

LA PÉDOLOGIE FORESTIÈRE APPLIQUÉE AUX REBOISEMENTS

par P. SARLIN,

*Chef de la Division de Pédologie
au Centre Technique Forestier Tropical.*

SUMMARY

APPLICATION OF FOREST PEDOLOGY TO REFORESTATION

The Author records very unequal success of Teak plantation on different places of a soil catena.

Examination of these soils shows a relation between the success of the plantation and the soil calcium content. Teak is in fact very rich in calcium in some of its components : bark and chiefly leaves.

It is possible to characterize the Teak reforestation value of a soil in a homogenous climatic zone by appreciating the exchangeable base content of the upper layer and besides by taking in account the root useful soil depth.

Aerial photographs may be used for finding plantation convenient soils but their interpretation is valuable only if it is carried out together with soil observation, analyses and if possible with measures on pre-existing plantations.

Studies are going on, striving to make a distinction between the soil own action on the planted sapling and the concurrence from other saplings.

As soon as now forest pedology is of some use for reforestation with Teak, Gaboon, Limba and Eucalypts.

RESUMEN

LA PEDOLOGIA FORESTAL APLICADA A LAS REPOBLACIONES

El autor pone de manifiesto los exitos tan diversos obtenidos en cuanto a las plantaciones de Teca en los distintos puntos de una cadena de suelos.

El examen de los suelos de esta cadena demuestra una relación entre el logro de las plantaciones y el porcentaje en calcio del suelo. La Teca es, efectivamente, muy rica en calcio por ciertos de sus elementos : especialmente hojas y corteza.

Se puede llegar a caracterizar el valor de un suelo para la repoblación en Teca, en una zona climática homogénea, tomando como base el porcentaje de bases intercambiables del horizonte superior y teniendo presente, asimismo, la profundidad útil del suelo por lo que respecta a las raíces.

Las fotografías aéreas son utilizables para encontrar cuáles son los suelos que mejor convienen para las plantaciones, pero su interpretación únicamente resulta valadera en caso de que esta operación se haga en enlace con la observación del suelo, con los análisis precisos y, si fuere posible, procediendo a medidas de plantaciones ya existentes.

Los estudios se prosiguen actualmente, y se trata de poner de manifiesto la acción propia del suelo sobre la planta y la interacción con las demás plantas.

Los conocimientos actuales de pedología forestal son ya utilizables para las repoblaciones de Teca, Okumé, Limba y, asimismo, para los Eucaliptos.

Dans un précédent article (1) nous avons examiné l'action de l'eau en fonction du sol dans les reboisements et, en particulier, dans les reboisements d'Eucalyptus, pour lesquels les relations

entre la croissance et l'eau du sol sont très caractéristiques.

Nous allons voir maintenant les indications qui peuvent être fournies par la pédologie en matière de reboisement et l'exemple choisi sera, en particulier, celui des plantations de Teck.

(1) « L'Eau et le sol », B. F. T. n° 89, mai-juin 1963.

LES PLANTATIONS DE TECK

Dans l'article cité plus haut, nous avons également abordé la notion de caténa ou de chaînes de sols et nous avons vu comment, dans certaines régions, on rencontre, en fonction du relief, des formations végétales correspondant à certains types de sol et qui se répètent régulièrement comme un motif végétal.

Ces chaînes de sol sont surtout perceptibles dans les zones limites de la forêt dense et de la savane.

Dans la région de Bouaké, par exemple, on peut observer, lorsque la végétation a été conservée sous forme de bois sacrés ou de forêts classées, de bons exemples de caténa.

On peut y distinguer très simplement trois types de végétation et de sols :

- La forêt, sur sols de plateaux.
- La savane, sur sols de pentes.
- Les galeries, dans les axes des vallées.

Ce qui donne de l'intérêt à cette distinction, c'est la réussite très inégale des plantations de Teck effectuées indifféremment en tous points de la caténa.

Ce fait justifie un examen plus attentif des dif-

férentes parties de ce motif dans lesquelles les plantations de Teck donnent des résultats si dissemblables.

1. — La forêt, sur sols de plateaux

Les plateaux se trouvent au centre du motif en situation presque horizontale ; ils sont normalement recouverts d'une grande forêt décidue. Le sol offre certains caractères particuliers, notamment :

- une forte proportion de gravillons se rencontre sur une grande profondeur,
- le pH est élevé, 8 à 7,
- la somme des bases échangeables est très élevée : plus de 20 milliéquivalents avec prédominance très nette du Calcium,
- accessoirement, le sol superficiel est riche en matière organique et contient, par comparaison avec les sols de savane ou de galerie :
 - 2 fois plus d'Azote,
 - 3 fois plus de Potassium,
 - la même quantité de Phosphore assimilable.

MOTIF VÉGÉTAL ET CHAÎNE DE SOLS

Analyses des sols d'une caténa

Echantillons (profondeur 10 cm)	Forêt sur plateau	Savane sur pente	Galerie dans le thalweg
Ph	7,7	5,8	4,8
<i>Granulométrie :</i>			
Sable grossier	48,6	51,4	42,4
Sable fin	19,9	26,8	22,8
Limon	2,6	7,3	12,5
Argile	18,9	12,0	15,6
Humidité (105°)	2,1	0,8	1,2
<i>Matière organique :</i>			
Matière organique totale %	5,7	1,5	3,6
Carbone %	3,32	0,91	2,09
Azote total %	0,30	0,06	0,12
Rapport Carbone Azote (C/N)	11	15	17
Humus (chamlnade) %	0,71	0,14	0,12
Acides fulviques %	0,57	0,24	0,27
P ₂ O ₅ total ‰	1,10	0,33	—
P ₂ O ₅ assimilable ‰	0,13	0,13	0,16
Fe ₂ O ₃ %	1,76	2,72	1,68
<i>Bases échangeables :</i>			
Ca : milliéquivalents pour 100 g de sol	20,88	2,24	1,00
Mg : — — — — —	2,80	1,00	0,30
K : — — — — —	0,76	0,30	0,17
Na : — — — — —	0,19	0,06	0,28
S : — — — — —	24,63	3,60	1,75
CE : — — — — —	21,35	5,40	3,9
<i>Bases totales :</i>			
Ca : milliéquivalents pour 100 g de sol	29,52	2,24	1,00
Mg : — — — — —	6,00	1,00	0,30
K : — — — — —	1,59	0,93	0,83
Na : — — — — —	0,84	1,61	0,94
S : — — — — —	37,95	5,78	3,07

Les autres différences sont moins caractéristiques.

Les parties boisées des plateaux ont encore de nombreux arbres : Fromager, Iroko, Samba, Antiaris, *Khaya grandifolia*, *Onchocarpus*, *Blighia* ; le sous-bois est dense.

Après défrichement, les agriculteurs ne semblent pas apprécier particulièrement ces terrains (pour la culture du mil).

Par contre, les plantations de Teck donnent de bons résultats ; traitées en fûtaie, elles donnent un rendement de 10 m³ par ha et par an, ou plus encore.

2. — La savane, sur sols de pentes

La savane couvre les pentes intermédiaires entre les plateaux et les galeries forestières.

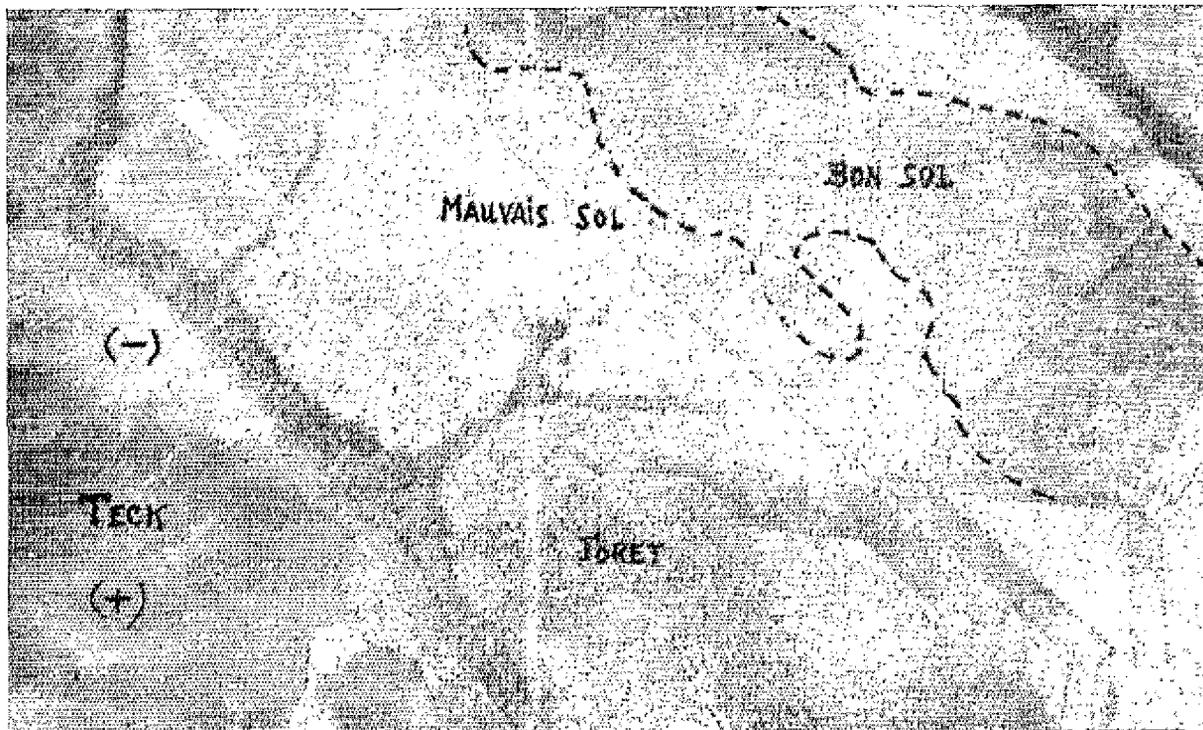
Les sols y sont, dans l'ensemble, assez semblables aux précédents, mais certaines différences apparaissent :

- Le pH n'est plus que de 6 à 5.
- L'érosion a lessivé ou diminué l'horizon supérieur dans lequel le calcium est 10 fois moins abondant.
- Ces terrains sont localement cultivés aussi bien que les précédents, par contre les plantations de Teck donnent des taillis de peu d'intérêt.

A l'origine la « FORET » occupe le centre du motif, au milieu des galeries forestières ; entre les deux, des savanes.

LE TECK (à gauche de la photo) réussit mieux sur les sols forestiers (+) que sur les sols de savane (—).

Le « BON SOL » (pour le Teck) est à réserver pour les reboisements ; le « MAUVAIS SOL » (pour le Teck) sera mieux utilisé par des cultures.



3. — Les galeries, dans les vallées

Les sols y sont encore plus acides (pH de 5 à 4), encore plus lessivés, le calcium y est 20 fois moins abondant que dans les sols forestiers des plateaux.

Enfin, il y a des remontées de la nappe phréatique, ce qui donne à ces sols des caractères bien particuliers : proximité de la nappe, hydromorphie temporaire, pauvreté et acidité en surface. La végétation y est assez particulière ; on y trouve :

- Nombreux Palmiers à huile.
- *Berlinia heudelotiana*.
- *Mitragina ciliata*.
- *Erythrophleum guineense*.
- *Pseudospondias microcarpa*.
- *Raphia vinifera*, etc...

Les plantations de Teck réalisées dans cette zone ont échoué ou sont sans valeur.

Il semble que l'eau n'est plus le seul facteur déterminant la croissance des plantations de Teck.

On peut admettre, en effet, que les plateaux à sols graveleux, profonds, très perméables en surface, reçoivent toute l'eau de pluie, peuvent la stocker presque entièrement dans leurs horizons profonds plus argileux et l'économiser grâce à l'humus forestier superficiel protecteur.

Les pentes cuirassées couvertes de savane sont

soumises au ruissellement et reçoivent moins d'eau. Ainsi serait expliquée la différence constatée entre les résultats des plantations de Teck de meilleure venue sur les plateaux que sur les pentes.

Dans ces conditions, on devrait obtenir des plantations de qualité exceptionnelle au niveau des galeries forestières qui reçoivent beaucoup d'eau : l'eau des pluies plus les eaux d'écoulement provenant des pentes de part et d'autre.

Il n'en est rien ; les résultats sont, dans les galeries, quasiment nuls.

L'eau du sol n'est donc pas le seul facteur à intervenir ; il faut également tenir compte, dans les galeries :

- de l'excès d'eau qui asphyxie le sol par la remontée périodique de la nappe phréatique,
- de la pauvreté du sol en bases, par suite de la lessivage intense à ce niveau.

La teneur du sol en bases et surtout en calcium échangeable est donc un élément à prendre en considération pour la croissance du Teck, ainsi que l'ont mis en évidence des observations ultérieures.

Le Teck a, vis-à-vis des substances minérales du sol, certaines exigences. Celle que nous connaissons le mieux concerne sa nutrition en calcium, sans doute parce que c'est la plus apparente.

Les Tecks observés en Afrique de l'Ouest étaient particulièrement riches en calcium, ainsi que le montrent les résultats de quelques analyses effectuées au Centre Technique Forestier Tropical.

Les divers organes d'un Teck mobilisent cet élément de façons bien différentes :

- les **feuilles**, ayant à la fois une forte teneur en calcium et le poids le plus élevé, en contiennent la majeure partie,
- l'**écorce** est également très riche, mais sa formation annuelle est plus réduite. Par contre les productions annuelles d'écorce s'accumulent et augmentent sans cesse le stock de calcium.
- les **branches** sont riches, mais leur importance relative, chez le Teck, est réduite.
- le **bois écorcé** est nettement la partie du Teck la moins riche en calcium.

BESOINS EN CALCIUM D'UNE PLANTATION DE TECK.

Chaque année, le sol doit fournir à une plantation moyenne une certaine quantité de calcium.

CALCIUM UTILISÉ ANNUELLEMENT PAR HA DE PLANTATION DE TECK (sous forme de CO^2Ca) :

dans le bois	10 kg
dans les branches	20 kg
dans l'écorce (du tronc).....	50 kg
dans les feuilles.....	150 kg

Le calcium s'accumule dans le bois, l'écorce et, en partie, dans les branches. Celui des feuilles représente 65 %, donc la plus grande partie. En début de saison sèche, au moment de la chute des feuilles, cette fraction importante revient à la surface du sol.

LE CYCLE DU CALCIUM.

Nous devons distinguer les modes d'exploitation de la plantation qui peuvent modifier l'exportation du calcium, dont les réserves utilisables sont loin d'être inépuisables et que nous avons fixée à 5.000 kg par ha, afin de présenter des exemples concrets et vraisemblables (*).

1° Une futaie produisant uniquement du bois d'œuvre écorcé peut se maintenir plusieurs siècles.

2° Le bois n'étant pas écorcé, le stock sera à moitié épuisé après un ou deux siècles seulement. Ce sera le cas pour une futaie à bois écorcé avec exploitation de chauffage, ou d'une production de bois d'œuvre non écorcé avec ou sans chauffage, ou, enfin, d'une exploitation de poteaux ou d'un traitement en taillis.

3° L'exportation de feuilles peut réduire de la même façon le stock de calcium en quelques années seulement. Cette exportation peut se produire par suite de l'entraînement des feuilles ou des débris de feuilles non décomposées au moment des pre-

(*) L'hypothèse de départ étant la suivante : utilisation de la moitié du stock de calcium de l'horizon superficiel d'un sol (10 cm) contenant 5 milliéquivalents de calcium entièrement échangeable et production, dans ces conditions, de 10 m³ de bois par ha et par an.

PLANTATIONS DE TECK PRODUCTION ET TENEUR EN CALCIUM

Production végétale, en poids :

	Production annuelle de l'arbre moyen	Production annuelle de 1 hectare
Ecorce (du tronc) ..	10,800 kg	3.300 kg
Branches	6,300 kg	2.000 kg
Bois	26,750 kg	9.000 kg
Feuilles	7,200 kg	11.500 kg

Composition en calcium des parties végétales du Teck (pour mille) :

	Xantho	Amoutchou	Tsagba	Gota
Ecorce	3,27	3,13	6,87	5,73
Branches	2,31	4,07	4,51	—
Bois	—	0,32	0,49	—
Racines	0,96	—	—	—
Feuilles	7,76	7,10	6,15	—
Graines	—	—	4,47	—

CALCIUM DU SOL ET PRODUCTION DE TECK

Ordres de grandeur

Type d'exploitation	CO ₂ Ca Consommation annuelle	CO ₂ Ca Stock utilisable	Teck Production annuelle	Teck Production totale	Durée de l'exploitation
1. — <i>Futaie</i>					
a) bois écorcé	10 kg	5.000 kg	10 m ³	5.000 m ³	500 ans
b) bois écorcé + chauffage	30 kg	5.000 kg	10 m ³	1.700 m ³	170 ans
c) bois non écorcé ..	60 kg	5.000 kg	+ 5 stères	+ 850 stères	85 ans
d) bois non écorcé + chauffage	80 kg	5.000 kg	10 m ³	850 m ³	85 ans
2. — <i>Poteaux</i>	60 kg	5.000 kg	1.200 poteaux (20 ans)	5.000 poteaux	85 ans
3. — <i>Taillis</i>	80 kg	5.000 kg	14 tonnes	850 tonnes	60 ans
4. — <i>Feuilles</i>	150 kg	5.000 kg	11,5 tonnes	380 tonnes	33 ans

mières pluies, par les eaux de ruissellement. Les pluies peuvent également entraîner les cendres provenant des feuilles brûlées.

Les feuilles d'une seule année contiennent une quantité de calcium qui peut être de l'ordre de 1 % du stock de calcium de l'horizon supérieur du sol.

Dans certaines conditions, la dégradation d'un sol pourra se produire en une courte période, inférieure à un siècle, ces conditions étant les suivantes :

- climat à deux saisons, avec saison sèche, donc existence d'espèces à feuilles caduques et possibilités de feux courants.
- pente, sur un sol plutôt imperméable, avec possibilité de ruissellement et de lessivage latéral.

Ce processus pourrait expliquer l'existence des caténa observées dans les régions intermédiaires entre la forêt et la savane.

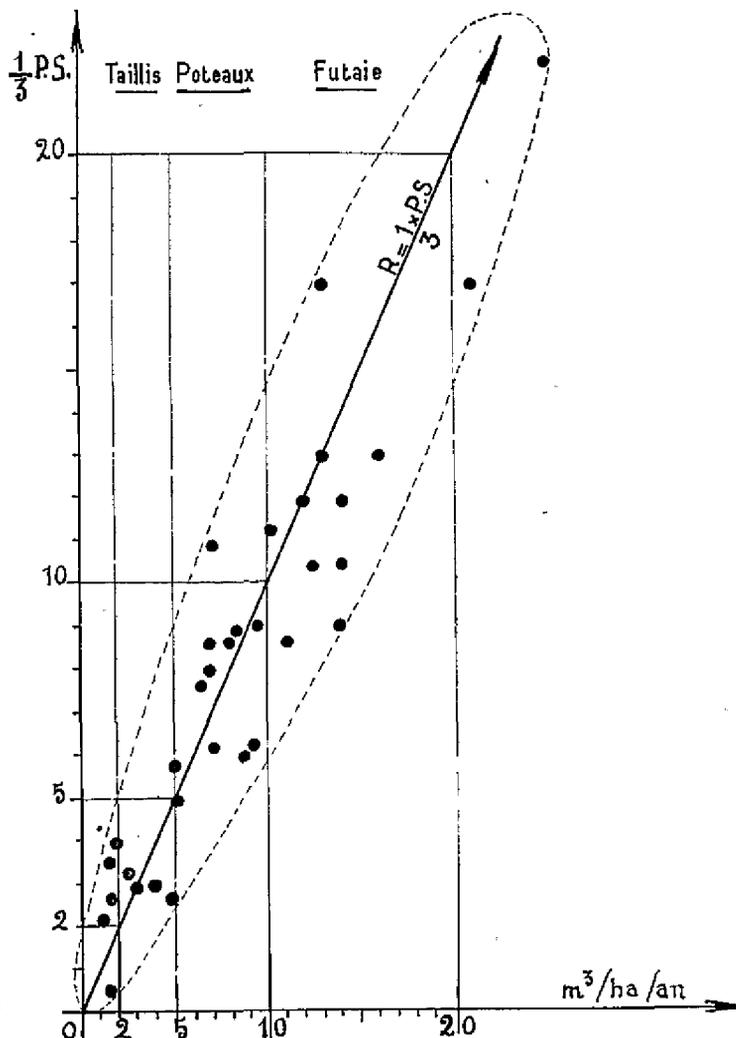
LE TECK ET LA FERTILITÉ DU SOL.

Il y a une bonne correspondance entre l'accroissement annuel en volume des jeunes plantations de Teck et la fertilité du sol exprimée par la somme des bases échangeables en milliéquivalents par 100 g celle-ci étant représentée surtout par le cation calcium.

Dans le cas de plantations à 2 x 2 m sur terrain nu, non encore éclaircies, diverses observations, reportées sur le graphique ci-contre, nous ont montré que l'on peut admettre la relation :

$$R = \frac{1}{3} P. S.$$

Production (m³) par ha et par an d'une plantation de Teck en fonction de la profondeur du sol (dm) et de la somme des bases échangeables (m. eq.).

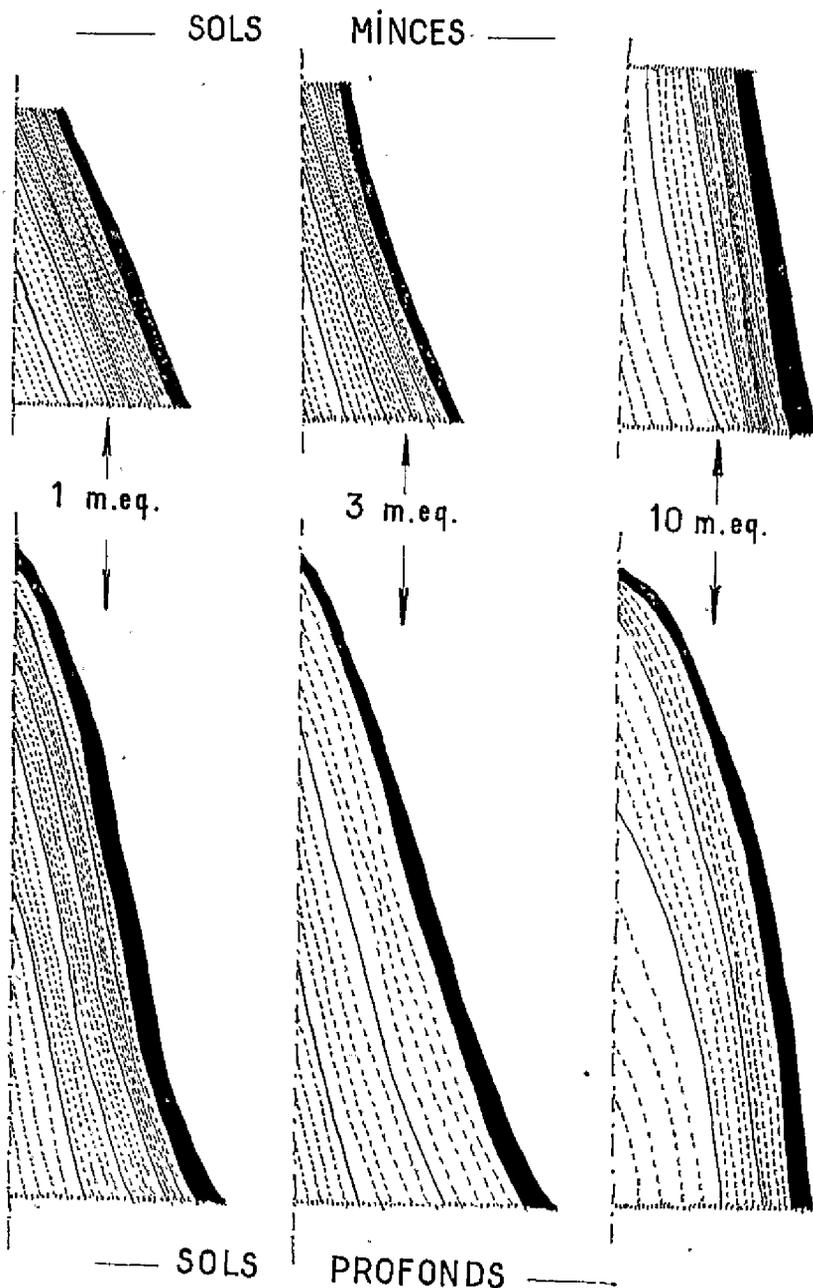


- R étant la production de la plantation en m³ par ha et par an.
- P. la profondeur du sol utile en dm.
- S. la somme des bases échangeables en milli-équivalents.

Cette expression nous a paru suffisamment approchée pour permettre de classer les terrains à reboiser en catégories ainsi désignées :

Valeur de 1/3 P. S. à l'analyse pédologique (avant reboisement)	Valeur de R. rendement escompté	Catégorie
de 0 à 2	moins de 2 m ³ /ha/an	impropre à la plantation
de 2 à 5	2 à 5 m ³ /ha/an	taillis
de 5 à 10	5 à 10 m ³ /ha/an	poteaux
10 et au delà	plus de 10 m ³ /ha/an	futaie

Formes et accroissements des tiges, en fonction de la profondeur du sol (sols minces et sols profonds) et de sa richesse (m. eq.).



Ces résultats ont été établis tout d'abord au Togo. Ils ont été vérifiés convenablement au Sénégal, en Côte d'Ivoire, au Dahomey, en Haute-Volta, au Cameroun, au Gabon, au Congo.

AUTRES ACTIONS DU SOL.

Le couvert :

Un sol profond retiendra plus d'eau qu'un sol analogue plus mince. Il aura une meilleure économie en eau ; la remontée capillaire des sols à Teck étudiés, est de l'ordre de 50 cm ; la lame d'eau située au-dessous de 50 cm sera acquise à la végétation.

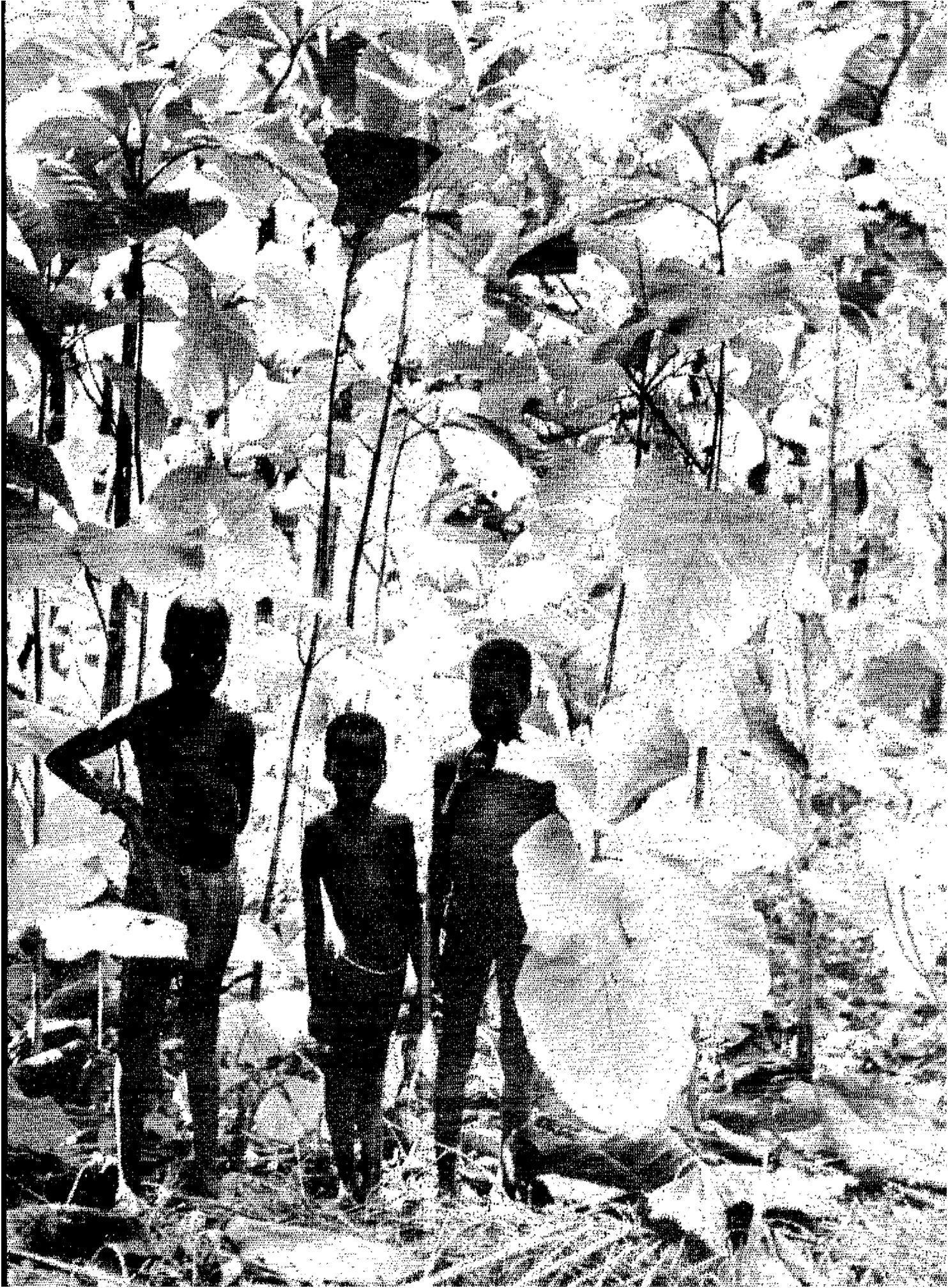
Il en résulte que le couvert des plantations sur sol profond se forme plus sûrement et certainement plus rapidement que sur sol mince, ce qui entraîne deux avantages :

- l'élimination des graminées et, par conséquent, du feu,
- l'élimination de la concurrence et, en conséquence, une meilleure croissance au départ.

LA FORME :

On peut admettre que :

- Les sols minces donnent des fûts courts, la croissance en hauteur s'arrêtant en même temps que celle des racines en profondeur.
- Les sols profonds donnent des fûts longs.
- Les sols peu fertiles donnent des cernes d'accroissement minces, les sols fertiles des cernes larges.
- Il semble que les sols pro-



fonds et peu fertiles donnent des fûts longs à croissance en hauteur prolongée, à forte décroissance et coefficient de forme faible, tandis que les sols profonds et fertiles donnent des fûts longs à décroissance moins forte et coefficient de forme élevé.

LA RÉGÉNÉRATION :

Dans les sols fertiles, ceux notamment qui sont riches en calcium en surface, on constate que :

- les jeunes plants ont une meilleure reprise,
- la régénération naturelle peut avoir lieu même en pleine savane, si les bases échangeables sont en quantité suffisante.

Nous avons observé des régénérations naturelles, au Togo,

- à Oyou (exubérante) avec 22,70 milliéquivalents		
Pagala	—	9,51
Agodjrolo	—	9,86
Tsagba	—	8,77
Sotubua	—	6,75

Pas de régénération à :

Guérin-Kouka	avec	4,69	milliéquivalents
Glei	—	3,62	—
Tchamba	-	3,27	—
Tchamba	—	2,37	—
Djerehouye	—	2,04	—
Yaokope	—	1,90	—
Sokode	—	1,59	—
Atakpame	—	1,30	—
Bandjeli	—	1,15	—
Fosse aux lions	-	1,05	—
Dandassa	—	0,65	-
etc...			

La régénération naturelle semble donc nécessiter 5 à 6 milliéquivalents.

Il conviendrait de faire une troisième catégorie pour la fertilité intermédiaire de 4 à 6 milliéquivalents qui constitue un terme de passage. Dans ce cas, l'amélioration du sol par la plantation peut rendre possible une régénération qui ne l'était pas naturellement au départ, tandis que, au contraire, les feux suivis du lessivage des eaux de pluie risquent de rendre impossible la régénération sur un sol dégradé.

UTILISATION DE LA PÉDOLOGIE POUR LA RECHERCHE DE SOLS CONVENANT AUX PLANTATIONS DE TECK

Les plantations de Teck à grande échelle ne sont intéressantes que si elles peuvent produire des bois d'œuvre, c'est le cas des plantations à forte production (10 m³ par ha et par an ou plus) installées sur des sols convenables.

Dans la zone climatique du Teck, on rencontre des sols convenables ou non, disposés selon une succession qu'il est nécessaire de distinguer par l'examen du motif végétal ou de la caténa pédologique, selon les cas.

Une plantation au hasard ou sur la totalité de la surface disponible, aura à peu près autant de chances de fournir des bois d'œuvre que d'autres bois (po-teaux, perches, bois de feu). Pour obtenir du bois d'œuvre, le seul à rechercher, il faudrait donc prévoir une surface double et des frais deux fois plus élevés pour le même résultat.

Les études préalables ont un premier intérêt majeur : celui d'éviter les plantations ne répondant pas au but poursuivi.

Les études après plantation peuvent permettre d'améliorer le rendement et de préciser certaines techniques de travail du sol ou de conduite des peuplements.

Les études destinées à choisir des sols pour des plantations sont en général subordonnées ou liées à des considérations d'ordre politique (densité de la population), économique (proximité d'un débouché) financier (existence de crédits) ou foncier (possibilité de terrains disponibles).

Nous n'envisagerons que le point de vue technique du sol.

1. — LA CARTE GÉOLOGIQUE :

La carte géologique fournit des renseignements valables mais ne permet pas de conclure.

L'énoncé de l'étage est sans importance, la nature de la roche (calcaire, granit, grès) indique une simple possibilité dans la qualité du sol qui en dérive.

Deux idées peuvent présider à l'examen de la carte géologique. Avoir des chances de trouver :

- un sol profond (qualités physiques),
- un sol fertile (qualités chimiques).

Qualités physiques

On peut classer les roches d'après leur dureté, les meilleures étant celles qui pourraient donner naissance à un sol profond, les plus tendres.

- Alluvions.
- Grès tendres.
- Micaschistes.
- Granits.
- Latérites compactes, quartzites.

Cette indication est vague et risque d'être inversée par un détail ; c'est ainsi que : une carapace de gravillons plus ou moins soudés est préférable à une cuirasse, mais une cuirasse démantelée peut être meilleure qu'une carapace latéritique.

On peut citer d'autres exemples : un micaschiste horizontal donnera un sol mince peu favorable. Si les feuillettes sont verticaux et la roche tant soit peu altérée, les racines pourront pénétrer profondément ; dans ce cas, le micaschiste convient, surtout s'il est tendre.

Un métamorphisme modéré donne des schistes trop compacts, un métamorphisme profond des gneiss trop durs.

Le métamorphisme moyen fournit des roches intéressantes : schistes à minéraux, micaschistes à 2 micas, etc...

Qualités chimiques

Dans l'examen de la carte, nous rechercherons les roches contenant du calcium. Celles qui en ont beaucoup (les Amphibolites, par exemple, peuvent en contenir de 100 à 200 milliéquivalents) peuvent être des roches mères de sols qui en ont encore notablement (de 10 à 20 milliéquivalents).

Nous avons donc la liste suivante :

- Calcaires.
- Amphibolites.
- Basaltes.
- Dolérites.
- Roches vertes.
- Granits calco-alcalins, à plagioclases calciques.
- Micaschistes et gneiss à grenat, zoïzite, épidote.
- Grès non calcaires.
- Roches acides à quartz, micas, orthose, albite.
- Roches non calcaires (grès siliceux, quartzites, itabirites, etc...).

2. — LE CLIMAT ET L'INTERPRÉTATION DE LA CARTE GÉOLOGIQUE :

Nous distinguons 3 zones :

Zone très humide

On sera, en zone très humide, généralement favorisé en ce qui concerne la profondeur du sol, l'altération des roches étant très poussée et défavorisé pour la teneur en calcium, le sol étant très lessivé. C'est ainsi que : le « calcaire » de Sibang, du Cap Estérias, au Gabon, n'a que 1 milliéquivalent de calcium, ni plus ni moins que les grès d'Atakpamé au Togo, ou que les sables de Bobo Dioulasso. Pourtant, 1 milliéquivalent c'est encore au Gabon 10 fois la teneur de sables voisins du Cap Estérias.

Zone sèche (au nord de l'aire du Teck).

L'érosion y est généralement intense sur des sols minces. Les sols favorables sont exceptionnels et il est préférable de ne faire aucun pronostic : de nombreuses observations sur le terrain s'imposent.

Zone moyenne (centre de la zone des plantations de Teck) :

On y trouve un équilibre entre la formation, ou plutôt la conservation des sols et leur destruction par l'érosion.

L'observation dans cette zone est la plus fructueuse, surtout si on utilise les photos aériennes.

3. — LES PHOTOS AÉRIENNES :

Leur utilisation suppose :

- 1° une certaine connaissance de la région,
- 2° un examen des photos,
- 3° une reconnaissance au sol.

Le principe est le suivant :

Etablir une relation entre une chaîne de sols (caténa) et le motif végétal, seul bien visible sur la photo.

Pour qu'il y ait une caténa dans la région moyenne envisagée précédemment, il faut qu'un substratum géologique uniforme ayant une histoire pédologique peu variée (même climat) soit repris par une érosion d'un type nouveau.

La même caténa pourra se retrouver sur des milliers d'ha mais changera, d'une part avec la formation géologique (brusquement) et, d'autre part, avec le climat au nord et au sud (progressivement).

Le motif végétal variera de la même façon et plus encore s'il est perturbé par les défrichements et les feux.

Le motif végétal (photos p. 26) peut être :

1. — *Motif intact* (ou presque), conforme à la caténa sur laquelle il se superpose exactement.

Exemple : environs de Bouaké.

Les réussites du Teck sont très différentes selon la situation des plantations dans la caténa :

-- Galerie forestière. Echec des plantations.

1 milliéquivalent de calcium dans le sol.

-- Pente en savane. Teck très médiocre, taillis.

2,24 milliéquivalents de calcium dans le sol.

-- Forêt sur plateaux. Beaux Teck, futaie.

20,88 milliéquivalents de calcium dans le sol.

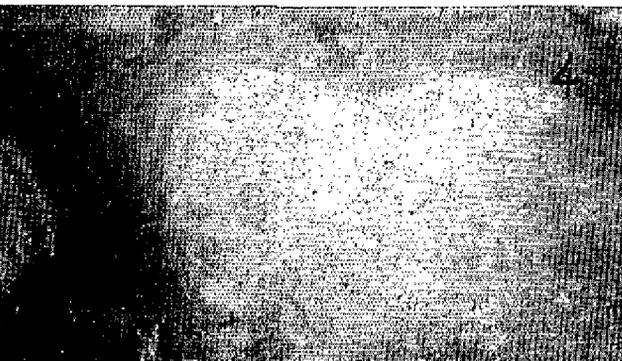
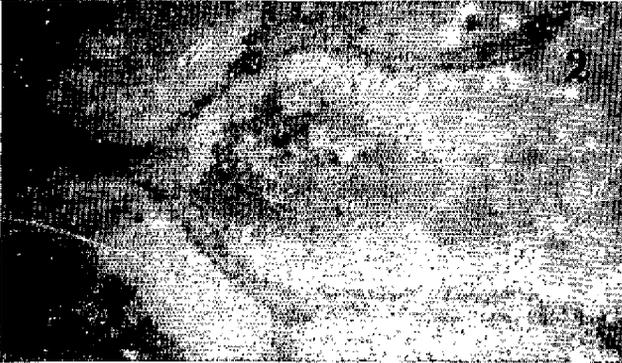
2. — *Motif dégradé* : La caténa est décelée par des reliques (forêt sacrée, grands arbres).

Exemple : moyenne Côte d'Ivoire, Togo.

3. — *Motif détruit* : la caténa étant encore discernable. La teinte du sol (et souvent une végétation différente) permettent de déceler l'existence d'une caténa.

4. — *Motif détruit, ainsi que le sol superficiel.*

On ne distingue plus que les galeries forestières et la savane intercalaire. S'il y a encore une caténa,



les variations dans la qualité du sol sont insignifiantes et sans intérêt pour nous, théoriquement du moins.

Cette étude de photos aériennes est plus fructueuse que celle de la carte géologique. Elle est très différente selon les régions et doit être faite dans chaque cas particulier.

L'interprétation est :

- **Sûre** quand il y a déjà des plantations de Teck dont l'observation permet d'étayer les hypothèses avancées,
- **Très vraisemblable** si la végétation naturelle est plus ou moins bien conservée,
- **D'autant plus délicate** que la végétation est dégradée dans le cas contraire.

En aucun cas, cette interprétation ne dispense d'une étude au sol.

4. — L'ÉTUDE DU SOL :

Après la phase prospective des observations, au cours de laquelle les connaissances de base ayant trait au climat, à la géologie, à la botanique, sont exploitées au mieux, la zone choisie pour les plantations est étudiée plus en détail. Le travail au sol devient indispensable et consiste essentiellement en :

- examen de profils,
- tests physiques,
- analyses chimiques,
- interprétations.

C'est un travail de spécialistes qui aura d'autant plus de chances d'être fructueux que le point d'application final, déterminé en raison des multiples considérations précédentes, aura été bien choisi. L'étude du sol fournit en outre des indications utilisables sur divers points :

- La fermeture du massif créé par les plantations, dont la rapidité est liée à l'élimination des graminées et, par conséquent des feux et aussi des travaux d'entretien nécessaires pendant un certain nombre d'années après la plantation et même à la fixation de la date de la première éclaircie.
- Le tracé du parcellaire, donc des routes d'accès pour les travaux de plantations. Ces routes seront également plus tard les voies d'évacuation des produits et utiliseront, de préférence, les lignes de crête en sol sec et sain.
- Les pare-feu à prévoir.

Motif végétal.



Mosaïque photographique pour une étude de reboisement en zone de savane.

En résumé :

Pour les plantations de Teck à grande échelle

dans l'Afrique de l'Ouest, la rentabilité de ces études n'est pas à démontrer : l'étude du sol est indispensable.

ORIENTATION ACTUELLE DES RECHERCHES

DIFFICULTÉ DU PROBLÈME.

Pour étudier rationnellement l'influence du sol sur une espèce forestière sociable, il est nécessaire d'opérer avec certaines précautions :

- procéder à des observations multiples,
- mesurer une propriété du sol au moins, donc faire des analyses,
- mesurer une grandeur de l'espèce, par exemple le diamètre de la tige ou le volume du tronc.

Une condition essentielle consiste dans l'égalité des sujets au départ. C'est pourquoi la plantation observée doit être unique, pure, équienne, jeune et régulière. Si une seule de ces qualités était négligée, certains sujets seraient favorisés ou handicapés par une autre cause que le sol. Il ne saurait être question de prendre en considération les sujets d'une parcelle plus favorisée, ceux d'une espèce plus précoce, des sujets plus âgés, ceux qui ont eu le temps de montrer leurs qualités exceptionnelles,

enfin ceux qui disposeraient d'un espace vital supérieur à la moyenne.

Dans ces conditions bien spéciales, très rarement rencontrées dans la nature, n'existant en fait que dans les plantations artificielles, le problème semble relativement simple : il s'agit d'étudier arbre par arbre le sol et le sujet végétal et de rechercher les corrélations possibles.

Un sol homogène dans ses propriétés devrait porter un peuplement végétal homogène.

Un sol hétérogène porterait un peuplement hétérogène qui serait le reflet du sol ou, plus précisément, le reflet de l'hétérogénéité des quelques propriétés qui président à la croissance de l'espèce expérimentée.

Ceci serait vrai si la croissance de chaque sujet, au départ semblable à tous ses voisins, restait indépendante de la croissance des sujets voisins.

Dans la nature, les sujets de plantations serrées sont soumis rapidement à une concurrence, expression condensée signifiant que les sujets luttent entre eux avec une prédominance de certains sujets sur d'autres.

Cette lutte peut s'exercer à la lumière ; les sujets les plus favorisés portent ombrage à leurs voisins, ce qui a pour effet de limiter leur développement.

La lutte peut être circonscrite aux racines dans

le sol ; pour être moins visible, elle n'en est pas moins déterminante : concurrence pour l'eau, les matières organiques, les matières minérales.

Ces deux modes de lutte, difficiles à distinguer, vont de pair et permettent au sujet vainqueur de distancer, puis d'éliminer, ses voisins moins favorisés ou moins actifs.

Un sujet peut paraître relativement favorisé parce qu'il est entouré de tous côtés de voisins qui le sont encore moins que lui, alors qu'un sujet pourtant moyen sera éliminé par des voisins exceptionnellement agressifs.

La concurrence est donc un phénomène à la fois complexe et relatif dont l'analyse est délicate.

Comment, dans ces conditions, faire la part de l'influence du sol sur le sujet étudié et celle que la concurrence des sujets voisins lui impose ?

Après plusieurs années de recherches, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

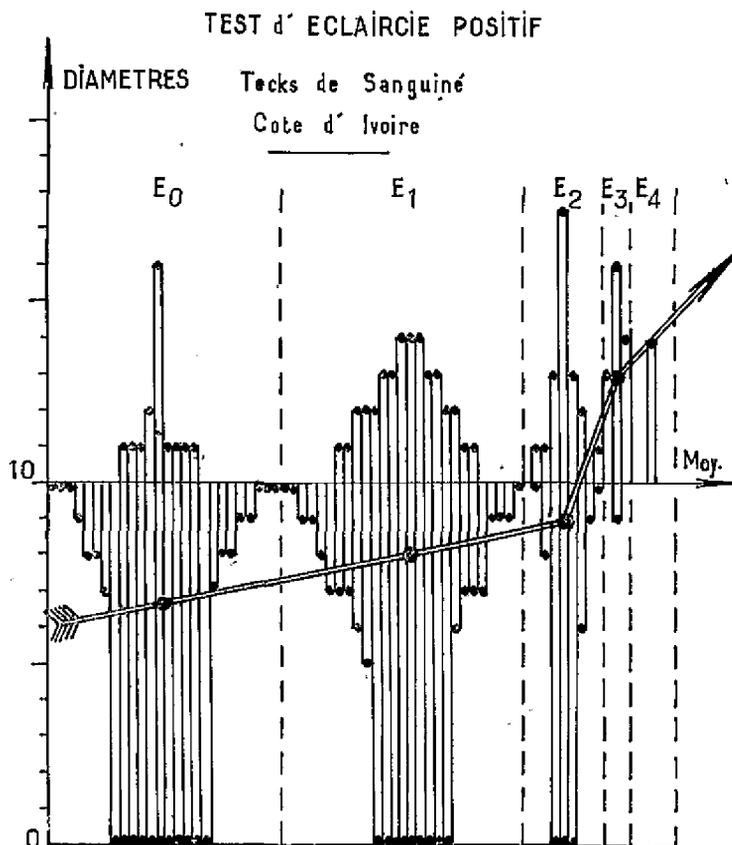
- L'observation directe simple est insuffisante pour distinguer à l'œil les deux causes de l'hétérogénéité d'un peuplement :
 - hétérogénéité de base ou édaphique, due au sol,
 - hétérogénéité secondaire ou concurrentielle, due à la concurrence.
- Il ne paraît pas possible d'établir d'une façon rationnelle et précise la distinction de ces deux causes de l'hétérogénéité du peuplement.
- Nous utilisons plusieurs tests permettant de rapporter l'hétérogénéité constatée à une cause, le test étant exprimé par une figure de lecture facile.

Montrons sur un exemple comment se présente un des tests les plus simples couramment utilisés, le test d'éclaircie :

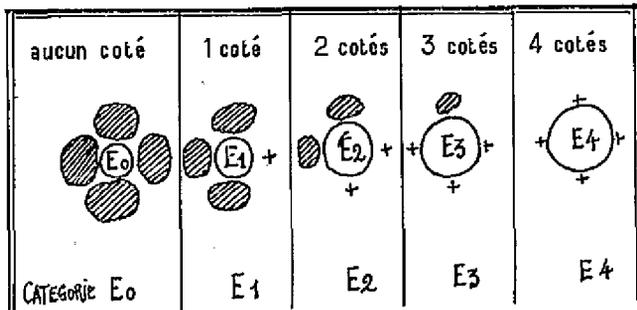
LE TEST D'ÉCLAIRCIE :

Si la concurrence est intense et prolongée (durant quelques années), les sujets les plus vigoureux élimineront leurs voisins, profitant ensuite de la place vide ainsi conquise.

Cette élimination naturelle plus ou moins poussée se présentera selon l'une des dispositions indiquées sur le graphique ci-après :



Le diamètre moyen augmente suivant les catégories E₀, E₁, E₂, E₃, E₄.



Si le développement de certains sujets entraîne, par concurrence, la suppression des sujets voisins et réciproquement, on devra normalement trouver dans un peuplement que le diamètre moyen des sujets de la catégorie E0 sera inférieur au diamètre moyen des sujets de la catégorie E1 qui sera lui-même inférieur au diamètre moyen des sujets de la catégorie E2 et ainsi de suite jusqu'à la catégorie 4, ce que l'on peut exprimer par la formule :

$$Dm (E0) < Dm (E1) < Dm (E2) < Dm (E3) < Dm (E4)$$

dans laquelle :

Dm (E) signifie diamètre moyen des sujets de la catégorie E.

S'il n'en est pas ainsi on peut supposer que la faiblesse (anormale) des sujets tels que E4 est due à d'autres causes que la concurrence des sujets entre eux, à l'action du milieu, du sol par exemple.

Le test d'éclaircie est représenté ci-contre graphiquement, les sujets étant groupés par catégories E0, E1, E2, E3, E4.

L'exemple des Teck de Sanguiné en Côte d'Ivoire montre un test positif (ou normal) ; les sujets sont d'autant plus gros qu'ils sont plus éclaircis.

L'exemple des Limba de Loudima au Congo montre un test négatif ; les sujets sont groupés par taille et non par degré d'éclaircie, ceci est un signe d'hétérogénéité du sol de la parcelle.

Dans le premier cas, Teck de Sanguiné, test positif, les différences observées entre les sujets sont imputables essentiellement à la concurrence qui impose sa loi dans un milieu sol relativement homogène. Il sera possible de prendre un des sujets en considération à condition de tenir compte de son degré d'éclaircie, facteur essentiel de développement dans ce cas particulier. On pourra aussi prendre un sujet témoin dans la parcelle : il sera représentatif s'il est éclairci moyennement.

En résumé, dans ce premier cas, les différences sont plus biologiques qu'éda- phiques.

Dans le second cas, Limba de Lou-

dimba, test négatif, les différences observées sont dues au sol qui impose sa loi, le test est plus édaphique que biologique. Le degré d'éclaircie a peu d'importance, alors que la position du sujet dans la parcelle est primordiale. Il sera délicat de choisir un sujet représentatif, tandis que la comparaison d'un éventail de sujets dans la parcelle aura des chances d'être fort instructive.

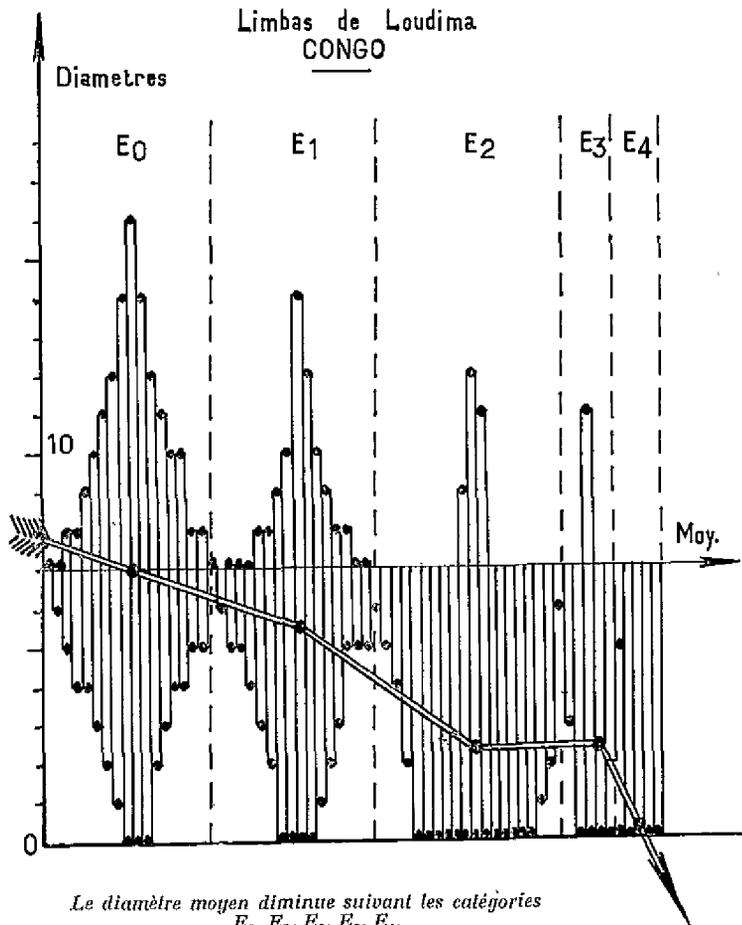
Un test d'éclaircie négatif invite à former le test d'édaphisme qui dans ce cas sera normalement positif.

Il y a en effet plusieurs tests utilisables :

- Test d'HOMOGÉNÉITÉ.
- Test d'ENVIRONNEMENT.
- Test de DOMINANCE.
- Test d'ECLAIRCIE.
- Test d'EDAPHISME.

Leur emploi est travail de spécialiste. Les tests apportent une indication qualitative mais sûre relativement à la cause principale de l'hétérogénéité du peuplement ; ils permettent d'orienter les recherches ; ils servent à choisir rationnellement les lieux de prélèvement des échantillons.

TEST d'ÉCLAIRCIE NÉGATIF



POSSIBILITÉS D'EMPLOI DE LA PÉDOLOGIE FORESTIÈRE

La pédologie forestière a fait l'objet de recherches au CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL depuis sept années.

Nous avons vu qu'elle peut être maintenant utilisée à des études pratiques destinées à des travaux dans le milieu naturel.

On peut citer quelques-unes de ses applications :

— Reboisements forestiers, avec des espèces tropicales et notamment :

Teck.
Okoumé.
Limba.
Eucalyptus.
etc...

— Etudes préparatoires à l'utilisation des sols pour :

les plantations arbustives,
le pâturage extensif,
l'agriculture.

— Conservation des sols :

Aménagement de bassins versants.
Restauration des sols.
Travaux anti-érosifs.

— Participation aux projets de mise en valeur de régions en voie de développement.

Montrons par des exemples en quoi peut consister une étude de ce genre dans un cas particulier.

1) Une étude de reboisement en savane

La prospection commence par une mission de photographie aérienne effectuée au-dessus de la région choisie, à l'échelle du 1/20 000^e, sur émulsions panchromatique et infra-rouge.

Des épreuves sont tirées à une densité homogène en vue de leur assemblage en une mosaïque d'éléments collés, l'ensemble est ensuite reproduit sur un seul document donnant l'illusion d'une image unique. Des courbes de niveau sont tracées sur la photo, et les épreuves en surnombre sont utilisées pour l'examen stéréoscopique.

La mosaïque sert à l'exécution d'une carte pédobotanique en couleur, à la même échelle du 1/20 000^e.

Un parcellaire est tracé sur cette carte, avec indication des pare-feu, des routes, des parcelles à planter (en Teck ou en Anacarde selon le sol), et des parcelles à éliminer.

Les travaux au sol consistent essentiellement dans la description du milieu, l'examen de profils pédologiques disposés selon des caténa reconnues, la prise d'échantillons de sols, des comptages et mensurations portant sur la végétation naturelle et sur les plantations déjà existantes.

Les sols sont soumis à des analyses :

proportion de terre fine et partie grossière,
pH

granulométrie : argile, limon, sables fins, sables moyens, sables grossiers,

perméabilité,
capacité de rétention,
matière organique,
azote,

apport $\frac{C}{N}$,

bases échangeables : Ca, Mg, K, Na.
capacité d'échange,
phosphore.

De ces données, la somme des bases échangeables, la profondeur du sol et la répartition de l'eau dans le profil sont les plus utilisées, mais toutes ont leur intérêt.

Les peuplements artificiels sont comptés sur des échantillons de 100 sujets plus les lignes d'entourage et différents tests sont établis à cette occasion :

test d'homogénéité,
test de dominance,
test d'éclaircie,
test d'édaphisme.

Une telle étude représente une connaissance du milieu assez poussée dans le sens des travaux envisagés, qui peuvent être alors entrepris immédiatement dans des conditions rationnelles.

2) Une étude de restauration des sols

Une carte morphopédologique distingue des zones où les sols ont en ce qui concerne l'érosion, des caractères semblables.

Il s'agit de critères simples que l'on retrouve souvent sur d'assez grandes étendues, et dans des situations analogues :

position (près des arêtes ou dans les fonds),
pente,
profondeur,
structure (présence de gravillons, prédominance de sable ou d'argile),
fertilité moyenne,
perméabilité et rétention en eau,
utilisation (intensive, continue, avec jachère, pâturage, mil), etc...

Chaque catégorie est en principe justiciable d'une série spécifique de travaux antiérosifs.

Ces travaux sont différents selon les sols, le climat, le degré de développement du pays et l'utilisation du sol actuelle ou prévue.

Ils peuvent être classés selon leur intensité :



Teck au Togo.

Photo Sarlin.

— Travaux de protection pour les sols peu utilisés, de faible valeur, ou très sensibles à l'érosion.

On peut envisager selon les cas, une simple protection contre les feux, une mise en défens, une réglementation du pâturage, l'interdiction de cultiver.

Il peut être nécessaire de se préserver des eaux de ruissellement provenant de ces terrains par la construction de fossés de garde.

— Travaux ordinaires, pour les sols agricoles de valeur moyenne.

Il faudra choisir entre plusieurs systèmes :

Cultures alternées en courbes de niveau, de rayures simples ou doubles, billonnage, fossés de diversion, banquettes, terrasses, etc...

-- Travaux intensifs, pour les sols riches et très utilisés.

Il s'agit le plus souvent de petits barrages en terre et de leurs annexes :

système de protection du bassin versant ;

déversoir, diversion, prise d'eau ;

aménagements d'aval avec cultures marai-

chères, vergers, casiers rizicoles, enfin pisciculture.

Citons enfin certains travaux spéciaux :

murettes et cordons de pierres ; plantations d'arbres en ligne ou en peuplement ; plantations d'arbustes ou d'herbes par boutures ou graines.

On conçoit que chaque projet doit être adapté parfaitement au problème bien particulier envisagé.

Il doit tenir compte des natures différentes des sols, mais aussi du climat, de la population locale, de ses coutumes, de son mode de vie et de l'utilisation du sol actuelle et à venir, des éléments dont on dispose ou que l'on peut obtenir pour la connaissance du milieu et pour l'exécution des travaux, des obstacles à prévoir et enfin du but poursuivi.

Bien qu'il existe des règles générales pour l'exécution de certains genres de travaux on peut dire que chaque cas particulier justifie une étude spéciale et un projet individuel.

Avec une dépense relativement faible sur l'ensemble de l'ouvrage le problème sera serré de plus près et la solution proposée, mieux adaptée, aura plus de chances de succès.