

**PRODUCTION DE MATIERE SECHE D'ACACIA
SENEGAL (L.) WILLD.
DANS UNE SAVANE SAHELIEENNE AU SENEGAL**

Henri *POUPON* *

ABSTRACT

Acacia senegal (L.) Willd. dry matter production in a sahelian savanna of Senegal.

Biomass and net primary productivity of *Acacia senegal* were measured in the sahelian savanna of Ferlo, North Senegal. From a 25 ha plot survey, structure and correlations between annual rings and basal circumference were obtained. Above ground and underground biomass were followed up according to the tree life. The plant first develops the root system, which still represent 40 % of the total biomass by adults.

Above ground biomass is divided into trunk, branches and twigs (under 5 cm in girth). Finally caduc production (leaves, flowers and fruits) in 1973 is estimated and a first approach of leaves productivity presented.

RESUME

La biomasse et la production primaire nette d'*Acacia senegal* ont été mesurées dans la savane sahélienne du Ferlo, au Nord du Sénégal. Après avoir étudié la structure de la population sur un quadrat expérimental de 25 hectares, l'auteur cherche des relations reliant le nombre de cerne d'accroissement à la longueur de la circonférence mesurée à la base du tronc.

Il montre l'évolution des biomasses aérienne et souterraine au cours de la vie de l'arbre. Le jeune plant développe d'abord un important système racinaire, qui représente pondéralement 40 % de la biomasse totale chez l'adulte. La biomasse aérienne est alors également répartie entre le tronc, les branches et les fines branches (celles dont le diamètre est inférieur à 5 centimètres).

Enfin, l'auteur évalue, pour l'année 1973, la production caduque (feuilles, fleurs et fruits) et donne un premier calcul de productivité foliaire.

* O.R.S.T.O.M., B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

28 NOV. 1978

O. R. S. T. O. M.

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude globale de l'écosystème sahélien entreprise sous l'égide du Programme Biologique International, la production nette de la strate ligneuse en zone sahélienne a été à la base de plusieurs travaux. La région où ils ont été effectués a fait l'objet d'une présentation tant du point de vue géologique ou 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 a été, essentiellement, motivé par quatre raisons :

- son caractère propre à la zone sahélienne
- sa très vaste aire d'extension
- son rôle économique
- son abondance à Fété-Olé où nous avons pu 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, sa physiologie, son agronomie, son écologie, sa sylviculture ou son économie. L'originalité des travaux poursuivis dans la savane sahélienne du Ferlo réside dans l'aspect quantitatif de l'étude des populations.

Après une rapide description de la zone d'étude et des populations d'*Acacia senegal* présentes sur le quadrat expérimental, nous chercherons les relations existant entre le diamètre et l'âge des arbres. Nous aborderons ensuite les résultats relatifs aux biomasses aérienne et souterraine, puis nous nous intéresserons à la biomasse caduque avant d'évaluer la production annuelle de cette espèce ligneuse.

DESCRIPTION DE LA LOCALITE ETUDIEE.

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 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. Notre étude a été conduite en distinguant 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 pédogénèse selon le matériau et la pente.

D'un point de vue climatique notre station est plus caractérisée par le facteur précipitation que par 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 très faiblement arrosées. Les précipitations n'ont pas atteint la moyenne 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 (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 com-

La répartition des arbres en fonction de la longueur de la circonférence à la base du tronc est donnée par la figure 1. 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 mesure pas plus de dix centimètres de circonférence à la base.

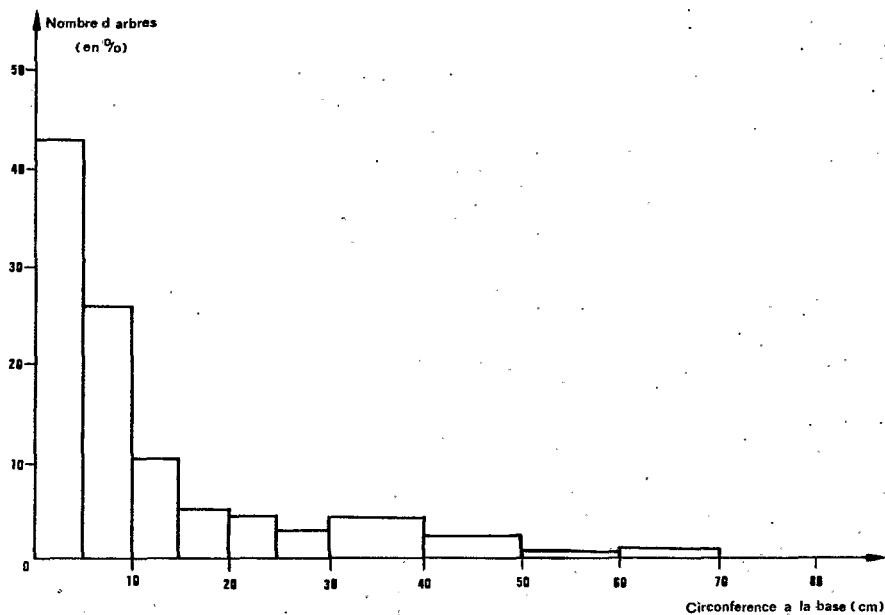


Figure 1 : Répartition d'*Acacia senegal* en fonction de la longueur de la circonférence.

1.1.- Relation entre hauteur de l'arbre et circonférence du tronc.

La figure 2 permet de suivre l'évolution de la hauteur moyenne des arbres (H) en fonction de la circonférence moyenne (C) mesurée à la base du fût. Nous remarquons :

a) Pour des arbres dont la circonférence mesure moins de quarante centimètres, nous obtenons une relation linéaire entre les deux paramètres considérés.

La droite de régression s'écrit alors :

$$H = 33,3 + 9,7 C \text{ avec } r = 0,98.$$

où H est exprimé en centimètres ainsi que C.

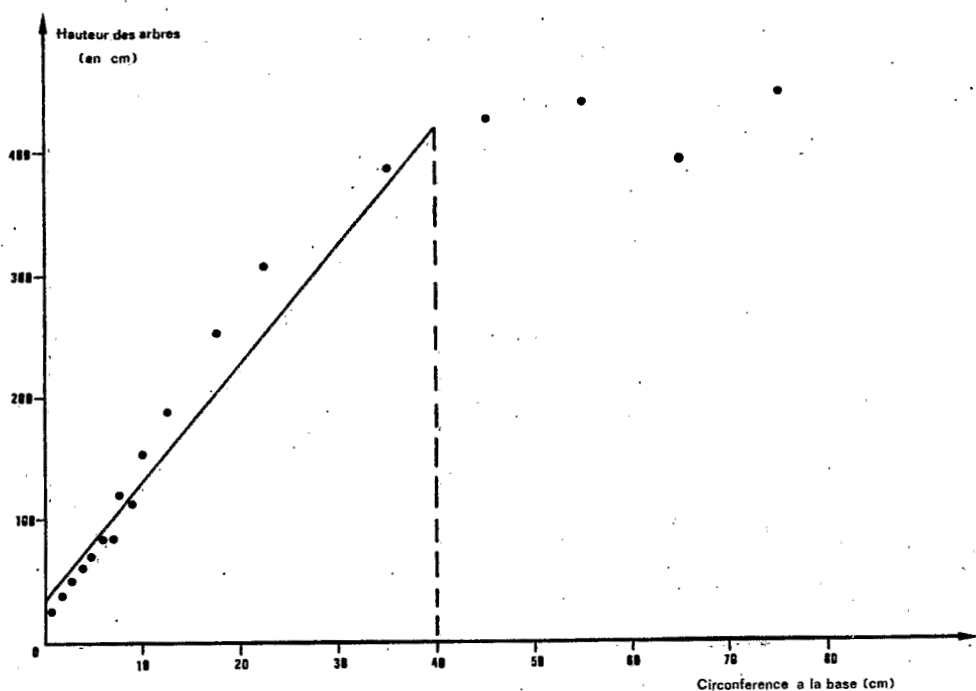


Figure 2 : Relation entre la hauteur d'un arbre et la longueur de la circonférence à la base du tronc.

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

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

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

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

Sur les arbres dont le diamètre est inférieur à 4 centimètres, il est délicat

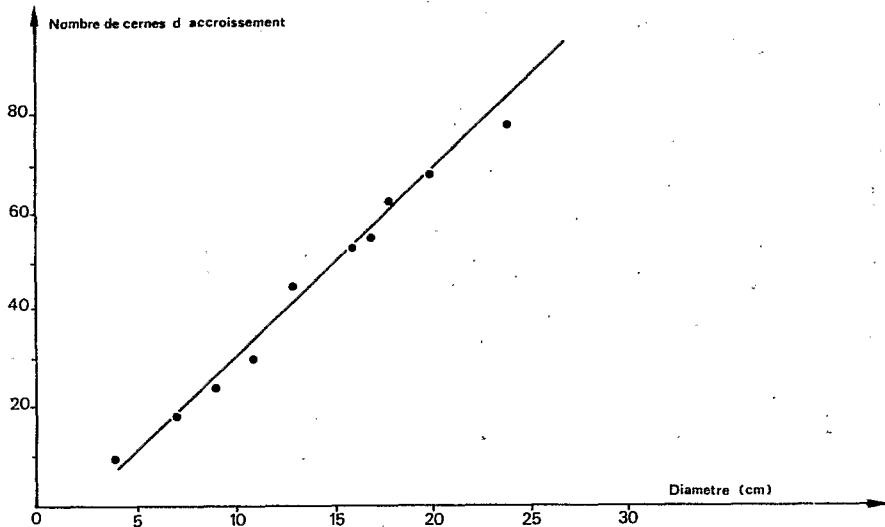


Figure 3 : Relation entre le nombre de cernes d'accroissement et le diamètre mesuré à la base.

2.- BIOMASSE LIGNEUSE DE LA PLANTE.

La biomasse aérienne a été obtenue à partir de huit individus (dont trois étudiés par BILLE-1971). Nous distinguons le tronc, les branches et les fines branches (toutes celles dont le diamètre n'atteint pas 5 centimètres). En ce qui concerne la biomasse souterraine, nous avons sacrifié six arbres seulement car les mesures sont longues et délicates.

Les mesures directes de la biomasse des arbres sont généralement fastidieuses. Aussi, avons-nous cherché des relations permettant d'évaluer cette biomasse à partir de la valeur de différents paramètres facilement mesurables. La recherche de ces fonctions apparaît parfois très aléatoire. Il faut donc établir des droites de régression, admettant implicitement des modèles mathématiques qui ne s'ajustent pas toujours exactement aux fonctions réelles.

2.1.- Biomasse aérienne.

A) Relation entre biomasse aérienne (A) et nombre de cernes d'accroissement (N).

La figure 4 montre l'évolution de la biomasse aérienne en fonction du nombre de cernes d'accroissement. La courbe obtenue est une sigmoïde de formule :

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

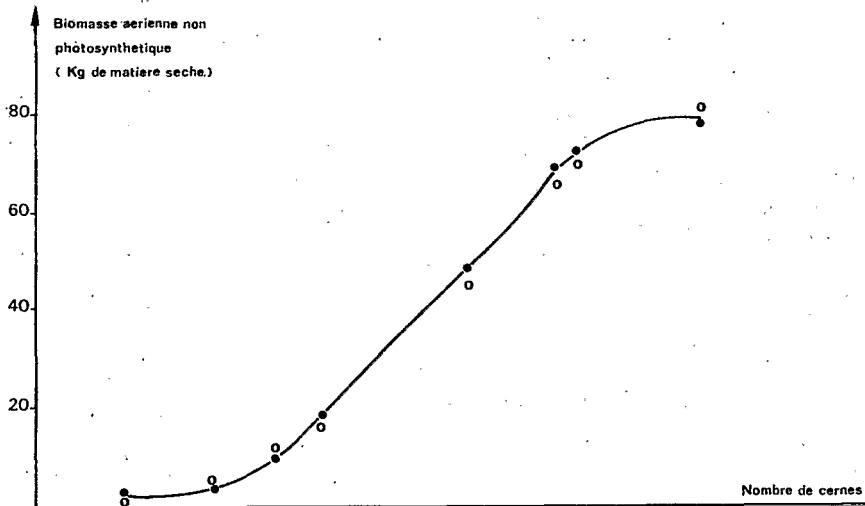


TABLEAU 2

Accroissement moyen des biomasses aérienne, souterraine et ligneuse en fonction du nombre de cerne.

Nombre de cerne	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
10 - 20	250	500	750
20 - 30	1300	1250	2550
30 - 40	2200	1350	3550
40 - 50	2000	1600	3600
50 - 60	1600	1720	3300

Ces observations indiquent :

- une augmentation lente du poids de matière sèche jusqu'à vingt cerne.
- un taux d'accroissement rapide de la biomasse aérienne avec un maximum

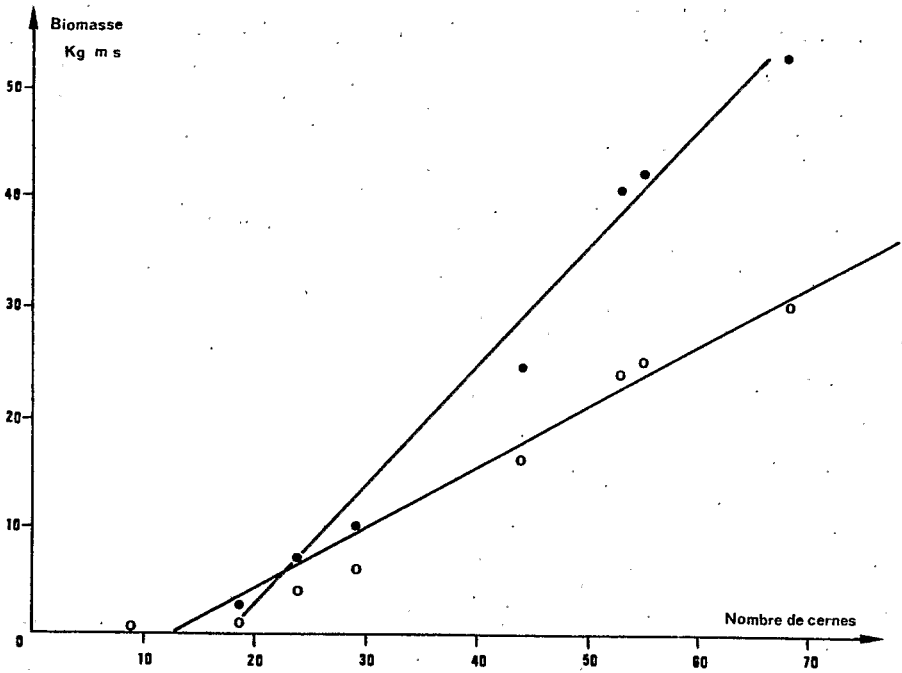


Figure 5 : Biomasse du tronc et des branches en fonction du nombre de cerne.

o : tronc.
● : branches.

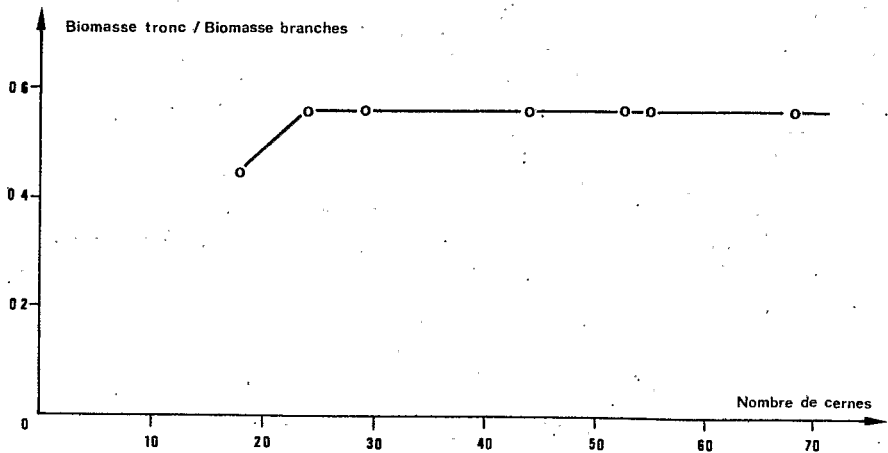


Figure 6 : Evolution du rapport biomasse tronc/biomasse branches en fonction du nombre de cerne.

C) Relation entre le poids de fines branches (FB) et le nombre de cernes (N).

Nous obtenons une relation linéaire entre les logarithmes de ces deux grandeurs. La droite a pour équation :

$$\log \text{FB} = - 1,55 + \log \text{N} \text{ (Figure 7)}$$

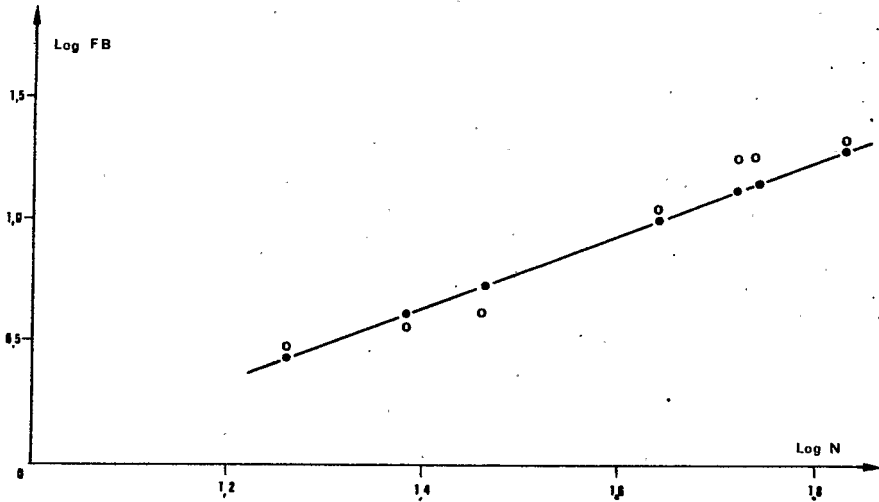


Figure 7 : Evolution du poids de fines branches en fonction du nombre de cernes.

o : données expérimentales

● : données calculées.

Le rapport (en poids de matière sèche) entre les fines branches et les branches augmente avec l'âge des arbres (Tableau 3).

TABLEAU 3

Evolution du rapport fines branches / branches en fonction du nombre de cernes.

Nombre de cernes	Fines Br./branches
9	---
18	---
24	1,17
29	0,75
44	0,81
53	0,85
55	0,85
68	0,90

2.2.- Biomasse souterraine.

A) Relation entre la biomasse souterraine (S) et le nombre de cernes (N).

Les points expérimentaux se répartissent suivant une sigmoïde d'équation générale (Figure 8) :

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

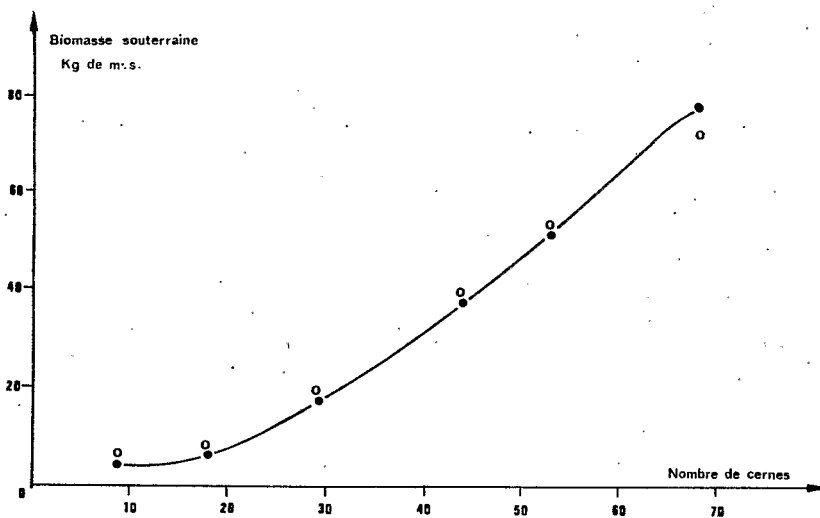


Figure 8 : Evolution de la biomasse souterraine en fonction du nombre de cernes.

o : données expérimentales

● : données calculées.

La détermination des coefficients donne pour chacun d'eux les valeurs suivantes :

$$a = 3,00000$$

$$b = 0,23845$$

$$c = 0,02985$$

$$d = 0,00015$$

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

Le tableau 2 permet de comparer les accroissements moyens de biomasse aérienne et souterraine (Figure 9). Nous remarquons :

- Les jeunes arbres développent très rapidement leur système racinaire.
- Entre 16 et 40 cernes, l'augmentation de biomasse aérienne devient plus importante que l'accroissement en matière sèche des racines.

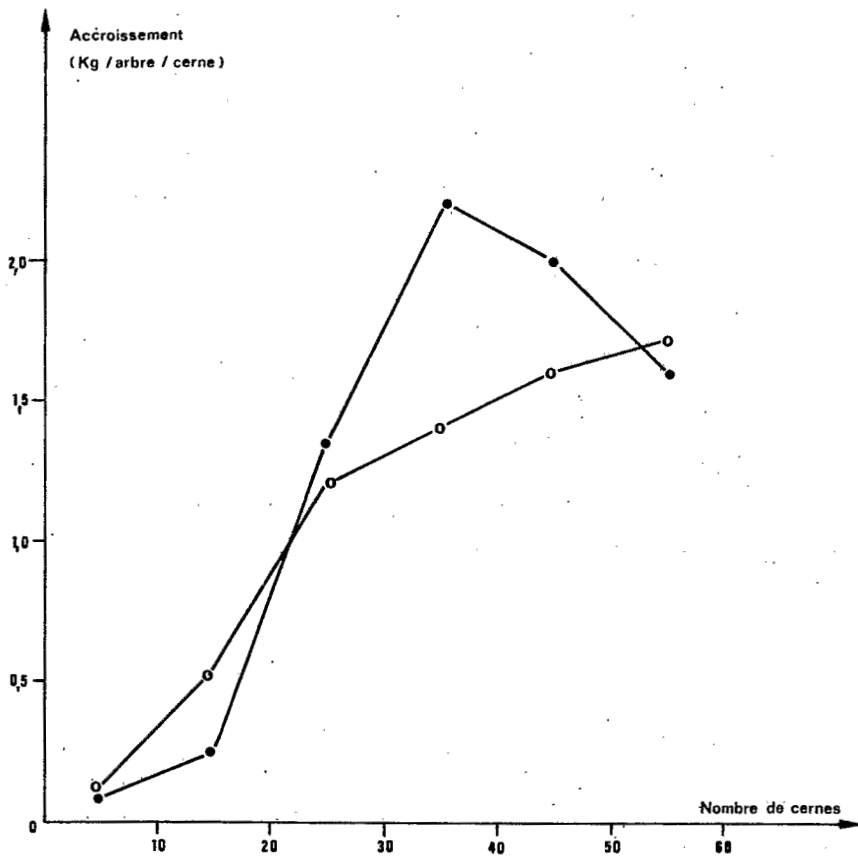


Figure 9 : Comparaison des accroissements moyens par arbre et par cernes des biomasses aérienne et souterraine.

○ : Biomasse souterraine
● : Biomasse aérienne

- Au delà de 40 cernes, les arbres ralentissent fortement leur croissance aérienne tout en continuant à augmenter leur biomasse souterraine.

B) 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) exprimé en kilogrammes et le nombre de cernes (N) s'écrit :

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

2.3.- Evolution du rapport entre la biomasse aérienne et la biomasse souterraine.

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

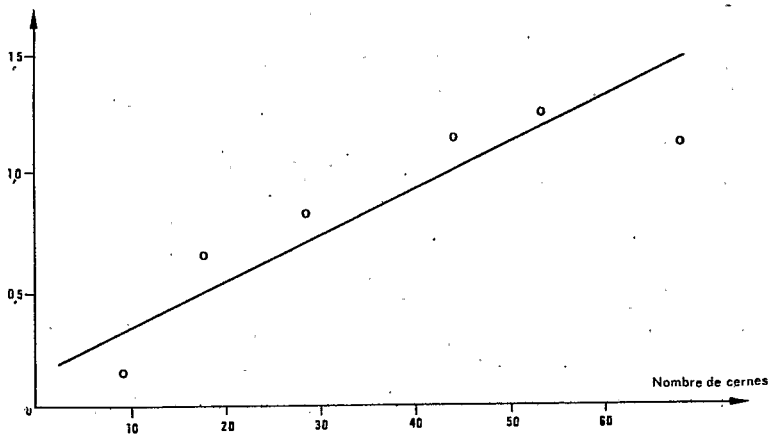
TABLEAU 4

Evolution du rapport λ en fonction du nombre de cernes pour les 6 arbres abattus.

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

Nous voyons que :

- λ varie avec l'âge des arbres.
- Comme nous l'avons déjà souligné, chez *Acacia senegal* le système racinaire se développe rapidement chez les jeunes plants. λ est inférieur à l'unité tant que les individus présentent moins de 30 cernes.
- Pondéralement, la biomasse aérienne équivaut à la biomasse souterraine pour un arbre ayant 37 cernes environ.



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

$$\lambda = 0,13 + 0,02 N \text{ (Figure 10)}$$

2.4.- Biomasse ligneuse totale (BT) d'Acacia senegal.

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

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

Nous obtenons pour les quatre coefficients les valeurs suivantes :

$$a = -0,2857$$

$$b = -0,0863$$

$$c = +0,0502$$

$$d = -0,0001$$

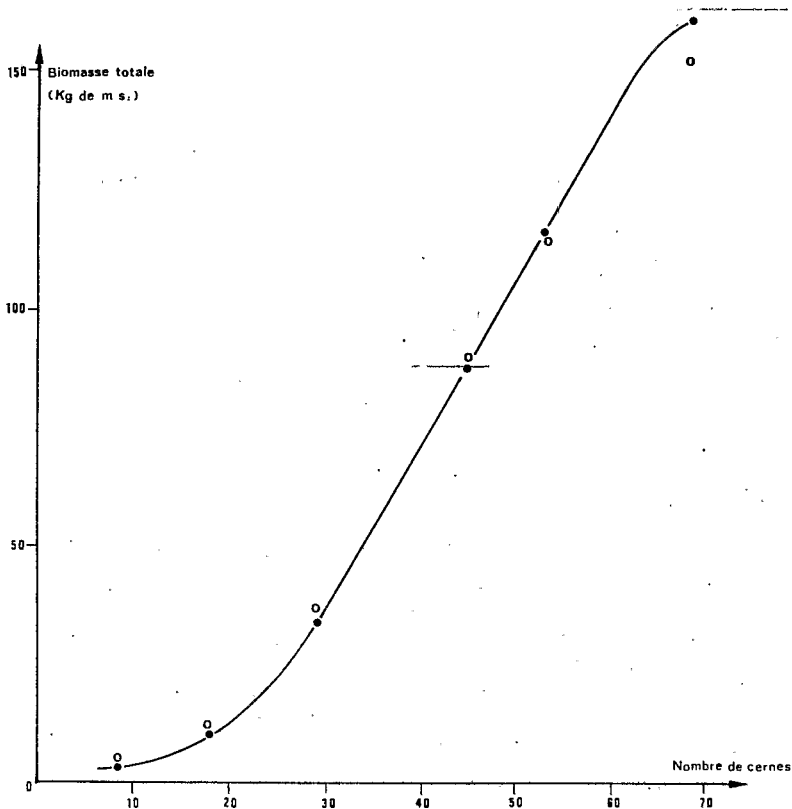


Figure 11 : Relation entre la biomasse totale d'un arbre et le nombre de cernes.

o : données expérimentales

● : données calculées.

L'ajustement des points expérimentaux à une sigmoïde ayant pour équation (Figure 11) :

$$BT = -0,2857 - 0,0863 N + 0,0502 N^2 - 0,0001 N^3$$

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

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

La figure 12 permet d'exprimer pour chacun des six arbres abattus, l'importance relative de chaque composante de la biomasse ligneuse (Pour chaque individu, les biomasses partielles sont calculées en % de la biomasse totale). Nous retrouvons des résultats déjà mentionnés :

- L'importance pondérale du système racinaire chez les jeunes plants.
- La biomasse souterraine équivaut, pondéralement, à la biomasse aérienne pour un individu ayant 37 cernes.
- Pour les arbres les plus âgés, la biomasse aérienne apparaît comme également partagée entre ses trois composantes : tronc, branches et fines branches.

3.- BIOMASSE CADUQUE.

La biomasse caduque a été mesurée depuis 1970. Dans un premier temps nous nous référerons aux chiffres obtenus en 1973. Pour étudier chaque composante de la biomasse caduque (feuilles, fleurs et fruits), nous avons ramassé, à un moment donné, toutes les feuilles ou toutes les fleurs ou tous les fruits des arbres choisis. Le matériel végétal ainsi récolté est passé à l'étuve (portée à 75°C pendant 24 heures) puis pesé.

Nous résumons dans le tableau 5, les principaux résultats quantitatifs collectés en 1973, et regroupés par classe d'âge des arbres.

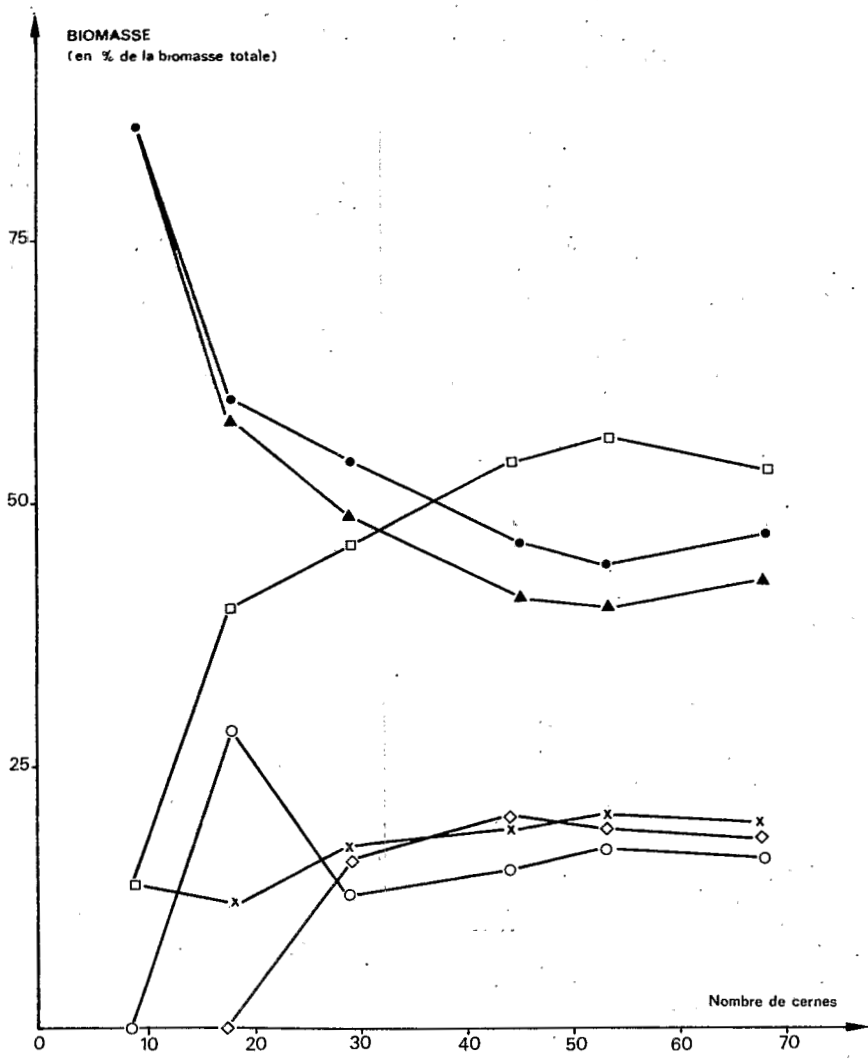


Figure 12 : Répartition de la biomasse ligneuse d'*Acacia senegal* en fonction du nombre de cernes.

TABLEAU 5

Biomasse des feuilles, fleurs et fruits (en grammes) d'*Acacia senegal* (en 1973) en fonction du nombre de cernes.

Nombre de cernes	Poids sec Feuilles (Ps)	Surface feuilles (S) cm ²	Ps/S	Poids sec fleurs (A)	Poids sec fruits (B)	A/B
0 - 10	138	1,17	117,9	26,8	8,3	0,31
10 - 20	410	3,01	136,2	37,4	111,2	2,97
20 - 30	580	4,07	142,5	167,4	250,1	1,49
30 - 40	1382	9,76	135,4	499,6	288,5	0,58
40 - 50	1992	15,69	126,9	767,3	196,9	0,26
50 - 60	1654	14,90	111,0	907,4	150,8	0,17
60 - 70	1357	13,70	99,0	---	---	---

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

Nous constatons encore :

- Une floraison d'autant plus abondante que l'arbre est plus vieux. Les jeunes individus fleurissent vers 5 ou 6 ans.
- Un poids de fruits maximum pour des arbres ayant entre 30 et 40 cernes.
- Chez les arbres les plus âgés, une grande quantité de fleurs sèche sur l'arbre sans donner de fruits. Le rapport poids de fruits / poids de fleurs donne une première idée quant à la fertilité d'*Acacia senegal* en fonction de l'âge. Il apparaît que ce rapport est maximum pour de jeunes plants : 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.

4.- ACCROISSEMENT DES BIOMASSES NON PHOTOSYNTHETIQUES ET FOLIAIRES EN FONCTION DU NOMBRE DE CERNES.

A partir des études précédentes, nous pouvons calculer la productivité moyenne d'*Acacia senegal* par unité de matière sèche ou de surface foliaires. Le tableau 6 regroupe tous les résultats acquis.

Un calendrier phénologique établi parallèlement et portant sur les 292 acacias présents dans le quadrat expérimental, nous a permis de déterminer la durée de la période végétative en fonction de l'âge. Nous pouvons donc ramener les calculs de productivité à la semaine de vie d'une feuille.

TABLEAU 6

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

Nombre de cernes	Surface foliaire en m ² /arbre A	Poids sec feuilles en g/arbre B	Nombre de semaines de vie des feuilles	Biomasse non photosynthétique						
				Biomasse ligneuse Accroissement moy. en g/arbre	Fleurs en g/arbre	Fruits en g/arbre	Total en g/arbre C	Production		
								en g/g de m.s de feuilles C/B	en g/m ² /an de surface foliaire C/A	en g/m ² /sem. surface foliaire
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	2550	167	250	2967	5,12	729,0	27,0
31 - 40	9,76	1322	35	3550	500	289	4339	3,28	444,6	12,7
41 - 50	15,69	1992	31	3600	767	197	4564	2,29	290,9	9,4
51 - 60	14,90	1654	33	3300	907	151	4358	2,63	292,5	8,7

De la lecture du tableau 6, nous tirons les enseignements ci-dessous :

- Le maximum d'efficacité foliaire est atteint entre 20 et 30 cernes. En nous reportant au tableau 5 nous constatons que dans cette même classe d'âge le rapport entre le poids de matière sèche et la surface des feuilles est lui aussi maximum : pour une même quantité de matière sèche, c'est donc entre 20 et 30 cernes que les arbres développent la plus grande surface foliaire. La photosynthèse peut alors s'exercer profitablement.
- 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).

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 caduque au cours de chaque saison végétative.

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

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

- Pendant les dix ou vingt 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 années précédentes. C'est au cours de cette période que les feuilles présentent le maximum d'efficacité en produisant 5,12 grammes 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 les 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 matériel caduque représente, en 1973 à Fété-Olé 5,6 kilogrammes de matière sèche par hectare (3,7 kilogrammes de feuilles et 1,8 kilogrammes de fleurs et fruits). *Acacia senegal* est une espèce appréciée par le bétail et joue un rôle non négligeable dans l'économie des régions sahéliennes.

BIBLIOGRAPHIE

- BILLE, J.C., - 1971 - Observations préliminaires sur quelques arbres du Sahel sénégalais. Rapport ORSTOM, Centre Dakar, 49 p. ronéo.
- BILLE, J.C., LEPAGE, M. et POUPON, H. - 1972 a - Présentation de la zone d'étude de Fété-Olé (Sénégal). Rapport ORSTOM, Centre 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 : Présentation de la région. *La Terre et la Vie*, 26 : 333-350.
- 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.
- 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.
- VYAS, L.N., AGARWAL, S.K. et RANAWAT, M.P.S. - 1971 - 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 - Observations on the dry matter production in *Mitragyna parvifolia* Korth. *Jap. J. Ecol.*, 21, 5-6 : 227-230.