

Photo Poupon.

Fété-Olé (Sénégal). Un Acacia senegal avec fruits.

LA BIOMASSE ET L'ÉVOLUTION DE SA RÉPARTITION AU COURS DE LA CROISSANCE D'ACACIA SENEGAL DANS UNE SAVANE SAHÉLIENNE (SÉNÉGAL)

par Henri POUAPON

Chargé de Recherches à P.O. R. S. T. O. M.

SUMMARY

THE BIOMASS AND THE EVOLUTION OF ITS DISTRIBUTION DURING THE GROWTH OF ACACIA SENEGAL IN A SAHELIAN SAVANNA IN SENEGAL

The biomasses and the net primary production (in terms of weight of dry matter) of Acacia senegal (L) Willd were measured in the Sahelian savanna of Perlo, in Northern Senegal.

The author first studies the structure of the population in an experimental quadrat covering 25 hectares and comprising five types of relief. He seeks to establish the relations between the number of growth rings and the circumference measured at the butt.

He then demonstrates the evolution of the above-ground and below-ground biomasses in function of the age of the trees. Young

trees rapidly develop an important root system. For an adult tree, this represents 40 % by weight of the total biomass ; the above-ground biomass is then equally distributed between its three components : trunk, main branches, and secondary branches.

Lastly, the author estimates for the year 1973 the deciduous production (leaves, flowers and fruit) and gives an initial calculation of the foliary productivity.

RESUMEN

LA BIOMASA Y LA EVOLUCION DE SU DISTRIBUCION DURANTE EL CRECIMIENTO DE LA ACACIA SENEGAL EN UNA SABANA SAHELIANA (SENEGAL)

Las biomasa y la producción primaria neta (en peso de materia seca) de *Acacia senegal* (L.) Willd. han sido medidas en la sabana saheliana del Ferlo, al Norte de Senegal.

En primer lugar el autor estudia la estructura de la población vegetal en un polígono experimental de 25 hectáreas que consta de cinco tipos de elementos de relieve. Al mismo tiempo trata de encontrar las relaciones existentes entre el número de anillos de crecimiento y la longitud de la circunferencia en la base del tronco.

En segundo lugar, señala la evolución de las biomasa aérea y subterránea en función de la edad de los árboles. Los sujetos jóvenes desarrollan rápidamente un importante sistema de raíces. Para un árbol adulto, éste representa ponderalmente el 40 % de la biomasa total ; la biomasa aérea se reparte igualmente entre sus tres componentes : tronco, ramas principales y ramas finas.

Por último, el autor evalúa, para el año 1973, la producción caduca (hojas, flores y frutos) y efectúa un primer cálculo de productividad foliar.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une étude globale de l'écosystème sahélien entreprise sous l'égide du Programme Biologique International (P. B. I.), la production nette de la strate ligneuse en zone sahélienne a été la base de plusieurs travaux. La région où ils ont été effectués a fait l'objet d'une présentation tant au point de vue géologique qu'au climatique que biologique (BILLE *et al.*, 1972).

Le présent travail regroupe les principaux résultats concernant la biomasse et la productivité d'*Acacia senegal* (L.) Willd. Le choix de cette espèce, qui n'est pas la plus abondante, a été motivé par différentes raisons :

— son caractère propre à la zone sahélienne : il se différencie d'autres espèces également présentes dans la région considérée mais qui, soit dépassent le domaine vers le Nord (*Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera*, ou *Combretum aculeatum*), soit descendent plus au Sud (*Boscia senegalensis*, *Cadaba farinosa*, *Commiphora africana*, *Euphorbia balsamifera*, *Grewia bicolor* ou *Gulera senegalensis*) ;

— son aire d'extension très vaste : de l'Océan Atlantique à la Mer Rouge, puis en Arabie et dans le désert du Sind en Inde ;

— son rôle économique : production de gomme arabique et de fourrage recherché par les moutons,

chèvres et chameaux qui mangent le feuillage puis les gousses tombées sur le sol ;

— son abondance à Fété-Olé : nous pouvons entreprendre un échantillonnage valable sans nuire au peuplement.

De par son importance géographique et son intérêt économique, *Acacia senegal* a fait l'objet de nombreuses études concernant :

— sa systématique : AUBREVILLE (1950), ROSS (1968) ;

— sa physiologie et son développement : VASSAL (1969) s'intéresse aux jeunes stades de développement, OBEID et SEIF EL DIN (1969) travaillent sur sa régénération ;

— son agronomie : GERAKIS et TSANGARAKIS (1970) ou HABISH (1970) ;

— son écologie : GIFFARD (1966) ;

— sa sylviculture : KANE (1971), GIFFARD (1973-1974) ;

— son économie basée essentiellement sur la gomme arabique : M'KHAÏTIRAT (1959), BÉGUÉ (1964), GIFFARD (1965-1966), MICHON (1968) ou DEPIERRE (1969).

L'originalité des travaux poursuivis dans la savane sahélienne du Ferlo septentrional au Sénégal réside dans l'aspect quantitatif de l'étude des populations d'*Acacia senegal*.

DESCRIPTION DE LA LOCALITÉ ÉTUDIÉE

La zone d'étude de Fété-Olé a été présentée dans plusieurs publications décrivant le milieu naturel (BILLE *et al.*, 1972 a et 1972 b) et la végétation (BILLE, 1971 ; BILLE et POUPON, 1972).

Rappelons brièvement que le paysage se caractérise par un système dunaire de faible amplitude, sans orientation décelable, délimitant de petites dépressions fermées. Cette disposition entraîne une répartition en mosaïque des différents milieux. Notre étude a été conduite en distinguant dans ce relief dunaire, cinq éléments déterminant la localisation de cinq groupements végétaux : sommet de dune, versant, replat, bas de versant et dépression (LEPAGE, 1972).

Les sols sont fondamentalement des sols ferrugineux peu lessivés présentant des variations de leur pédogenèse selon le matériau et la pente.

Notre station, d'un point de vue climatique, se situe dans une zone sahélienne beaucoup plus caractérisée par le facteur précipitation que le facteur température. La faiblesse des totaux annuels de pluie exprime une certaine tendance à

l'aridité. Les dernières années (1970 à 1973) ont été faiblement arrosées. Les précipitations ont été bien inférieures à la moyenne annuelle évaluée à 350 mm, particulièrement en 1972 où tout le Nord du Sénégal a connu une année climatiquement sèche (33 mm à Fété-Olé). La saison des pluies (ou hivernage) brève, irrégulière et incertaine est réduite aux mois de juillet, août et septembre, au cours desquels la mousson donne la totalité des précipitations. Cette période humide est précédée des mois les plus chauds de l'année avec un maximum en juin. Après les pluies, un maximum secondaire de température est observé en octobre.

La végétation comprend une majorité de plantes herbacées annuelles effectuant leur cycle en deux ou trois mois. Les arbres et arbustes, dont le nombre moyen par hectare varie de cent à plus de deux cents selon que la surface comprend ou non une dépression boisée, appartiennent pour 98 % à six espèces : *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Commiphora africana*, *Grewia bicolor* et *Boscia senegalensis*.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

ÉTUDE DE LA POPULATION D'ACACIA SENEGAL

Sur un quadrat expérimental de vingt-cinq hectares nous avons recensé 292 arbres dont nous avons mesuré régulièrement la hauteur totale et la circonférence à la base du tronc. La circonférence est mesurée à cette hauteur, et non pas à 1,30 m comme le font les forestiers, car pour de nombreux individus, les premières ramifications se situent bien au-dessous de ce niveau.

Le nombre d'*Acacia senegal* en fonction de chacun des cinq éléments de relief est donné dans le tableau 1.

TABLEAU 1

NOMBRE ET RÉPARTITION D'ACACIA SENEGAL DANS LE QUADRAT EXPÉRIMENTAL EN FONCTION DES ÉLÉMENTS DE RELIEF

Élément de relief	Surface en ha de chaque élément	Nombre d'arbres dans chaque élément	Densité par ha : Nb/ha
Sommet	4,25	32	7,5
Versant	11,50	86	7,5
Replat	3,50	61	17,4
Bas de versant	4,50	62	13,8
Dépression ...	1,25	51	40,8
Total	25,00	292	

La répartition des arbres en fonction de la mesure de la circonférence à la base est donnée par la figure 1. Nous constatons que la population d'*Acacia*

senegal, très dense dans les dépressions, et peu représentée sur les sommets de dune, est très jeune puisque 70 % des individus environ ne mesurent pas plus de 10 cm de circonférence à la base.

Relation entre hauteur de l'arbre et circonférence à la base du tronc.

La figure 2 nous permet de suivre l'évolution de la hauteur moyenne des arbres en fonction de la circonférence moyenne mesurée à la base du fût.

a) Pour des arbres dont la circonférence à la base mesure moins de 40 cm, nous trouvons une relation linéaire entre les deux paramètres considérés.

La droite de régression s'écrit alors :

$$H = 33,3 + 9,7 C \quad (1) \quad \text{avec } r = 0,98$$

où H représente la hauteur exprimée en centimètres, et C la circonférence à la base exprimée en centimètres également.

Cette relation (1) peut s'écrire en exprimant la hauteur en fonction du diamètre :

$$H = 33,3 + 30,4 D \quad (2)$$

b) Pour des arbres ayant plus de 40 cm de circonférence, nous obtenons un palier : la hauteur des individus devient constante et se situe entre 4,0 et 4,5 m.

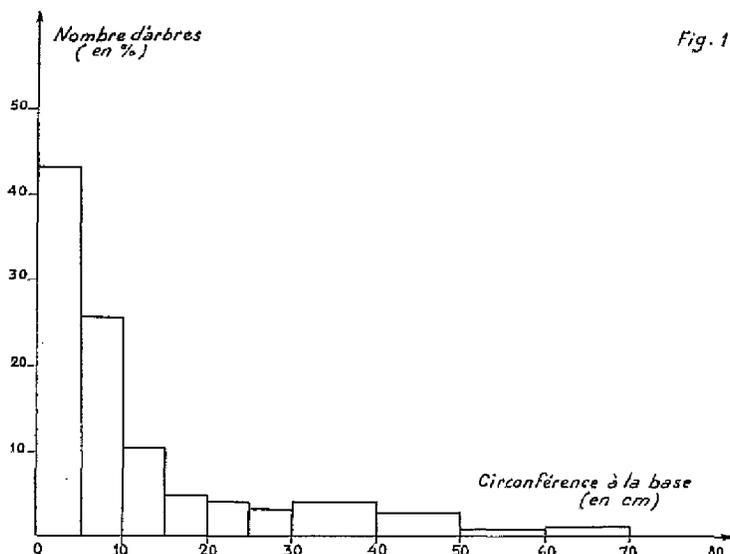


FIG. 1. — Répartition d'Acacia senegal en fonction de la longueur de la circonférence (en cm).

Fig. 1

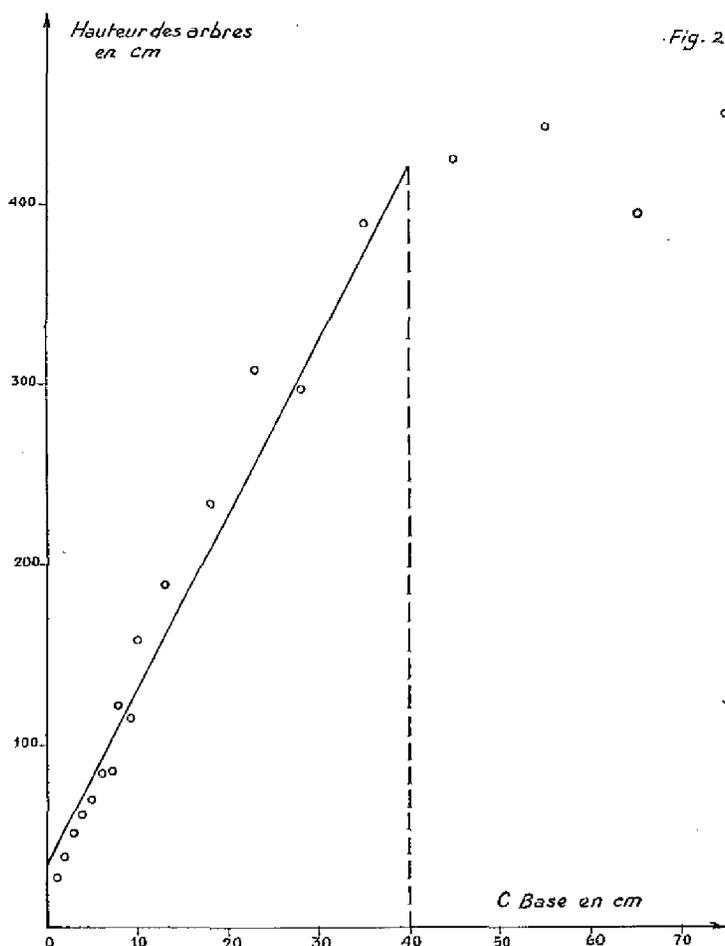


FIG. 2. — Relation entre la hauteur d'un arbre et la longueur de la circonférence mesurée à la base du tronc.

Fig. 2

Relation entre diamètre du tronc et nombre de cernes (N).

BILLE (1971) établit déjà une relation pour trois individus entre le diamètre du tronc et le nombre de cernes. Des études complémentaires portant sur 7 arbres permettent d'établir la droite de régression d'équation suivante :

$$N = 7,4 + 3,8 D \quad (3) \quad \text{avec } r = 0,99 \text{ (fig. 3).}$$

Il nous a été impossible de compter les cernes d'accroissement pour des arbres dont le diamètre est inférieur à 4 cm : pour de tels acacias, la relation précédente devient inapplicable.

Nous préférons, par la suite, conserver la notion de cerne d'accroissement à celle d'année car aucune étude précise de dendrométrie ne nous permet à l'heure actuelle d'affirmer la concordance (1).

A partir des formules 2 et 3, nous pouvons évaluer ou exprimer le nombre de cernes (N) en fonction de la hauteur de l'arbre (H) :

$$H = 92,5 + 8,0 N$$

et

$$N = \frac{H - 92,5}{8,0}$$

BIOMASSE LIGNEUSE DE LA PLANTE

La biomasse aérienne a été obtenue en sacrifiant un certain nombre d'individus. Nous avons poursuivi les études entreprises sur trois arbres par BILLE (1971) en abattant 5 nouveaux arbres en 1972. Dans la partie aérienne, nous distinguons le tronc, les branches principales et les branches fines. Dans cette dernière catégorie nous rangeons toutes celles dont le diamètre à la base est inférieur à 5 cm.

En ce qui concerne la biomasse souterraine, nous avons déterré trois individus s'ajoutant aux trois précédemment étudiés (BILLE, 1971). En effet, ces mesures sont excessivement longues et délicates surtout dans une région où, tout au long de la saison sèche, le sol devient compact et rend difficile, voire impossible, tout travail consistant à mettre à nu le système racinaire. Là encore, nous avons séparé le tronc racinaire (souche

(1) D'après les observations et les études effectuées par la division d'anatomie du Centre Technique Forestier Tropical (A. MARIAN, Essai de dendroclimatologie en climat sahélien sur *Acacia raddiana*, *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 163, sept.-oct. 1975), les cernes des *Acacia* du Sahel sont annuels (sous réserve d'une interprétation correcte sur le bois).

TABLEAU 2

ACCROISSEMENT MOYEN DES BIOMASSES AÉRIENNE, SOUTERRAINE ET LIGNEUSE EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES D'ACCROISSEMENT

Nombre de cernes	Accroissement moyen biomasse aérienne g/arbre/cerne	Accroissement moyen biomasse souterraine g/arbre/cerne	Accroissement moyen biomasse ligneuse g/arbre/cerne
0-10	80	120	200
11-20	250	500	750
21-30	1.350	1.200	2.550
31-40	2.200	1.350	3.550
41-50	2.000	1.600	3.600
51-60	1.600	1.720	3.300

verticale qui prolonge le tronc aérien et qui se ramifie après une certaine profondeur, et les racines proprement dites.

Branches principales, troncs et racines sont sectionnés tous les mètres pour prélever une tranche de 5 à 7 cm d'épaisseur. Celle-ci est passée à l'étuve portée à 105 °C pendant 24 h, puis pesée. Nous pouvons ainsi calculer la teneur en eau de chaque élément.

Les mesures directes de la biomasse des arbres sont généralement longues et fastidieuses. Nous avons donc cherché des relations ou des fonctions permettant de calculer cette biomasse d'après la valeur de différents paramètres. La recherche de ces fonctions apparaît parfois très aléatoire, aussi faut-il établir des droites de régression admettant implicitement des modèles mathématiques qui ne s'ajustent pas toujours exactement aux fonctions réelles.

Biomasse aérienne.

RELATION ENTRE BIOMASSE AÉRIENNE ET NOMBRE DE CERNES.

La figure 4 montre l'évolution de la biomasse aérienne (troncs et branches) exprimée en kilogrammes de matière sèche en fonction du nombre de cernes d'accroissement. La courbe obtenue est une sigmoïde de formule :

$$Y = a + bN + cN^2 + dN^3$$

où Y représente le poids de matière sèche et N le nombre de cernes. Nous nous référons, pour la détermination des coefficients a, b, c et d aux travaux de VYAS (1971 d) sur *Adina cordifolia* Mook.

Nous obtenons les valeurs suivantes :

$$a = 11,0463 \quad b = -2,0733$$

$$c = 0,1067 \quad d = -0,0009$$

L'application d'un test de χ^2 ($\chi^2 = 8,26$) nous permet d'affirmer

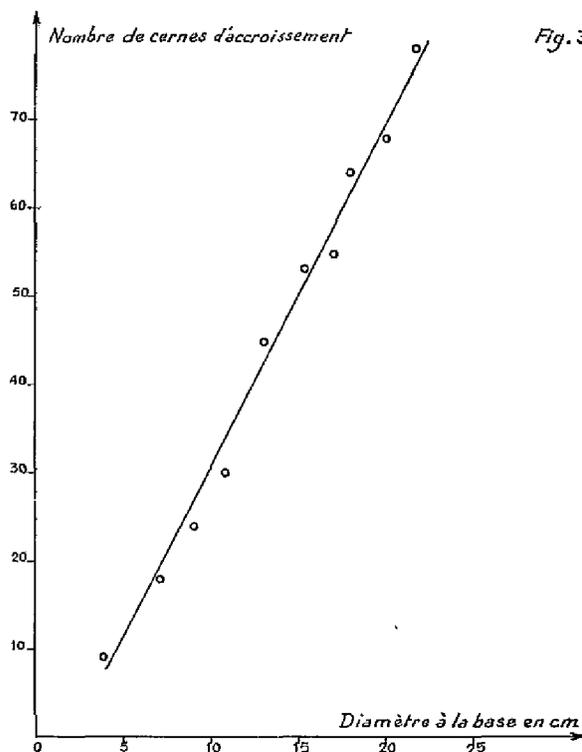


Fig. 3. — Relation entre le nombre de cernes et le diamètre à la base du tronc (en cm).

(à $P < 0,99$) que l'ajustement à une sigmoïde est parfaitement justifié.

Nous calculons un accroissement moyen de la biomasse aérienne non photosynthétique en fonction du nombre de cernes d'accroissement (tableau 2).

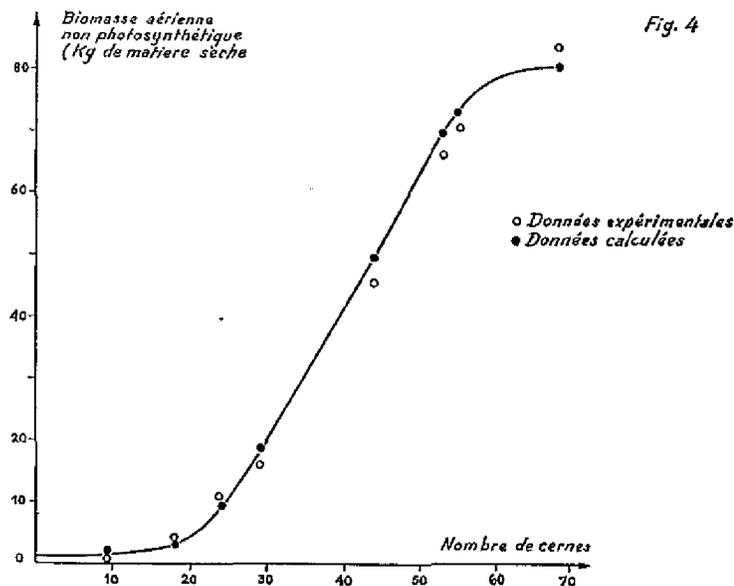


Fig. 4. — Relation entre la biomasse aérienne (en kg de matière sèche) et le nombre de cernes.

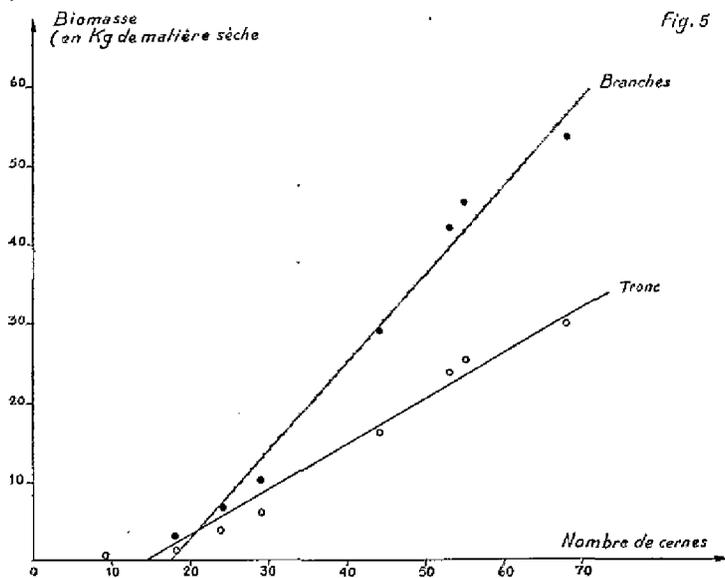


Fig. 5

FIG. 5. — Biomasse du tronc et des branches (en kg de matière sèche) en fonction du nombre de cernes.

L'équation s'écrit :

$$T = -8,0 + 0,57 N$$

où T représente la biomasse du tronc exprimée en kilogrammes de matière sèche et N le nombre de cernes d'accroissement.

BIOMASSE DES BRANCHES.

De la même façon que précédemment, nous pouvons établir l'équation de la droite de régression entre la biomasse des branches (BR) exprimée en kilogrammes de matière sèche et le nombre de cernes d'accroissement (N).

$$BR = -19,2 + 1,11 N \text{ avec } r = 0,99$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{BIOMASSE TRONC}}{\text{BIOMASSE BRANCHES}}$$

Les jeunes arbres ne sont constitués que par des tiges pas ou peu ramifiées, le rapport ci-dessus tend alors vers l'infini. La figure 6 montre que, pour des arbres plus âgés, le poids de matière sèche des branches est environ le double de celui du tronc. Dans l'évaluation de la biomasse aérienne ligneuse, la part de matière sèche due au tronc est toujours proportionnellement la même, pour des arbres ayant plus de 20 cernes d'accroissement.

RELATION ENTRE POIDS DE BRANCHES FINES ET NOMBRE DE CERNES.

Nous obtenons un ajustement à une droite ayant pour équation (fig. 7) :

$$\log FB = -1,55 + 1,57 \log N$$

où FB représente le poids de matière sèche des branches fines (en kg) et N le nombre de cernes d'accroissement.

Si nous étudions en fonction du nombre de cernes l'évolution du rapport en poids de matière sèche entre les branches fines et les branches principales, celui-ci augmente avec l'âge des arbres (tableau 3).

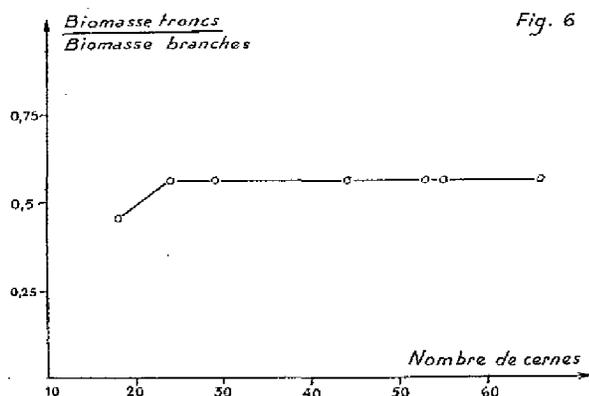


Fig. 6

FIG. 6. — Evolution du rapport entre la biomasse du tronc et la biomasse des branches en fonction du nombre de cernes.

Ces observations indiquent :

- une augmentation lente du poids de matière sèche jusqu'à 20 cernes ;
- un taux d'augmentation rapide de la biomasse aérienne avec un maximum de production entre 30 et 40 cernes. Entre 20 et 30 cernes, le gain de matière sèche par an est six fois plus élevé qu'entre 10 et 20 cernes ;
- une diminution de la production par arbre et par cerne pour les plus gros individus.

BIOMASSE DU TRONC.

La droite de régression liant la biomasse du tronc et le nombre de cernes d'accroissement est donnée par la figure 5. Il y a une corrélation positive entre les deux paramètres ($r = 0,99$).

TABLEAU 3

ÉVOLUTION DU RAPPORT BRANCHES FINES/BRANCHES PRINCIPALES EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES

Nombre de cernes	Branches fines
	Branches principales
9	—
18	—
24	1,17
29	0,75
44	0,81
53	0,85
55	0,85
68	0,90

Biomasse souterraine.

RELATION ENTRE LA BIOMASSE SOUTERRAINE ET LE NOMBRE DE CERNES.

La figure 8 montre que les points expérimentaux se répartissent suivant une sigmoïde dont l'équation générale peut s'écrire :

$$Y = a + bN + cN^2 + dN^3$$

Y représentant le poids de matière sèche des parties souterraines et N le nombre de cernes d'accroissement.

La détermination des coefficients donne les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} a &= 3,000\ 00\dots & b &= 0,232\ 45 \\ c &= 0,029\ 85 & d &= 0,000\ 15 \end{aligned}$$

L'ajustement à une sigmoïde est justifié (à $P < 0,99$) par un test de χ^2 .

Nous pouvons calculer un accroissement moyen de biomasse racinaire en fonction du nombre de cernes. Le tableau 2 nous permet de comparer les accroissements moyens des biomasses aérienne et souterraine (fig. 9).

— Pour un nombre de cernes inférieur à 16, le poids de matière sèche des racines est supérieur à celui du tronc et des branches. Les jeunes arbres développent donc plus rapidement leur système racinaire.

— Entre 16 et 40 cernes, l'augmentation de biomasse aérienne par arbre et par cerne devient plus importante que l'accroissement en matière sèche des racines.

— Au-delà de 40 cernes, alors que l'accroissement moyen des tiges et des branches diminue, celui des racines augmente jusqu'à devenir plus important vers 60 cernes. Tout se passe comme si les individus les plus âgés ralentissaient fortement leur croissance aérienne tout en augmentant leur biomasse souterraine.

BIOMASSE DES RACINES.

La biomasse souterraine comprend à la fois les racines et le tronc racinaire.

Pour les premières, la droite de régression liant le poids de matière sèche (R) exprimée en kilogrammes et le nombre de cernes (N), s'écrit :

$$R = -18,2 + 1,32 N \text{ avec } r = 0,99.$$

EVOLUTION DU RAPPORT TRONC RACINAIRE/RACINES.

Comme nous l'avons constaté pour la biomasse aérienne, le rapport entre le tronc racinaire et les

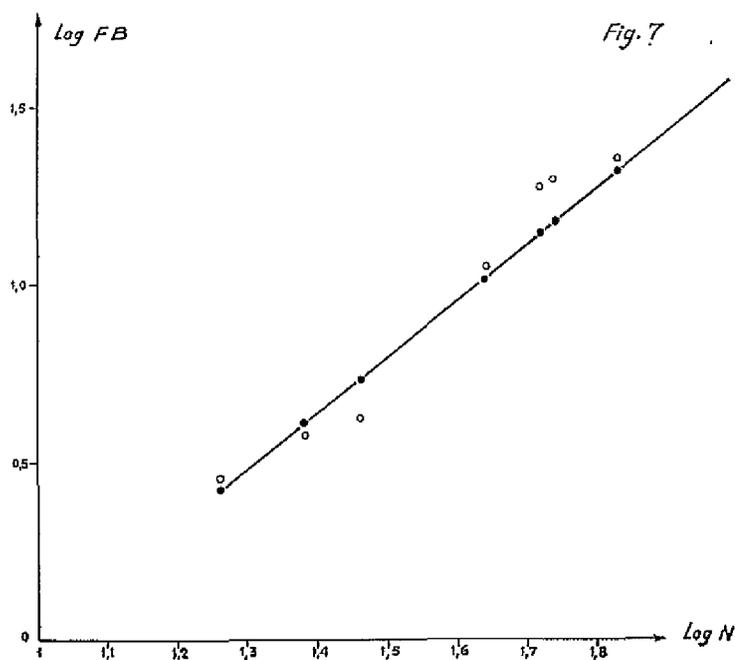
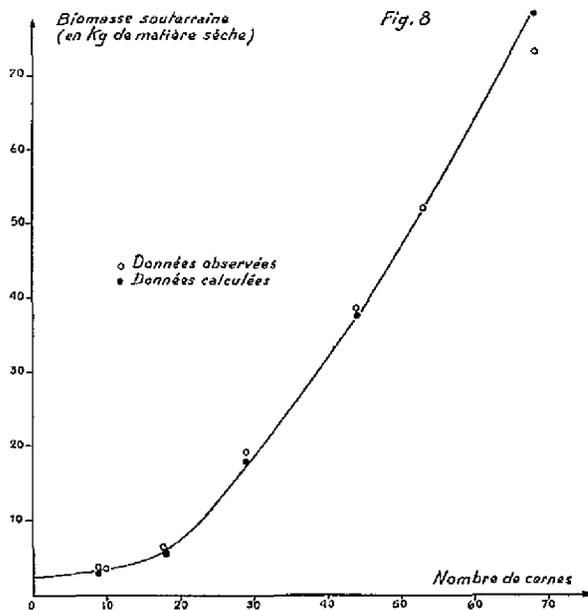


FIG. 7. — Evolution du poids de fines branches en fonction du nombre de cernes.

- données calculées,
- données expérimentales.

FIG. 8. — Evolution de la biomasse souterraine (en kg de matière sèche) en fonction du nombre de cernes.



racines tend pondéralement à devenir constant pour des arbres ayant plus d'une trentaine de cernes d'accroissement (fig. 10). Pour ces individus, les

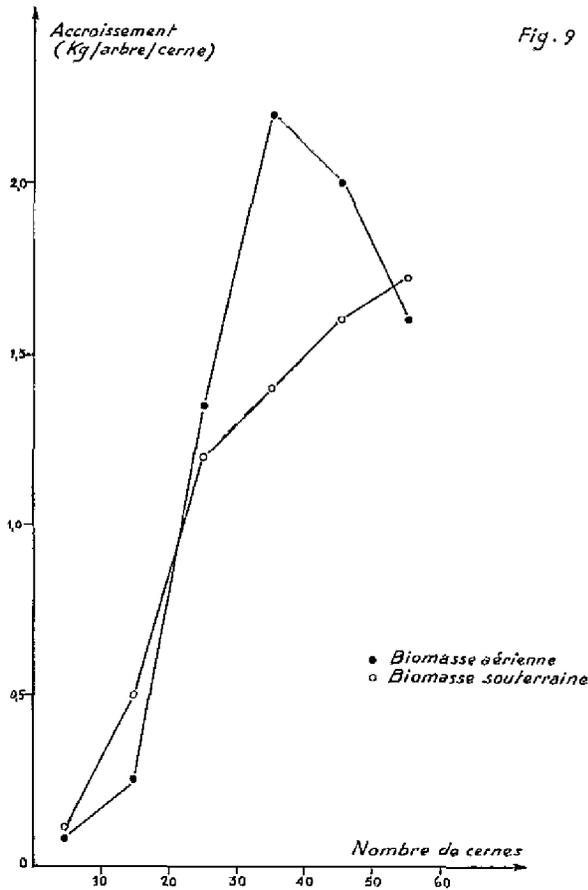
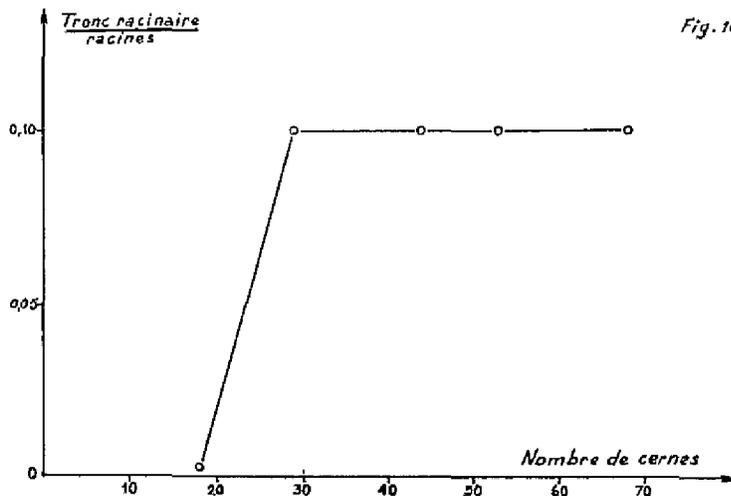


FIG. 9. — Evolution comparée des accroissements moyens (en kg par arbre et par cerne) des biomasses souterraine et aérienne en fonction du nombre de cernes.

FIG. 10. — Evolution du rapport entre la biomasse du tronc racinaire et la biomasse des racines en fonction du nombre de cernes.



racines proprement dites représentent 90 % de la biomasse souterraine.

Evolution du rapport biomasse aérienne/biomasse souterraine.

Le tableau 4 nous montre l'évolution du rapport (λ) entre les biomasses aérienne et souterraine en fonction de l'âge des arbres.

TABLEAU 4

ÉVOLUTION DU RAPPORT λ EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES POUR LES SIX ARBRES EXPLOITÉS

Nombre de cernes	λ
9	0,16
18	0,68
29	0,84
44	1,18
53	1,26
68	1,14

— λ varie avec l'âge des arbres.

— Comme nous l'avons déjà remarqué, chez *Acacia senegal*, le système racinaire se développe très rapidement chez les jeunes sujets. λ est inférieur à l'unité tant que les individus ne présentent pas plus de 30 cernes.

— La biomasse aérienne équivaut pondéralement à la biomasse souterraine pour un arbre possédant 37 cernes environ.

— Au-delà, λ devient supérieur à un, mais sa valeur décroît légèrement pour les arbres les plus gros.

— Il existe une corrélation positive ($r = 0,88$) entre les deux paramètres étudiés. L'équation de la droite de régression s'écrit :

$$\lambda = 0,13 + 0,02 N \text{ (fig. 11).}$$

Biomasse ligneuse totale d'*Acacia senegal*.

A partir des résultats précédents nous pouvons établir l'évolution de la biomasse totale d'un arbre en fonction du nombre de cernes d'accroissement. La sigmoïde ainsi obtenue a pour équation générale :

$$BT = a + bN + cN^2 + dN^3$$

où BT est la biomasse totale (en kg de matière sèche) et N le nombre de cernes.

Nous obtenons pour les divers coefficients les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned}
 a &= -0,2857 & b &= -0,0863 \\
 c &= 0,0502 & d &= -0,0001
 \end{aligned}$$

L'ajustement des points expérimentaux à la courbe ayant pour équation (fig. 12) :

$$\begin{aligned}
 BT &= -0,2857 - 0,0863 N + \\
 &+ 0,0502 N^2 + 0,0001 N^3
 \end{aligned}$$

est vérifié par l'application d'un test de χ^2 ($\chi^2 = 5,4624$; $P < 0,99$).

Nous pouvons calculer un accroissement moyen de la biomasse ligneuse en fonction du nombre de cernes (cf. tableau 2). La production de matière végétale non photosynthétique chez *Acacia senegal*, faible pour les jeunes pousses, augmente brutalement pour les arbres ayant plus de 20 cernes passe par un maximum entre 40 et 50 cernes puis fléchit légèrement.

Conclusions.

La recherche de relations liant la biomasse d'un arbre à un ou plusieurs paramètres faciles à mesurer est une démarche classique en dendrométrie. Il nous sera dorénavant possible d'évaluer pour un *Acacia senegal* donné, la biomasse totale de l'arbre ou l'une quelconque de ses composantes, à partir de la seule connaissance de la circonférence mesurée à la base du tronc.

Nous trouvons dans les résultats obtenus, une évolution de la biomasse non photosynthétique en fonction du nombre de cernes d'accroissement, de type classique, similaire à celle constatée dans des régions à plus forte pluviosité comme le prouvent par exemple, pour ne citer qu'eux, les travaux de VYAS *et al.* sur *Mitragyna parvifolia* ou *Wrightia tinctoria* (1971 b) et sur *Diospyros cordifolia* (1971 a).

Si la croissance d'*Acacia senegal* est allométrique avec un décalage des maximums d'accroissement des biomasses aérienne et souterraine (l'appareil aérien présente un maximum d'accroissement entre 30 et 40 cernes, alors que le système racinaire augmente encore pondéralement entre 50 et 60 cernes) nous constatons que la biomasse souterraine est toujours très importante par rapport à la biomasse aérienne. DUVIGNEAUD (1967) pour un chêne de 122 ans, donne

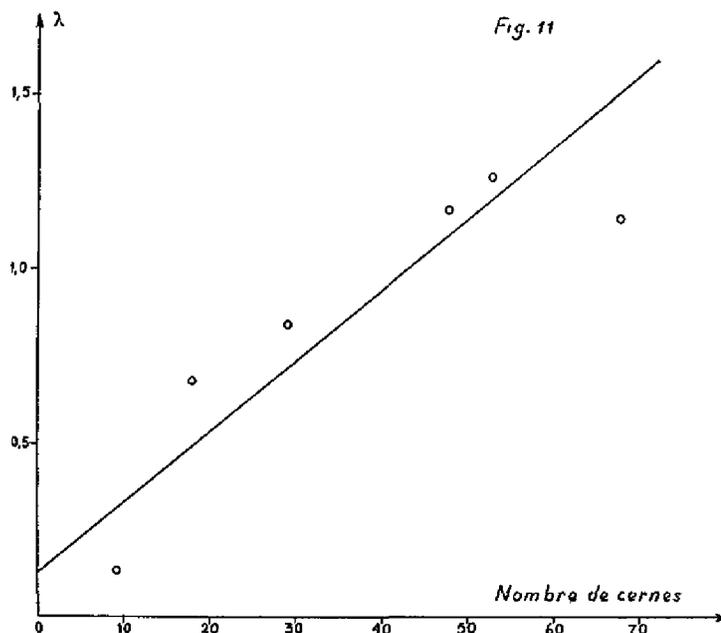


FIG. 11. --- Evolution du rapport λ entre la biomasse aérienne et la biomasse souterraine en fonction du nombre de cernes.

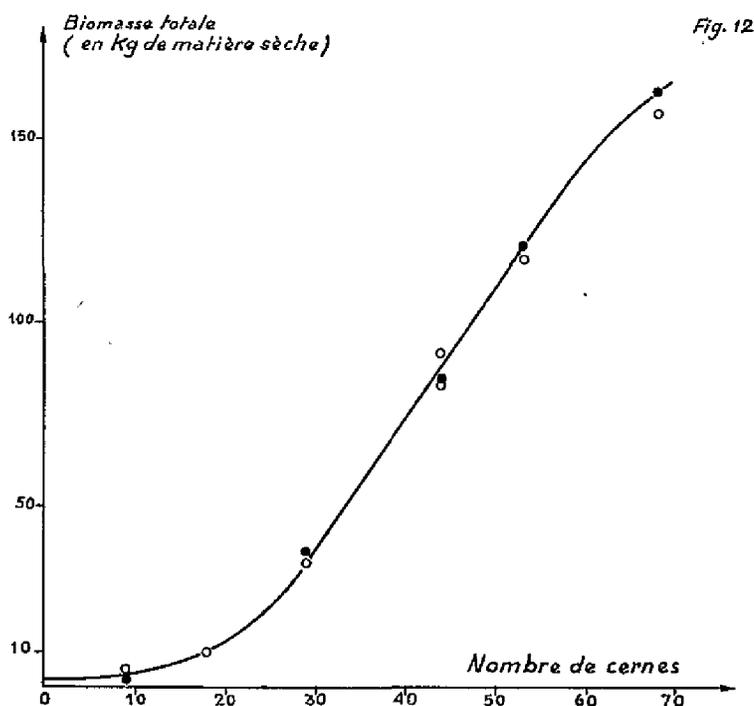
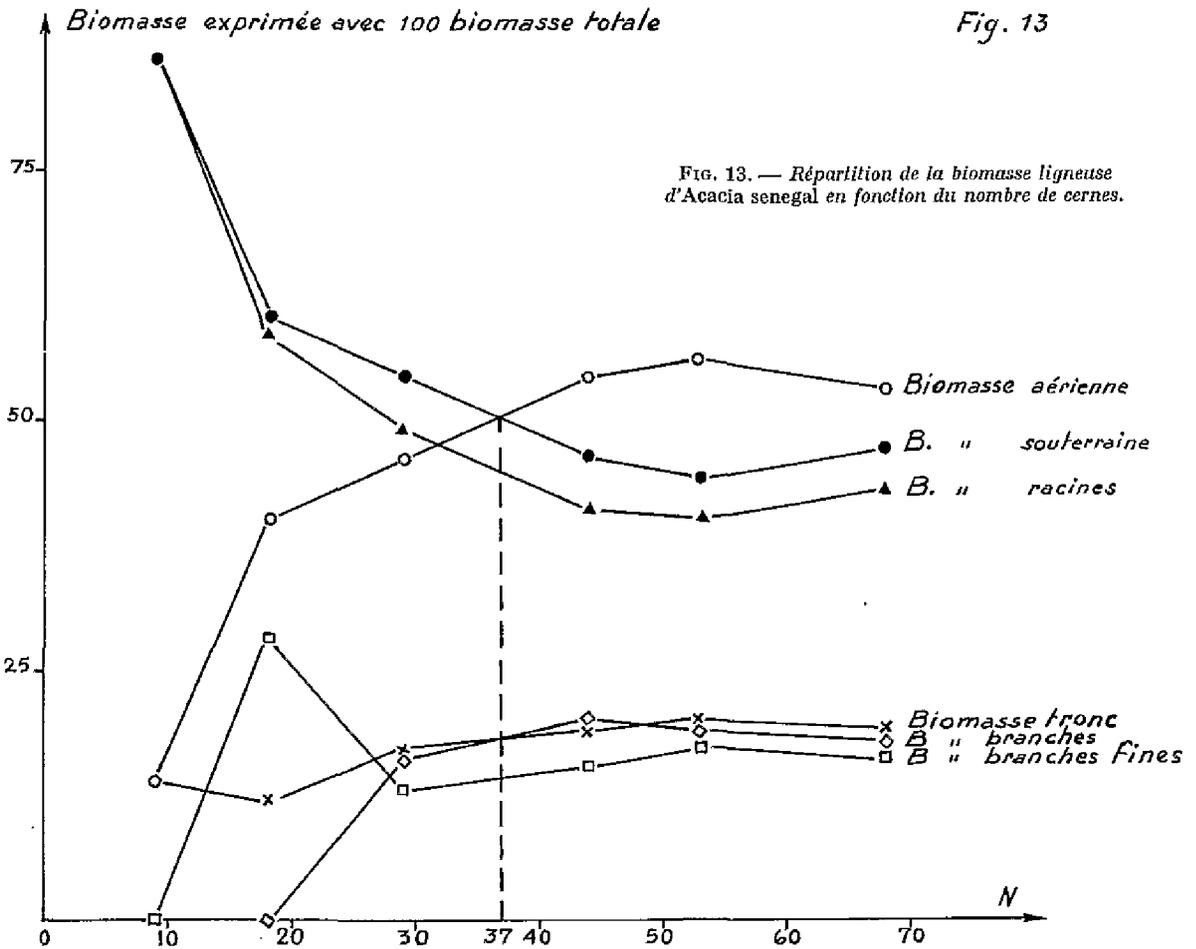


FIG. 12. — Relation entre la biomasse totale d'un arbre (en kg de matière sèche) et le nombre de cernes.

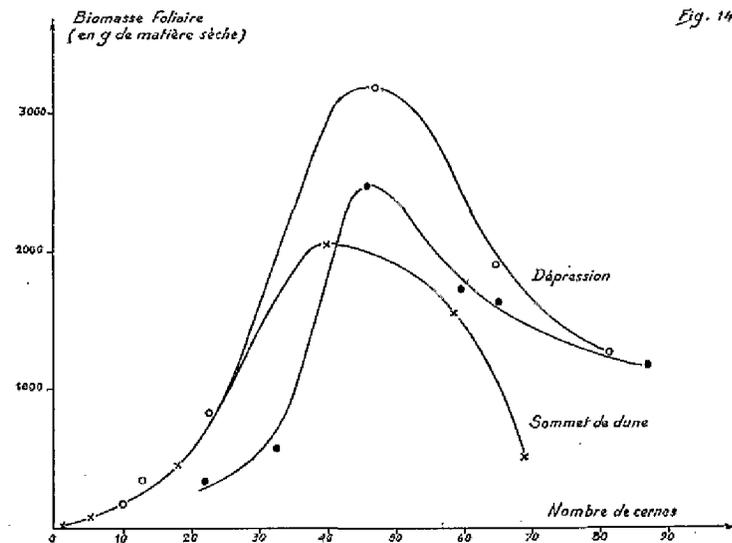
- données observées,
- données calculées.



pour λ une valeur de 8,09 (λ = biomasse aérienne/biomasse souterraine). FRASER et GARDINER (1967)

sur *Epicea* de Sitka, tout en remarquant que λ varie avec le type de sol, mentionnent des valeurs allant de 2,61 (sol brun) à 1,63 (tourbière profonde). A Fété-Olé, pour *Acacia senegal* nous obtenons une valeur maximale de 1,26 pour un arbre ayant 53 cernes d'accroissement.

Fig. 14



La figure 13 permet d'exprimer pour chacun des 6 arbres étudiés, l'importance relative de chaque composante de la biomasse ligneuse. (Pour chaque individu, les biomasses partielles sont exprimées en % de la biomasse totale.) Nous retrouvons des résultats déjà mentionnés :

FIG. 14. — Evolution de la biomasse foliaire (en g de matière sèche) selon la forme de relief considérée, en fonction du nombre de cernes.

- Bas de versant,
- Replat,
- × Versant de dune.

— l'importance pondérale du système racinaire chez les jeunes arbres ;

— la biomasse souterraine équivaut pondéralement à la biomasse aérienne pour un arbre ayant environ 37 cernes d'accroissement ;

— la part du tronc racinaire dans la biomasse ligneuse est rapidement constante (à partir d'un

individu ayant 29 cernes) et représente 4 % de la biomasse totale ;

— pour les arbres les plus âgés, la biomasse aérienne apparaît comme également partagée entre ses trois composantes : tronc, branches principales et branches fines (toutes celles dont le diamètre à la base est inférieur à 5 cm).

BIOMASSE - CADUQUE

La biomasse caduque a été mesurée 4 années successives : 1970, 1971, 1972 et 1973. Dans un premier temps, nous nous référons aux chiffres obtenus cette dernière année. L'étude a été conduite en fonction des formes de relief.

Pour étudier chaque composante de la biomasse caduque, nous ramassons, à un moment donné, toutes les feuilles ou toutes les fleurs ou tous les fruits de l'arbre choisi. Le matériel végétal ainsi récolté, est passé à l'étuve (portée à 75 °C pendant 24 h) puis pesé.

Outre les valeurs des productions annuelles, nous voulons établir des relations simples liant ces biomasses à la longueur de la circonférence mesurée à la base du tronc. Ceci devrait nous permettre

d'évaluer ultérieurement les variations annuelles de ces biomasses en ne détruisant qu'un nombre très réduit d'individus. Nous tenterons d'éviter, pour les années à venir, des méthodes longues et onéreuses (dans la mesure où elles demandent pendant un temps limité une main-d'œuvre abondante) au profit d'une méthode indirecte beaucoup plus rapide.

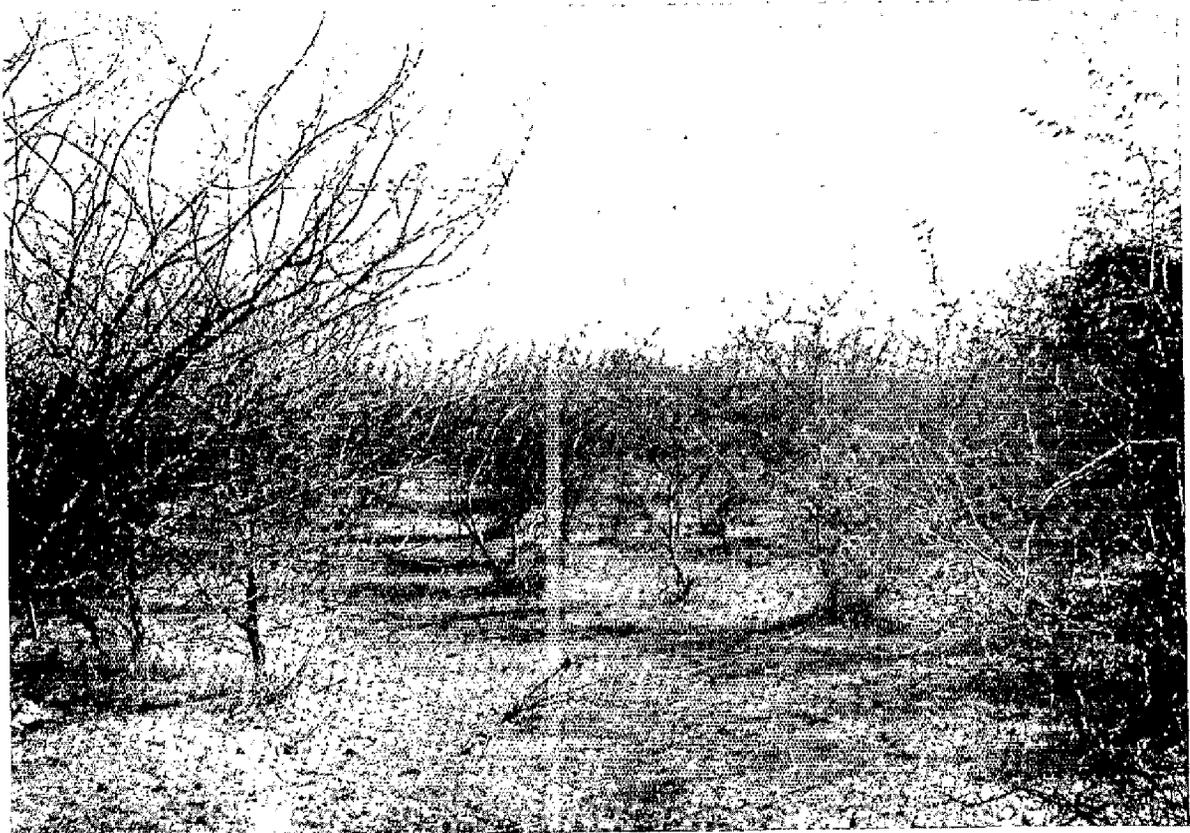
Biomasse foliaire.

BIOMASSE FOLIAIRE (PF) EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES.

Quel que soit l'élément de relief considéré, l'allure des courbes reste identique (fig. 14) : le poids de

Sénégal. Jeune Plantation d'Acacia senegal à M'Bidi (20 km de Pété-Olé).

Photo Poupon.



matière sèche des feuilles formées au cours d'une saison végétative augmente avec le nombre des cernes, passe par un maximum puis diminue.

En allant du sommet de la dune au centre de la dépression, nous constatons :

1) que le maximum de biomasse foliaire est de plus en plus élevé ;

2) que ce maximum est atteint pour des arbres ayant entre 40 et 50 cernes ;

3) que pour les jeunes arbres (N inférieur à 26), les productions foliaires annuelles sont du même ordre de grandeur sur la dune ou dans la dépression mais supérieures à celles mesurées en replat.

RELATION ENTRE BIOMASSE FOLIAIRE ET LES PARAMÈTRES DE DIMENSION.

a) Circonférence mesurée à la base du tronc.

Quelle que soit la forme de relief considérée nous trouvons une excellente corrélation, en 1973, entre le logarithme de la production foliaire (PF) et le logarithme de la longueur de la circonférence (C).

$$\log PF = 0,38 + 1,61 \log C \quad \text{avec } r = 0,94$$

où PF est exprimée en g de matière sèche et C en cm.

b) Relation entre la biomasse foliaire d'une branche et la circonférence de celle-ci.

Dans un milieu donné, une corrélation identique à la précédente lie la biomasse foliaire d'une branche quelle que soit sa situation dans le houppier, et la circonférence mesurée à la base de celle-ci. Le tableau 5 donne l'équation de la droite de régression obtenue dans chaque élément de relief.

SURFACE FOLIAIRE.

La surface foliaire S d'*Acacia senegal* évolue parallèlement à la biomasse foliaire PF : faible pour les jeunes arbres, elle croît, passe par un maximum entre 40 et 50 cernes puis baisse avant d'atteindre un plateau.

Nous reprenons dans le tableau suivant les résultats concernant l'appareil foliaire en calculant pour chaque classe d'arbres des valeurs moyennes de la biomasse et de la surface foliaire.

Nous constatons que la biomasse et la surface foliaires sont maximales pour des individus possédant de 40 à 50 cernes. Par contre, c'est entre 20 et 30 cernes que le rapport PF/S est le plus élevé : à surface foliaire égale, la production de matière sèche est maximale dans cette classe d'âge.

TABLEAU 5

CORRÉLATION, EN FONCTION DES ÉLÉMENTS DE RELIEF, ENTRE LA BIOMASSE FOLIAIRE D'UNE BRANCHE ET LA CIRCONFÉRENCE DE CELLE-CI (C_{BR})

Élément de relief	Droite de régression	Coefficient de corrélation	P
Dune	$\log PF = 0,4 + 1,4 \log C_{BR}$	0,85	0,99
Replat	$\log PF = 1,2 + 0,9 \log C_{BR}$	0,59	0,95
Dépression	$\log PF = 1,9 + 3,0 \log C_{BR}$	0,66	0,95

TABLEAU 6

BIOMASSE (EN GRAMMES DE MATIÈRE SÈCHE) ET SURFACE FOLIAIRES (en m²) EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES

Nombre de cernes	Nombre d'arbres étudiés	Biomasse foliaire (PF) en g.	Surface en m ²	PF/S en g/m ²
0-10	3	138	1,17	117,9
11-20	2	410	3,01	136,2
21-30	2	580	4,07	142,5
31-40	2	1.322	9,76	135,4
41-50	2	1.992	15,69	126,9
51-60	2	1.654	14,90	111,0
61-70	3	1.357	13,70	99,0
71-80	—	—	—	—
81-90	2	1.231	11,80	104,3

Biomasse de fleurs et de fruits.

Nous résumons, dans le tableau 7, les principaux résultats quantitatifs recueillis en 1973, et regroupés par classe d'âge. Pour chaque arbre étudié, le matériel récolté (fleurs et fruits) est pesé après un passage de 24 h à l'étuve portée à 75 °C. En ce qui concerne la biomasse des fruits, plusieurs causes d'erreurs viennent affecter les mesures :

— lors de la cueillette, les gousses tombent sur le sol et éclatent libérant les graines qui ne sont pas toutes récupérées ;

— selon les arbres, la maturité est atteinte plus ou moins précocement. Au moment de la cueillette, certaines gousses sont déjà ouvertes et ont perdu des graines ;

— le poids des graines, enfin est sous-estimé par suite de l'importance du parasitisme.

Nous constatons :

— une floraison d'autant plus abondante que l'arbre est plus vieux. Les jeunes individus ne possèdent pas beaucoup de fleurs ;

— un poids de fruits évoluant très différemment :

il passe par un maximum entre 30 et 40 cernes puis décroît. Les jeunes arbres fructifient peu ;

— chez les arbres les plus gros, une grande quantité de fleurs séchent sur l'arbre sans donner de fruits. Le rapport Poids de fruits/Poids de fleurs donne une idée de la fertilité d'*Acacia senegal* en fonction de l'âge. Il apparaît que ce rapport est maximum pour les jeunes individus : entre 10 et 20 cernes, la production de fruits par rapport à la production de fleurs est très élevée. Par contre, les vieux arbres ne sont guère fertiles bien que leur floraison soit abondante.

Biomasse caduque par unité de surface (en 1973).

A partir des résultats précédents et de l'étude de la population d'*Acacia senegal* installée sur le quadrat expérimental, nous pouvons évaluer la biomasse caduque par hectare (tableau 8) au cours d'une année donnée.

A Fété-Olé, en 1973, la production de matériel caduc d'*Acacia senegal* s'est élevée à 5,56 kg par hectare. Les feuilles représentaient les deux tiers de cette production.

TABLEAU 7

BIOMASSE DE FLEURS ET DE FRUITS D'*ACACIA SENEGAL* (en 1973)
EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES

Nombre de cernes	Biomasse florale (A)		Biomasse de fruits (B)		A/B
	Nombre d'arbres étudiés	Poids sec, en g.	Nombre d'arbres étudiés	Poids sec, en g.	
0-10	2	26,8	2	8,3	0,31
11-20	2	37,4	6	111,2	2,97
21-30	1	167,4	5	250,1	1,49
31-40	1	499,6	3	288,5	0,58
41-50	1	767,3	4	196,9	0,26
51-60	2	907,4	1	150,8	0,17

TABLEAU 8

BIOMASSE CADUQUE (en g/ha) D'*ACACIA SENEGAL* A FÉTÉ-OLÉ, en 1973

Nombre de cernes	Nombre d'arbres par ha	Production foliaire		Production de fleurs		Production de fruits	
		g/arbre	g/ha	g/arbre	g/ha	g/arbre	g/ha
0-10	8,8	138	1.214,4	26,8	235,8	8,3	73,0
11-20	1,2	410	492,0	37,4	44,9	211,2	253,4
21-30	0,7	580	406,0	167,4	117,4	250,1	175,1
31-40	0,4	1.322	523,8	499,6	199,8	288,5	115,4
41-50	0,3	1.992	597,6	767,3	230,2	196,9	59,1
51-60	0,3	1.654	496,2	907,4	272,2	150,8	45,2
Total			3.735,0		1.100,1		721,2

ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITÉ FOLIAIRE

TABLEAU 9

Evaluation de la biomasse non photosynthétique d'*Acacia senegal* en 1973, en fonction du nombre de cernes

Nombre de cernes	Surface foliaire, m ² /arbre	Poids sec feuilles, g/arbre	Nombre de semaines de vie des feuilles	Biomasse non photosynthétique						
				Biomasse ligneuse, accroissement moyen en g/arbre/cerne	Fleurs, g/arbre	Fruits, g/arbre	Total, g/arbre	Production		
								g/g de m. s. de feuilles	g/m ² /an de surface foliaire C/A	g/m ² sem. surface foliaire
A	B	C	C/B							
0-10	1,17	138	24	200	27	8	235	1,70	200,9	8,4
11-20	3,01	410	31	750	37	111	898	2,19	298,3	9,6
21-30	4,07	580	27	2.550	167	250	2.967	5,12	729,0	27,0
31-40	9,76	1.322	35	3.550	500	289	4.339	3,28	444,6	12,7
41-50	15,69	1.992	31	3.600	767	197	4.564	2,29	290,9	9,4
51-60	14,90	1.654	33	3.300	907	151	4.358	2,63	292,5	8,7

A partir des études précédentes, nous pouvons essayer d'estimer la productivité moyenne d'*Acacia senegal* par unité de matière sèche ou de surface foliaires. Le tableau 9 regroupe tous les résultats acquis.

Une étude de phénologie conduite parallèlement et portant sur les 292 arbres du quadrat expérimental, nous a permis de déterminer la durée de la période végétative en fonction du nombre de cernes. Nous pouvons ainsi ramener les calculs de productivité à la semaine de vie d'une feuille.

Pour les calculs suivants, nous admettrons, sans pouvoir l'affirmer toutefois, qu'un cerne d'accroissement correspond à une année, ceci afin d'évaluer la productivité foliaire au cours d'une année déterminée (1973, dans l'exemple suivant).

A la lecture du tableau 9, nous remarquons :

— Un maximum d'efficacité foliaire pour des arbres ayant entre 20 et 30 cernes d'accroissement. En nous reportant à l'évolution du rapport Poids sec de feuilles/Surface (tableau 6), nous voyons qu'il est également maximum dans cette même classe :

le poids de matière sèche de feuilles par unité de surface foliaire est le plus élevé entre 20 et 30 cernes, c'est-à-dire que pour une même surface foliaire, ces arbres peuvent produire une plus grande quantité de matière sèche.

— Le taux de productivité des jeunes arbres (*N* inférieur à 20 cernes) est du même ordre de grandeur que celui calculé pour les plus vieux (*N* supérieur à 40).

— En comparant les chiffres de production obtenus par unité de surface foliaire sur *Acacia senegal* à Fété-Olé et ceux donnés par WALTER (1964), cité par DUVIGNEAUD (1967) nous observons que nos valeurs numériques sont toujours supérieures à celles que cet auteur signale pour des arbres à feuilles caduques, soit en Anatolie, soit à Stuttgart. Elles sont du même ordre de grandeur que celles calculées pour des arbres sclérophylles à feuilles persistantes croissant en Anatolie. Le maximum de 729 g/m²/an de surface foliaire trouvé à Fété-Olé est, par contre, beaucoup plus élevé que tous les chiffres fournis par WALTER.

CONCLUSIONS

Cette étude de la production de matière sèche d'*Acacia senegal* présente un double intérêt :

1) D'une part, elle met en évidence des relations permettant à partir de la connaissance de paramètres macroscopiques aisément mesurables, de calculer soit la biomasse totale d'un individu, soit celle de chacune de ses composantes (tronc, branches, racines...).

2) D'autre part, elle permet d'évaluer l'accroissement moyen annuel de matière sèche, ainsi que la

production de matériel caduc au cours de chaque saison végétative. Dans un premier temps, cependant, aucune mesure précise de dendrométrie n'ayant été entreprise, nous ne pouvons affirmer avec certitude que se forme chaque année un cerne d'accroissement. Nous travaillons sur une hypothèse que des études ultérieures devraient confirmer. *

* Voir plus haut note en bas de page.

Nous pouvons diviser la vie de l'arbre en quatre périodes :

— Au cours des vingt premières années, les jeunes acacias installent leur système racinaire. L'appareil aérien se développe beaucoup plus lentement.

— Pendant les dix années suivantes, la biomasse totale non photosynthétique augmente rapidement, essentiellement au niveau du tronc et des branches. L'accroissement moyen annuel de ces derniers devient alors six fois plus important que celui calculé pour les dix années précédentes. C'est au cours de cette période que les feuilles présentent le maximum d'efficacité : elles produisent 5,12 g de matière sèche par gramme de feuilles.

— Entre 40 et 50 ans, le maximum d'accroissement moyen annuel de la biomasse ligneuse coïncide avec le maximum de production foliaire.

— Pour les arbres plus âgés, alors que l'accroissement moyen annuel de la biomasse aérienne diminue, la production de matière sèche de l'appareil souterrain continue à croître.

La production de matière caduque consommée par les animaux en 1973 à Fété-Olé représente 5,6 kg

par ha (3,7 kg de feuilles et 1,8 kg de fleurs et de fruits). *Acacia senegal* est une espèce appréciée par le bétail et joue un rôle non négligeable dans l'économie des régions sahéliennes. De juillet à janvier, moutons, chèvres et chameaux mangent le feuillage. En février et mars, ils apprécient les gousses tombées sur le sol. Ces chiffres de production peuvent sembler faibles mais au cours de l'année sèche de 1972, la population d'*Acacia senegal* a été décimée et ne comprend plus qu'une majorité de jeunes arbres peu productifs (60 % des individus mesurent moins de 3 cm de \varnothing à leur base) [POUPON *et al.*, 1974].

Acacia senegal apparaît comme une source alimentaire non négligeable. Ce rôle d'arbre fourrager semble nuisible dans la mesure où les bergers n'hésitent pas à ébrancher considérablement les arbres pour mettre le feuillage plus facilement à la disposition des animaux.

Acacia senegal n'est pas le plus productif des ligneux de la région de Fété-Olé (BILLE, 1971) mais il joue un rôle important dans l'économie pastorale soit comme arbre fourrager très recherché, soit comme producteur de gomme arabique.

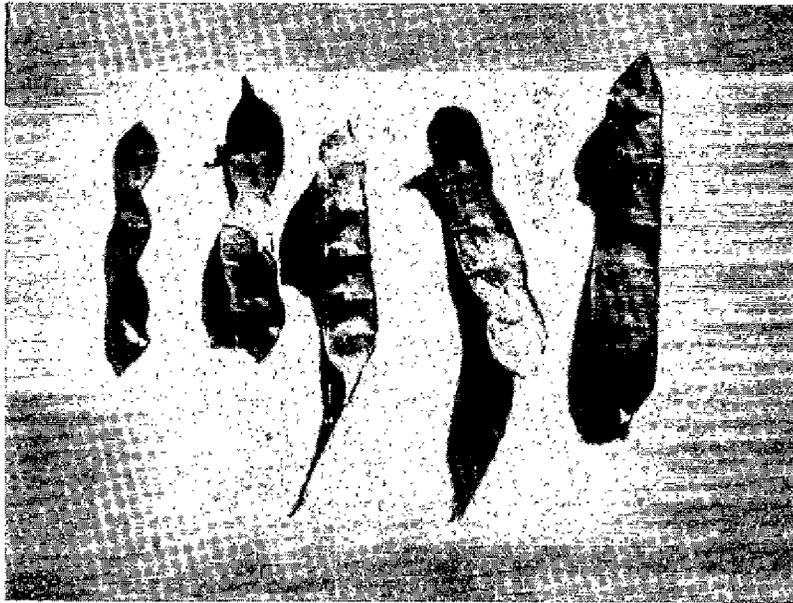
Remerciements.

Nous tenons à remercier ici SAMB Amedine pour son aide efficace tant sur le terrain qu'au laboratoire.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE (A.), 1950. — Flore forestière soudano-guinéenne. A. O. F. Cameroun. A. E. F. Paris, Soc. Ed. géographiques maritimes et coloniales, 523 p.
- BÉGUÉ (L.), 1964. — Retour au Soudan. *Bois et For. Trop.*, 98 : 3.
- BILLE (J. C.), 1971. — Observations préliminaires sur quelques arbres du Sahel sénégalais. Rapp. O. R. S. T. O. M., Centre de Dakar, 49 p. ronéo.
- BILLE (J. C.), LEPAGE (M.) et POUPON (H.), 1972 a. — Présentation de la zone d'étude de Fété-Olé (Sénégal). Rapp. O. R. S. T. O. M., Centre de Dakar, 54 p. ronéo.
- BILLE (J. C.), LEPAGE (M.), MOREL (G.) et POUPON (H.), 1972 b. — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. Présentation de la région. *La Terre et la Vie*, 26 : 333-350.
- BILLE (J. C.) et POUPON (H.), 1972. — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. Biomasse végétale et production primaire nette. *La Terre et la Vie*, 26 : 366-382.
- DEPIERRE (D.), 1969. — Les expériences de gommes cultivées et leurs enseignements au Tchad. *Bois et For. Trop.*, 125 : 27-34.
- DUVIGNEAUD (P.), 1967. — La productivité primaire des écosystèmes terrestres. In : « Problème de productivité biologique ». Masson et Cie éd., 37-92.
- FRASER et GARDINER, 1967. — Rooting and stability in Sitka spruce. Forestry Commission Bull. n° 40. London.
- GERAKIS (P. A.) et TSANGARAKIS (C. Z.), 1970. — The influence of *Acacia senegal* on the fertility of a sand sheet (« goz ») soil in the Central Sudan. *Plant and soil*, 33 : 81-86.
- GIFFARD (P. L.), 1965. — Etude des possibilités du Tchad en gomme arabique. Minist. Coop. Paris, 98 p. ronéo.
- GIFFARD (P. L.), 1966. — Les gommiers : *Acacia senegal* Willd., *Acacia tala* R. Br. *Bois et For. Trop.*, 105 : 21-31.
- GIFFARD (P. L.), 1973. — Sylviculture des gommiers. C. T. F. T., Dakar, 28 p. ronéo.
- GIFFARD (P. L.), 1974. — Les essences de reboisement au Sénégal : les gommiers. C. T. F. T., Dakar, 31 p. ronéo.
- HABISH (H. A.), 1970. — Effect of certain soil conditions on nodulation of *Acacia spp.* *Plant and soil*, 33 : 1-6.
- KANE (N. O.), 1971. — Note sur les problèmes de sylviculture et d'aménagement des gommiers. Rapp. stage ENGREF, Nancy, 44 p.
- LEPAGE (M.), 1972. — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : Données préliminaires sur l'écologie des termites. *La Terre et la Vie*, 26 : 383-409.
- MICHON (P.), 1968. — Les gommiers au Tchad. *Bois et For. Trop.*, 117 : 27-30.
- M'KHAITRAT (Sould.), 1950. — La gomme en Mauritanie. Mém. stage Ec. Nat. de F. O. M., Paris.
- OBEID (M.) et SEIF EL DIN (A.), 1969. — Ecological studies on the vegetation of Sudan. 1. *Acacia senegal* (L)

- Willd. and its natural regeneration. *J. appl. Ecol.*, 7,3 : 507-518.
- POUPON (H.) et BILLE (J. C.), 1974. — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : Influence de la sécheresse sur la strate ligneuse. *La Terre et la Vie*, 28 : 49-75.
- ROSS (J. H.), 1968. — *Acacia senegal* (L) Willd. in Africa with particular reference to Natal. *Bol. Soc. Broteriana*, XLII : 207-240.
- VASSAL (J.), 1969. — Contribution à l'étude de la morphologie des plantules d'acacia. *Acacias africains. Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 105 : 55-111.
- VYAS (L. N.), AGARWAL (S. K.) et RANAWAT (M. P. S.), 1971 a. — Relation between above ground biomass, girth and number of growth rings in three species of the deciduous forest of Udaipur, Rajasthan. *Jap. J. Ecol.*, 21, 1-2 : 52-54.
- VYAS (L. N.), GARG (R. K.) et RANAWAT (M. P. S.), 1971 b. — Observations on the dry matter production in *Mitragyna parvifolia* Korth. *Jap. J. Ecol.*, 21, 5-6 : 227-230.
- VYAS (L. N.), GARG (R. K.), RANAWAT (P. P. S.) et DAS (R. R.), 1971. — Method for estimation of biomass and rate of production in a tropical tree. *Jap. J. Ecol.*, 21, 5-6 : 244-246.
- WALTER (H.), 1964. — La productivité du tapis végétal. *Trav. Centre Ecol. générale*, 10, V : 3-13.



Gousses d'*Acacia senegal*.

Photo Poupon.