

RECHERCHES ECOLOGIQUES
SUR UNE SAVANE SAHELIENNE DU FERLO SEPTENTRIONAL,
SENEGAL : BIOMASSE VEGETALE
ET PRODUCTION PRIMAIRE NETTE

par J.C. BILLE et H. POUPON *

Une fois établie la structure de la végétation, le programme ORSTOM/Sahel prévoyait une estimation de la production primaire nette de la zone d'étude. Ce sont les résultats préliminaires de cette étape de notre travail qui font l'objet du présent article. Nous y exposerons successivement les méthodes utilisées et les chiffres obtenus concernant la biomasse souterraine, la biomasse et la production herbacées aériennes, la biomasse ligneuse aérienne, avant d'aboutir à une évaluation de la production nette par unité de surface.

A. — METHODOLOGIE

La biomasse et la production aérienne de la végétation herbacée ont été obtenues à partir de la méthode de Wiegert & Evans modifiée.

Rappelons que, dans cette technique :

- on prélève sur un premier plot au temps t_0 le matériel mort w_0 et on laisse le matériel vivant pour lui permettre de croître et de mourir normalement ;
- au temps t_1 , on collecte sur ce premier plot le matériel mort (h) produit entre t_0 et t_1 , le matériel vivant (b) et sur un second plot le matériel mort (g) : ce terme g représente la somme du matériel mort au temps t_0 , plus le matériel mort produit au cours de la période, moins ce qui a disparu au cours de cette même période, soit :

$$g = w_0 + h - (w_0 - w_1)$$

et par suite $w_1 = g - h$.

(*) Avec la collaboration temporaire de M. Bocoum et C. Perrière. Adresse des auteurs : Station d'Ecologie ORSTOM, BP 20, Richard-Toll, Sénégal.

Mais dans le cas d'une végétation composée exclusivement d'annuelles, il arrive une époque où le terme h devient très grand ; si, en outre, la disparition du matériel mort est rapide, bien que la valeur de h soit mesurée par défaut, h tend vers g , annulant les termes w .

C'est pourquoi nous avons peu envisagé, par la suite, la valeur w , au profit de b (matériel vivant), de h (quantité de matériel mort entre deux mesures successives) et de $b + g$ (« standing crop » classique). Le remède consisterait théoriquement à réduire l'intervalle de temps entre les mesures, par exemple à cinq jours. Il aurait alors fallu faire ainsi chaque mois 540 mesures, ce qui était matériellement irréalisable.

Pour la végétation ligneuse, on a sacrifié une trentaine d'individus. Chaque arbre détruit a été coupé à 30 centimètres au-dessus du sol. Par suite, il restait après abattage une souche où la limite entre parties aérienne et souterraine était parfois imprécise : il y a dans certains cas (*Grewia*, par exemple), possibilité pour un bourgeon situé au-dessous de la surface du sol de s'être développé en rameau aérien. Après extraction, la souche était scindée en deux parties et dans la suite du texte, nous avons appelé « collet » la fraction aérienne et « tronc racinaire » la fraction souterraine.

Un premier tri des feuilles, fruits, rameaux jusqu'à un diamètre de 5 mm, petites branches jusqu'à 5 cm, grosses branches et tronc, était alors effectué.

Grosses branches et tronc furent sectionnés tous les mètres pour prélever une tranche de bois et, pour les individus les plus grands, on procédait à l'observation du mode de ramification de la partie aérienne.

A partir des tranches de bois prélevées étaient effectuées :

- des mesures de teneur en eau (en étuve),
- des mesures de proportion entre écorce et bois,
- des mesures de densité : opération facilitée par le fait que la plupart des bois frais avaient une densité supérieure à l'unité et pouvaient être immergés sans dispositif particulier pour la mesure des volumes,
- l'examen des cernes d'accroissement selon les différentes coupes, généralement après polissage et passage à la cire, ce qui permet une lecture plus aisée.

Les mesures de biomasse souterraine herbacée ont été effectuées à cinq profondeurs différentes : entre 0 et 10 cm, entre 20 et 50 cm, à 75 cm et à 2 mètres. Au-delà de cette profondeur, la biomasse de racines devient négligeable (moins de 1 g par m²). Pour les ligneux, une excavation de 1 à 4 mètres de diamètre était alors pratiquée autour de la souche au ras de laquelle on sectionnait les racines. Les racines de diamètre supérieur à 5 mm étaient dégagées du sol aussi totalement que possible et mesurées.

Les racines fines ont été prélevées le long des parois d'excavations de 2 à 3 mètres de profondeur, plus exceptionnellement jusqu'à 5 mètres. Un cylindre tranchant en acier était enfoncé horizontalement à différents niveaux et son contenu était séché et pesé.

La dessiccation de l'échantillon (1) favorise son traitement ultérieur : passage sur une batterie de tamis (mailles de 0,2 à 3 mm), lavage des fractions avec agitation dans l'eau de façon que le matériel végétal de l'échantillon soit entraîné vers un tamis à mailles de 0,1 mm où il se dépose. Le traitement d'un échantillon demande environ une demi-heure et 550 mesures ont été réalisées.

Dans la suite du texte, les résultats seront limités à trois groupements herbacés (n^{os} 1, 4 et 7) et à trois espèces ligneuses (*Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis* et *Grewia bicolor*).

B. — BIOMASSE SOUTERRAINE

La figure 1 exprime en coordonnées logarithmiques les moyennes obtenues pour les trois formations herbacées. On constate que le groupement 1 présente l'enracinement le plus médiocre sur tout le profil ; le groupement 4 a un enracinement surtout superficiel et le groupement 7 aurait un enracinement profond. Si l'on admet comme densité apparente moyenne du sol la valeur 1,8 la quantité de racines exprimée en g/m² (poids sec) serait :

| Profondeur | Groupement 1 | Groupement 4 | Groupement 7 |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 à 10 cm | 77 | 108 | 100 |
| 11 à 20 cm | 36 | 40 | 45 |
| 21 à 50 cm | 21 | 40 | 59 |
| 51 à 100 cm | 9 | 13 | 18 |
| Au-delà | — | 18 | 35 |

Sur ces chiffres, on a pu commettre une erreur relative atteignant parfois 30 % en raison de la variabilité des résultats et des difficultés techniques de mesure.

Les valeurs moyennes par hectare sont donc les suivantes (en tonnes de matière sèche) :

1,4 ± 0,4 pour le groupement 1,
 2,2 ± 0,6 pour le groupement 4,
 2,5 ± 0,8 pour le groupement 7.

(1) Tous les poids secs ont été mesurés après 48 heures de dessiccation à l'étuve à 105° C.

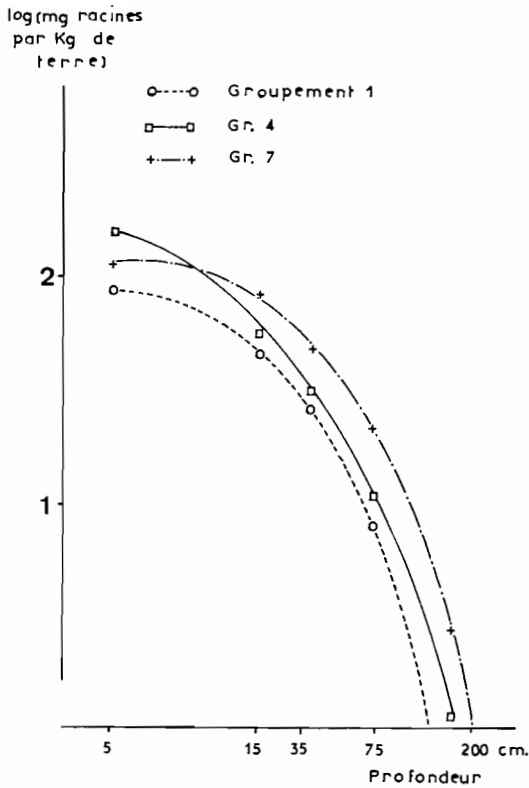


Figure 1. — Enracinement de la strate herbacée : variation de la biomasse de racines en fonction de la profondeur.

Pour les ligneux, on a procédé par différence entre les quantités de racines fines mesurées plus ou moins loin du tronc et la masse de racines de graminées (Fig. 2). Il est apparu que, pour une profondeur déterminée, la quantité de racines d'arbres présentes en un point est relativement constante quelle que soit la taille de l'arbre. De même, la distance des points de prélèvement par rapport au tronc semble avoir une faible influence ; en un point donné du sol, ou bien il n'existe pas de racines d'arbres, ou bien celles-ci sont présentes et alors leur quantité est surtout fonction de la profondeur du point considéré.

La courbe correspondant aux arbres est proche d'une fraction d'ellipse et il apparaît qu'entre 20 cm et 2 mètres de profondeur, c'est-à-dire dans le volume de terre où se trouve la plus grande partie des racines, la « loi d'enracinement » est proche de : $a \log(\text{profondeur}) + b \log(\text{racines}) = K$.

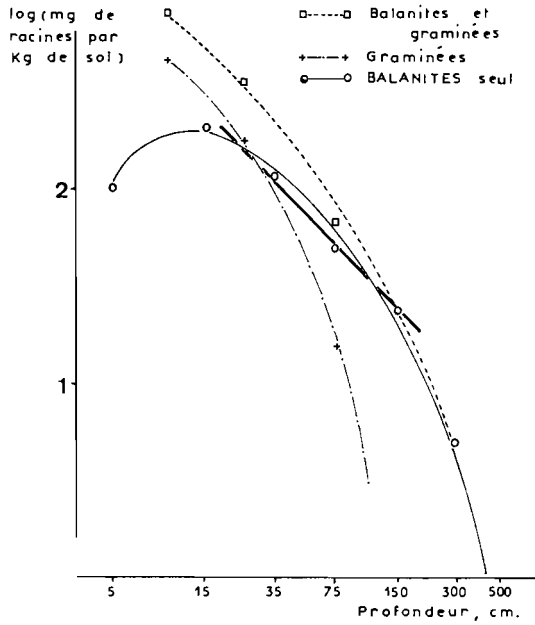


Figure 2. — Enracinement de *Balanites aegyptiaca* : variation en fonction de la profondeur de la biomasse des racines de l'arbre, des graminées et de la végétation totale. Cf. texte.

La pente de cette droite serait caractéristique de l'espèce :

$b/a = 0,95$ pour *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* (enracinement profond),

$b/a = - 1,15$ pour *Guiera senegalensis*,

$b/a = - 1,70$ pour *Commiphora africana*,

$b/a = - 2,70$ pour *Grewia bicolor* (enracinement superficiel) (Fig. 3).

A partir de ces courbes et de la connaissance de l'extension du réseau racinaire, il est possible de calculer la masse de racines en kg de matière sèche par individu.

Balanites aegyptiaca

| Diamètre de tronc (cm) .. \ | 5,1 | 8,0 | 15,0 | 14,9 | 16,8 | 27,3 |
|-----------------------------|------|-----|------|------|------|-------|
| Tronc racinaire | 0,25 | 1,9 | 8,0 | 11,3 | 20,5 | 33,7 |
| Grosses racines | 0,45 | 1,7 | 9,3 | 12,1 | 18,1 | 51,8 |
| Racines fines | 0,45 | 1,9 | 12,4 | 11,3 | 23,9 | 39,1 |
| Total souterrain | 1,15 | 5,5 | 29,7 | 34,7 | 62,5 | 124,6 |

Guiera senegalensis

| | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Diamètre de tronc (cm) .. | 3,8 | 5,1 | 7,0 | 7,3 | 8,9 | 10,2 |
| Tronc racinaire | 0,2 | 0,3 | 1,6 | 1,4 | 3,2 | 8,7 |
| Racines fines | 1,1 | 2,0 | 3,1 | 3,1 | 4,4 | 5,0 |
| Total souterrain | 1,3 | 2,3 | 4,7 | 4,5 | 7,6 | 13,7 |

Grewia bicolor

| | | | | | |
|----------------------------|-----|------|------|------|------|
| Diamètre de tronc (cm) ... | 6,4 | 12,0 | 12,2 | 12,7 | 15,6 |
| Tronc racinaire | 1,0 | 2,0 | 3,5 | 3,5 | 20,6 |
| Grosses racines | 0,7 | 7,2 | 16,8 | 20,5 | 29,4 |
| Racines fines | 3,8 | 8,0 | 8,1 | 11,1 | 13,9 |
| Total souterrain | 5,5 | 17,2 | 28,4 | 34,8 | 63,9 |

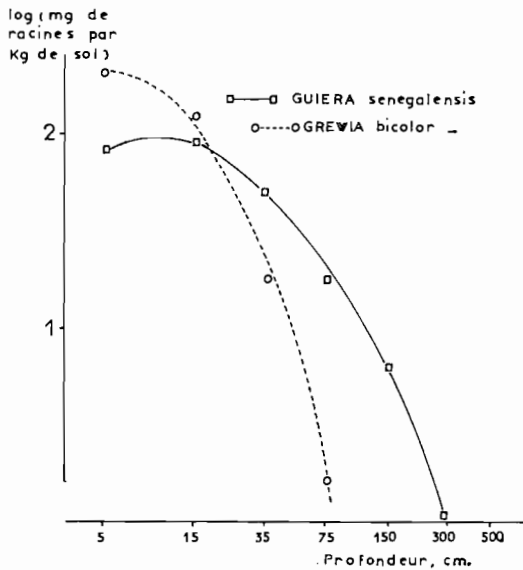


Figure 3. — Enracinement des ligneux : biomasses comparées, en fonction de la profondeur, de *Guiera senegalensis*, espèce à enracinement profond, et de *Grewia bicolor* à racines plus superficielles.

C. — BIOMASSE ET PRODUCTION AERIENNES HERBACEES

On peut considérer trois périodes dans la biomasse du tapis herbacé (groupement n° 1) :

En août et en septembre, le matériel mort de l'année précé-

dente disparaît, le matériel nouveau s'élabore et la biomasse augmente ; le matériel détruit représente une faible masse : il s'agit surtout de l'élimination d'une partie des plantules.

En octobre, la croissance diminue jusqu'à s'annuler. Progressivement, la totalité de l'herbe sèche sur pied et la biomasse atteignent leur maximum.

De novembre à janvier, la biomasse diminue puis tend à se stabiliser (Fig. 4).

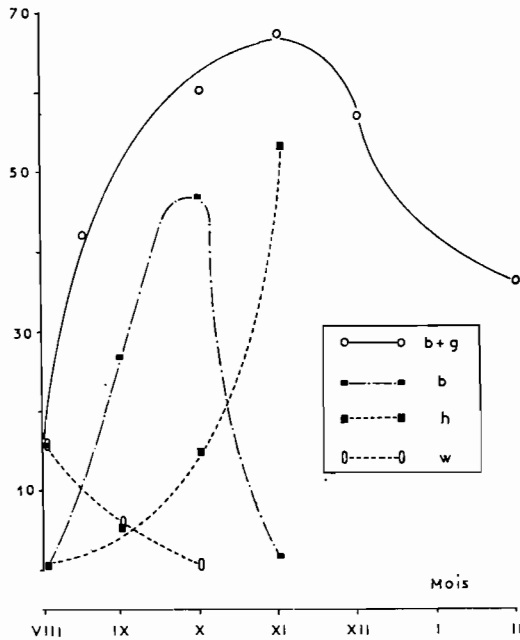


Figure 4. — Résultats des mesures de biomasse et de production aérienne du groupement herbacé n° 1, obtenues par la méthode de Wiegert et Evans modifiée. Les masses sont exprimées en g de poids sec par m² de surface.

L'analyse des résultats pose trois problèmes principaux :

- Pourquoi au 1^{er} novembre, g est-il de nouveau supérieur à h ?
- Quelles sont les causes d'une diminution aussi importante de biomasse après cette date ?
- Peut-on calculer la production primaire nette, alors que le terme w s'est annulé ?

a) COMPARAISON DE h ET g.

Nous avons dit précédemment que pendant la période de végétation très active, la décomposition du matériel mort était beaucoup plus rapide que son élaboration.

Au cours des deux premiers mois, la production nette apparente serait en moyenne de l'ordre de 1,15 g/m² par jour. En octobre, il n'y aurait également eu production qu'en début de mois, vraisemblablement 6 à 10 jours. La période de végétation active aurait donc été de 70 jours en 1970.

Mais nous savons que les valeurs de *h* en août et septembre sont inférieures à la réalité du fait de la disparition très rapide du matériel mort. Si on appelle *k* le taux mensuel de disparition de la matière végétale, *g* est la somme de *w* (initial) × (1 - *k*) et d'une valeur proche de *h*/2 que multiplie aussi (1 - *k*).

Le calcul montre ainsi qu'en août 1970, *k* = 0,25 ; il faut donc majorer *h* de 0,25 *h*/2, soit 0,9 g. Le même calcul pour septembre donne un *k* voisin de 1/3 et une majoration de *h* voisine de 2,6 g.

Le production nette réelle a donc été :

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| En août | 34,9 g/m ² |
| En septembre | 39,1 g/m ² |
| En octobre | 7,6 g/m ² |
| Total pour l'année | 81,6 g/m ² |

Soit un chiffre supérieur de 20 % au « standing crop » maximum.

De la même manière, les productions nettes en g de matière sèche par m² des groupements 4 et 7 s'établissent comme suit :

| Mois | Groupement 4 | Groupement 7 |
|-----------------|--------------|--------------|
| Août | 176,0 | 323,4 |
| Septembre | 65,3 | 121,0 |
| Octobre | 14,4 | 8,4 |
| Novembre | 0,0 | 33,6 * |
| TOTAL | 255,7 | 476,4 |

(*) Cette valeur est surprenante, mais probablement due à l'apparition de plantes tardives (Composées).

On peut établir une corrélation entre les phénomènes de croissance de la strate herbacée et les fluctuations de l'eau du sol. Sur sommet de dune, le point de flétrissement n'a été atteint ou dépassé qu'en septembre, mais les germinations étaient possibles en août où une première tranche de 40 cm de terre était convenablement humectée. Le 15 octobre, l'eau manquait sur presque tout le profil et la période de 70 jours de végétation active déterminée précédemment se retrouve ici.

Dans les dépressions, l'engorgement du sol en eau existe dès le mois d'août et se maintient en profondeur. En octobre, tout le

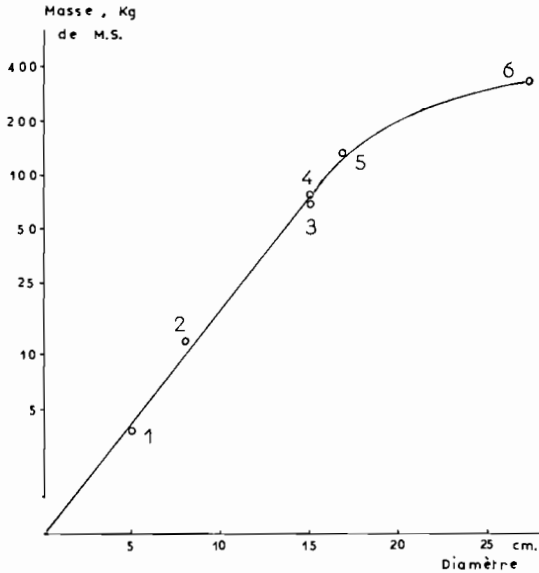


Figure 5. — Biomasse ligneuse aérienne de *Balanites aegyptiaca* en fonction du diamètre du tronc.

souterraine représente en moyenne un peu plus de 40 % de la masse totale.

Le report de ces résultats dans un système de coordonnées est une ébauche de « tarif » de forestier. Sur la figure 5 (où l'échelle des masses est logarithmique), on a inscrit les valeurs des totaux biomasse aérienne + biomasse souterraine.

Pour *Guiera*, il existe une grande variabilité dans la proportion des parties aériennes et souterraines, peut-être en liaison avec le site où se trouvait l'arbre coupé, les arbres 1, 3 et 4 ayant été choisis sur dune et les autres près d'une mare.

Le report des résultats sur le graphique habituel révèle une anomalie : il n'y a pas de limite à la phase exponentielle de croissance (Fig. 6). Or, les *Guiera* 5 et 6 possédaient respectivement 2 et 3 tiges principales issues de la base et on doit supposer que si un arbre est apte à développer des tiges secondaires, tout se passe comme si ces éléments nouveaux se comportaient comme des individus indépendants ; leur intervention dans la masse totale masquerait alors la phase de ralentissement de la croissance.

Dans les *Grewia*, un nouvel élément a été distingué : le bois mort. En effet, on ne peut manquer d'être frappé par son abondance et sa constante, même en dehors de l'influence des termites. L'existence de ce bois mort justifierait par ailleurs la prédilection des termites pour *Grewia*.

La proportion de bois mort augmente notablement pour les arbres les plus vieux, passant de 5 % à plus de 20 %, et il arrive un stade où sa formation devrait théoriquement dépasser la

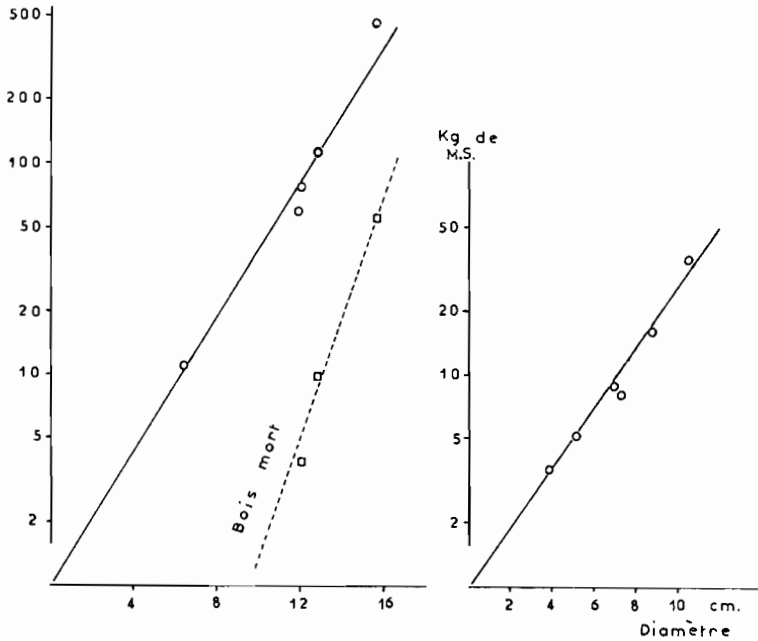


Figure 6. — Biomasse ligneuse aérienne de *Grewia bicolor* (à gauche) et *Guiera senegalensis* (à droite) en fonction du diamètre du tronc.

production de l'arbre. Dans les faits, ce stade n'est jamais atteint en raison des tiges nouvelles qui se développent et « rajeunissent » l'arbre. Ainsi, le plus gros *Grewia* abattu possédait 4 tiges secondaires saines entourant l'ancienne tige totalement morte et dont l'emplacement apparaissait encore au centre de la souche.

Un fractionnement de la biomasse en bois et écorce, ainsi que la caractérisation des fractions, sont proposées ci-après :

| | <i>Balanites aegyptiaca</i> | <i>Grewia bicolor</i> | <i>Guiera senegalensis</i> |
|---|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Pourcentage d'écorce des troncs et grosses branches | 19,6 | 21,8 | 19,4 |
| Pourcentage d'écorce des branches fines | 13,4 | 18,7 | 12,6 |
| Teneur en matière sèche des troncs (%) | 62,4 | 83,5 | 72,8 |
| Teneur en matière sèche des racines | 59,0 | 68,3 | 63,1 |
| Teneur en matière sèche des feuilles en saison sèche | 43,0 | — | 39,4 |
| Teneur en matière sèche des feuilles en saison humide | 32,0 | 32,0 | 31,0 |
| Densité du bois | 0,78 | 0,84 | 0,74 |
| Densité de l'écorce | 0,67 | 0,68 | 0,66 |



Figure 7. — Sommet de dune. Les points hauts sont souvent occupés par des bosquets de *Balanites aegyptiaca*. En décembre, les graminées sont totalement sèches et l'on voit bien, au premier plan, la limite des groupements 1 a et 1 b.



Figure 8. — Centre de dépression. En fin des pluies, la strate herbacée à *Diheteropogon hagerupii* et *Zornia glochidiata* est d'assez belle venue. Les arbres sont nombreux : *Sclerocarya birrea* déjà défeuillé, *Grewia bicolor* et *Guiera senegalensis*.

Ces chiffres sont des valeurs moyennes susceptibles de variations en fonction de l'époque à laquelle est faite la mesure, du site où a été choisi l'arbre, de l'âge de ce dernier et sans doute aussi de la portion de végétal choisie.

Cependant, la réduction de la proportion d'écorce lorsque les branches sont plus petites et le dessèchement des feuilles âgées sont des phénomènes constants.

Il est possible, compte tenu de la densité des diverses espèces, de calculer des biomasses ligneuses (en kg de poids sec par hectare). On trouve ainsi :

| | |
|---|-----------|
| — <i>Commiphora africana</i> | 944 kg/ha |
| — <i>Balanites aegyptiaca</i> | 900 kg/ha |
| — <i>Guiera senegalensis</i> et <i>Boscia senegalensis</i> | 655 kg/ha |
| — <i>Grewia bicolor</i> | 546 kg/ha |
| — <i>Acacia senegal</i> | 311 kg/ha |

Ces six espèces représentent 98 % de la flore ligneuse, et probablement de sa masse ; on peut donc estimer la biomasse des arbres et arbustes de la région à environ 3,4 tonnes. Ce chiffre doit à son tour être légèrement majoré pour tenir compte des baobabs, assez clairsemés dans notre région.

E. — PRODUCTION NETTE PAR UNITE DE SURFACE

Pour les arbres, de nombreux comptages de cernes de croissance ont été effectués. Cependant, il n'existe aucune certitude quant à la correspondance entre le nombre de cernes observés et le nombre d'années de vie des arbres du Sahel. On ne peut, dans ces conditions, calculer les accroissements annuels de biomasse pour les ligneux. En ce qui concerne la production caduque, on retiendra seulement que la quantité de matière végétale fournie chaque année par les arbres au sol est de l'ordre de 15 % de leur fraction « rameaux » (en poids sec), soit :

| | |
|-------------------------------------|------------|
| — <i>Balanites aegyptiaca</i> | = 25 kg/ha |
| — <i>Commiphora africana</i> | = 14 kg/ha |
| — <i>Acacia senegal</i> | = 11 kg/ha |
| — <i>Guiera senegalensis</i> | = 16 kg/ha |
| — <i>Grewia bicolor</i> | = 21 kg/ha |
| | <hr/> |
| TOTAL | = 87 kg/ha |

En ce qui concerne la végétation herbacée, il suffit de tenir compte de l'importance relative des groupements :

| | |
|------------------|------------------------------------|
| — 1 A et B | environ 55 % de la surface étudiée |
| — 2 et 3 | environ 20 % de la surface étudiée |
| — 4 et 8 | environ 10 % de la surface étudiée |
| — 5 à 7 | environ 15 % de la surface étudiée |



Figure 9. — Végétation sciaphile. En janvier, un *Commiphora africana* abrite deux jeunes *Boscia senegalensis* et le groupement 4 à *Chloris prieurii* et *Brachiaria hagerupii* occupe l'espace situé à l'ombre.

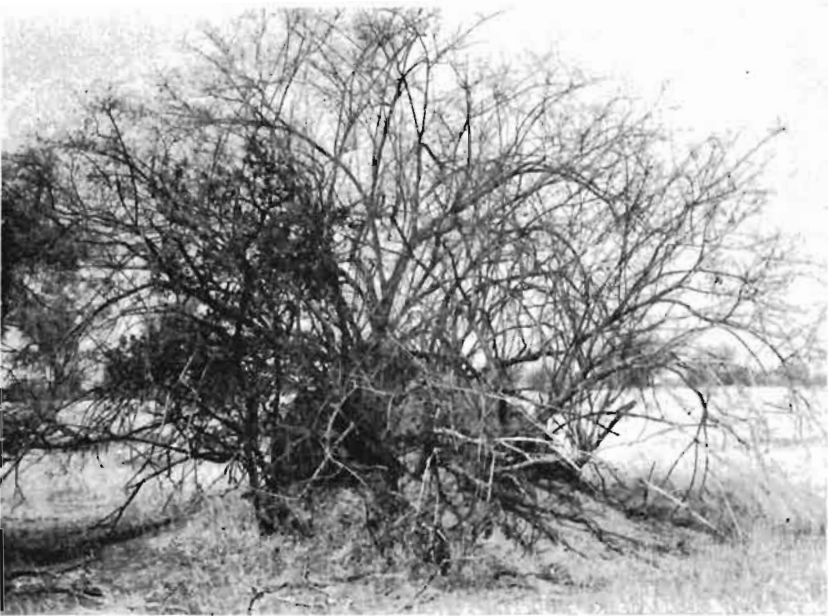


Figure 10. — *Grewia bicolor*. En juin, les feuilles commencent à apparaître. La présence de la termitière a entraîné la formation de nombreux rejets et les reliques de la strate basse à *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida* spp. se sont maintenues depuis l'année précédente.

A partir des chiffres qui précèdent, il est possible de calculer une production primaire nette herbacée par hectare, en assimilant les groupements 2 à 4, les groupements 3 et 5 à 7 et en considérant que la production de 6 et 8 est négligeable.

On a ainsi en sommet et pentes 440 + 360 kg de matière sèche produits par hectare et par an, soit 0,8 tonne, et 1,2 tonne dans les creux. La production nette totale serait de 2 tonnes par hectare, et le double si l'on tient compte des racines. Ainsi, la strate herbacée produirait chaque année une masse végétale supérieure à la moitié de la biomasse ligneuse.

CONCLUSION

Les biomasses et productions primaires nettes (en poids sec) des strates herbacée et ligneuse ont été mesurées sur la zone d'étude. La biomasse souterraine herbacée est grossièrement équivalente à la biomasse aérienne, celle des ligneux est légèrement inférieure en moyenne. La production aérienne herbacée dépend principalement de l'alimentation en eau des plantes et est nettement supérieure à la biomasse maximum. La biomasse ligneuse totale, de l'ordre de 3 tonnes et demie en poids sec par hectare, permet une production nette annuelle de 87 kg de feuilles et fruits. La production primaire nette totale atteint ainsi 4 tonnes à 4,5 tonnes de matière végétale sèche par hectare, non comprise la modeste production de bois.

SUMMARY

The standing crop biomass, both above and below the ground, has been estimated for the 3 major grassland vegetation types which cover about 65 % of the study area defined in the previous paper and for the 3 most common tree species as well. The net primary production of the above-ground herbaceous vegetation has been measured in the same vegetation types, using the method of Wiegert and Evans as modified by Lonnicki et al. (1968). The root biomass estimated at the peak of the growth period ranges from 1.4 to 2.5 tons/ha, and the above-ground biomass from 0.7 to 3.5 tons/ha, depending upon vegetation type.

The standing crop biomass of trees and shrubs averages 3.5 tons/ha.

The net above-ground herbaceous production ranges from 0.8 to 1.2 tons/ha, 2 to 3 % of which is represented by seeds. This production is strongly influenced by rainfall.

Litter production by trees and shrubs averages 87 Kg/ha.

All biomass and production figures are given in dry weight.

RECHERCHES ÉCOLOGIQUES SUR
UNE SAVANE SAHÉLIENNE DU
FERLO SEPTENTRIONAL, SÉNÉGAL

Introduction F.Bourlière
Présentation de la région
..... J.C.Bille, M.Lepage, G.Morel, H.Poupon
Description de la végétation J.C.Bille, H.Poupon
Biomasse végétale et production primaire nette
..... J.C.Bille, H.Poupon
Données préliminaires sur l'écologie des termites . . . M.Lepage
L'avifaune et son cycle annuel G. et M.Y.Morel
Les mammifères A.R.Poulet

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

