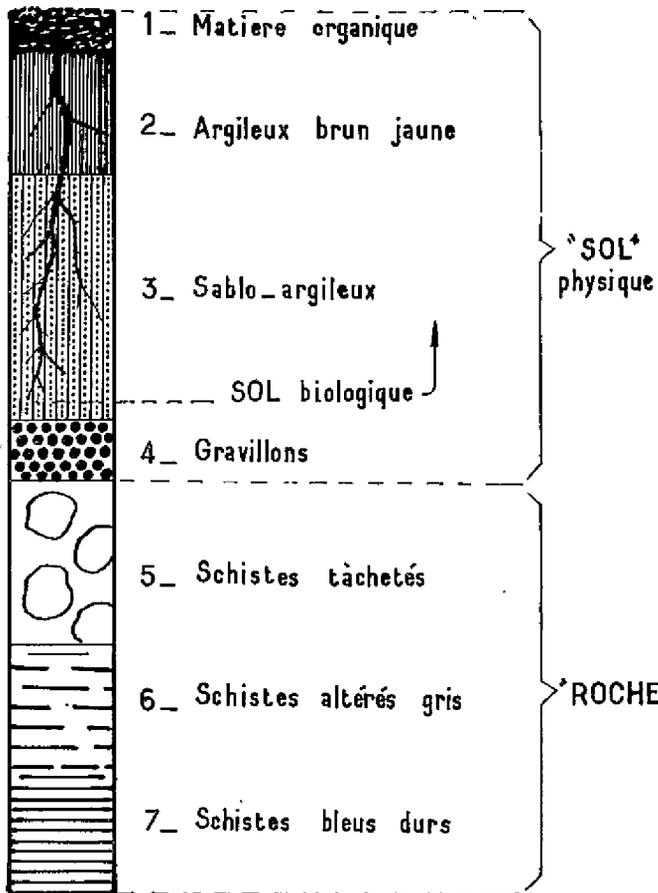
I. — ACTION DE LA FORÊT SUR LE SOL

Dans la région littorale du Gabon, la grande forêt recouvre des formations géologiques variées et, en particulier, une marne bleue, tendre, très altérable, d'origine marine, formant des terrains que recherchent les reboiseurs en Okoumé.

La roche est très homogène ; la forêt, malgré sa complexité botanique, est uniformément dense et humide et les conditions de formation du sol sont en principe invariables.

Dans la très grande majorité des profils, la suc-

PROFIL TYPE



cession des horizons, depuis la surface vers la profondeur, est la suivante :

1. — matière organique ;
2. — argileux brun-jaune ;
3. -- sablo-argileux ;
4. — gravillons ;
5. -- schistes tachetés ;
6. — schistes altérés gris ;
7. — schistes bleus durs (exceptionnellement remplacés par du grès ou des marnes vertes).

Nous donnons conventionnellement le nom de roche, altérée ou non, aux horizons inférieurs 5, 6 et 7.

-- Le sol physique est représenté par les quatre premiers horizons : 1, 2, 3, 4.

— Le sol biologique coïncide avec la profondeur des racines. Profondeur du sol (physique) et profondeur des racines ne sont pas forcément les mêmes, nous l'avons observé dans 227 profils.

PROFONDEUR DES RACINES DANS LE SOL

1° Dans la majorité des cas : 66 %, les racines n'occupent qu'une partie du sol, s'arrêtant au-dessus des gravillons ou à leur niveau.

Pour 153 profils : 60 cm de sol sont utilisés en moyenne,

: 30 cm ne sont pas utilisés.

2° Les racines s'arrêtent souvent à la base du sol : 17 % des cas.

Dans 37 profils, les 53 cm de sol sont utilisés.

3° Les racines pénètrent dans la roche altérée dans 17 % des cas.

Dans 37 profils, les 36 cm de sol sont utilisés et en plus 18 cm de roche altérée.

On voit sur le graphique que l'enracinement (profondeur des racines) est fonction de la profondeur du sol (tel que nous l'avons défini : sol physique).

En effet :

— L'enracinement augmente en même temps que la profondeur du sol, avec un retard très marqué.

— L'amincissement du sol provoque une diminution de l'enracinement, mais cette diminution est à peine marquée.

— Il semble que l'enracinement moyen se situe vers 50-60 cm, avec de larges variations.

Cette profondeur semble nécessaire pour des raisons d'alimentation en eau. Elle est influencée par les variations d'épaisseur du sol, mais dans une faible mesure.

LES RACINES ET L'ALTÉRATION DE LA ROCHE

Les racines peuvent atteindre la roche et y pénétrer si le sol biologique est suffisamment profond, ou si le sol physique est suffisamment mince.

PÉNÉTRATION DES RACINES DANS LA ROCHE MÈRE

Profondeur du sol physique	Pénétra-tion dans la roche. Nombre de cas	Pénétra-tion dans le sol. Nombre de cas	Pénétration dans la roche. Nombre de cas (%)
0- 15	3	—	100 %
15- 30	12	—	100 %
30- 45	20	9	70 %
45- 60	11	24	45 %
60- 75	4	32	12 %
75- 90	2	20	9 %
90-105	—	31	0 %
105-120	—	53	0 %

*Profil de sol en forêt.
Route de Lambaréné, au Gabon.*

Photo Sarlin.

Les racines présentes dans la roche sont des agents d'altération très actifs. La durée de leur vie est relativement courte ; elles laissent à leur place un canal utilisable par l'eau d'infiltration, chargée de produits organiques acides qui peuvent attaquer la roche et l'altérer.

On peut donc dire que l'altération est particulièrement intense dans les sols minces où la roche-mère, proche de la surface du sol, est pénétrée par les racines.

Ainsi, sous l'action des racines, le sol se forme ou s'améliore en s'approfondissant aux dépens de la roche-mère.

L'ÉROSION

De nombreuses observations permettent d'avancer les quelques principes suivants :

— Il n'y a pas d'érosion accélérée de surface en forêt, sauf dans les champs de culture établis sur défrichement.

— Il y a pourtant un mouvement certain et important des éléments du sol : des fragments de charbon de bois, des gravillons de surface sont rapidement transportés à plusieurs décimètres de profondeur.

D'autre part, un relief à petite échelle, mais très accusé, se distingue très vite à peu de distance d'une ligne de crête.

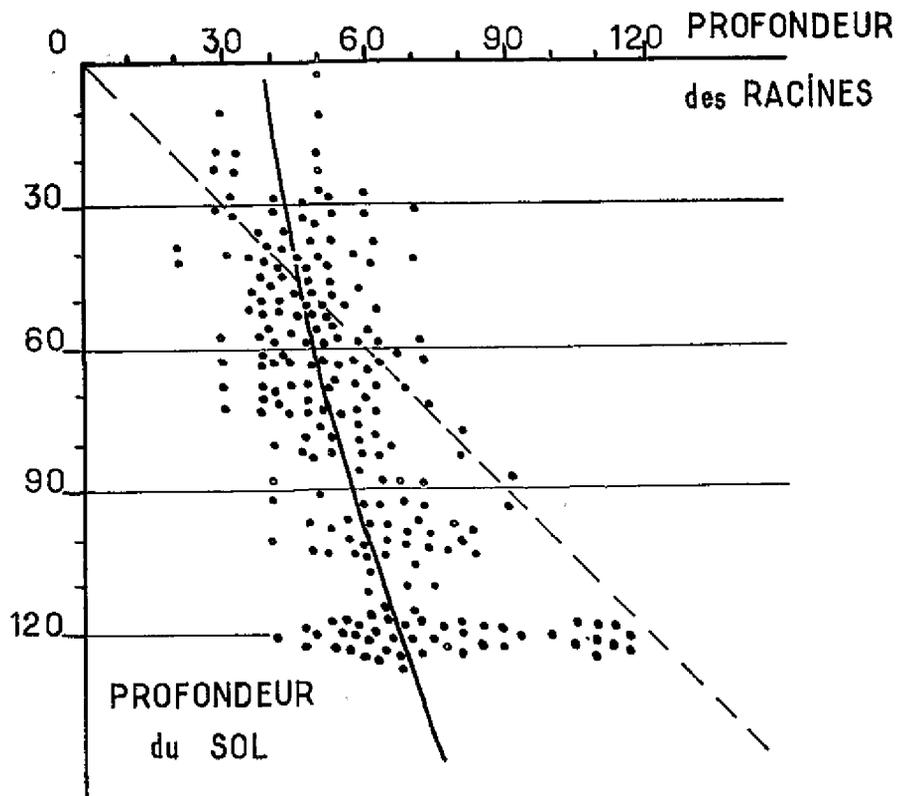
Les éléments les plus légers et les plus fins sont les plus facilement transportés :

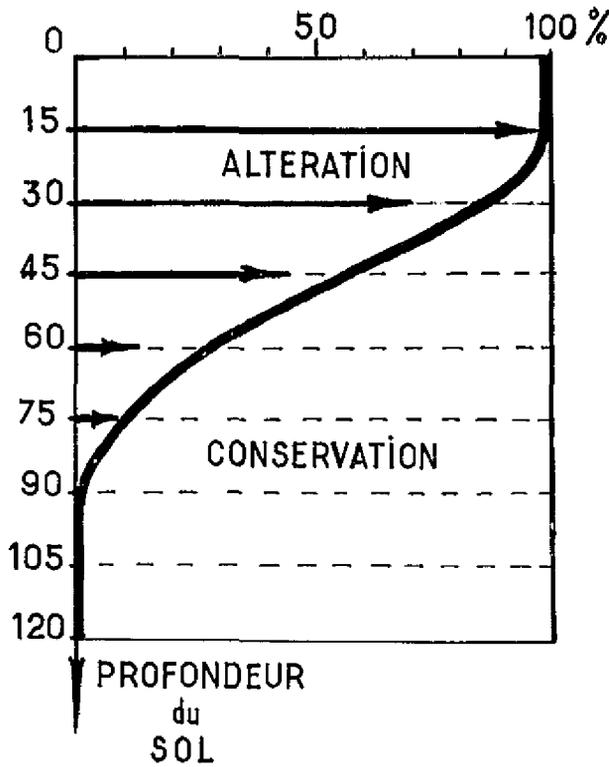
- matière organique,
- argile,
- sable fin.

Ceci suppose une altération préalable des éléments plus grossiers. On trouve de la roche en place, on ne trouve ni galets ni blocs (sauf quelques très rares quartz ou blocs de grès).

Les gravillons eux-mêmes ne sont guère transportés ;

Chaque point représente, pour le profil observé, la profondeur (abscisse) maxima atteinte par les racines, et la profondeur du sol physique (ordonnée).





*Intensité de l'altération de la roche
en fonction de la profondeur du sol.*

par contre, il est fréquent d'observer des gravillons en voie de dissolution.

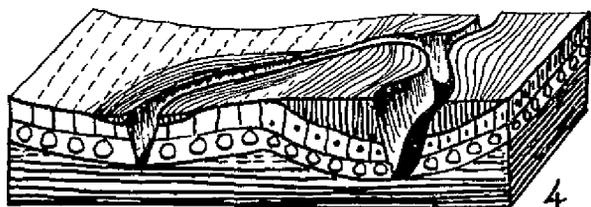
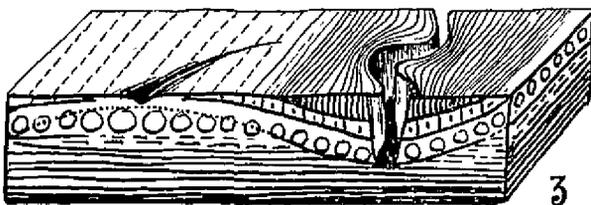
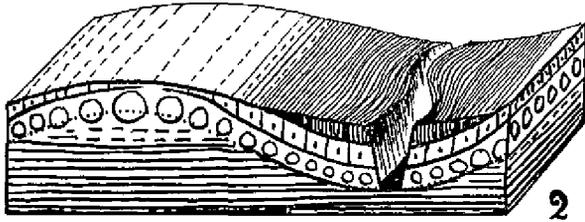
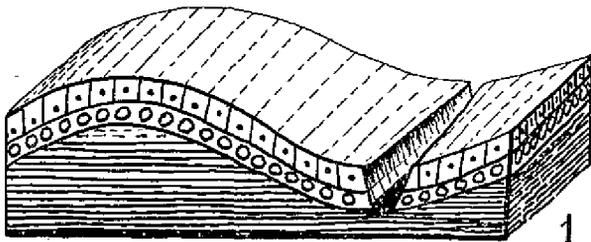
Les ruisseaux un peu importants coulent sur le schiste bleu dur ; ils n'y restent pas indéfiniment ; ils évoluent assez rapidement, semble-t-il, en méandres et disparaissent, captés par des affluents d'aval, laissant un cours sinueux et marécageux, mais peu actif.

Les captures semblent être la règle, ce qui peut s'expliquer : le ruisseau, évoluant en méandres, travaille latéralement le sol en éboulant ses berges (toujours abruptes). Le ruisseau ne peut s'enfoncer sur place dans le schiste dur ; son lit se trouve rapidement en position de surélévation relative.

On peut concevoir la synthèse de ce mécanisme de formation et de destruction de sol sous forêt :

1° Un sol sous forêt a un relief peu accusé et son profil nous montre les horizons essentiels suivants :

- argilo-sableux (sol),
- schistes tachetés (roche altérée, transition),
- schistes bleus durs (roche).



2° Les inondations de la rivière remblaient le thalweg, les dénudations ayant lieu sur la crête.

Il en résulte que l'altération augmentera sur la crête dont le sol est aminci. Dans le thalweg au contraire, le sol, épaissi par les alluvions, se trouve hors de portée des racines : l'altération est arrêtée.

3° L'évolution s'oriente vers la suppression du relief, le vieillissement des cours d'eau et la formation des marécages.

4° Une inversion de relief se produit, avec capture du ruisseau par un affluent situé sur l'ancienne crête devenue thalweg.

En résumé, la forêt contribue, par ses racines, à l'altération des roches se trouvant au voisinage du sol c'est-à-dire, en règle générale, sur les parties en relief.

La présence de la forêt humide tend à uniformiser la surface séparant le sol du sous-sol et à l'abaisser.

Il y a création d'un sol formé d'éléments meubles plus tendres que la roche.

Blocs diagrammes figurant l'évolution du sol sous forêt :

1. — relief peu accusé à l'origine,
2. — remblaiement des thalwegs par alluvionnement,
3. — uniformisation du relief et amorce de capture,
4. — capture et inversion du relief.

L'érosion, pratiquement nulle en surface, est limitée au bord des ruisseaux.

Elle est plus intense dans les parties basses ; elle se limite à l'épaisseur du sol qu'elle balaye latéralement.

Elle s'arrête à la roche-mère, du moins pendant un temps assez long pour permettre à d'autres phénomènes de se produire.

Ces diverses actions se limitent mutuellement et leur résultante est un relief de pénélaine sous

lequel un sol continue à se créer et à s'approfondir de plus en plus lentement.

Cet équilibre ne sera détruit que par le défrichement ou, éventuellement, à une échelle de temps différente, par un changement de climat.

La forêt :

- altère la roche et contribue à donner naissance à un sol,
- réduit le relief,
- contribue à conserver le sol ainsi formé.

II. — ACTION DU SOL SUR LES PLANTATIONS FORESTIÈRES

On peut penser qu'une espèce végétale se développe naturellement sur le terrain qui lui convient.

Le reboiseur accorde, pour sa part, beaucoup d'importance au choix de l'espèce dont on recherche certaines qualités. Mais le terrain à reboiser est souvent... celui dont on dispose ; il n'est pas toujours choisi en fonction des exigences édaphiques de l'espèce et, de plus, ces exigences, le plus souvent, sont mal connues.

Aussi voit-on les plantations artificielles réussir plus ou moins bien selon le sol qu'elles occupent.

Ceci est d'autant plus vrai que l'on utilise une espèce exigeante qui accusera des différences plus nettes entre les différents sols. De même l'étude comparative de différentes plantations sera plus instructive chez une espèce exigeante que pour une espèce accommodante relativement indifférente au sol. C'est précisément ce que l'on constate dans les plantations de Limba, espèce exigeante, en particulier au Congo, où les sols sont issus de roches-mères très variées.

Les productions en matière ligneuse des plantations de Limba sont très variables selon la nature du terrain sur lequel ont été entreprises les plantations.

Les observations suivantes ont pu être faites à ce sujet.

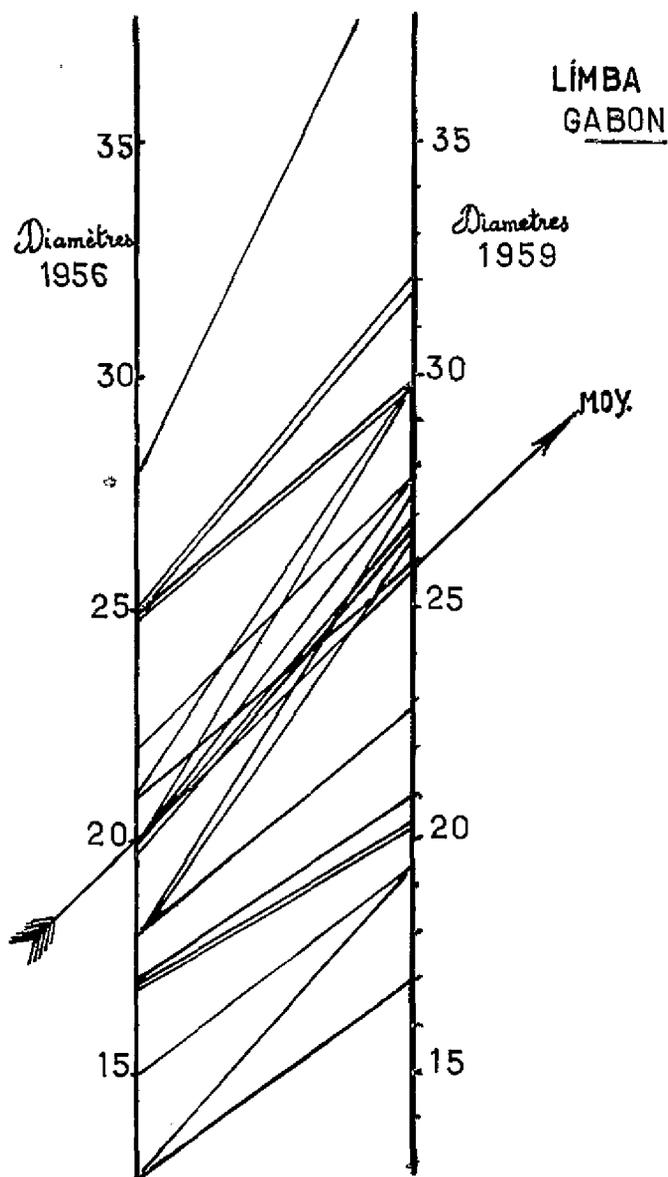
1° La parcelle de Limba de Sibang (Gabon) a été plantée (trop serrée) le 1^{er} février 1949 à raison de 200 pieds sur 1/4 d'hectare. Les Limba ont été ensuite éclaircis le 6 août 1956 à 7 ans.

Les 21 pieds réservés sont passés de 20 cm de moyenne (13-28) à 26,5 cm en moyenne (17-40) en 3 ans.

On peut donc constater que, entre 7 et 10 ans, les sujets ont augmenté de diamètre en proportion de leur diamètre initial.

Il n'y a dépassement (de faible importance d'ailleurs) que dans la catégorie moyenne.

On est tenté de penser que chaque sujet est sous la dépendance de sa propre « microstation », les



Comparaison des diamètres des Limba en 1956 et 1959, la moyenne passe de 20 à 26 cm.

autres conditions : origine des plants, distance de plantation, éclaircie (sans doute un peu tardive) étant les mêmes pour chaque sujet.

Le sol est de valeur très hétérogène et les places privilégiées semblent correspondre, *grosso-modo*, aux Limba les plus développés.

Entre le plus faible sujet, de 17 cm de diamètre et 12 m de hauteur d'une part, et le plus fort sujet, de 40 cm de diamètre et 21 m de hauteur d'autre part, la différence, en volume, est de 1 à 10.

Si ces différences étaient dues à l'existence de populations différentes, on observerait le groupement de plusieurs sujets par population, alors que l'étalement au hasard, semble être la règle.

Il semble bien, en définitive, que l'hétérogénéité du peuplement soit le reflet de celle du sol.

2° Si on rapproche, sur différentes parcelles de plantations de Limba, la production de matière ligneuse de la nature du terrain, on peut établir le tableau suivant :

VARIATIONS DE LA PRODUCTION EN BOIS DES PLANTATIONS DE LIMBA suivant la nature des terrains et la teneur en calcium du sol

Parcelles	Roches mères	Production m ³ /ha/an
5.121 A	Calcschistes chloriteux; Epidotites.	7,2
5.011 A	Chloritoschistes.	6,5
5.122 A	Micaschistes supérieurs.	6 2
5.012 A		
5.221 A	Para-amphibolites ; Para-gneiss à 2 micas et grenat ; Embréchytes ; Leptinites.	3
532	Marnes (ou grès) crétaçés.	5
5.432	Alluvions remaniées.	1
5.431	Passage à la série des cirques.	2,3
Gnani	Sables lessivés de la série des cirques.	très faible

Il y a donc concordance entre la richesse en calcium des roches-mères des sols sur lesquels se trouvent les plantations et la production en bois des parcelles.

3° On peut également rechercher les rapports existant entre les diamètres des arbres et le pH du sol.

Dans ce but, nous avons observé, dans chaque parcelle de Limba plantée, trois groupes de 4 Limba et avons mesuré dans chaque cas leur croissance moyenne et notamment leur diamètre et aussi les caractéristiques du sol à cet endroit, en particulier le pH du sol de chaque groupe. Ces groupes comportent :

1° les 4 Limba les plus mal réussis (les plus minces) ;

2° les 4 Limba moyens (voisins du Limba moyen) ;

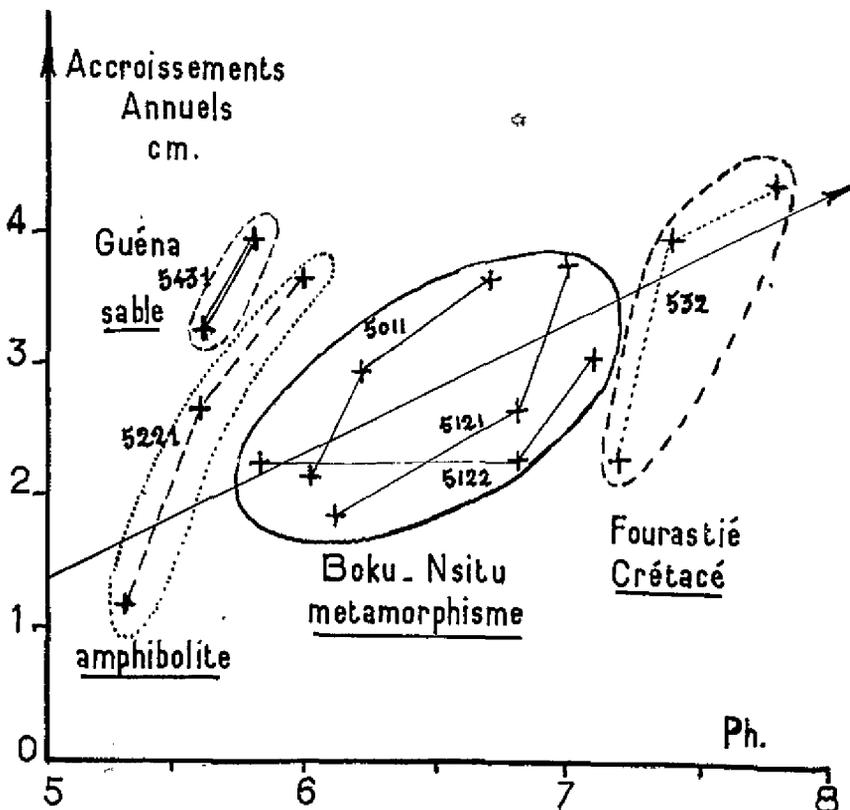
3° les 4 Limba les mieux réussis (les plus gros).

18 mesures ont été faites corrélativement.

Dans tous les cas, les pH sont dans le même ordre que les diamètres et l'on a, dans chacune des parcelles prises séparément, la disposition :

— petits diamètres correspondant à pH faible ;

LIMBA (Mayumbe.)



Accroissements annuels moyens de Limba en fonction du pH du sol de la station.

--- diamètres moyens correspondant à pH moyen ;
 --- grands diamètres correspondant à pH le plus grand.

On entrevoit la possibilité d'une corrélation systématique dans une parcelle unique tandis que, pour des observations portant sur plusieurs parcelles, d'autres facteurs dynamiques interfèrent : teneurs en bases initiales des sols, climat local, âge de la parcelle surtout.

La corrélation prévisible sur une parcelle unique jeune disparaît si on considère plusieurs parcelles différentes.

Il est intéressant d'observer à cette occasion que le Limba prospère sur des sols ayant des pH 6, 7 ou 8, correspondant à des humus forestiers exceptionnellement doux.

Cet exemple montre que l'action du sol sur les plantations est plus nette lorsque la plantation est :

- unique (une seule parcelle) ;
- pure (une seule espèce) ;
- équiétienne (sujets du même âge) ;
- jeune (la plantation n'a pas encore modifié le sol) ;
- régulière (les sujets sont à égalité entre eux).

C'est ce que nous montre l'observation d'une parcelle de Limba (parcelle 9 B1 de Loudima de 1953).

4° On peut rechercher, en effet, comment se produisent, sur une parcelle, les accroissements en diamètre du Limba.

Nous avons choisi pour cela une parcelle de Limba de Loudima dans le Niari, parcelle en quelque sorte aberrante par suite des conditions écologiques particulièrement défavorables de cette station, qui convient mal au Limba.

Cela nous a permis d'avoir tout un éventail de dimensions, depuis le diamètre zéro d'un Limba éliminé naturellement, jusqu'au diamètre de 10 cm (à 6 ans).

Des conditions de station « normales » n'auraient pas permis d'observer une variance aussi étendue, tant dans l'observation de la croissance de chaque Limba que dans les caractères de chacune des microstations. Par contre, il n'est pas possible de considérer les observations faites sur le sol à cette occasion comme des résultats représentatifs des conditions de sol de l'espèce Limba, dans son milieu, la parcelle étudiée étant plus que marginale par rapport à l'aire naturelle de l'espèce.

Nous avons comparé les diamètres mesurés en 1958 et en 1960 de 181

Limba de la parcelle de Loudima 9 B1 qui avait 7 ans en 1960. On a trouvé :

1° Limba au-dessous de la moyenne (9 cm) en 1958 :

Il y en avait 106 en 1958 ; en 1960 :

- 19 sont morts (sujets de 1, 2, 3 cm surtout) ;
- 77 ont atteint la moyenne de 1960 (16 cm) ;
- 10 seulement ont dépassé la moyenne.

2° Limba au-dessus de la moyenne en 1958 :

Il y en avait 75 en 1958 ; en 1960 :

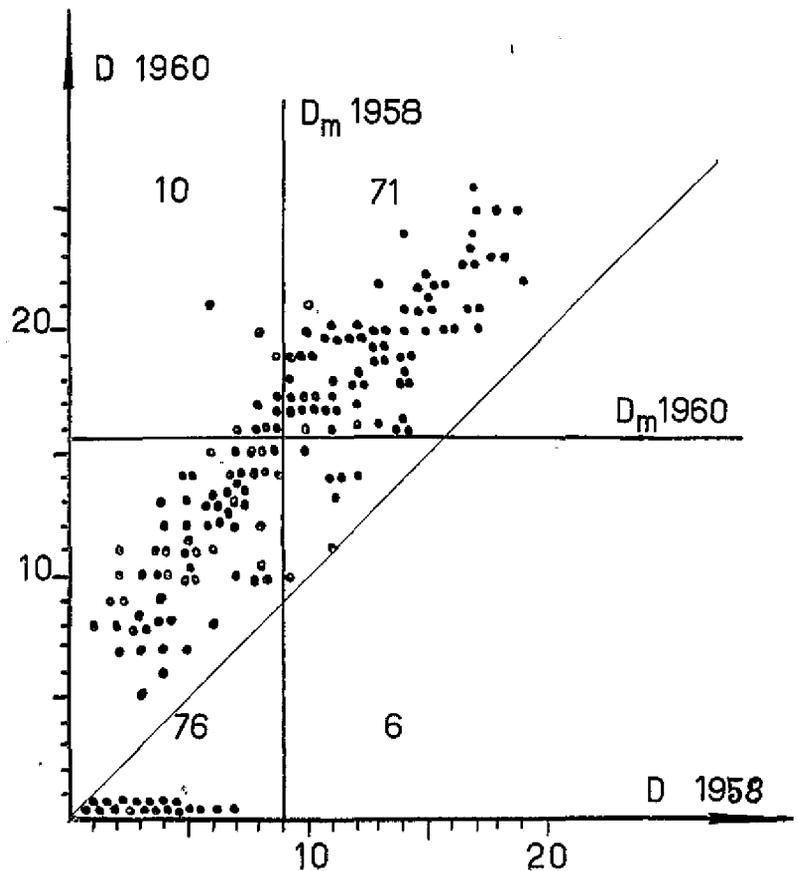
- 6 seulement n'ont pas atteint la nouvelle moyenne : 16 cm ;
- 69 sont passés au-dessus de la moyenne.

Avec une tolérance de 10 % on peut donc dire que les sujets au-dessous et au-dessus de la moyenne sont restés les mêmes.

Comme la répartition des diamètres était essentiellement fonction de la position des Limba dans la parcelle 9 B1, les Limba supérieurs à la moyenne sont toujours ceux qui occupent une situation privilégiée.

On remarque que les deux populations considé-

LIMBA 9 B1
diamètres 1958-60



Chaque point représente pour un Limba :
 — son diamètre en 1958 (en abscisse)
 — son diamètre en 1960 (en ordonnée).

Chaque point représente pour un Limba :
en 1958 et en 1960 :

- la fertilité du sol de sa station (en abscisse),
- son diamètre (en ordonnée)
- les deux points, étant reliés par une flèche.

rées (au-dessous et au-dessus de la moyenne 1958) ont eu à peu près l'évolution suivante :

1° au-dessous de la moyenne : les diamètres passent de 5 à 11 cm ;

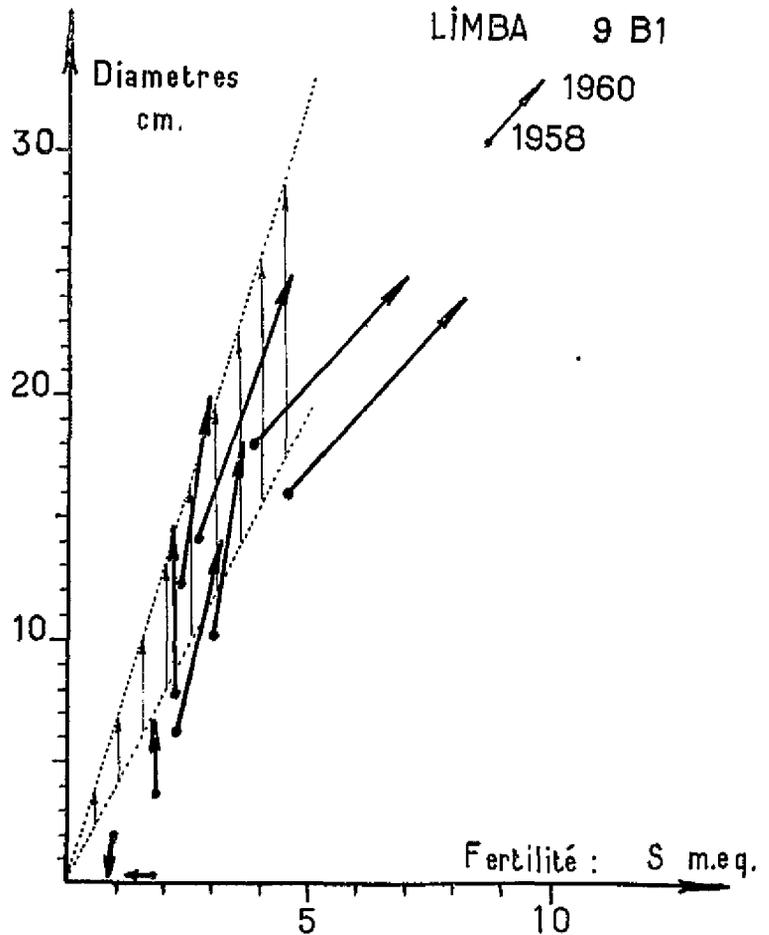
2° au-dessus de la moyenne : les diamètres passent de 14 à 20 cm.

L'accroissement en diamètre paraît le même alors que l'accroissement en volume de la population privilégiée est le double ou le triple de celui de la population défavorisée.

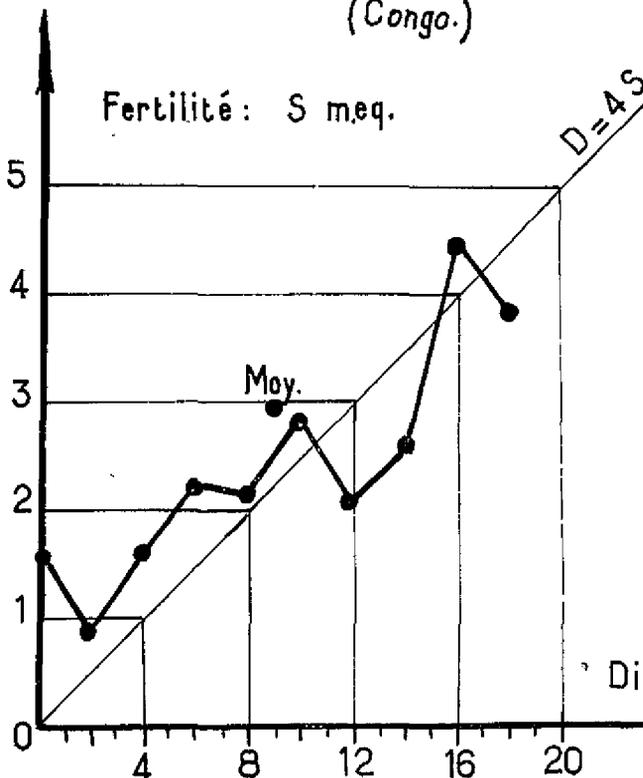
5° On a enfin étudié sur les plantations de Limba les rapports qui peuvent exister entre les bases échangeables et les diamètres des arbres.

Ces diverses considérations nous ont amené à prélever des échantillons de sols autour de Limba de diamètre croissant : diamètres de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 cm (à l'âge de 5 ans).

On a constaté une bonne correspondance entre les diamètres et les bases échangeables.



LIMBA
(Congo.)



La correspondance est bonne avec le calcium, assez bonne avec le magnésium, médiocre ou inexistante avec le potassium ou le sodium.

Si : D est le diamètre du plant en centimètres, S la somme des bases échangeables en milliéquivalents pour 100 gr. de sol, on pourrait être tenté de relier ces deux quantités par l'expression :

$$D = 4 S \pm 3$$

dont la valeur est toute provisoire.

En effet, si un sol hétérogène marque nettement son influence sur la croissance d'une espèce exigeante, réciproquement cette espèce enrichit le sol, d'autant plus que les parties qui retournent au sol, feuilles surtout, sont riches en éléments essentiels.

III. -- INTERFÉRENCES DE L'ACTION DE LA VÉGÉTATION SUR LE SOL ET DE L'ACTION DU SOL SUR LA VÉGÉTATION

C'est encore le Limba, espèce exigeante, qui nous offre un exemple net de cette action réciproque de la végétation sur le sol et du sol sur la végétation.

Correspondance entre diamètres du Limba et bases échangeables de la station.

Si le sol restait semblable à lui-même au pied des Limba qui avaient en 1958 les diamètres régulièrement croissants de :

0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 cm

les diamètres en 1960 devraient être encore disposés linéairement selon l'expression : $D = 4 S$.

On constate, après deux ans de végétation seulement, que les points primitivement alignés, prennent une disposition sinueuse :

— les sujets inférieurs à la moyenne périssent et disparaissent ;

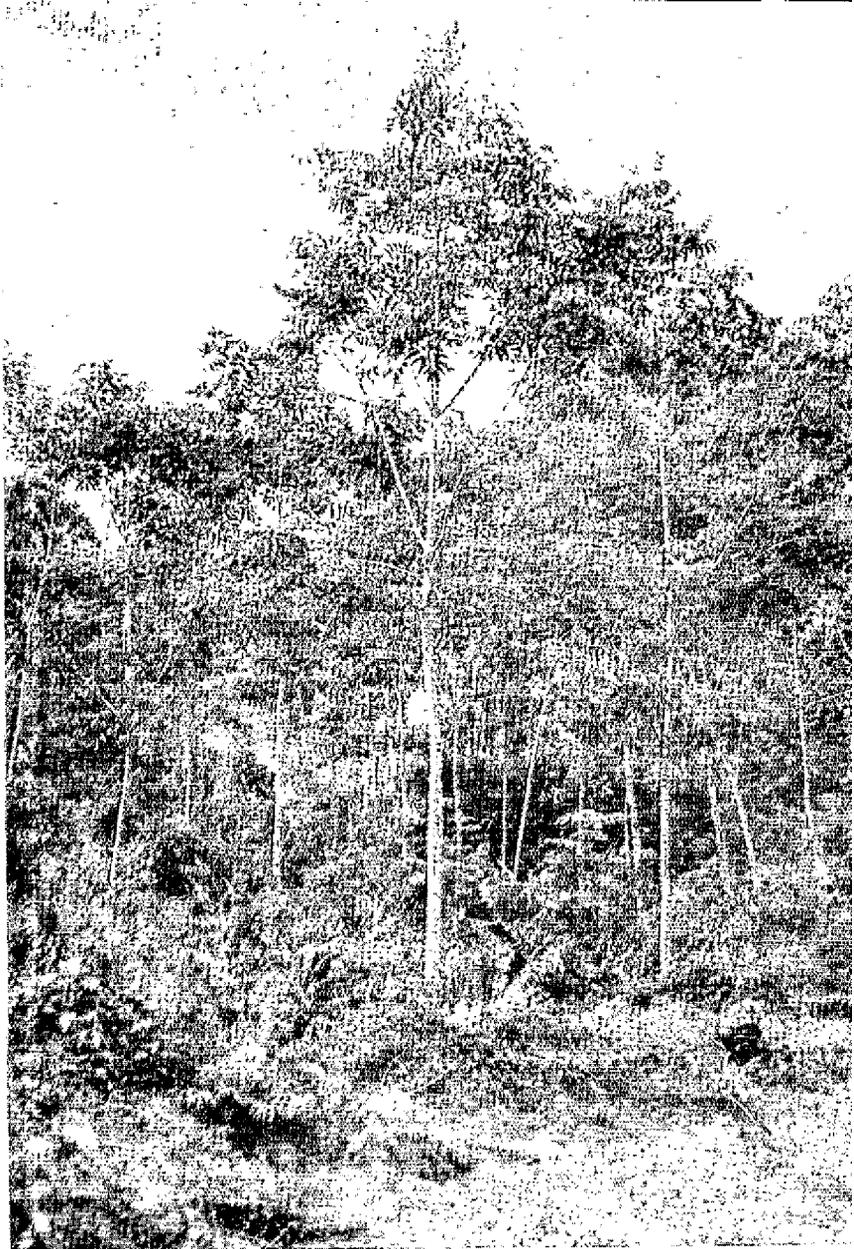
— les sujets moyens se conforment à peu près à la relation : augmentation de diamètre sur un sol peu ou pas enrichi ;

— les sujets supérieurs à la moyenne enrichissent le sol, ce qui influe sur leur croissance d'une manière moins que proportionnelle cependant.

Cet enrichissement du sol sous les gros sujets est dû à la production particulièrement forte de feuilles riches en éléments basiques, qui s'accumulent au pied des arbres, enrichissement qui profite aux sujets d'autant plus qu'ils sont au départ plus favorisés.

L'hétérogénéité initiale du sol a tendance à s'accroître en surface et pour un temps.

Cette observation est vraie pour le calcium, le magnésium qui passent à l'horizon superficiel. Il semble, par contre, y avoir une consommation de potassium à ce niveau.



IV. — LUEURS SUR LES EXIGENCES DE QUELQUES ESPÈCES FORESTIÈRES

Les praticiens savent depuis longtemps que les espèces forestières ont des exigences très variées, souvent très différentes et plus ou moins impérieuses

Les premières études confirment ce point de vue.

1° **EXIGENCES DU LIMBA** : (d'après les observations effectuées sur les plantations de Loudima et du Mayombé au Congo).

a) Matière organique :

Il semble que les teneurs en azote et en carbone du sol augmentent avec le diamètre des Limba plantés régulièrement.

Malgré de fortes variations individuelles, on peut avancer que :

— Les Limba examinés n'ont une croissance convenable qu'au-dessus des teneurs suivantes dans l'horizon supérieur du sol :

— 0,12 % d'azote (N) ;
1,8 % de carbone (C).

— Cela correspond à une teneur en matière organique supérieure à 3 %, chiffre déjà très élevé, avec un rapport $\frac{C}{N}$ au moins égal à 15.

Cette qualité de matière organique est celle que

Diamètres du Limba en fonction de l'azote et du carbone du sol.

l'on pourrait rencontrer dans les humus forestiers des peuplements anciens ou dans la couche superficielle du sol après défrichage : il s'agit donc d'une matière organique peu évoluée.

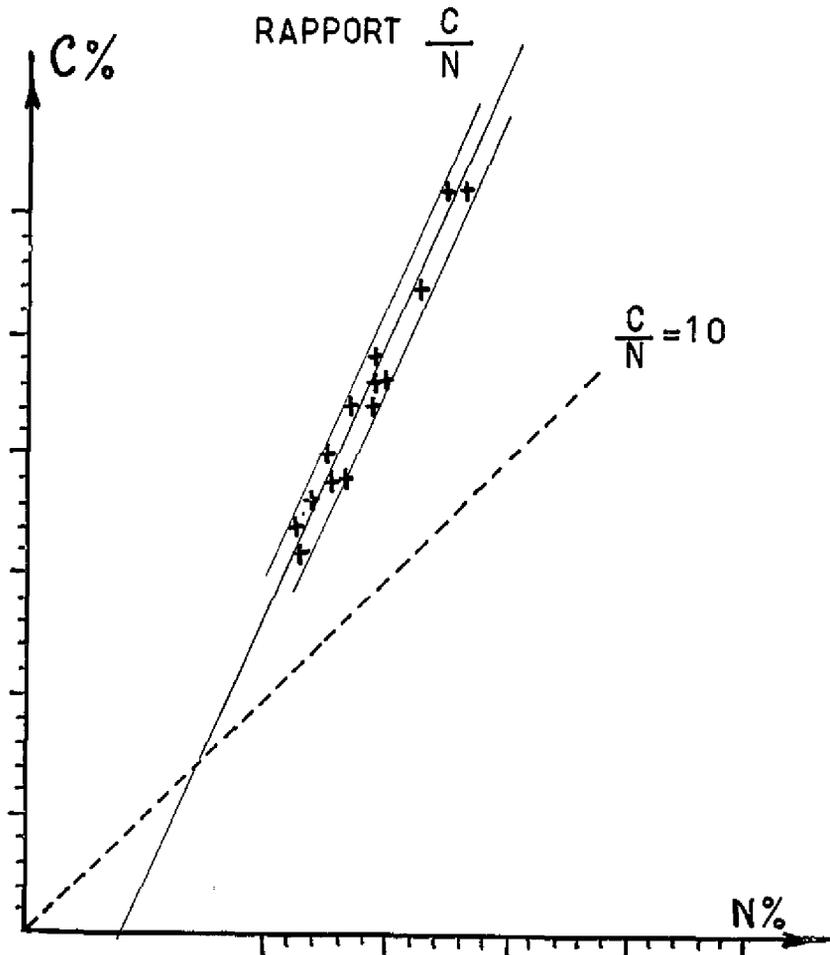
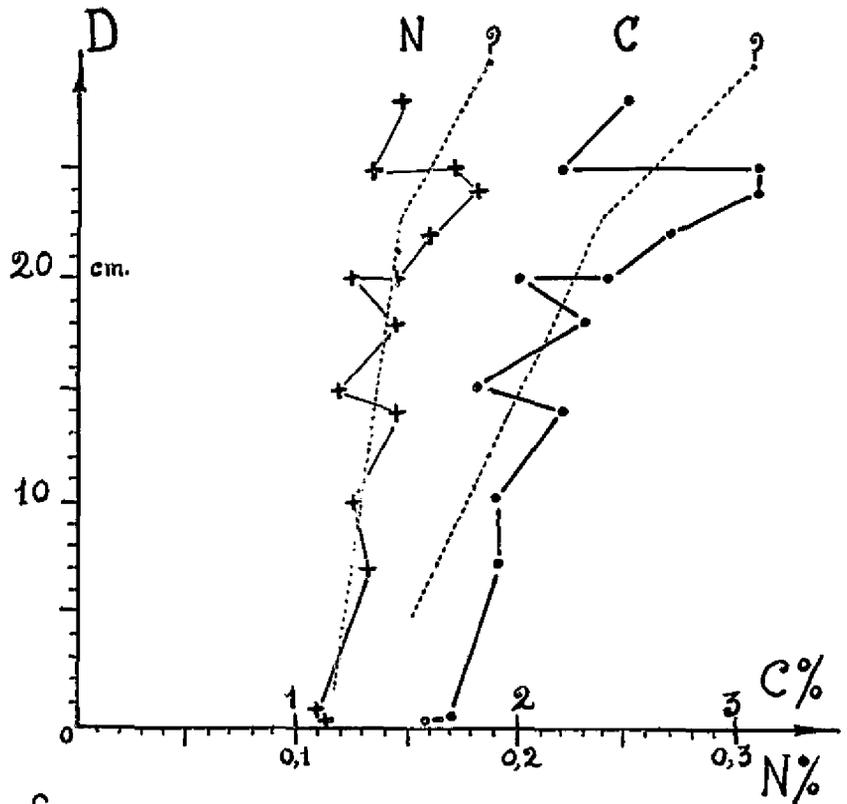
b) Rapport Carbone-Azote :

Au cours des variations individuelles, les modifications des teneurs en carbone et en azote étant concomitantes, la relation existant entre ces deux valeurs est sensiblement linéaire :

$$C = 23 N - 0,9 \pm 0,2$$

Il est intéressant de noter que le rapport $\frac{C}{N}$ est :

— toujours nettement supérieur à 10 ;



— sensiblement proportionnel aux diamètres ;
— peu variable, entre 15 et 18.

c) Matière organique et fertilité :

La croissance du Limba étant sous l'influence de la fertilité, la production de feuilles, donc de matière organique, devrait l'être également.

Il n'est donc pas étonnant de trouver une assez bonne relation linéaire entre la matière organique Mo et la somme de bases échangeables S.

$$Mo = 2,3 + 0,4 S \pm 0,4$$

Il est probable que cette relation n'est valable, pour les points observés, qu'à l'instant des mesures, la matière organique étant en constante évolution.

On peut donc penser que :

Rapport carbone-azote dans le sol des stations observées.

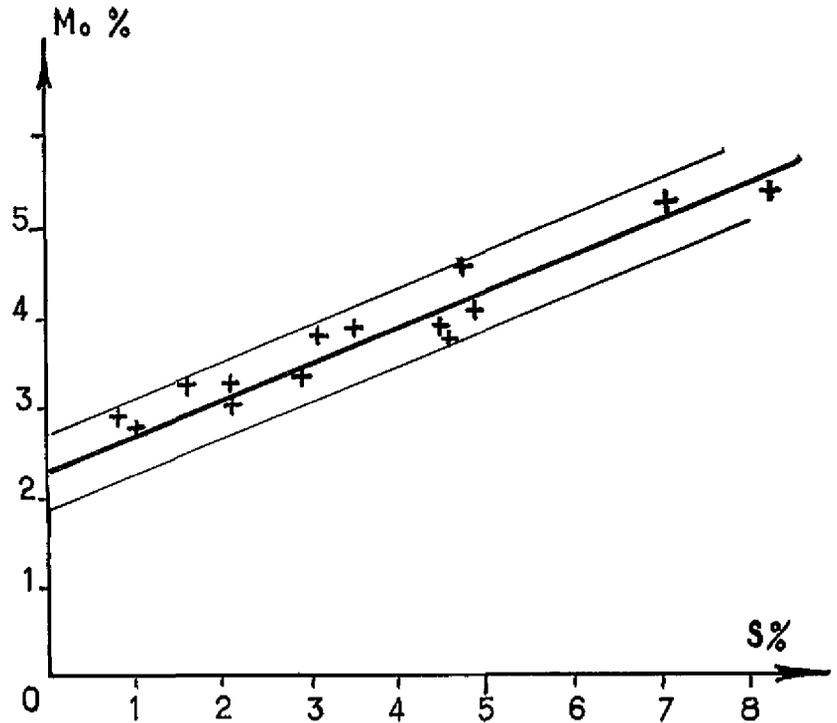
Rapport entre la matière organique et la somme des bases échangeables dans le sol des stations observées.

1. — La croissance du Limba est sous la dépendance de :

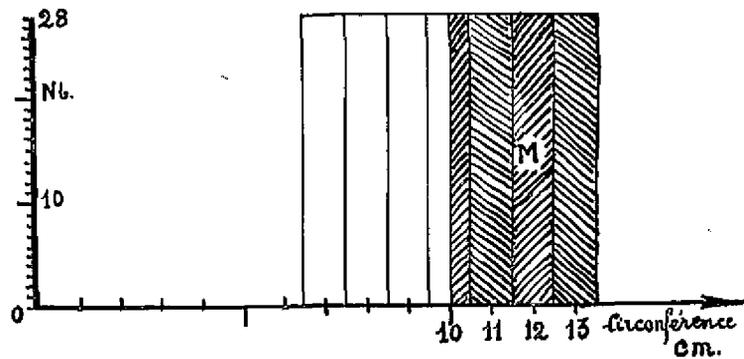
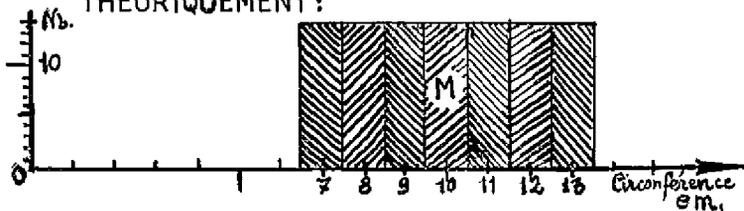
- la fertilité de l'horizon supérieur du sol : bases échangeables, calcium principalement ;
- la matière organique ;
- l'azote ;
- l'eau qui n'a pu encore être étudiée et qui joue certainement un très grand rôle.

2. — Le Limba exige, au départ, un sol assez riche :

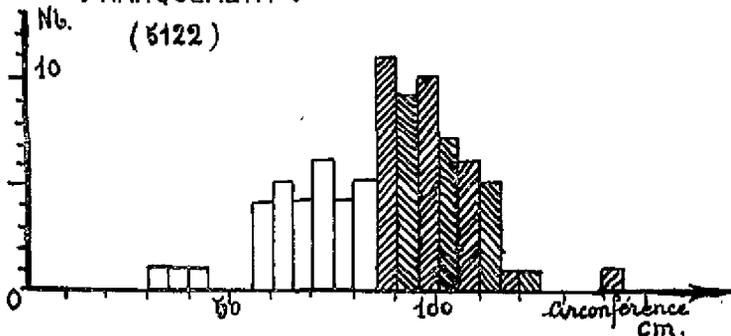
- plusieurs milliéquivalents de bases échangeables ;
- une teneur élevée en matière organique : 3 % ;
- nettement plus de 0,1 % d'azote total.



THEORIQUEMENT :



PRATIQUEMENT :



3. — Dans les premières années de la croissance, l'horizon superficiel s'enrichit et on observe, notamment, une augmentation de :

la fertilité : teneur en calcium et magnésium ;

— la couverture morte : teneur en carbone et azote, rapport $\frac{C}{N}$

tandis que le potassium semble diminuer.

C'est en comparant la production en volume du Limba et la fertilité du sol que l'on trouve la relation la plus acceptable, compte tenu de l'hétérogénéité des sujets observés (parcelles d'âge variable, de 7 à 11 ans, de densité allant de 60 à 120 à l'hectare et disposées sur des sols très différents).

On obtient une relation valable si on considère un seul arbre ou la moyenne de 4 arbres groupés, pendant une seule année (accroissement unitaire annuel, en volume).

On a ainsi 14 points correspondant à 56 Limba de tailles très variables.

Le coefficient de corrélation est de

Répartition théorique et pratique des Limba dans une plantation.

La circonférence moyenne M peut être augmentée par une éclaircie.

0,75. Il serait probablement meilleur si on avait opéré sur un matériel plus homogène.

On pourrait ainsi être conduit à une relation de la forme :

$$100 R = S - 4$$

où R = production annuelle en bois d'un seul Limba (100 R représentant la production d'un hectare portant 100 pieds à la plantation).

Cette relation, comme d'ailleurs la précédente, reflète une corrélation actuelle entre deux facteurs, mais n'a pas le caractère d'une formule mathématique.

S — somme des bases échangeables du sol à la date de la plantation.

Par la suite, le sol est enrichi de plusieurs milliéquivalents par l'action améliorante du Limba, ce qui perturbe la formule, et le classement des sols, en fonction de leur valeur « Limba », est forcément approximatif comme l'indique le tableau suivant :

SOLS

exceptionnels	16	milliéquivalents
très bons	12	—
bons	8	—
moyens	4	—
inférieurs ou non variables		

Le passage de l'état sol nu (en savane) ou sol dégradé (en forêt) d'une part, à l'état reboisé d'autre part, pouvant correspondre à un franchissement de classe.

d) Application pratique :

La croissance d'un sujet de Limba de plantation est déterminée individuellement par la place qu'il occupe.

L'étude pédologique du terrain à planter, place par place, paraît inabordable.

On peut envisager une autre méthode :

Au lieu de mettre 70 Limba par hectare à 12 × 12 m, on en plantera le double, soit 140 à 8,50 × 8,50 m et on supprimera, vers 5 ans par exemple, la moitié des sujets.

L'étude est simple et l'expérience facile à tenter.

Théoriquement, un groupe très étalé uniformément (pour simplifier) dont les dimensions extrêmes seraient du simple au double, permettrait le bénéfice suivant sur la surface terrière.

1^{er} cas : Les arbres étant uniformément répartis en 7 catégories de Circonférences : 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13 cm, une plantation d'une centaine de sujets — 98 exactement — comprendra 14 arbres de chacune des catégories et aura une surface terrière égale à :

$$S_1 = \frac{1}{4 \pi} \times 14 [0,49 \times 0,64 + 0,81 + 1 + 1,21 + 1,44 + 1,69] = 8 \text{ dm}^2$$

2^e cas : Une plantation double de 200 sujets environ — 196 exactement — suivie d'une éclaircie de la moitié des sujets (les plus petits), aura après éclaircie une surface terrière égale à :

$$S_2 = \frac{1}{4 \pi} \times 28 [0,5 + 1,21 + 1,44 + 1,69] = 11 \text{ dm}^2$$

Le bénéfice est de 1/3 environ.

Pratiquement, la même opération appliquée aux parcelles d'essais étudiées, nous fournit les augmentations de surface terrière suivantes :

Parcelles

Guena 5.432 (7 ans)	53 %	} Moyenne 33 %
— 5.437 (7 ans)	25 %	
Boku N'Situ 5.221 (9 ans).....	48 %	
— 5.122 (10 ans).....	31 %	
— 5.121 (10 ans).....	30 %	
— 5.011 (11 ans).....	12 %	

L'opération semble surtout bénéfique pour des plantations jeunes ; elle mériterait une application pratique sur le terrain.

2^e EXIGENCE DE L'OKOUMÉ :

L'Okoumé a la réputation d'être très peu exigeant en ce qui concerne les qualités du sol sur lequel il vit.

On a fait remarquer, souvent, son rôle de « pionnier », son action de « colonisateur de places vides » envahissant les terrains nus ou défrichés.

En réalité il y a, dans la zone littorale du Gabon, une centaine de milliers d'hectares de savane très peu fournie qui s'offrent depuis longtemps à un tel envahissement. Les savanes ne brûlent pas tous les ans, les causes d'ensemencement sont nombreuses, pourtant l'Okoumé, si fréquent dans les lambeaux de forêt et surtout en lisière, ne semble pas disposé à envahir spontanément les « plaines » gabonaises, comme le ferait plus volontiers l'Ozouga par exemple.

La comparaison de sols forestiers où l'Okoumé joue pleinement son rôle de colonisateur, et de sols de savane visiblement rebutés, peut nous apporter quelques indications sur les caractères indispensables d'un sol capable de recevoir naturellement l'Okoumé.

Nous avons essayé de classer ces sols d'après leur caractère « forestier », c'est-à-dire dans l'ordre supposé de leur « réceptivité » à l'Okoumé, abstraction faite de la concurrence possible des autres espèces, concurrence disposée logiquement de la même façon.

Pour différentes parcelles, en forêt et en savane, dans lesquelles des analyses de sol ont été effectuées, nous avons trouvé les résultats suivants :

Parcelles	Humidité %	Bases échangeables						Matière organique			
		Ca	Mg	K	Na	S (1)	CE (2)	racines 0/00	Mo(3)	N	C/N
<i>Forêts :</i>											
Conservateurs	36,5	3,5	0,80	0,36	0,17	4 43	20	beaucoup	3,2	2	9
Alumbé F.	22	0,10	—	0,10	0,06	0,26	2,3	100	7,3	2,3	18
N'Tchonié 1	14	tr.	tr.	0,56	tr.	0,56	54,4	236	41,6	7	34
Cap Esterias V2	—	0,75	tr.	0,10	tr.	0,85	—	racines	3	1,28	13,8
Alumbé (4)	7	0,07	—	0,05	0,08	0,20	—	12	5,2	1,6	18,2
N'Tchonié 4	5,4	tr.	tr.	0,10	tr.	0,10	—	25	—	—	—
Wonga-Wongué	4	tr.	tr.	0,10	tr.	0,10	—	peu	1,83	0,5	20
<i>Savanes :</i>											
Alumbé (falaises)	6	0,03	—	0,03	0,02	0,08	1,3	—	2,8	1,1	14,6
Alumbé (cirque)	6	0,03	—	0,03	0,02	0,08	1,2	—	2,5	1	15,1
N'Tchonié 4	2,9	tr.	tr.	0,06	tr.	0,06	—	—	—	—	—
Alumbé (plateau)	4,5	0,01	—	0,02	0,01	0,04	—	1,2	1,6	0,7	13
Wonga-Wongué	1,25	tr.	tr.	0,06	tr.	0,06	—	—	0,58	0,25	14

(1) S = Somme des bases échangeables
(2) CE = Capacité d'échange
(3) Mo = Matière organique
(4) Alumbé = Forêt d'Okoumé et autres essences

Quand on passe des types savane aux types forestiers de plus en plus caractérisés, on observe :

1. — Une augmentation de la réserve d'eau grâce à l'importance croissante de l'humus.

2. — Un accroissement du poids des racines dans le profil (les racines des graminées n'ont pas été reportées : il y en a très peu, 1 à 2 pour 1.000).

3. — La matière organique représente généralement plus de 2,5 % en forêt, moins de 2,5 % en savane.

4. — La somme des bases échangeables est inférieure à 0,10 milliéquivalent en savane, supérieure à ce chiffre en forêt.

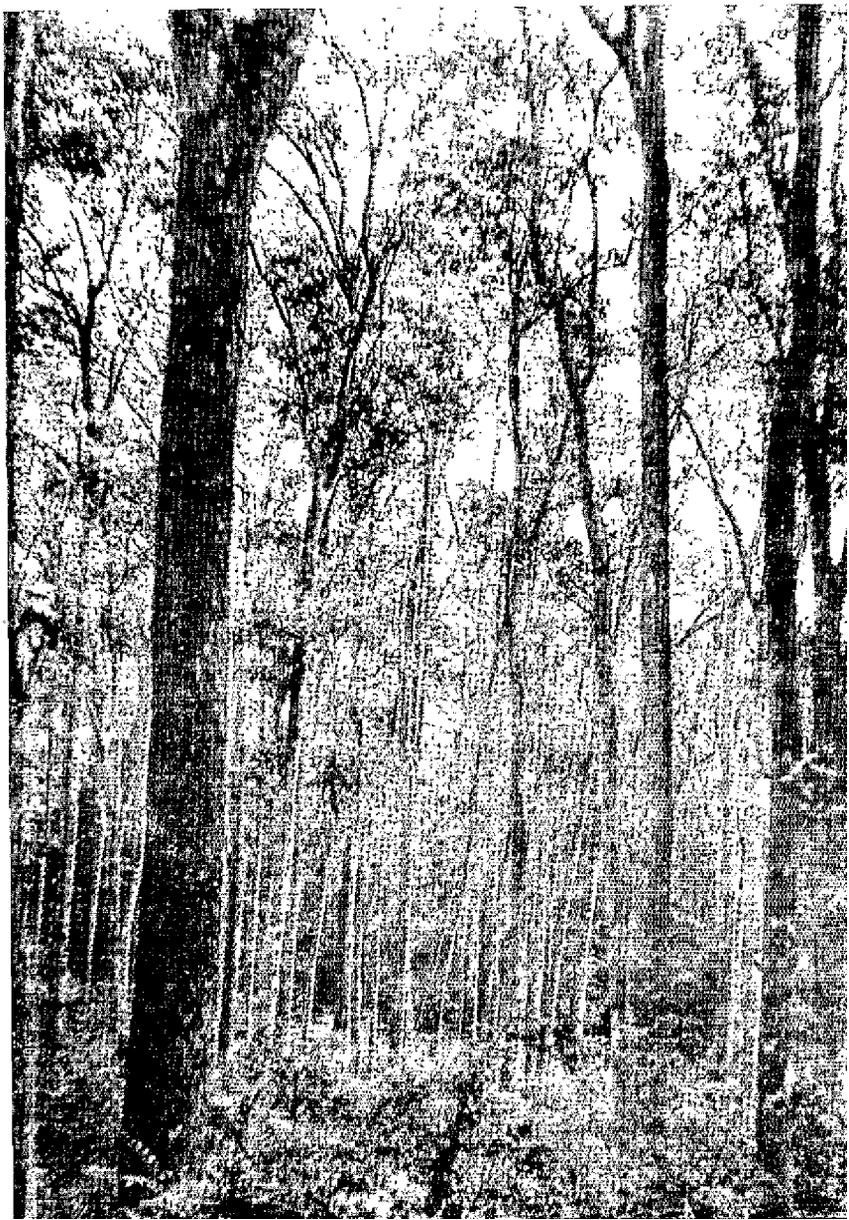
Si l'on essaie de préciser :

— le calcium échangeable est généralement supérieur à 0,03 milliéquivalent en forêt, inférieur à ce chiffre en savane ;

— le potassium échangeable est supérieur à 0,05-0,06 milliéquivalent en forêt, inférieur à ce chiffre en savane.

Ces teneurs étant voisines de la limite de séparation des appareils de mesure, il serait plus simple de dire : le complexe absorbant est dosable en forêt grâce surtout au support de la matière organique, les sols de savane sont quasi minéraux et dépourvus de bases.

Ces résultats confirment le peu d'exigences de l'Okoumé en leur fixant cepen-



Okoumé naturel. Parcelles d'Alumbé (Gabon).

Photo Sarlin.

dant une limite qui est actuellement celle des analyses par spectro-photomètre à flamme.

Ceci n'a rien d'étonnant, compte tenu de la faible teneur en bases des diverses parties de l'Okoumé dont le bois contient 1 pour 1.000 d'éléments minéraux (alors que le Teck en contient 1 % dans son bois et plus dans les autres parties).

L'Okoumé peut, jusqu'à un certain point très

reculé, utiliser les éléments d'un sol très pauvre, grâce à son humus extrêmement acide donc chimiquement actif, dont le pH est de l'ordre de 4 et parfois 3,3 seulement. Des sols relativement beaucoup plus fertiles lui conviendraient certainement beaucoup mieux s'il n'y rencontrait, dans les conditions naturelles, la concurrence énergétique d'autres espèces disposant de qualités de frugalité et de croissance rapide comparables.

* * *

Les espèces étudiées Limba et Okoumé ont donc des exigences très dissemblables.

Le Limba affectionne les humus neutres, doux ou plus basiques de pH 6, 7, 8, tandis que l'Okoumé préfère les acidités de l'ordre de 5 ou mieux 4 et même 3.

Il faut au Limba plusieurs milliéquivalents de bases échangeables dans le sol, une valeur moyenne de 1 milliéquivalent au départ est rédhibitoire, alors que l'Okoumé peut à la rigueur se contenter de sols ayant 0,1 milliéquivalent.

Le Limba, malgré la richesse de ses litières, peut difficilement maintenir la fertilité de son humus qui doit être relayé par le sol en ce qui concerne la nutrition minérale.

L'Okoumé n'est pas affecté par de telles exigences ; il est très sensible par contre à la concurrence d'autres espèces qu'il élimine péniblement à l'aide de son ombrage trop discret.

L'interprétation d'analyses de sols et de feuilles devrait nous permettre de préciser les besoins des

principales espèces utilisées pour les enrichissements.

Pour le moment, nos connaissances sur ce point sont encore imprécises ; il est possible cependant de signaler les préférences remarquées pour certaines d'entre elles :

1. — Fortement exigeantes :

Limba	: N	accessoirement Ca et K
Iroko	: K	— N
Khaya	: Ca	— K

2. — Moyennement exigeantes :

Teck	: Ca	—
Parasolier	: Ca	—
Ilomba	: Ca	—

3. — Peu exigeantes :

Niangon
Azobé
Okoumé

* * *

Après l'étude des exigences de quelques espèces, nous pouvons dire que nous n'avons pas l'impression d'une pédologie forestière unique et entière

mais d'autant de pédologies que d'espèces étudiées jusqu'à présent. Sans doute la synthèse viendra-t-elle après.

