

Photo Sarlin.

*La lumière joue à travers les cimes, mais les rais qui arrivent au sol sont particulièrement précieux pour le sylviculteur qui doit faire de la photologie l'une des bases des recherches forestières.*

# SYLVICULTURE TROPICALE EN FORÊT DENSE AFRICAINE<sup>(1)</sup>

(Suite)

par R. CATINOT,  
*Directeur des Recherches Forestières  
du Centre Technique Forestier Tropical*

## SUMMARY

### TROPICAL FORESTRY IN THE AFRICAN MOIST FORESTS

*In the first two parts of this article, the author dealt with the principal methods of forestry employed in the moist forests of Africa. In this part, he examines the causes of failure. The determining factor in the success of plantations, he considers, is daylight, which is generally received in much too small quantities by young seedlings.*

(1) Le début de cet article a été publié dans les numéros 100 (p. 3) et 101 (p. 3).

The author then goes on to describe the research programme which the Centre Technique Forestier Tropical has undertaken in this field. The work involves the determination of amounts of light provided by each forestry system, the determination of the optimum amount of light demanded by each species, and the effect of lateral illumination. These studies use graphic calculations, instrumental measurements, or special experimental apparatus.

## RESUMEN

### SILVICULTURA EN SELVA DENSA AFRICANA

Una vez descritos en las dos primeras partes de su estudio los principales métodos de silvicultura aplicados en selva densa africana, el autor analiza las causas de los fracasos comprobados y según él, el factor determinante del éxito de las plantaciones es la luz que, en general es recibida de forma muy limitada por las plantas jóvenes.

A lo seguido, procede a la descripción del programa de investigaciones emprendido por el Centro Técnico Forestal Tropical a este respecto; determinación de las cantidades de luz proporcionadas por cada método silvícola, determinación de la cantidad óptima de luz requerida por cada especie, efecto de la iluminación lateral, utilizando para ello, ya sean los cálculos gráficos o bien medidas por instrumentos e, incluso, dispositivos experimentales particulares.

## LES RECHERCHES

Si nous établissons le bilan des résultats obtenus avec les différentes méthodes sylvicoles que nous venons de décrire nous sommes obligés de constater qu'il n'est pas toujours encourageant : certaines techniques n'ont jamais dépassé le stade expérimental, d'autres semblent définitivement abandonnées et seules subsistent les méthodes Limba et Okoumé et la méthode Taungya qui n'est utilisable qu'avec certaines espèces.

Le recul du temps nous donnant la chance de pouvoir comparer, il est donc essentiel d'essayer de dégager les causes des échecs et de construire un

programme de recherches en conséquence : dans les conditions actuelles, il faut donner **priorité aux recherches.**

## CAUSES DES ÉCHECS

À mon sens, elles sont essentiellement de deux ordres :

— connaissance insuffisante du tempérament des espèces qui conduit à des erreurs d'introduction.

— démarrage et croissance insuffisants des plants qui entraînent la formation d'arbres chétifs, rabougris, mal charpentés et gênent la constitution rapide d'un peuplement fermé,

— fréquence et durée excessives des entretiens qui, d'une part, entraînent un prix de revient prohibitif des plantations et, d'autre part, conduisent à une dispersion des travaux et à une extension des superficies à traiter incompatibles avec les conditions humaines et matérielles que l'on rencontre en zone de forêt dense.

On remarquera que ces deux causes d'échec se réduisent finalement à une seule : **la croissance insuffisante des plants** car il est bien évident que le nombre et la fréquence des entretiens sont inverse-



C. T. F. T. — Gabon. Station sylvicole de l'Ikoy-Bandja. Nianqon âgé de 9 ans 1/2.

Photo Leroy-Deval 1965.

Photo Groulez 1961.

ment proportionnels à la rapidité de croissance des plantations : plus les plants introduits sont vigoureux et poussent vite et moins ils demandent d'entretien car ils dominent vite le recrû. Cette notion particulière aux forêts tropicales est essentielle : c'est la **Loi de la Jungle**, qui joue ici pleinement, dans son élément naturel : **tout plant introduit qui est dominé par le recrû naturel est étouffé par lui** ; même une plantation d'Okoumé ou de Limba, espèces à croissance rapide, disparaîtra sous des Parasoliers, si ces derniers ne sont pas systématiquement supprimés.

Il faut donc ne conserver d'une part que les méthodes de plantation provoquant une bonne croissance et d'autre part, mettre au point des techniques permettant de supprimer efficacement et à bon compte les espèces concurrentes poussant plus vite que les sujets plantés.

Or les facteurs conditionnant la croissance des sujets d'une plantation peuvent se ramener à :

1° L'EAU : en forêt dense, seul domaine qui nous intéresse ici, ce paramètre n'a qu'une incidence restreinte, car la pluviométrie est en général très suffisante sous les climats de grande forêt (de 1.500 mm à plusieurs mètres de pluie par an) et seules des erreurs d'écologie peuvent entraîner des échecs ; mais de toute façon la méthode de plantation n'est pas en cause et l'action de l'homme est nulle en l'occurrence, car il ne peut avoir évidemment aucune influence sur les chutes de pluie trop faibles ou trop abondantes.

2° LE SOL : son action sur la croissance des plants est bien connue, mais nous devons avouer que nos connaissances sur les relations sol-végétation sont bien fragmentaires en forêt dense car elles semblent souvent peu nettes et s'estompent derrière d'autres causes plus marquées. D'une façon générale, le choix d'un sol profond frais et filtrant d'où l'on élimine les zones imperméables, rocheuses ; ou trop sableuses constitue la seule influence que peut avoir le Forestier sur la réussite de la future plantation ; ceci est certes la marque de notre ignorance actuelle, mais de toute façon le choix de la méthode de plantation est absolument sans rapport avec l'influence de la nature du sol.

3° LA TEMPÉRATURE ET L'HUMIDITÉ : on peut reprendre pour ces deux paramètres les remarques faites pour l'eau du sol : la Nature les dispense généreusement en forêt dense tropicale (température comprise entre 20° et 30°, hygrométrie variant de 50 % à 100 %), créant cette ambiance de « serre chaude et humide » décrite par les premiers explorateurs. A moins d'erreurs écologiques, ils ne semblent donc pas pouvoir constituer des



facteurs limitants. Toutefois le choix de la méthode de plantation peut avoir une certaine influence peu connue, mais qui mériterait d'être étudiée : on a mesuré depuis longtemps les différences de température et d'humidité qui existent entre une station sous forêt dense et en plein découvert, et l'on sait que sous forêt les écarts de température et d'humidité diminuent, et que la température moyenne baisse de 1° à 3°. Voici ci-après, p. 6, à titre d'exemple, deux relevés de thermo-hygrographes effectués en saison sèche au Gabon qui relèvent ce phénomène. Aussi, est-il certain que l'utilisation de telle ou telle méthode de plantation qui peut placer les plants sous des éclaircissements fort variés entraîne des températures et humidités différentes, et que les réactions physiologiques qui en découlent (respiration, transpiration, etc.) seront très variables selon que l'on utilisera par exemple la méthode des placeaux sous forêt dense ou la méthode Taungya.

Dans l'ignorance des exigences des espèces à ce sujet, on est tenté d'admettre qu'elles préfèrent les conditions naturelles de la forêt dense mais on doit

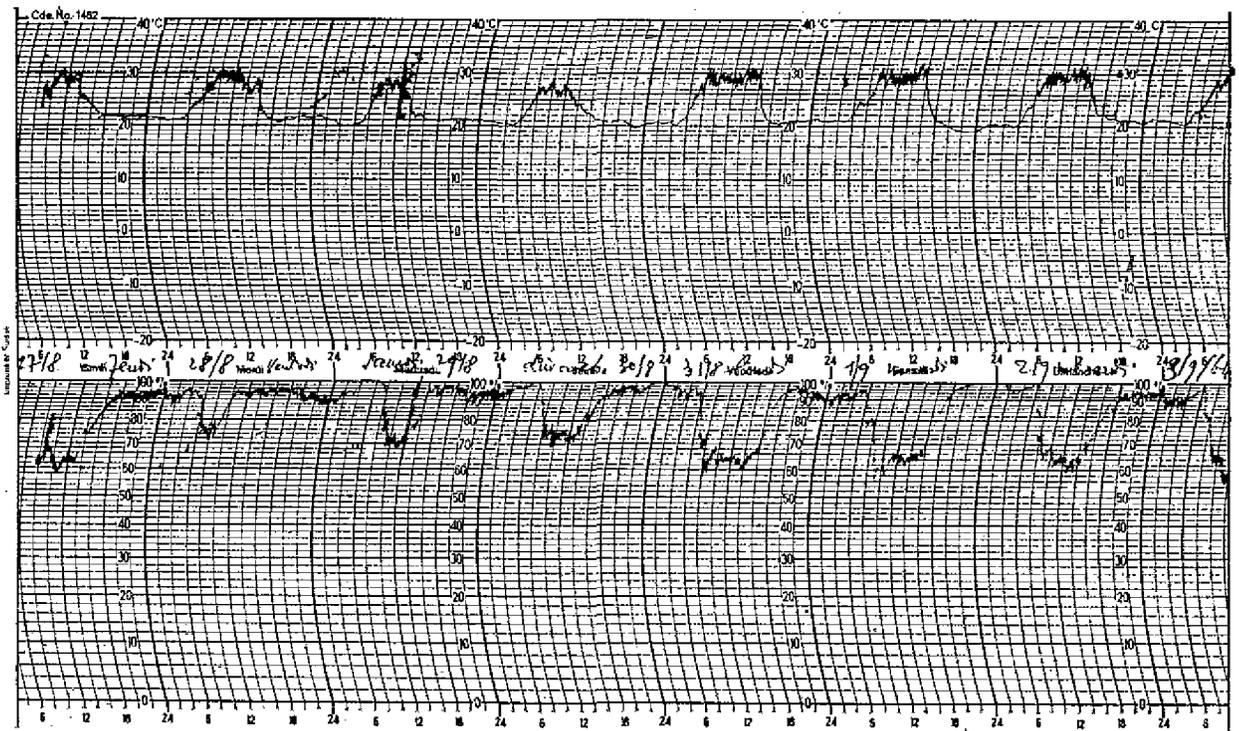


FIG. 1. — C. T. F. T. — Gabon. Relevés de thermo-hygrographes (température-humidité) en plein découvert (saison sèche).

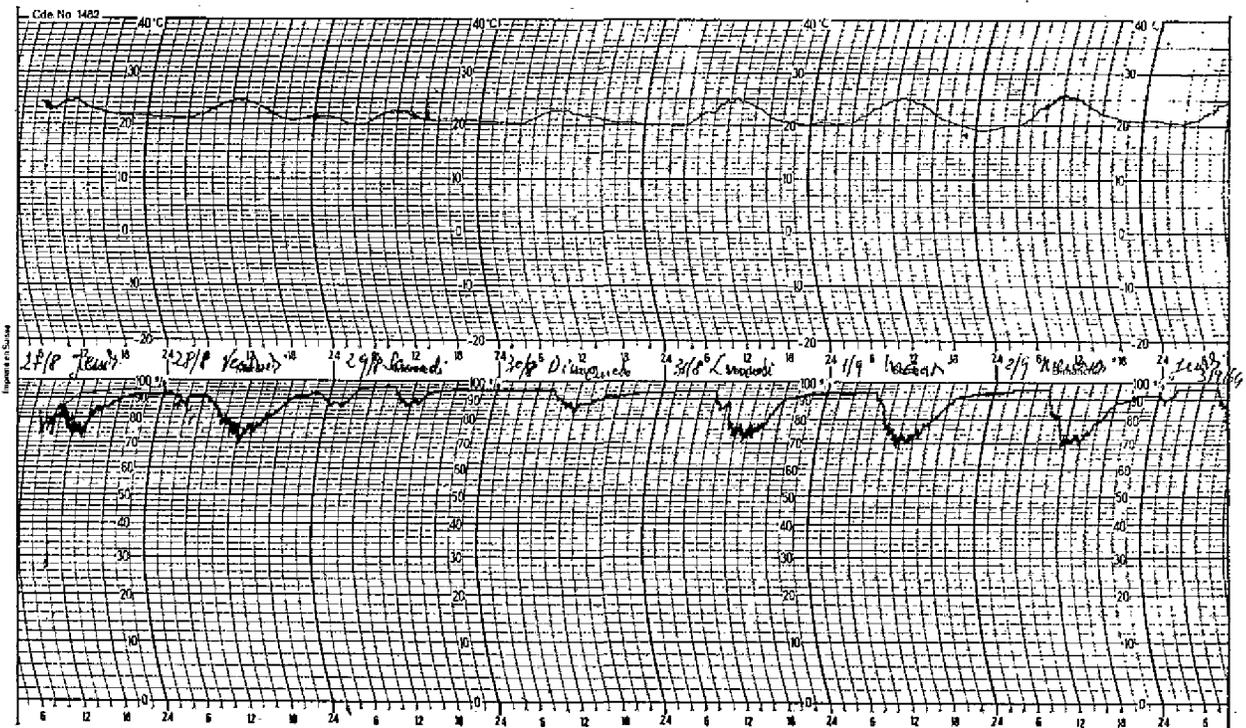


FIG. 2. — C. T. F. T. — Gabon. Relevés de thermo-hygrographes sous forêt (saison sèche).  
 Noter l'atténuation des températures et des humidités.

surtout penser qu'il faut, le plus tôt possible, combler expérimentalement cette lacune.

4° LA LUMIÈRE : c'est vraisemblablement le

facteur déterminant de la croissance des plants ; par l'assimilation chlorophyllienne qu'il conditionne, par les possibilités d'action que le Forestier

a sur lui, c'est certainement le plus commode à manier.

Et cependant on a l'impression que l'on n'en a jamais tiré le rendement maximum, par peur de l'action de cette lumière si généreusement distribuée sous les Tropiques. Est-ce l'extrapolation au monde végétal des réactions de l'homme venu d'un autre continent et qui considérerait la lumière tropicale comme particulièrement dangereuse ? Est-ce l'illusion donnée par l'atmosphère de serre du sous-bois de la forêt dense qui faisait penser que cette ambiance malgré son ombre accentuée offrait aux végétaux les conditions optimales de croissance ?

Les raisons sont multiples, qui ont longtemps caché au Forestier cette vérité : les principales espèces commerciales de la forêt dense sont des espèces de lumière et elles ne se régénèrent pas dans le sous-bois mais dans les trouées. C'est ce qu'a parfaitement noté le Professeur AUBREVILLE en écrivant : « La croissance dépend dans une mesure très grande de la quantité de lumière que peut recevoir la cime. Personne ne pouvait en douter évidemment, mais dans le milieu constamment humide et chaud de la forêt équatoriale, il semblait que les végétaux pouvaient se développer même si la luminosité était médiocre ».

Enfin il est certain qu'en l'absence de mesures précises aux instruments qui ne sont possibles que depuis quelques années, on pouvait se faire quelques illusions sur les quantités de lumière arrivant au sol dans les trouées de régénération naturelle ou les layons de plantation, car on n'avait pas notamment apprécié l'importance de la hauteur de l'étage dominant (40 m environ) qui est en relation directe avec la quantité de lumière interceptée ; qui pouvait penser, comme on le sait maintenant, que dans un layon de 2,50 m de large il n'arrive au sol que de 5 à 10, % de l'éclairement total en plein découvert ?

On commence à connaître maintenant, expérimentalement, les conséquences de ce déficit en lumière sur la croissance des principales espèces plantées ; ainsi :

— on n'a jamais pu faire pousser d'Okoumé en forêt dense dans les layons du type AUBREVILLE, car c'est une espèce très héliophile ;

la croissance des Niangon (*Tarrietia utilis*) plantés sous le couvert léger de la méthode Mar-



tineau est nettement supérieure à 30 ans à celle de la même espèce plantée en layons (Rapport MARTINOT-LAGARDE) :

Diamètre moyen en cm

Nombre de pieds	Plantation Martineau	Plantation en layons
150 plus gros à l'hectare...	31,1	22,7
50 plus gros à l'hectare...	38,2	34,8

— alors qu'avec la méthode des layons, les Niangon atteignaient en Côte-d'Ivoire une hauteur moyenne de 5 à 6 m en 8 ans, plantés en plein découvert ils atteignent de 8 à 12 m au Gabon (Station de l'Ikoy-Bandja) ;

— le Sipo (*Enlandropragma utile*) qui était considéré comme très malvenant dans les layons,

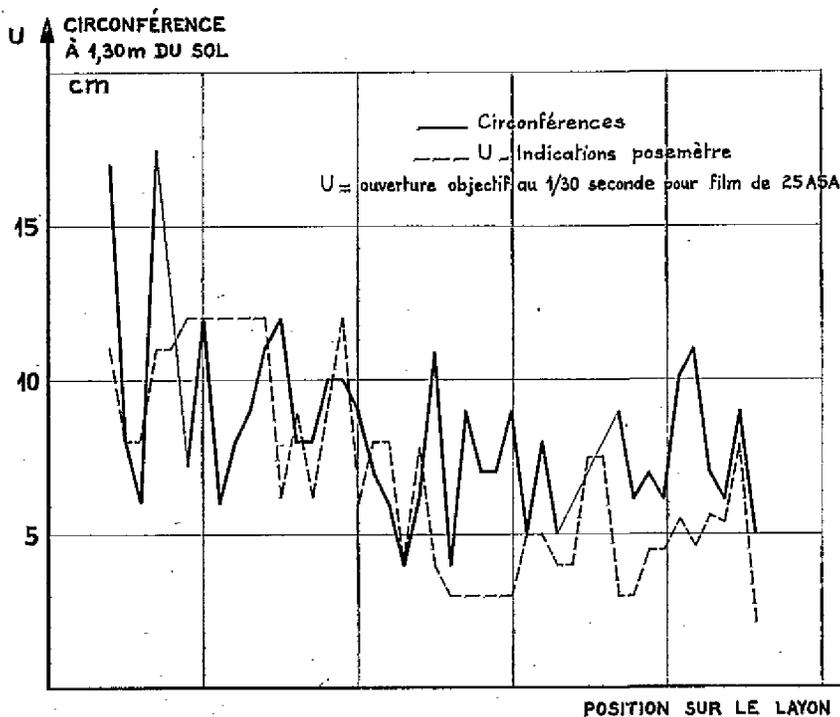


FIG. 3. — Variation entre la croissance de plants de Doussié et l'éclairement reçu par leurs cimes dans une plantation en layons à Bonépoupa (Cameroun). M. Schirle.

par le plant et sa circonférence à 1,30 m.

On pourrait ainsi multiplier les exemples, car la plupart des espèces forestières de forêt dense de grand intérêt commercial semblent avoir, en plantation, un comportement d'essences de lumière : *Aucoumea klaineana*, *Terminalia superba*, *Khaya ivorensis*, *Entandrophragma utile*, *Triplochiton scleroxylon*, *Azelia africana* etc...

En conclusion, il apparaît donc bien que de tous les facteurs conditionnant la croissance, la lumière semble avoir l'action la plus nette et en tout cas la plus facile à diriger : on peut la faire varier à volonté en

dosant le couvert lors de la plantation et durant les premières années de la vie de l'arbre.

Sur un plan plus général, on serait tenté d'écrire que si en zone tropicale sèche le facteur limitant de la régénération forestière et des plantations est l'eau, en zone tropicale humide c'est en général la lumière,

Mais il est bien évident qu'elle peut avoir des actions négatives, inhibitrices et qu'il faut éviter d'être absolu ; seule une expérimentation précise permettra d'établir des règles.

croît en hauteur de 1 m à 1,50 m par an s'il est en pleine lumière (Gabon) ;

— dans une jeune plantation de Doussié en layons à Bonépoupa (Cameroun) M. SCHIRLE a mesuré à la hauteur de chaque plant la lumière incidente reçue et a essayé d'établir la relation avec la grosseur du plant correspondant par mesure corrélative de la circonférence. Le graphique n° 3 établi à partir de ces données montre une corrélation évidente entre l'intensité de l'éclairement reçu

## LES RECHERCHES CORRESPONDANTES

C'est la raison pour laquelle le Centre Technique Forestier Tropical a fait porter par priorité les recherches forestières récentes sur le facteur lumière, sur la photologie et sur la mise au point de méthodes de plantation utilisant la lumière au maximum. Il semble que les problèmes essentiels à résoudre soient les suivants :

1° Détermination de la quantité de lumière fournie aux plants par chaque méthode de sylviculture (layons, bandes, taungya. T. S. S. etc.).

2° Détermination des quantités et qualités optima de lumière exigées par chacune des principales espèces commerciales.

Il s'agit essentiellement de déterminer pour chaque espèce les méthodes sylvicoles qui lui conviennent le mieux en mesurant ses exigences de lumière

et les quantités de lumière fournie par chaque technique. Il faut sortir de l'empirisme et du domaine des impressions pour entrer dans celui des chiffres qui seuls permettent des comparaisons valables, étant bien persuadé que leur valeur n'est pas absolue mais, nous l'espérons, suffisamment indicative.

Les recherches correspondantes que nous ne faisons souvent qu'aborder ont porté sur :

1° DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ DE LUMIÈRE DONNÉE AUX PLANTS OU AUX SEMIS PAR CHAQUE MÉTHODE SYLVI-COLE : elle peut être entreprise de deux façons différentes :

A. — par des lectures aux instruments : elles consistent à placer des instruments de mesure de



Photo Leroy-Deval.

C. T. F. T. — Gabon. Station sylvicole de l'Ikoy-Bandja (méthode du recré).  
Niangon âgé de 3 ans 1/2 d'excellente croissance.

lumière au niveau des plants introduits et pour chaque méthode sylvicole. On lit ainsi les quantités de lumière dont bénéficient les plants avec la méthode Limba, Okoumé, T. S. S., layons, etc... Cette méthode semble a priori la plus intéressante puisqu'elle fournit des chiffres relevés dans les conditions mêmes de la plantation. Les instruments à utiliser doivent être des héliographes ou des actinomètres donnant les quantités d'énergie solaire dispensées en un lieu déterminé pendant un cycle climatique complet (au moins un an), de préférence à des luxmètres ne donnant que des intensités de lumière en lectures instantanées difficilement exploi-

tables. Malheureusement, c'est en vain que nous avons entrepris des essais depuis plusieurs années au Gabon, car nous n'avons jamais trouvé d'instruments alliant la robustesse à la précision indispensable :

— Les héliographes du type Gorzensky se sont révélés infiniment trop fragiles pour être maintenus sans surveillance continue, en forêt, pendant plusieurs mois, sinon une année ; ils doivent être en effet protégés à chaque tornade importante, craignent les incidents classiques en forêt tels que gros coups de vent ou chutes de branches, doivent être relevés chaque semaine, etc...

— Les actinomètres à boules, presque aussi fragiles, se sont révélés sans précision aux faibles luminosités propres aux sous-bois de forêt dense ou aux rayons étroits : c'est ce que montrent les deux relevés de la figure 4 et de la figure 5, correspondant à des mesures de lumière sous plantation d'Okoumé (éclaircie et non éclaircie), au Gabon durant la saison sèche.

— Les luxmètres qui ne donnent des indications que pour un instant précis, à condition de disposer

de deux observateurs munis de chronomètres et de ne pas travailler par temps nuageux (au même instant le soleil peut être caché pour un seul des observateurs).

En résumé, ce n'est évidemment pas le principe même des instruments qui est en cause ; mais les difficultés inhérentes à la forêt tropicale dense obligent à concevoir des instruments spéciaux qui lui soient adaptés, tel l'héliographie à cellule photovoltaïque construit récemment par M. BORREL,

Ingénieur de Recherches à l'Office National Météorologique que nous expérimentons actuellement au Gabon.

C'est un photomètre à cellule au silicium, fournissant l'énergie à un moteur actionnant un compteur totalisateur. Les cellules à couche d'arrêt au silicium sont utilisées pour fournir l'énergie nécessaire à la marche des appareils d'observation transportés par certains satellites américains. M. BORREL a monté, en solarimètre, une cellule au silicium dont le rendement constant est vingt fois plus élevé que celui d'une cellule au sélénium. Cette cellule actionne un moteur de mesure dont la vitesse de rotation, proportionnelle à l'énergie reçue, permet une intégration en fonction du temps grâce à un compteur couplé avec le moteur. L'ensemble démarre pour 1 microwatt.

Un premier couple en place depuis quelques mois au Gabon a donné jusqu'à présent satisfaction ; il s'est révélé particulièrement robuste, insensible à l'action des tornades et d'un emploi particulièrement aisé étant totalisateur. A titre d'information, les premières mesures faites ont porté sur la quantité de lumière arrivant en sous-bois de forêt dense exprimée en pourcentage de l'éclair-

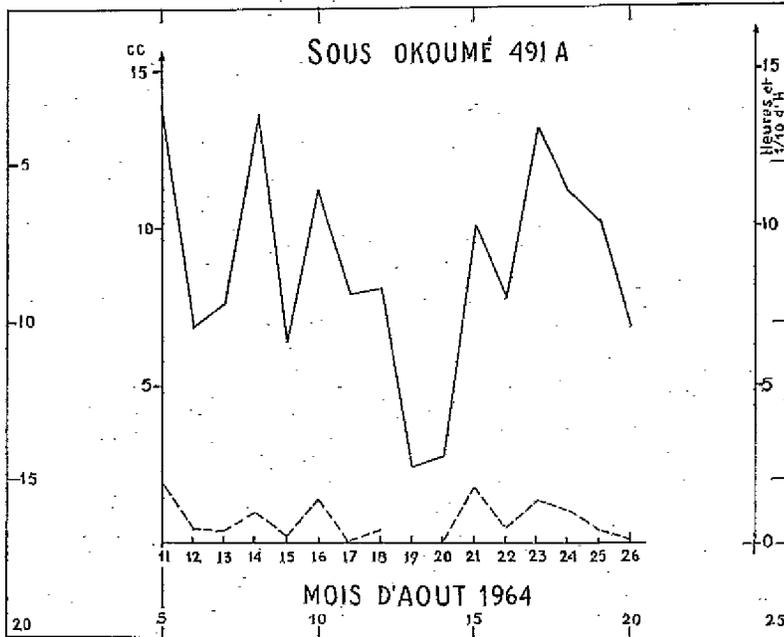


Fig. 4.

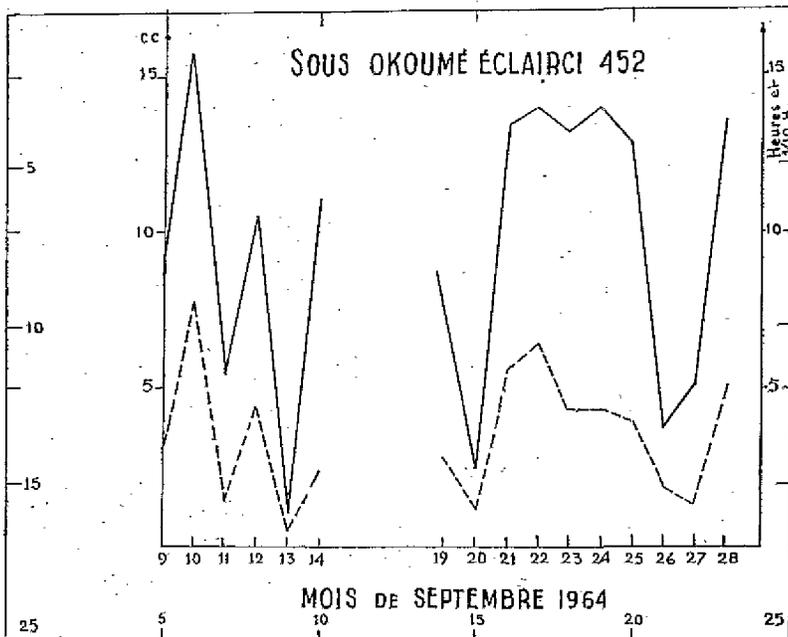


Fig. 5.

Fig. 4. — C. T. F. T. — Gabon. Relevés actinométriques (en pointillés) et relevés du nombre d'heures d'insolation (en traits continus) sous plantation d'Okoumé (forêt classée de la Mondah). Le 19-août l'actinomètre n'a pas fonctionné l'éclaircissement étant trop faible.

FIG. 5. — C. T. F. T. — Gabon. Relevés actinométriques (en pointillés) et relevés du nombre d'heures d'insolation (en traits continus) sous plantation d'Okoumé (éclaircie). Forêt classée de la Mondah. Les valeurs actinométriques sont beaucoup plus fortes que dans le cas précédent.

*Le Limba est incontestablement une essence de pleine lumière.*

Photo Sarlin.

rement en plein découvert ; après 40 jours d'observation continue en saison des pluies (avril-mai 1965), ce pourcentage se situe autour de : 3,5 %.

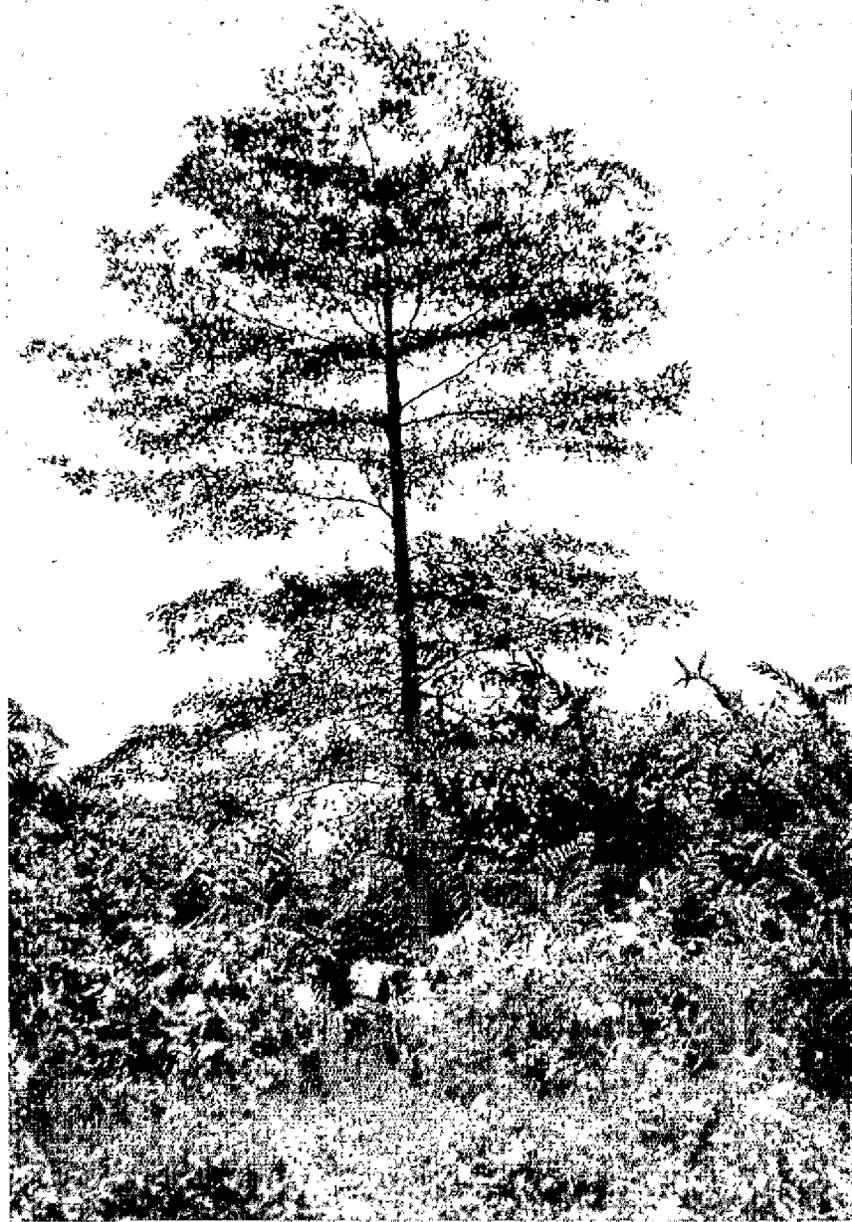
Notons que si ce chiffre est assez différent de celui qu'avait obtenu le Professeur AUBREVILLE au Cameroun avec un actinomètre à boules : 7 à 8 %, il se rapproche davantage des mesures faites en Côte-d'Ivoire par P. CACHAN et J. DUVAL avec des luxmètres :

Date	Lumière au sommet des arbres	Lumière dans le sous-bois	% de luminosité
15.4.60	130.000	290	0,4 %
9.6.60	100.000	800	0,8 %
5.8.60	27.000	450	2,0 %

Il est certain que pour des pourcentages aussi faibles, l'étalonnage des appareils et la densité de la forêt jouent beaucoup et que finalement seuls comptent l'ordre de grandeur et la durée des observations : toutes mesures ne portant pas au moins sur une année climatique complète ne sont pas absolument probantes. Mais on ne peut s'empêcher de noter au passage combien est efficace la protection de la forêt dense et on comprend pourquoi la température du sous-bois peut être inférieure de 2° à 3° à la température extérieure.

En conclusion, la détermination de la luminosité arrivant au sol peut être obtenue par des lectures actinométriques ; elle constitue même la seule méthode rigoureuse ; mais elle reste soumise au perfectionnement des instruments de mesure, qui semble bien près d'être atteint.

B. — **Par le calcul** : il existe des méthodes de calcul relevant à la fois de la photologie et de l'astronomie qui permettent de déterminer avec une bonne précision l'éclairement relatif arrivant durant une année en un point de latitude donnée situé dans une trouée de dimensions déterminées effectuée dans une formation forestière. Le Conservateur des Eaux et Forêts ROUSSEL, éminent spécialiste français de photologie forestière en a notamment décrit une qui est basée sur une construction graphique dite « **Cercle d'illumination totale** » qui est particulièrement élégante. Voici comment ROUSSEL la résume :



« Un moyen théorique, consiste à partir de certaines considérations de photométrie et d'astronomie, pour tenter de déterminer, dans des ouvertures présentant des caractéristiques bien définies, la façon dont la lumière diffuse (du ciel pur ou nuageux) et la lumière directe (provenant cette fois du seul soleil), se répartit, afin de calculer ainsi des valeurs, probables et moyennes, de la lumière ou de la radiation globale, reçue pendant une saison de végétation ou pendant une année complète ; ceci, bien entendu, en leurs principaux points. On sait que les savantes études de G. MONNET donnent les éléments essentiels pour déterminer la valeur de la radiation directe pour les stations les plus variées. Mais nous emploierons ici, pour les calculs que nous allons faire, une méthode simplifiée, exposée du reste déjà dans la Revue Forestière Française (avril 1953) et qui fait intervenir, à la fois, la radiation solaire directe et la radiation diffusée provenant du ciel

« pur ou nuageux. Rappelons quelques éléments de cette méthode, essentiellement graphique, dite **cercle d'illumination totale** » (figures 6 et 7). »

« Dans le courant d'une année, la radiation solaire directe et la radiation diffuse interviennent, chacune, pour moitié environ dans la radiation globale. Cette répartition simple résulte, notamment, des travaux récents de BLACKWELL (1954) qui, à Londres, indique que, sur une moyenne de 5 années, 52 % de la radiation provient du ciel seul et 48 % du soleil. Ceci, pour la seule période de végétation active. Pour l'année entière, on arrive très près de la proportion moitié-moitié. Par ailleurs, à Vienne cette fois, STEINHAUSER, ECKEL et SAUBERER (1955) donnent, pour des mesures de longue durée, 48,5 % de radiation diffuse et 51,5 % de radiation solaire directe. Il semble donc justifié, pour une latitude de 47° Nord, d'adopter en France, la proportion simple 50 % / 50 %. Un centimètre carré de sol horizontal recevant, à cette latitude, environ 100.000 petites calories par an, 50.000 proviendraient donc du soleil et 50.000 du ciel seul. »

« La lumière diffuse est prodiguée par l'ensemble du ciel (demi-sphère apparente s'étendant au-dessus du lieu d'observation). Il n'est pas exact de prétendre que la luminosité du ciel est identique, quelle que soit la direction que l'on envisage, à un moment donné d'une journée déterminée. Mais cette luminosité est assez constante dans le cas, fréquent, du ciel couvert bien égal. Elle est plus grande au voisinage du soleil, par ciel bleu pur, toutefois cette luminosité se déplace d'Est en Ouest, dans le courant de chaque journée. Enfin elle est variable et statistiquement égale partout pendant une longue période, si l'on considère un ciel nuageux (nuages mobiles) avec soleil apparent et caché. Car on n'a pas relevé, à notre connaissance, à la latitude de 47° Nord, des zones déterminées du ciel où les nuages se maintiendraient de préférence. En gros, on peut donc dire que, pour l'ensemble d'une année, le ciel a une brillance (ou plus exactement une luminance) assez constante, quelle que soit la direction envisagée, sauf peut-être une baisse générale de luminosité un peu marquée au Nord. Grâce à cette simplification, il est possible d'opérer de la façon suivante : considérant une demi-sphère de référence qui a pour centre la station dont on veut déterminer l'éclairement, si l'on projette sur cette demi-sphère de référence le contour apparent

« d'une trouée ou d'une bande, puis que l'on projette à nouveau le contour ainsi déterminé sur le plan horizontal de la station (méthode dite orthographique), l'éclairement relatif, en lumière diffuse, est égal au rapport entre la surface de projection de l'ouverture du peuplement considéré, et la surface de projection de la demi-sphère de référence (soit le cercle de même rayon). Par exemple, si l'on obtient comme rapport entre la projection du contour d'une trouée circulaire, vu du centre de la station, et la projection de la demi-sphère de référence, sur le plan horizontal, le chiffre de 50 %, ceci signifie que le centre de la trouée reçoit, en une année, par centimètre carré,

$$\text{« environ } \frac{50 \times 50.000}{100} = 25.000 \text{ petites calories. »}$$

« La lumière solaire est fournie par le soleil, qui occupe une position variant constamment, selon le jour et l'heure de l'observation. Mais le soleil ne brille pas en permanence. Dans la région de Besançon, par exemple, il n'est apparent que pendant 40 % seulement des heures d'observation possibles. Toutefois, on ne peut pas relever dans ce cas non plus de zone privilégiée du ciel dans laquelle, de façon régulière, le soleil serait apparent, alors qu'il serait caché dans d'autres. Il y a donc une probabilité statistique égale pour que le soleil brille, à une époque donnée de l'année, en n'importe quel point d'une trajectoire déterminée, comprise entre celle du solstice d'été et celle du solstice d'hiver. Ceci simplifie le problème, car si l'on connaît la projection orthographique de l'ensemble des trajectoires solaires, pour une station de plein découvert, et celle des bords apparents d'une trouée ou d'une bande, on peut déterminer approximativement les heures pendant lesquelles le soleil pourra éclairer un point déterminé d'une ouverture, et les heures également pendant lesquelles il sera obligatoirement caché. La projection orthographique présente en outre une propriété intéressante relevée récemment, en ce sens qu'elle corrige, de façon approximative, le fait que le soleil des premières et des dernières heures de la journée étant plus bas sur l'horizon, l'insolation directe qu'il prodigue alors est bien inférieure à celle qu'il fournit autour de midi. En effet, si l'on compare, sur la projection de l'ensemble des trajectoires solaires, la surface occupée par les différents secteurs correspondants aux heures de la journée avec les mesures de longue durée de BLACKWELL, par exemple, on a les deux séries de rapports suivants :

Heures locales	5 à 6 18 à 19	6 à 7 17 à 18	7 à 8 16 à 17	8 à 9 15 à 16	9 à 10 14 à 15	10 à 11 13 à 14	11 à 12 12 à 13
Rapport des surfaces.....	5 %	8 %	10 %	13 %	18 %	21 %	25 %
Rapport des radiations réclément reçues .....	4 %	8 %	11 %	14 %	19 %	21 %	23 %

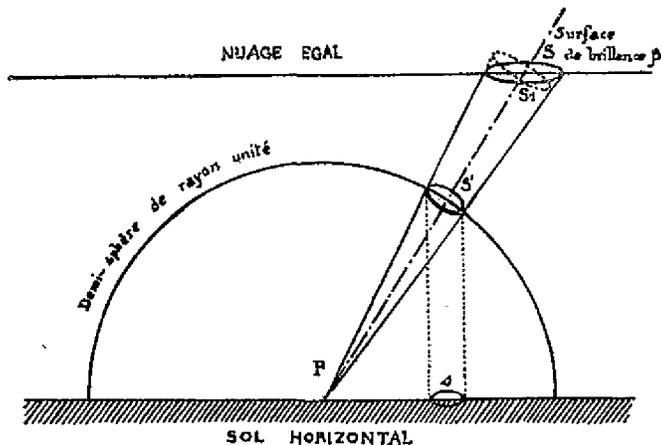


FIG. 6. — On démontre que l'éclairement produit en P par une surface nuageuse horizontale S de brillance  $\beta$  est égal au produit de  $s$  (projection orthographique de S) par  $\beta$ .

« Ainsi donc, si le « **cercle d'illumination totale** »  
 « indique, dans une station, que le soleil peut bril-  
 « ler de 11 h à 13 h de chaque journée, la surface  
 « occupée par la projection du contour apparent de  
 « la trouée est de 25 % de la surface totale des pro-  
 « jections des trajectoires solaires. La radiation  
 « directe, effectivement reçue par cette station pen-  
 « dant ces 2 heures, est en réalité de 23 % de la  
 « radiation directe totale du plein découvert.

$$\frac{25 \times 50.000}{100} = 12.500$$

« petites calories par centimètre carré en théorie  
 « pour

$$\frac{100}{23 \times 50.000} = 11.500$$

« petites calories par centimètre carré réellement  
 « reçues. Cette correction automatique est moins  
 « marquée pour la différence d'insolation directe  
 « en été et en hiver et il y a là, par contre une légère  
 « source d'erreur. »

« Pour conclure donc, en ajoutant la valeur de la  
 « radiation diffuse (ciel) à celle de la radiation  
 « directe (soleil), obtenues du reste par la méthode  
 « que nous venons d'exposer, on peut avoir une  
 « indication sur l'ensemble de la radiation reçue en  
 « un point quelconque d'une trouée ou d'une bande,  
 « et ce, avec une approximation de l'ordre de 10 à  
 20 %.

A partir des travaux du Conservateur ROUSSEL,  
 et sur ses conseils, j'ai repris cette méthode pour les  
 latitudes équatoriales : en effet, ceci se justifie

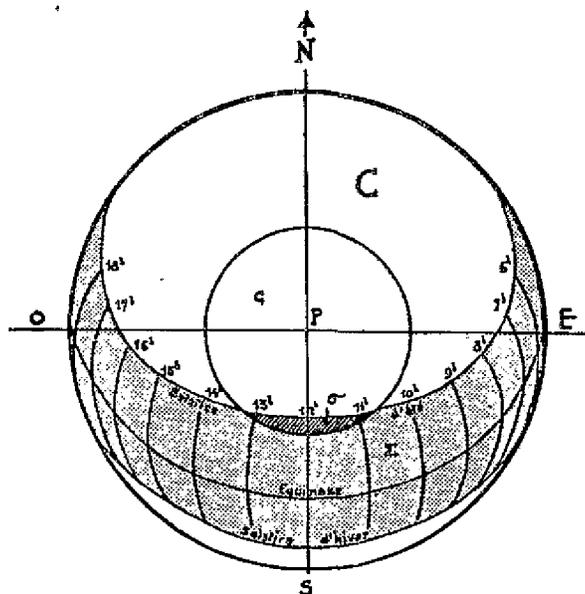


FIG. 7. — Cercle d'illumination totale. L'éclairement relatif total en P, centre d'une trouée circulaire, est égal au rapport de  $c$  (projection orthographique du bord supérieur de la trouée) à  $C$  (projection orthographique de la demi-sphère de référence) majoré du rapport de  $\sigma$  (projection orthographique du bord supérieur de la trouée mordant sur l'ensemble des trajectoires solaires) à  $\Sigma$  (projection orthographique de l'ensemble des trajectoires solaires), le tout divisé par 2.

depuis que DECOSTER, SCHUEPP et VANDER ELST ont montré en 1955 que pour la zone équatoriale la répartition entre la radiation solaire directe et la radiation diffuse reste approximativement dans la proportion 0,5 / 0,5, bien que la radiation globale soit beaucoup plus élevée qu'en région tempérée (140.000 à 150.000 calories / cm<sup>2</sup> / an à Léopoldville).

J'ai ainsi construit pour la latitude équatoriale les **cercles d'illumination totale** (cf. figures 8 et 8 bis) en portant en projection orthographique le tracé des trajectoires solaires les plus caractéristiques (solstices, équinoxes) et en procédant aux calculs graphiques correspondant à certaines dimensions-types de bandes ou de trouées, j'ai déterminé les éclairements relatifs arrivant au sol en forêt dense pour plusieurs points de bandes et de trouées de différentes dimensions. Les résultats sont résumés par les courbes tracées sur les graphiques des figures n° 9, 10 et 11 :

— en abscisses sont portées les largeurs des bandes ou le diamètre des trouées exprimées en hauteur de la forêt environnante ( $H = 40$  m),

— en ordonnées sont indiqués en % les éclairements relatifs correspondants (rapport entre l'éclairement du point considéré de la bande ou de la trouée et l'éclairement total en plein découvert).

Ces courbes concernent des bandes d'axe NS et EW, et des trouées : le graphique de la figure n° 9 intéresse les variations d'éclairement arrivant au sol

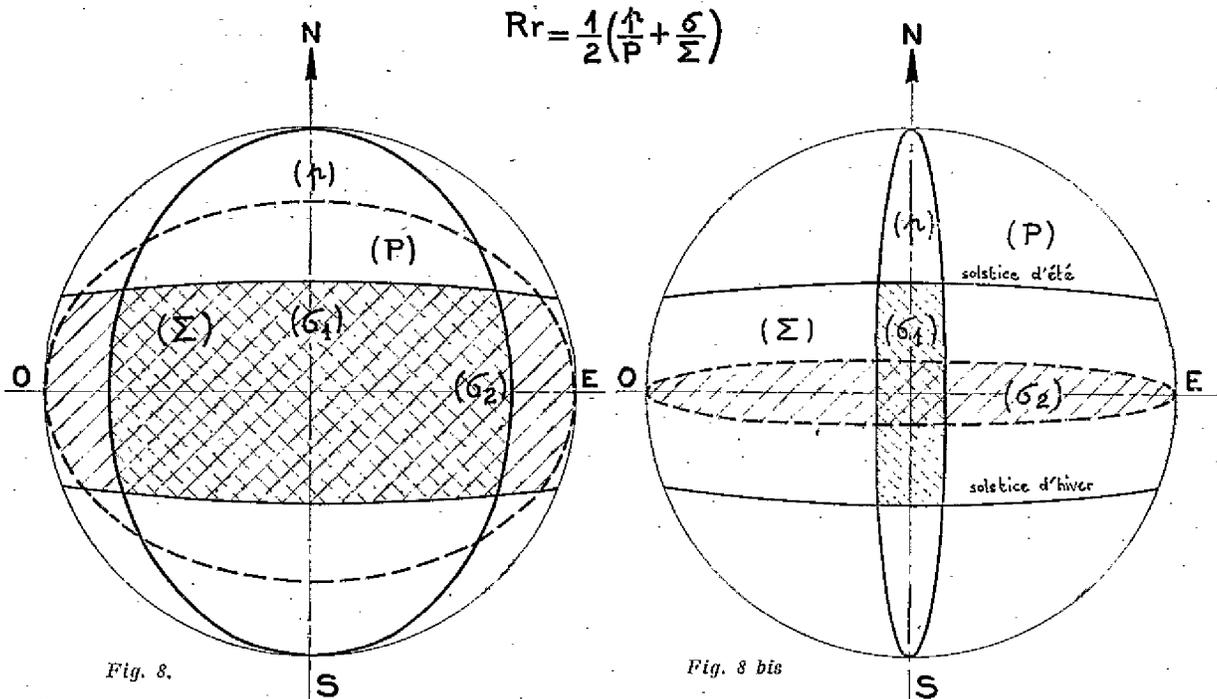
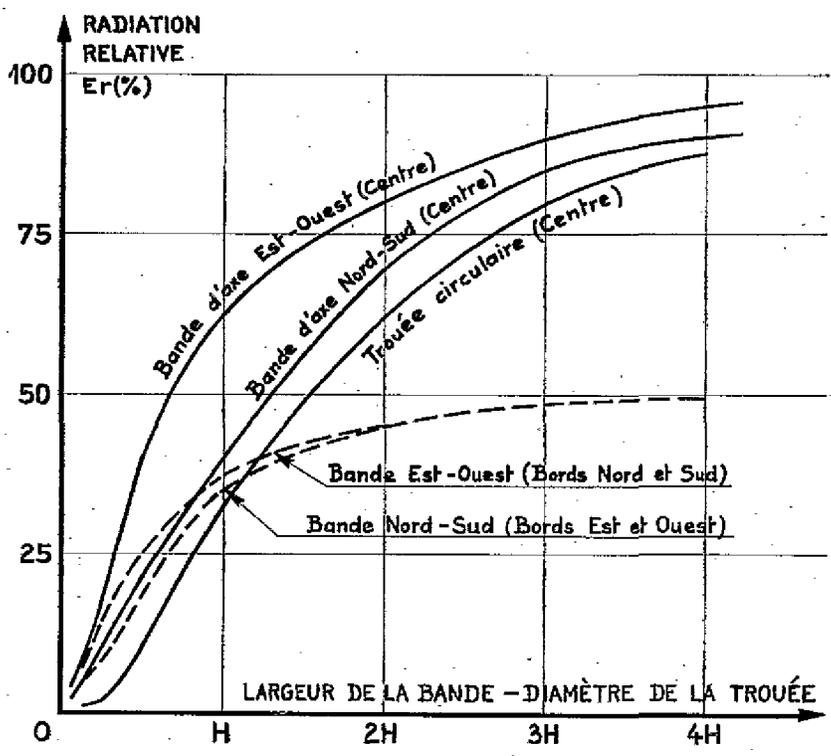


Fig. 8.

Fig. 8 bis

FIG. 8. — Cercles d'illumination totale pour une latitude comprise entre 0° et 5° : la figure n° 8 représente le graphique correspondant à une largeur de bande  $l = 2H$  et la figure n° 8 bis à une largeur de bande  $l = \frac{H}{4}$ .

- $P$  = surface du cercle de référence ;
- $p$  = surface de l'ellipse constituant la projection sur ce cercle de la partie de la sphère de référence interceptée par la bande.
- $\Sigma$  = surface délimitée sur le cercle de référence par les projections orthographiques des trajectoires du soleil aux deux solstices.
- $\sigma$  = partie commune à  $p$  et à  $\Sigma$  ;
- $\sigma_1$  = pour une bande orientée NS ;
- $\sigma_2$  = pour une bande orientée EW.



pour le centre des bandes NS et EW, des trouées, et des bords des bandes ; le graphique de la figure n° 10 constitue une simplification du précédent et l'échelle plus grande permet une lecture plus facile pour les bandes et trouées de faibles largeurs.

La lecture de ces courbes suscite de nombreuses remarques, dont celles-ci :

— il faut d'abord observer que les chiffres donnés par ces abaques doivent être légèrement inférieurs à la réalité car ils ne tiennent pas compte de la lumière latérale arrivant de la forêt qui encadre la bande ou la trouée ; comme nous avons vu que la totalité de l'éclairissement relatif arrivant dans le

FIG. 9. — Courbes représentant les variations de l'éclairissement relatif  $E_r$  arrivant au sol en fonction de la largeur de la bande ou du diamètre de la trouée ouvertes dans le peuplement (exprimées en hauteur  $H$  du peuplement).

sous-bois était de l'ordre de 3,5 % (Solarimètre BORREL), on peut admettre que sa composante latérale est voisine de 2 à 3 %, et qu'il faut donc augmenter de cette valeur les chiffres lus sur les courbes,

— pour une même largeur de bande, l'éclairement arrivant au centre d'une bande orientée EW est toujours supérieur à celui qui arrive dans une bande NS, ce qui semble parfaitement normal,

— l'éclairement arrivant au centre d'une trouée de diamètre déterminé est toujours inférieur à celui qui arrive dans une bande de même largeur quelle que soit son orientation ; ainsi :

— pour obtenir un éclairement relatif ( $E_r$ ) de 50 %, il faut ouvrir soit une bande orientée EW de largeur  $\frac{6H}{10}$  —

24 m, soit une bande NS de largeur  $\frac{13H}{10}$  — 52 m, soit une trouée circulaire de  $\frac{16H}{10} = 64m$ ,

— une bande de 20 m de large orientée EW donne un  $E_r = 40$  % ; orientée NS elle ne donne plus que 22 % ; et une trouée circulaire de même dimension ne reçoit plus que 10 % de lumière,

— l'éclairement dont bénéficie le bord des bandes varie peu quelle que soit l'orientation de ces dernières ; pour des largeurs de bandes supérieures à 80 m, soit deux fois la hauteur de l'étage dominant, il reste constant et égal approximativement à 50 % de l'éclairement total, que les bandes soient orientées NS ou EW,

— la variation de l'éclairement relatif arrivant au sol dans le profil d'une bande est assez considérable, ainsi que le montre la figure n° 11 (courbe établie également à partir du Cercle d'illumination totale) ; pour une bande de largeur égale à la hauteur du peuplement, l' $E_r$  passe de 37 % sur le bord

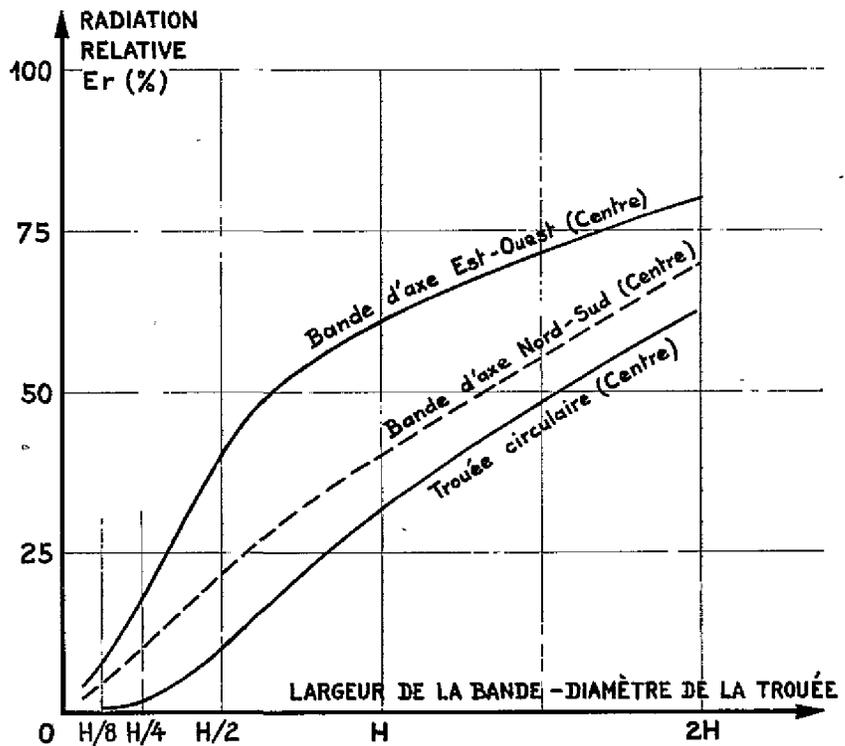
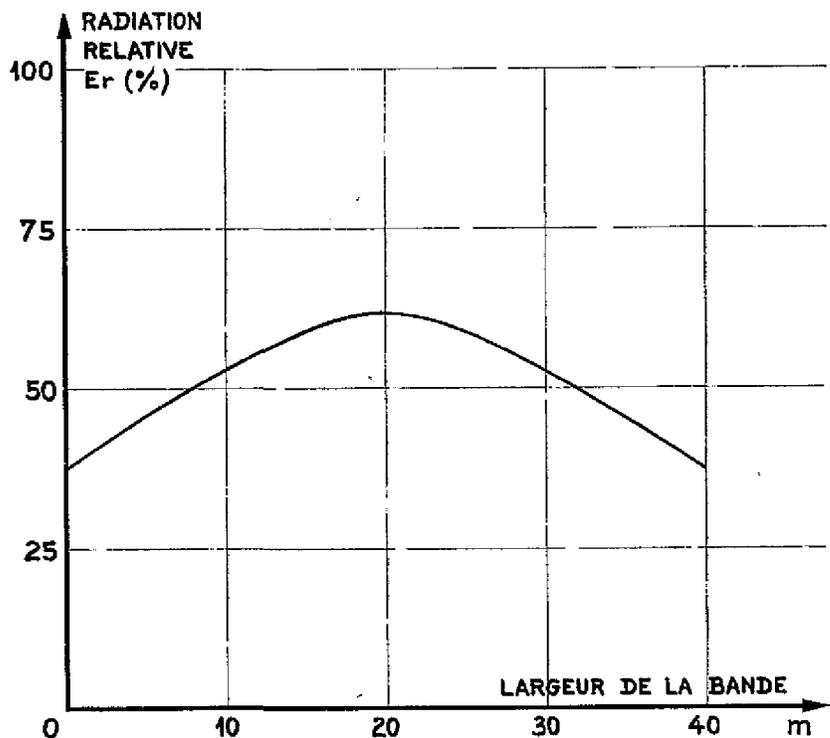


FIG. 10. — Mêmes courbes à plus grande échelle horizontale.

FIG. 11. — Variation de l'éclairement relatif  $E_r$  arrivant au sol dans le profil d'une bande de 40 mètres de large ( $L = H$ ).



à 62 % dans le centre de la bande, soit près du simple au double. Cette observation pourrait avoir d'importantes conséquences pratiques en cas de plantation d'essences très héliophiles,

— un layon ouvert en forêt naturelle de 2,50 m de large ( $l = \frac{H}{16}$ ) reçoit à peine 5 % d'éclairement relatif ; cette dernière constatation est primordiale, car elle peut expliquer en grande partie les déconvenues données par la méthode de layons ; elle semble indiquer que même en tenant compte de l'éclairement latéral, les plants ne reçoivent pas plus de 7 à 8 % d'éclairement relatif,

— la destruction sur pied par ceinturage ou empoisonnement d'un arbre ayant 20 m de houppier n'entraîne qu'un éclairement relatif du sol égal à 10 % ; cette valeur passe à 22 % pour un houppier de 30 m de diamètre, et à 32 % pour un houppier de 40 m. Ces chiffres peuvent expliquer de leur côté, la lenteur de croissance observée avec les méthodes de régénération naturelle.

Nous reprendrons d'ailleurs l'interprétation de ces courbes lorsque nous tenterons plus loin l'étude comparative des différentes méthodes.

Mais, on peut objecter que l'on n'est pas sûr qu'un éclairement relatif de 10 %, 20 % ou 30 % n'est pas suffisant pour obtenir une excellente croissance des principales espèces commerciales de la forêt dense ? D'après de nombreuses observations, nous pensons qu'il n'en est rien, mais à notre connaissance aucune étude précise et chiffrée n'a encore été réalisée dans ce domaine. C'est la raison pour laquelle, nous entreprenons actuellement dans différentes stations d'Afrique les recherches correspondantes.

**2° DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ DE LUMIÈRE OPTIMUM NÉCESSAIRE A LA CROISSANCE DES PRINCIPALES ESPÈCES FORESTIÈRES DURANT LES PREMIÈRES ANNÉES DE LEUR VIE :** on pense l'obtenir en faisant pousser sur un même terrain des plants d'une même espèce, de même hauteur au départ, sous des éclaircissements relatifs différents : ceux-ci seront obtenus en installant sur un terrain nu à planter des « couloirs » constitués par deux séries parallèles et continues de panneaux équidistants de 0,75 m et de hauteur suivante (déterminée par la lecture des courbes ci-dessus) :

Les couloirs devront être rigoureusement orientés EW.

Er	Hauteur des panneaux	Observations
12 %	4,50 m	Ces hauteurs théoriques sont à majorer de la hauteur moyenne des plants mis en place dans le couloir.
25 %	2,25 m	
50 %	1,15 m	
75 %	0,45 m	
100 %	0	

L'expérience durera 2 à 3 ans, au bout desquels la détermination de la hauteur moyenne des plants dans chaque couloir et leur vigueur indiqueront l'éclairement optimum recherché.

Telles sont les deux recherches fondamentales qui vont servir de base aux mises au point des méthodes sylvicoles en forêt dense ; la première est achevée sur le plan des calculs, mais il faudra la confirmer par des lectures aux instruments lorsque ces derniers seront au point ; la deuxième est en cours.

Toutefois, reprenant là aussi de récents travaux du Conservateur ROUSSEL, nous entreprenons également l'étude suivante :

### 3° DÉTERMINATION POUR UNE ESPÈCE FORESTIÈRE DONNÉE DE L'INFLUENCE DE L'ÉCLAIREMENT LATÉRAL SUR SA CROISSANCE DURANT LES PREMIÈRES ANNÉES DE SA VIE :

ROUSSEL vient en effet de montrer l'influence inhibitrice de l'éclairement latéral sur la croissance de jeunes plants de Chênes (Revue Forestière Française — février 1965). Nous pensons que l'extension de cette expérience aux principales espèces forestières de forêt dense pourrait nous donner de précieux renseignements sur leur tempérament, mais surtout sur l'influence du recrû que nous avons jusqu'à ce jour estimé bénéfique sans en fournir une preuve scientifiquement valable : sa principale vertu ne serait-elle pas précisément de protéger les plants de l'éclairement latéral ?

Le protocole prévu consiste simplement à comparer la croissance de plusieurs lignes de plants dont certains sont manchonnés et les autres laissés en pleine lumière.

Voici donc, brièvement exposées, les Recherches que nous considérons actuellement comme les plus importantes car, susceptibles de modifier profondément les méthodes sylvicoles actuelles, et de les améliorer.

(A suivre).

