



Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la Mare d'Oursi, Haute-Volta

P. LEVANG et M. GROUZIS *

RÉSUMÉ

La biomasse de formations herbeuses sahéliennes (Mare d'Oursi, Nord de la Haute-Volta) a été déterminée par la méthode de la récolte intégrale. Les effets de la surface de prélèvement ($S = 1, 3, 4, 8, 12$ et 16 m^2), de l'effectif ($n = 10, 20, 30, 40$ prélèvements) et de la répartition (transects orientés) de l'échantillonnage sur la biomasse moyenne, ont été étudiés sur trois formations à structure de végétation différente.

Les résultats montrent que les biomasses se distribuent normalement pour les groupements à recouvrement continu, alors que leur répartition tend vers une loi log-normale pour les formations discontinues. La meilleure précision sur la moyenne est obtenue avec la surface et le nombre de prélèvements maximaux. Cependant pour un niveau de précision donné le couple (S, n) occasionnant le moindre travail ($S = 1 \text{ m}^2$), et celui correspondant à l'efficacité maximale du nombre de prélèvements ($n = 30$ à 40) a été retenu. Les précisions sont de 10 à 13% pour les formations à recouvrement continu et de 20% pour les formations discontinues. L'étude méthodologique a permis par ailleurs de définir un indice d'hétérogénéité qui est étroitement lié au recouvrement.

Sur le plan pratique l'utilisation de la méthode permet de dresser une carte de biomasse d'une région assez étendue, d'en suivre ses variations saisonnières et interannuelles, et d'en déduire sa capacité de charge afin de définir le régime d'exploitation qui lui est le mieux adapté.

SUMMARY

Biomasses of Sahelian herbaceous vegetation (Oursi Pond, North of Upper Volta) have been measured by total harvesting of plots of different size and number. Effects of plot size ($S = 1, 3, 4, 8, 12$ and 16 m^2), number of plots ($n = 10, 20, 30, 40$ plots), and spatial distribution have been studied in three formations distinguished by vegetation structure.

In vegetal formation with continuous cover, the biomass values of the plots are normally distributed. When the cover is discontinuous, distributions fit with the log-normal laws. A most accurate mean is obtained with the largest plot size and, of course, with the largest number. Yet, for a certain level of accuracy differences were not significant; therefore we retained the plot size minimizing labour ($S = 1 \text{ m}^2$) and the value corresponding to the maximal efficiency of plot number: $n = 30$ to 40 . Precisions on mean biomasses are 10 to 13% in formations with continuous cover but only 20 in those with discontinuous cover. Considering the large districts sampled these precisions are acceptable.

The methodological study allowed us to define a heterogeneity index which is closely linked to the cover.

Our method of biomass evaluation enables us to draw a map of range resources of a large district, to follow changes in biomass between seasons and years, to define a livestock carrying capacity for each vegetal formation which are requisite data for any range management project.

* ORSTOM, BP. 182, Ouagadougou (Rép. de Haute-Volta).

28 NOV 1983

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 83/80/03922

Cote : B ex

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une action complémentaire et concertée sur le thème de la lutte contre l'aridité en milieu tropical, organisée par la D. G. R. S. T., une étude sur l'estimation et les variations saisonnières de la production des pâturages naturels sahéliens a été réalisée.

Ce travail nécessite des mesures extensives et fréquentes de biomasse, et par conséquent de disposer d'une technique d'échantillonnage.

La définition des pâturages sahéliens est généralement précise car elle fait appel à des méthodes éprouvées d'inventaire de la végétation (BOUDET, 1975; BOUDET & BAEYENS, 1963; ANONYME, 1975). Par contre l'évaluation de leur production est souvent conduite avec une méthodologie inappropriée en raison de l'hétérogénéité de ces milieux et de la grande variabilité de leur production.

De nombreux auteurs (WIEGERT, 1962; VAN DYNE *et al.*, 1963; HOUSTON & REED, 1959; MISHRA & JAIN, 1971; JAIN, 1967...) ont étudié l'influence de la forme et de la dimension des placeaux sur l'évaluation de la biomasse des pâturages. Ils ont montré que :

- les surfaces optimales de prélèvement varient de 0,1 à 2 m²,
- les cercles conduisent aux plus faibles erreurs de bordures pour les petites surfaces et que les bandes permettent de réduire la variance pour les grandes surfaces.

Cependant toutes ces études, à l'exception de celles de FRIEDEL, 1977; TADMOR *et al.*, 1975 & SICOT, 1976, sont effectuées à l'échelle stationnelle, et ne sont pas extrapolables à une plus petite échelle.

Le but de ce travail est de mettre au point une méthodologie d'évaluation de la biomasse herbacée à l'échelle d'un bassin versant d'une étendue de l'ordre de 25 000 ha, afin d'évaluer le disponible fourrager à la fin du cycle de végétation.

Il porte plus particulièrement sur la détermination de la surface de prélèvement, du nombre de quadrats et de la répartition de l'échantillonnage.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. PRÉSENTATION DU MILIEU

Le bassin versant de la mare d'Oursi, qui est le cadre de ce travail, se situe au nord de la Haute-Volta entre les méridiens 0°10' et 0°40' ouest et les parallèles 14°20' et 14°50' nord.

Il s'étend sur la bordure septentrionale de la zone soudano-sahélienne d'AUBREVILLE (1949). La pluviosité en 1976 et 1977 a été respectivement de 455,6 mm et 480,5 mm (BERNARD, 1978). Plus de 90 % des précipitations ont lieu entre les mois de juin et de septembre.

Des types de sols variés expliquent que sous de mêmes conditions climatiques se manifeste une forte diversité spatiale des ressources végétales.

1.2. GROUPEMENTS VÉGÉTAUX ÉTUDIÉS

Les 23 formations définies par TOUTAIN (1976) ont été regroupées en trois grands ensembles sur la base de la structure de la végétation et des types de sols occupés (tableau I). Il s'agit des :

- bas-fonds et bords de mares à recouvrement continu à *Panicum laetum* Kunth, *Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Echinochloa stagnina* (Retz.) P. Beauv., et *Oryza barthii* A. Chev. sur des sols bruns subarides ou peu humifères à pseudo-gley, vertiques hydromorphes (LEPRUN, 1977).

TABLEAU I

Regroupement des formations décrites par TOUTAIN (1976).

1 : groupement étudié en détail pour chaque ensemble. 2 : étude complémentaire.

Ensemble	Symboles TOUTAIN (1976)	Espèces dominantes de la strate herbacée (TOUTAIN, 1976)	Grou- pement étudié
Végétation à recouvrement continu sur sols vertiques, hydromorphes (bas-fonds, bords mare).	Spt	<i>Panicum laetum</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i> .	1
	Mes	<i>Echinochloa colona</i> , <i>Oryza barthii</i> .	
	Mbs	<i>Oryza longistaminata</i> , <i>Echinochloa stagnina</i> .	
	Mvs	<i>Vetiveria nigriflora</i> .	
	FRs	<i>E. colona</i> , <i>Panicum anabaptistum</i> .	
Végétation à recouvrement continu sur sols sableux (systèmes du- nais).	Ams	<i>Aristida mutabilis</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i> .	1
	Cdc	<i>Cenchrus biflorus</i> , <i>Aristida longiflora</i> .	2
	Cds	<i>C. biflorus</i> , <i>Andropogon gayanus</i> .	
	Cdo	<i>C. biflorus</i> , <i>S. gracilis</i> .	
	Ces	<i>C. biflorus</i> , <i>Aristida mutabilis</i> , <i>S. gracilis</i> .	
	Cee	<i>C. biflorus</i> , <i>Eragrostis tremula</i> , <i>A. gayanus</i> .	
	Cep	<i>C. biflorus</i> , <i>S. gracilis</i> , <i>A. mutabilis</i> .	2
	Csd	<i>S. gracilis</i> , <i>Chloris pilosa</i> + (<i>Bauhinia rufescens</i>).	
Csda	<i>S. gracilis</i> , <i>Chloris pilosa</i> + (<i>Acacia albida</i>).		
Végétation à recouvrement discon- tinu sur sols divers (systèmes de glacis).	Asg	<i>Aristida adscensionis</i> , <i>S. gracilis</i> , <i>Schizachyrium exile</i> .	
	Asc	<i>A. adscensionis</i> , <i>S. gracilis</i> , <i>Panicum laetum</i> , <i>Pennisetum pedicellatum</i> .	
	Ase	<i>A. adscensionis</i> , <i>S. gracilis</i> , <i>Eragrostis tremula</i> .	2
	Asd	<i>A. adscensionis</i> , <i>S. gracilis</i> , <i>Brachiaria lata</i> .	
	Sgl	<i>S. gracilis</i> , <i>Urochloa trichopus</i> .	2
	Sgs	<i>S. gracilis</i> , <i>P. laetum</i> .	
Sgr	<i>S. gracilis</i> , <i>A. adscensionis</i> , <i>Panicum laetum</i> .	1	
Divers.	J	Jachères.	
	C	Cultures.	
	IR	Affleurements et inselberg.	
	IL	Inselberg latéritique.	

— systèmes dunaires : végétation à recouvrement continu à *Cenchrus biflorus* Roxb., *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr. et *Schoenefeldia gracilis* Kunth sur sols brun rouge subarides peu différenciés, sur sables éoliens de l'Erg récent (LEPRUN, *loc. cit.*);

— systèmes de glaciaires : végétation à recouvrement discontinu (alternance de plages nues et de plages couvertes) à *Schoenefeldia gracilis* Kunth et *Aristida adscensionis* L., sur des sols divers : sols bruns subarides sur matériaux argileux, sols bruns subarides modaux localement à sols gravillonnaires et sols ferrugineux tropicaux lessivés (LEPRUN, *loc. cit.*).

Les études de détail ont été effectuées sur trois groupements correspondant à ces 3 ensembles puisque nous avons considéré *a priori* que la même méthode était valable dans des groupements à structure de végétation semblable (tableau I).

Cette hypothèse a été testée sur quatre autres groupements choisis en fonction de leur étendue dans la zone étudiée (tableau I).

1.3. MÉTHODE ET DATE DE RÉCOLTE

La méthode utilisée est celle de la récolte intégrale qui consiste à récolter toute la matière végétale sur pied (coupe à ras du sol). Le poids de matière fraîche est mesuré sur le terrain; la teneur en eau est déterminée sur plusieurs échantillons par dessiccation à l'étuve à 85° C jusqu'à l'obtention du poids constant.

L'étude méthodologique a été réalisée du 15 août 1977 au 15 septembre 1977, période correspondant à la biomasse sur pied maximale. L'évaluation de la biomasse sur pied au niveau du bassin versant a été effectuée après la dissémination des diaspores, à la fin de la saison des pluies (20 septembre au 15 octobre 1977).

1.4. VARIABLES ÉTUDIÉES

1.4.1. Surface élémentaire de prélèvement : (S)

Six surfaces ont été étudiées : 1, 3, 4, 8, 12 et 16 m². Dans les groupements à recouvrement continu, la méthode des carrés imbriqués de WIEGERT (1962) a été utilisée. Dans les groupements à recouvrement discontinu des bandes de 1 sur 16 m devaient permettre de réduire une variance très importante (VAN DYNE *et al.*, 1963; JAIN, 1967).

1.4.2. Nombre de prélèvements : (n)

Trente à quarante répétitions ont été effectuées pour toutes les surfaces. Contrairement à l'étude de la surface de prélèvement nous ne cherchons plus à réduire la variance mais à la stabiliser : l'ensemble de l'hétérogénéité de la station sera alors pris en compte.

Le couple (S, n) donnant la meilleure évaluation de la biomasse sera celui dont la variance est stabilisée à sa plus faible valeur.

1.4.3. Répartition de l'échantillonnage

Divers espacements (20, 40, 60, 100, 200, 300, 400 m) ont été étudiés sur des transects répartis dans le site.

1.4.4. Paramètres statistiques

Les paramètres statistiques utilisés sont :

n = effectif de l'échantillon,
 \bar{x} = moyenne arithmétique $\frac{\sum x}{n}$,

s = écart type de l'échantillon = $\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$

P = indice de précision sur la moyenne = $\frac{st}{x\sqrt{n}}$

t = coefficient de Student.

2. RÉSULTATS

2.1. ÉTUDE MÉTHODOLOGIQUE

2.1.1. Lois de distribution de la biomasse

Les répartitions des fréquences par classe de biomasse pour les trois groupements étudiés et leurs ajustements à des distributions théoriques sont respectivement représentés sur les figures 1 et 2. Il apparaît que dans les groupements de bas-fonds (1 A) ou sableux (1 C), les biomasses se distribuent suivant une loi normale comme le montre l'alignement des points sur le graphique à échelle gausso-arithmétique (fig. 2 A, 2 C). Par contre dans le groupement de glacis (1 B), l'alignement des points n'est obtenu que par l'utilisation d'une échelle gausso-logarithmique. C'est donc une loi de répartition log-normale dont le paramètre de troncature X_0 peut être déterminé graphiquement. Cependant au seuil $\alpha = 0,05$, l'hypothèse de normalité n'est rejetée ni par le test du χ^2 ni par le test de Kolmogorov-Smirnov : les données ont donc été traitées selon une loi normale.

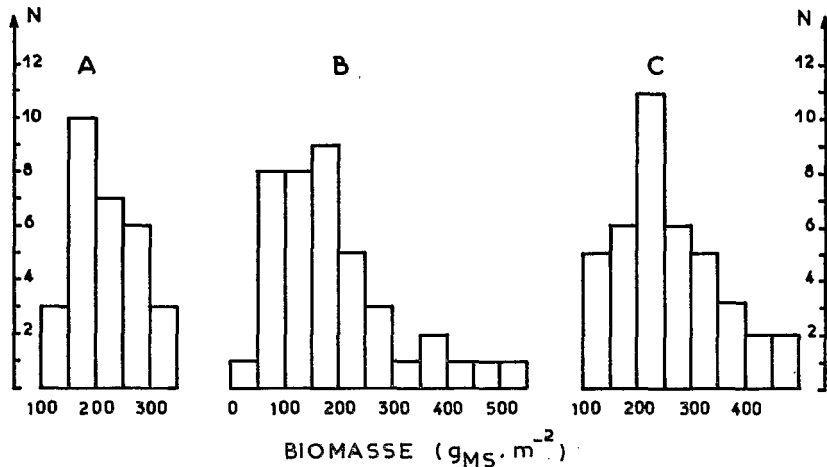


FIG. 1. — Distribution de la biomasse herbacée.

A : Groupement à *Panicum laetum* et *Schoenefeldia gracilis* sur sol vertique hydromorphe ($\bar{x} = 221 \text{ gMS} \cdot \text{m}^{-2}$, $s = 28$).

B : Groupement à *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida adscensionis* sur glacis ($\bar{x} = 190$, $s = 117$).

C : Groupement à *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis* sur sable dunaire ($\bar{x} = 258$, $s = 97$).

2.1.2. Choix du couple S, n

Les moyennes, écarts types et précisions au seuil de probabilité $\alpha = 0,05$, en fonction de la surface et du nombre de prélèvement pour les différents groupements sont reportés dans les tableaux II, III et IV. L'examen de ces derniers montre que :

— aux différents effectifs de l'échantillonnage, l'augmentation de la surface de

prélèvement ne modifie pas significativement la moyenne pour les trois groupements, mais elle diminue l'écart type excepté pour le groupement dunaire,

— l'augmentation du nombre de prélèvement n'influence ni la moyenne ni l'écart type au-delà de 20 répétitions. Dans le groupement de glaciis, on note toutefois une tendance à la diminution de l'écart type, mais les différences observées ne sont pas significatives,

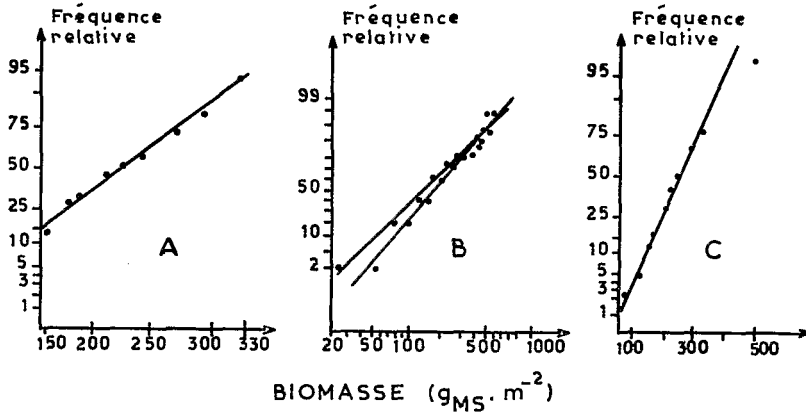


FIG. 2. — Ajustement des distributions à une loi théorique par la méthode graphique.

A, C : échelle gaussio-arithmétique, B : échelle gaussio-logarithmique (A, B et C représentent les mêmes groupements que dans la légende de la figure 1).

TABLEAU II

Groupement à *P. laetum* et *S. gracilis* : variations de la moyenne (\bar{x}), de l'écart type (s) et de la précision (P) en fonction de la surface et du nombre de prélèvement.

N Répétitions	Surface en m ²						
	1	3	4	8	12	16	
10	\bar{x} g MS/m ²	181 ± 28	202 ± 31	197 ± 29	196 ± 23	198 ± 21	198 ± 22
	s	39	43	40	32	30	31
	% précision	15	15	15	12	11	11
20	\bar{x}	216 ± 26	225 ± 22	223 ± 22	223 ± 20	226 ± 20	223 ± 20
	s	56	47	47	43	43	42
	% P	12	10	10	9	9	9
30	\bar{x}	221 ± 22	227 ± 21	225 ± 20	224 ± 18	227 ± 17	225 ± 16
	s	58	56	54	48	45	43
	% P	10	9	9	8	7	7

TABLEAU III

Groupement à *C. biflorus*, *A. mutabilis* et *S. gracilis* : variation de la moyenne (\bar{x}), de l'écart type (s) et de la précision (P) en fonction de la surface et du nombre de prélèvement.

N Répétitions	Surface en m ²						
	1	3	4	8	12	16	
10	\bar{x} g MS/m ²	240 ± 89	261 ± 103	256 ± 96	263 ± 102	270 ± 101	270 ± 101
	s	124	144	134	142	141	141
	% précision	37	39	37	39	37	37
20	\bar{x}	242 ± 46	276 ± 53	268 ± 48	267 ± 51	272 ± 49	271 ± 49
	s	98	113	103	108	105	104
	% P	19	19	18	19	18	18
30	\bar{x}	249 ± 34	276 ± 44	270 ± 40	270 ± 41	274 ± 41	274 ± 41
	s	92	117	106	109	109	111
	% P	14	16	15	15	15	15
40	\bar{x}	258 ± 31	277 ± 36	273 ± 33	273 ± 36	277 ± 36	278 ± 36
	s	97	115	105	113	114	114
	% P	12	13	12	13	13	13

TABLEAU IV

Groupement à *S. gracilis* et *A. adscensionis* : variations de la moyenne (\bar{x}), de l'écart type (s) et de la précision (P) en fonction de la surface et du nombre de prélèvement.

N Répétitions	Surfaces en m ²						
	1	3	4	8	12	16	
10	\bar{x} g MS/m ²	177 ± 87	190 ± 119	187 ± 109	179 ± 113	202 ± 92	223 ± 82
	s	121	166	155	158	129	114
	% Précision	49	62	59	63	46	37
20	\bar{x}	178 ± 46	165 ± 56	168 ± 52	165 ± 54	175 ± 45	186 ± 42
	s	98	119	110	115	96	90
	% P	26	34	31	33	26	23
30	\bar{x}	190 ± 45	163 ± 42	169 ± 41	166 ± 40	171 ± 33	175 ± 31
	s	121	112	109	107	89	83
	% P	24	26	24	24	19	18
40	\bar{x}	190 ± 37	155 ± 33	164 ± 32	159 ± 31	163 ± 26	167 ± 24
	s	117	103	101	97	81	76
	% P	19	21	19	19	16	14

— dans tous les cas, la meilleure précision sur la moyenne est obtenue avec la surface et le nombre de prélèvement maximaux.

Les biomasses moyennes n'étant pas significativement différentes, au seuil de probabilité $\alpha = 0,05$, c'est le niveau de précision souhaité qui permettra de déterminer le couple S, n .

Les variations de la précision en fonction du nombre de répétitions pour les surfaces extrêmes des trois groupements sont reportées sur la figure 3. Comme la moyenne, l'écart type et le coefficient du Student sont stabilisés pour un nombre de prélèvement supérieur à 30, l'expression de la précision est : $P = \frac{C^{te}}{\sqrt{n}}$.

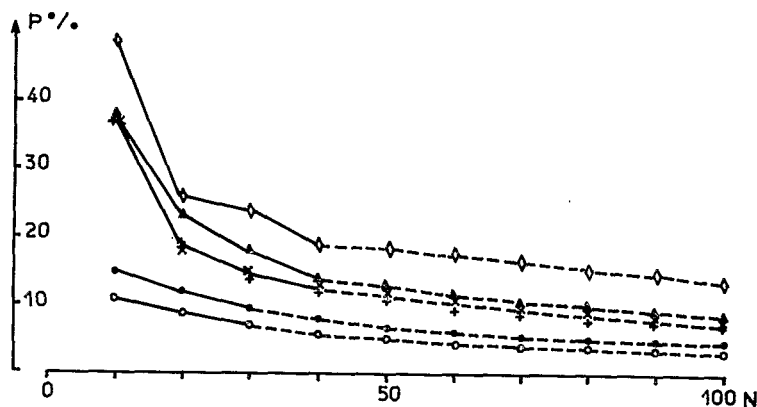


FIG. 3. — Variation de la précision (Pen %) en fonction du nombre (N) et de la surface de prélèvement pour trois groupements végétaux.

- Groupement à *S. gracilis* et *A. adscensionis* : 1 m² (◇) et 16 m² (▲).
- Groupement à *C. biflorus*, *A. mutabilis* et *S. gracilis* : 1 m² (+) et 16 m² (×).
- Groupement à *P. laetum* et *S. gracilis* : 1 m² (.) et 16 m² (o) (Trait : valeurs observées, tireté : valeurs calculées).

Nous sommes donc en mesure de prolonger par le calcul la courbe de variation de la précision en fonction de l'effectif de l'échantillon. On voit que pour une précision de 10 %, il est nécessaire de prélever dans un groupement de bas-fond 25 échantillons de 1 m² soit 25 m² ou 14 de 16 m², soit 224 m². Dans un groupement de glacis à recouvrement discontinu, et pour la même précision il faut prélever : 151 échantillons de 1 m², soit 151 m² ou 83 de 16 m², soit 1 328 m².

Il apparaît très nettement que la surface de 1 m² est la plus intéressante car la plus économique. Par ailleurs une précision de 10 % dans les formations de glacis, nécessite un nombre de prélèvement pratiquement irréalisable.

Comme l'augmentation de l'effectif de l'échantillon au-delà de 40 n'améliore que très peu la précision (fig. 3), 30 à 40 prélèvements de 1 m² donneront une évaluation satisfaisante de la biomasse à un coût de sondage réduit. Il faut cependant noter que la précision obtenue sera différente selon les milieux. Elle sera de l'ordre de 10 à 13 % pour les groupements dunaires et de bas-fonds, et de l'ordre de 20 % pour les glacis.

L'étude des autres groupements confirme les résultats obtenus sur les 3 ensembles étudiés en détail, de sorte que la méthode de sondage est valable non seulement pour des groupements à structure de végétation semblable, mais encore pour tous les milieux.

2.1.3. Répartition de l'échantillonnage

Les résultats obtenus au niveau stationnel ne sont généralement pas représentatifs de l'ensemble d'un site. A titre d'exemple les valeurs de biomasse de deux stations voisines et physionomiquement homogènes d'un même site sont respectivement de 22 ± 7 et de $46 \pm 16 \text{ g}_{MS} \cdot \text{m}^{-2}$ ($n_1 = n_2 = 30$).

L'échantillonnage doit être réparti sur l'ensemble du site pour tenir compte de toute son hétérogénéité. Les difficultés de repérage et de déplacement sur le terrain ne permettant pas un échantillonnage au hasard, des prélèvements systématiques suivant un ou plusieurs transects ont été effectués.

La comparaison des divers espacements montre que les moyennes de biomasse ne sortent jamais de l'intervalle de confiance ($\alpha = 0,05$) de la mesure la plus précise (maximum de prélèvement et écartement minimum) tant que l'effectif de l'échantillon est supérieur ou égal à 30. Les précisions obtenues sur les mesures de biomasse ($n = 30$) de plusieurs sites d'une même unité de végétation mais d'étendue variable (1 ha à 1 200 ha) sont comparables. Cela montre que la surface du site à peu d'importance par rapport au nombre d'échantillons (LEVANG, 1978). Par conséquent l'espacement entre prélèvement sera déterminé par la surface du site à sonder.

Par ailleurs la comparaison de plusieurs transects dans un même site montre qu'un seul suffit à évaluer la biomasse à condition de l'orienter dans le sens du gradient apparent d'hétérogénéité lorsqu'il existe.

2.1.4. Indice d'hétérogénéité

2.1.4.1. Définition et valeurs caractéristiques.

Pour un effectif supérieur ou égal à 30, la précision obtenue sur la moyenne est inversement proportionnelle à la racine carré du nombre de prélèvement (§ 2.1.2.); la moyenne \bar{x} , l'écart type de l'échantillon s , et le coefficient de Student ($\alpha = 0,05$) sont alors stabilisés.

On a pour $n \geq 30$ $P = \frac{C^{te}}{\sqrt{n}}$ avec $C^{te} = \frac{st}{\bar{x}}$. C'est cette constante que nous appelons *indice d'hétérogénéité (IH)*. Il est égal au produit du coefficient de variation par le coefficient t de Student. Le facteur multiplicatif $t \simeq 2$ rend l'utilisation de l'indice plus commode.

Les mesures effectuées au moment de la floraison montrent que les groupements de bas-fonds ou de bords de mare ont un *IH* voisin de 0,5. Les *IH* des milieux dunaires sont compris entre 0,7 et 1,1 et ceux des glacis sont supérieurs à 2.

2.1.4.2. Intérêts de l'indice d'hétérogénéité.

a) *Indice d'hétérogénéité et recouvrement.* — On constate que le classement des groupements végétaux en fonction des valeurs de l'indice d'hétérogénéité correspond exactement à celui réalisé d'après le recouvrement du tapis herbacé. Sur la figure 4 l'*IH* est reporté en fonction de trois évaluations du recouvrement. Les données de TOUTAIN (1976) et de GROUZIS (1976) sont des évaluations « à l'œil » du recouvrement. SICOT (1976) a par contre calculé les fréquences de carrés couverts dans les mêmes

sites sur une trentaine de prélèvements. Il y a lieu de remarquer que les estimations de recouvrement datent de 1976 alors que l'indice d'hétérogénéité a été calculé d'après les mesures de 1977. On constate cependant que les corrélations sont très élevées : $0,90 < r^2 < 0,96$.

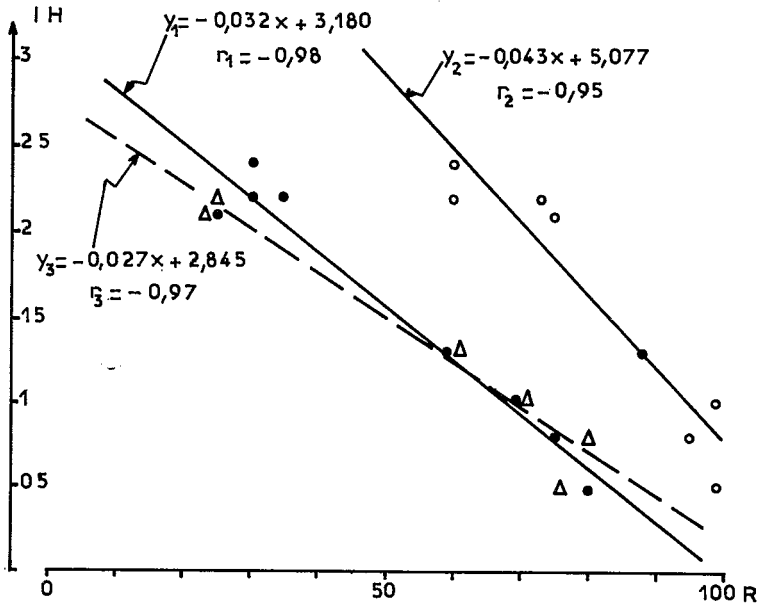


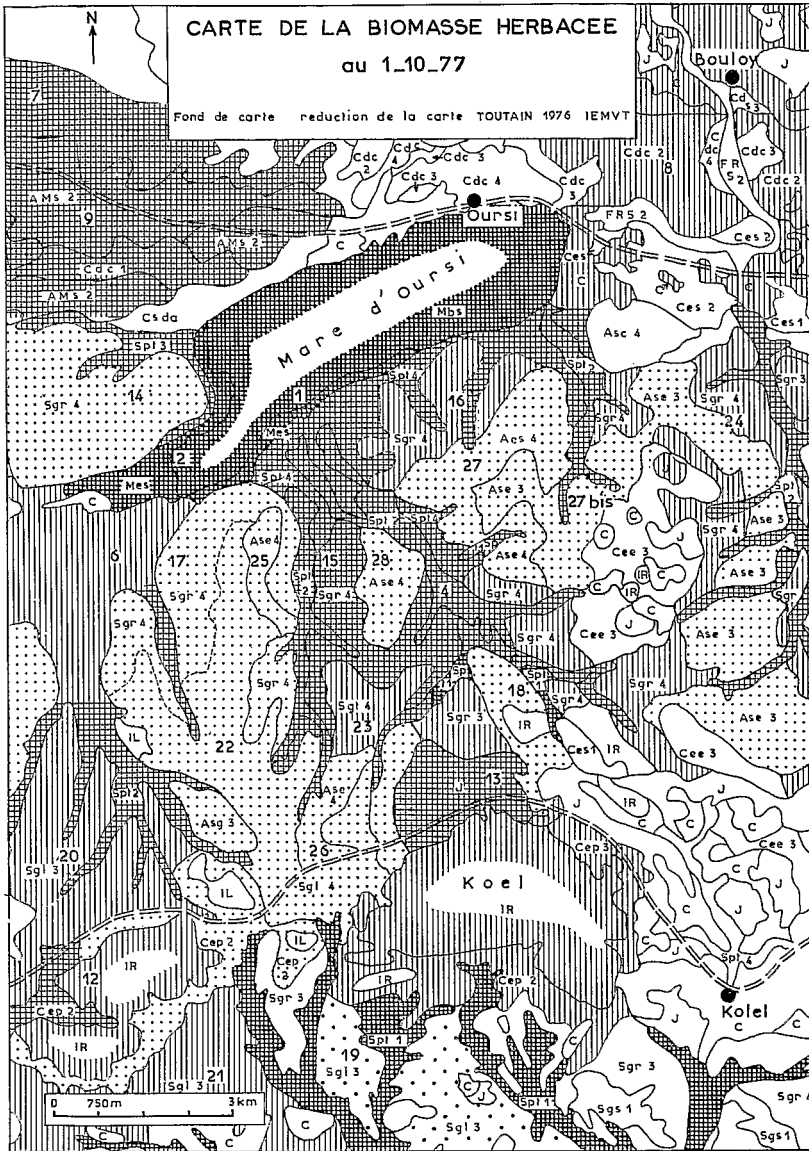
FIG. 4. — Variation de l'indice d'hétérogénéité $\left(\frac{st}{x} : IH\right)$ en fonction du recouvrement (R en %). Les droites Y1, Y2 et Y3 sont respectivement obtenues d'après les valeurs de recouvrement de GROUZIS (1976), SICOT (1976) et TOUTAIN (1976).

Par le biais de l'IH, une évaluation de la biomasse donnera également une estimation du recouvrement, mais un étalonnage plus précis sur quelques sites est nécessaire.

b) *Évolution de l'IH dans le temps.* — L'IH d'un groupement de bas-fond est passé de 0,5 au moment de la biomasse maximale à 1,2 à la fin de la saison des pluies. L'augmentation de l'hétérogénéité de ce pâturage au cours du temps est le fait d'une dégradation *non uniforme* due à l'action du bétail essentiellement. Par contre au cours de la même période les indices d'hétérogénéité des milieux dunaires sont restés remarquablement stables malgré une diminution de 20 à 30 % de la biomasse.

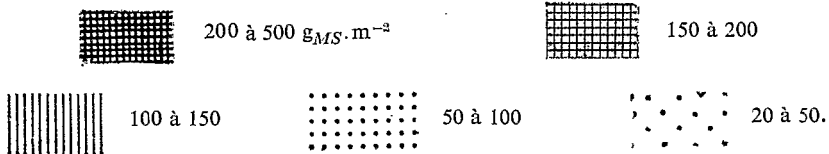
FIG. 5. — Carte de la biomasse herbacée en $g_{MS} \cdot m^{-2}$.

Les symboles représentent les groupements de TOUTAIN (1976), succinctement définis dans le tableau I. Chaque symbole est suivi d'un chiffre de 1 à 4 qui exprime l'état de la végétation (1 : bon état, 2 : début de dégradation, 3 : dégradation importante, 4 : dégradation avancée).



Les sites de mesures sont numérotés.

Les classes de biomasse sont les suivantes :



Ces milieux n'étant pas ou peu pâturés en saison des pluies, leur dégradation s'est effectuée uniformément.

Sur un même site, l'indice d'hétérogénéité, qui ne dépend pas du niveau de production, permettra de suivre l'évolution interannuelle d'un pâturage.

2.2. APPLICATION A LA MESURE DE LA BIOMASSE DU BASSIN VERSANT AU 1-10-77

Sur un secteur de la carte des ressources fourragères de TOUTAIN (1976) ont été reportés les sites de mesures de la biomasse (fig. 5). Cinq classes de biomasse ont été retenues. Cette synthèse cartographique permet de délimiter :

— des zones à biomasse élevée (supérieure à $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) correspondant aux systèmes dunaires, aux bords de mares, talwegs et glacis en bordure de marigots,

— des zones à biomasse moyenne (1 à $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) correspondant à des glacis en situation d'impluvium ou bien à des dunes et des bas-fonds dégradés,

— des zones à biomasse faible ($0,2$ à $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) correspondant à des glacis très étendus.

L'examen de cette carte montre que des groupements floristiquement distincts appartiennent à la même classe de biomasse (ex. : sites 13, 15, 9), et que des unités de végétation identiques ont des biomasses différentes. La grande variabilité des rendements des glacis est imputable dans certains cas à leur position topographique. Bien que situé au pied du massif de Koel, le site 19, qui a une biomasse de $0,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ne bénéficie pas des eaux de ruissellement parce qu'un réseau dense de marigots les détourne même du massif rocheux. Par contre le site 18 est en situation d'impluvium très favorable surtout dans sa partie centrale où la biomasse est de $1,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tous les sites de glacis à biomasse plus élevée que la moyenne ($0,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) sont situés en bordure de marigots (ex. : sites 15, 16, 20, 23) où en position d'impluvium (ex. : sites 18, 20, 21).

La biomasse des groupements dunaires est plus faible à l'est du village d'Oursi (site 8) qu'à l'ouest (site 7), en raison des passages fréquents des troupeaux de Bouloy se rendant à la mare. De même la biomasse du site 6 est plus faible par rapport à la moyenne des bas-fonds. Ceci s'explique par le grand nombre de campements installé sur ces lieux pendant la saison des pluies.

3. DISCUSSION. CONCLUSION

Le but de ce travail a été de mettre au point une méthode d'évaluation de la biomasse herbacée à petite échelle (environ 25 000 ha) qui a été appliquée au bassin versant de la Mare d'Oursi.

L'étude de l'influence de la surface, du nombre de prélèvement et de la répartition de l'échantillonnage a été réalisée dans trois groupements végétaux appartenant à trois ensembles définis par la structure de la végétation et les types de sols occupés. La généralisation de la méthode a été testée dans quatre autres groupements.

Les principaux résultats font apparaître que :

— les moyennes ne sont pas significativement affectées par l'augmentation de la surface de prélèvement, alors que l'écart type est généralement diminué,

— l'augmentation de l'effectif de l'échantillonnage au-delà de 20 répétitions n'influence ni la moyenne ni l'écart type de l'échantillon,

— la meilleure précision est obtenue avec la surface et le nombre de prélèvements maximaux. Cependant pour un niveau de précision donné, nous avons le choix entre plusieurs couples (S, n). Le couple occasionnant le moindre travail ($S \times n$ minimum) sera retenu. C'est dans tous les cas celui où S est égal à 1 m^2 , ce qui corrobore les résultats de FRIEDEL (1977). En ce qui nous concerne, la précision choisie est celle qui correspond à l'efficacité maximale du nombre de prélèvements, c'est-à-dire, trente à quarante.

Trente à quarante prélèvements de 1 m^2 donneront une évaluation satisfaisante de la biomasse à un coût de sondage réduit, à condition de les répartir suivant un transect dans le site, pour tenir compte de son hétérogénéité.

L'application de cette méthode, relativement rapide et objective, au bassin versant de la Mare d'Oursi a permis d'évaluer la biomasse épigée de ce secteur. Précisons qu'il s'agit de la biomasse et non de la production nette, bien que les deux paramètres puissent être confondus sans grand risque d'erreurs dans les zones où le cycle des thérophytes est court (SINGH *et al.*, 1975).

L'utilisation de la méthode permettra de suivre les variations interannuelles, non seulement de la production d'une zone assez étendue, mais encore de la structure de la végétation (recouvrement par l'intermédiaire de l'indice d'hétérogénéité) en relation avec les facteurs du milieu et tout particulièrement des précipitations. Pour ces mesures, il importe cependant de considérer une date physiologique (floraison, fructification...) et non une date chronologique car le cycle végétatif est étroitement lié à la quantité et à la répartition des pluies, si bien que le même stade phénologique n'est pas atteint chaque année à la même époque. De même le rythme saisonnier d'exploitation des différents parcours pourra être déterminé.

Les différences de production relevées entre sites appartenant à la même unité floristique peuvent s'expliquer non seulement par les caractéristiques physiques du milieu (topographie, hydrographie, substrat édaphique...) mais encore par la proximité de points d'eau, de campements, ou le passage d'animaux.

Il est important de considérer ces différences de niveau de production lors de l'évaluation de la capacité de charge afin de déterminer le régime d'exploitation le plus adapté au pâturage naturel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1975. — Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux africains. Actes du Colloque C. I. P. E. A., Bamako, 3-8 mars 1975.
- AUBREVILLE A., 1949. — *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Soc. Éd. géogr. marit. colon., Paris, 351 p.
- BERNARD A., 1978. — *Observations climatologiques à la station météorologique de Djalafranka. Mare d'Oursi. Juin 1976 à décembre 1977*. Rapp. multigr., ORSTOM, Ouagadougou, 91 p.
- BOUDET G., 1975. — *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. Ministère de la Coopération, Paris, 254 p.
- BOUDET G. & BAEYENS F., 1963. — Une méthode d'étude et de cartographie des pâturages tropicaux. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 16, 2, 191-219.
- FRIEDEL M. H., 1977. — The determination of an optimum sampling technique for biomass of herbaceous vegetation in a Central Australian Woodland. *Aust. J. Ecology*, 2, 429-433.
- GROUZIS M., 1976. — *Rapport de Mission en Haute-Volta, Programme « Mare d'Oursi », 3 octobre-1^{er} novembre 1976*. Rapp. multigr., ORSTOM, Ouagadougou, 15 p.
- HOUSTON W. R. & REED M. J., 1959. — *Size and shape of plot for determining herbage yields of native range in the Northern Great Plains*. Unpublished data on file U. S. Range livestock Exp. Sta., Miles City, Mont.

- JAIN M. G., — 1967. — Studies in the techniques of field trials in range lands. 1. Size, shape and arrangement of plots. *Ann. Arid Zone*, **6**, 129-137.
- LEPRUN J. C., 1977. — *Esquisse pédologique à 1/50 000 des alentours de la Mare d'Oursi avec notice et analyse des sols*. A. C. C. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta). DGRST-ORSTOM, 53 p., 1 carte h. t.
- LEVANG P., 1978. — *Biomasse herbacée de formations sahéliennes : étude méthodologique et application au bassin versant de la Mare d'Oursi*. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan. Action complémentaire coordonnée DGRST-ORSTOM, 34 p., figures, tableaux et carte h. t.
- MISHRA G. P. & JAIN S. K., 1971. — Effect of plot size and shape on above-ground plant biomass in a grassland. *Botanical Society Bulletin*, **4**, 25-28.
- SICOT M., 1976. — *Évaluation de la production fourragère herbacée en 1976*. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan. Action complémentaire coordonnée, DGRST-ORSTOM, 45 p. + ann.
- SINGH J. S., LAUENROTH W. K. & STEINHORST R. K., 1975. — Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. *Botanical Rev.*, **41**, 2, 181-232.
- TADMOR N. H., BRIEGHET A., NOY-MEIR I., BENJAMIN R. W. & EYAL E., 1975. — An evaluation of calibrated weight-estimate method for measuring production in annual vegetation. *J. Range Manage.*, **28**, 1, 65-69.
- TOUTAIN B., 1976. — *Notice de la carte des ressources fourragères au 1/50 000*. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan. Action complémentaire coordonnée DGRST-ORSTOM. GERDAT-IEMVT, 61 p., graph. + 1 carte au 1/50 000 h. t.
- VAN DYNE G. M., VOGEL W. G. & FISSER H. G., 1963. — Influence of small plot size and shape on range herbage production estimates. *Ecology*, **44**, 746-759.
- WIEGERT R. G., 1962. — The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs. *Ecology*, **43**, 1, 125-129.