

# Déterminisme de la biomasse et des immobilisations minérales de la strate herbacée des parcours naturels sahéliens

Marcel SICOT  
Chercheur ORSTOM  
ORSTOM, B.P. 182, Ouagadougou,  
Haute-Volta

## Résumé

*La production fourragère et les immobilisations minérales de la strate herbacée ont été mesurées dans les pâturages naturels représentatifs du bassin versant de la Mare d'Oursi. Il est montré que l'eau, principal facteur limitant pour la biomasse et la minéralomasse, masque par son action les effets principaux des facteurs chimiques. En milieu sahélien des productions et des immobilisations minérales faibles et hétérogènes sont normales en raison du déficit hydrique. Elles relèvent sans biais de processus liant le bilan hydrique approché par le stock d'eau infiltré dans le sol à la croissance végétative et aux phénomènes vitaux. L'incidence de la texture et de la situation topographique du profil pédologique sur la pénétration et la circulation de l'eau dans le sol font des milieux sableux, des dépressions et des mares des sites favorables à l'installation et au développement de la végétation.*

**Mots-clés :** Fourrage - Biomasse - Immobilisations minérales - Bilan hydrique, pâturages - Sahel - Haute-Volta.

## Summary

ECOLOGICAL FACTORS OF BIOMASS PRODUCTION AND MINERAL IMMOBILISATIONS OF HERBACEOUS STRATUM OF SAHELIAN NATURAL PASTURES

*Dry matter production and mineral immobilisations of the herbaceous stratum are measured in the representative natural pastures of Mare d'Oursi's catchment area.*

*It is shown that water balance is the most important limiting factor of plant growth and mineral absorption : the principal effects of the other ecological factors are fully hidden.*

*In this sahelian environment heterogeneous space distribution of small quantities of biomass and mineral immobilisations are quite normal because of the degree of water deficit.*

*Textural properties and topographical situation of the ground make that sandy soils, depression and pond surroundings are propitious mediums for vegetation development.*

**Key words :** Fodder - Biomass - Mineral immobilisations - Water budget - Pasture - Sahel - Upper-Volta.

## INTRODUCTION

Le maintien de la vie dans la zone sahélienne sinistrée par des années de sécheresse consécutives passe par une réorganisation des activités agricoles et pastorales fondée sur la connaissance approfondie du milieu naturel.

Celle-ci étant à l'heure actuelle fragmentaire et disparate, dans le temps comme dans l'espace, des programmes intégrés de recherches ont été suscités en vue de combler cette lancune.

C'est dans ce contexte que se situe l'Action complémentaire concertée de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique Française dans l'Oudalan, en Haute-Volta.

Sur le plan agrobotanique, elle a débuté en 1976 par une campagne d'observations phénologiques et de mesures phytomasse herbacée dans les différents types de pâturages du bassin versant de la mare d'OURSIS.

Cette opération était la phase préliminaire d'un programme de recherches bipartite, axé sur l'étude analytique la couverture et de la biomasse végétales d'une part et du bilan hydrique d'autre part (SICOT, 1976).

Elle visait, à l'échelle du bassin, à : évaluer la biomasse fourragère herbacée, définir et limiter à l'indispensable un échantillonnage élaboré en l'absence de documents écologiques de base et à faciliter l'implantation d'un dispositif pérenne pour les investigations futures.

Dans cet article, sont exposées les principales données de biomasse et d'immobilisations minérales de la strate herbacée ainsi que leur déterminisme, sur un plan très général.

## 1. LE MILIEU

D'une superficie d'environ 60 000 ha, le bassin versant de la Mare d'Oursi est situé entre 14° 30' et 14°

TABLEAU Ia

Caractéristiques pédologiques des sols à texture grossière de la Mare d'Oursi.

Groupements végétaux		AMs, Cdc, Cds	Cep, Csd	Asc, Ase, Asg
Caractéristiques		Sols brun - rouge		
		Sols ferrugineux tropicaux		
Granulométriques	Argile (% MS)	8,7 - 3,1	3,5 - 17,4	9,2 - 34,6
	Limon fin (% MS)	2,9 - 0,1	1,9 - 5,6	2,5 - 6,9
	Limon grossier (% MS)	1,2 - 0,1	0,7 - 3,3	2,5 - 0,8
	Sable fin (% MS)	54,2 - 60,4	48 - 35,4	46,7 - 15,4
	Sable grossier (% MS)	27,5 - 46,0	47,4 - 36,3	38,1 - 36,7
	Matière organique totale (% MS)	0,2 - 0,1	0,4 - 0,3	0,4
	Organo-minérales	Carbone total (% MS)	1,24 - 0,64	2,36 - 2,0
Azote total (% MS)		0,14 - 0,04	0,26 - 0,20	0,14
C/N		8,9 - 16,0	9,1 - 10,0	14,9
Taux d'humification (%)		31,9 - 35,9	19,9 - 40,5	28,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable (% MS)			0,0 - 0,06	
pH (eau)		6,2 - 6,8	6,9 - 7,5	6,6 - 7,4
Somme des bases échangeables (meq % MS)		0,58 - 3,28	2,11 - 5,69	2,58 - 9,71
Capacité d'échange (meq % MS)		4,30 - 3,28	2,32 - 4,73	4,29 - 9,27
Taux de saturation (%)		33 - 76	80 - 100	60 - 100
Hydro-dynamiques		Densité cm <sup>3</sup> / cm <sup>3</sup>	1,57 - 1,65	1,48 - 1,60
	Porosité totale (% volume)	33,1 - 36,8	32,0 - 35,5	24,5 - 32,3
	Indice d'instabilité structurale	0,5	0,3 - 0,5	3,0
	Perméabilité (cm/h)	4,7 - 18,0	3,2 - 1,3	0,4 - 1,2
	Humidité à pF 2,5 (% MS)	4,5 - 1,6	2,9 - 9,6	7,2 - 16,7
	3,0 (% MS)	3,3 - 0,9	2,0 - 6,8	5,0 - 14,2
	4,2 (% MS)	2,9 - 0,5	1,7 - 4,4	2,7 - 10,2

TABLEAU Ib

Caractéristiques pédologiques des sols à texture fine de la mare d'Oursi.

Groupements végétaux		Sgl	Sgr	Spt, FRs
Caractéristiques pédologiques		Sols bruns subarides modaux		Sols bruns subarides vertiques
Granulométriques	Argile (% MS)	33,2 - 3,6	33,5 - 36,4	37,2 - 47,6
	Kaolinite (% d'argile)	11 - 20	10 - 27	47 - 61
	Montmorillonite (°)	80 - 89	73 - 90	31 - 51
	Beidellite (°)	0,10 - 0,6	0,17 - 0,6	0 - 0,47
	Illite (°)	0 -	0 -	0 - 7
	Limon fin (% MS)	9,5 - 16,5	12,7 - 8,0	9,1 - 12,7
	Limon grossier (% MS)	3,3 - 7,1	3,0 - 8,3	2,0 - 5,1
	Sable fin (% MS)	26,3 - 27,4	23,2 - 8,0	16,1 - 27,9
	Sable grossier (%)	21,0 - 10,4	18,8 - 53,6	13,6 - 22,5
	Matière organique totale (% MS)		0,7 - 0,3	1,1
Organo-minérales	Carbone total (% MS)		3,82 - 1,62	6,3
	Azote total (% MS)		0,24 - 0,1	0,58
	Taux d'humification (%)		15,9 - 10,1	10,9
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable			
	pH (eau)	7,6 - 8,7	7,5 - 9,5	6,9 - 8,6
	Somme des bases échangeables (meq % MS)	18,61 - 29,63	3,88 - 18,66	5,66 - 18,68
	Capacité d'échange (meq % MS)	12,80 - 30,27	3,38 - 18,24	13,93 - 18,77
	Taux de saturation (%)	100	88 - 100	28 - 100
Hydro-dynamiques	Densité cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	1,50 - 1,75	1,59 - 1,90	1,42 - 1,61
	Porosité totale (% volume)	18,6 - 31,4	19,2 - 32,7	25,5 - 18,3
	Indice d'instabilité structurale	4,9 - 8,0	5,4 - 5,6	4,4 - 4,7
	Perméabilité (cm/h)	2,1 - 0,8	0,5 - 1,5	
	Humidité à pF 2,5 (% MS)	18,3 - 31,4	21,6 - 9,4	
	« 3,0 «	14,0 - 24,8	15,5 - 6,9	17,5 - 21,2
« 4,2 «	4,4 - 16,4	11,0 - 13,9	11,0 - 13,9	

45' de latitude nord et 0° 20' et 0° 40' de longitude ouest.

Il fait partie, selon la nomenclature d'AUBREVILLE (1949), de la bordure méridionale de la zone soudano-sahélienne, laquelle se caractérise essentiellement par des pluies d'été inférieures à 650 mm tombant en averse orageuses.

Il est constitué par un ensemble dunaire orienté est-ouest, point de départ d'une suite d'ergs qui se prolonge jusqu'au désert au nord, et par le socle métamorphique précambien. Celui-ci est surmonté d'affleurements cristallins et de buttes latéritiques et entaillé par les talwegs des marigots en arêtes de poisson qui rayonnent autour de la Mare.

Les sols sont très diversifiés. On distingue (LEBRUN, 1977) :

— des sols lithosols et sols peu évolués sur cuirasse ferrugineuse,

— des sols ferrugineux sur argiles ou sables éoliens, anciens ou récents,  
— différents sols bruns sur matériaux divers: sols bruns eutrophes vertiques, sols bruns subarides, vertisols halomorphes...

Les tableaux Ia et Ib résument leurs propriétés physico-chimiques. Ils suscitent les commentaires suivants : en dehors des sables, ce sont souvent de mauvais supports physiques pour les plantes en raison de leur compacité, leur faible porosité et leur imperméabilité s'oppose à la circulation de l'eau. Ils sont généralement bien saturés et bien pourvus en éléments minéraux.

Cependant, à cause du lessivage en milieux sableux ou du ruissellement sur glaciis limono-argileux, des sub-carences superficielles sont à craindre, notamment pour l'azote, le phosphore et le potassium (voir ci-après).

La végétation naturelle est une formation herbacée dominée par des graminées annuelles : *Cenchrus biflo-*

rus et *Aristida mutabilis* en milieu sableux, *Schoenfeldia gracilis*, *Aristida adscensionis* et *Zornia glochidiata* en glaciis, *Schoenfeldia gracilis* et *Panicum laetum* en basfonds.

La strate ligneuse, très ouverte, est en grande partie constituée d'épineux : *Acacia raddiana*, *A. Laeta*, *A. senegal*, *A. adansonii*, *Balanites egyptiaca* *Ziziphus mauritiana*...

L'étude agrostologique effectuée par TOUTAIN (1976) a discriminé vingt trois groupements végétaux.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. ECHANTILLONNAGE DU BASSIN

Cette disparité phytosociologique a rendu nécessaire l'échantillonnage du bassin. La méthodologie appliquée est résumée ci-après.

Parmi les différents types de pâturages, quatorze ont été sélectionnés en raison des critères écologiques di-

vers (SICOT 1976). Il s'agit, selon la nomenclature de TOUTAIN, des groupements :

- des milieux sableux : dunes (Cdc), pénéplaines interdunaires (Ams), piémonts sableux (Cep), ensablements superficiels (Cee, Ces), sable enrichi en argile des dépressions interdunaires (Csd),
- des glaciis limono-argileux (Sgl et Sgr),
- des pédiments à texture grossière (Asc, Ase et Asg),
- des talwegs et bas-fonds (Spt et FRs),
- des mares (Mes),
- et des cuirasses et affleurements rocheux (IL et IR), dont les abréviations se réfèrent à la fois aux espèces dominantes et à la situation géomorphologique : (cf. Annexe).

Le nombre de répétitions fonction de l'espace occupé ou de l'intérêt agronomique d'une part, des contraintes matérielles d'autre part, a fait prendre en considération 43 sites de mesure de 2 à 4 km<sup>2</sup> de surface en moyenne. Ils sont localisés selon le plan de la figure 1.

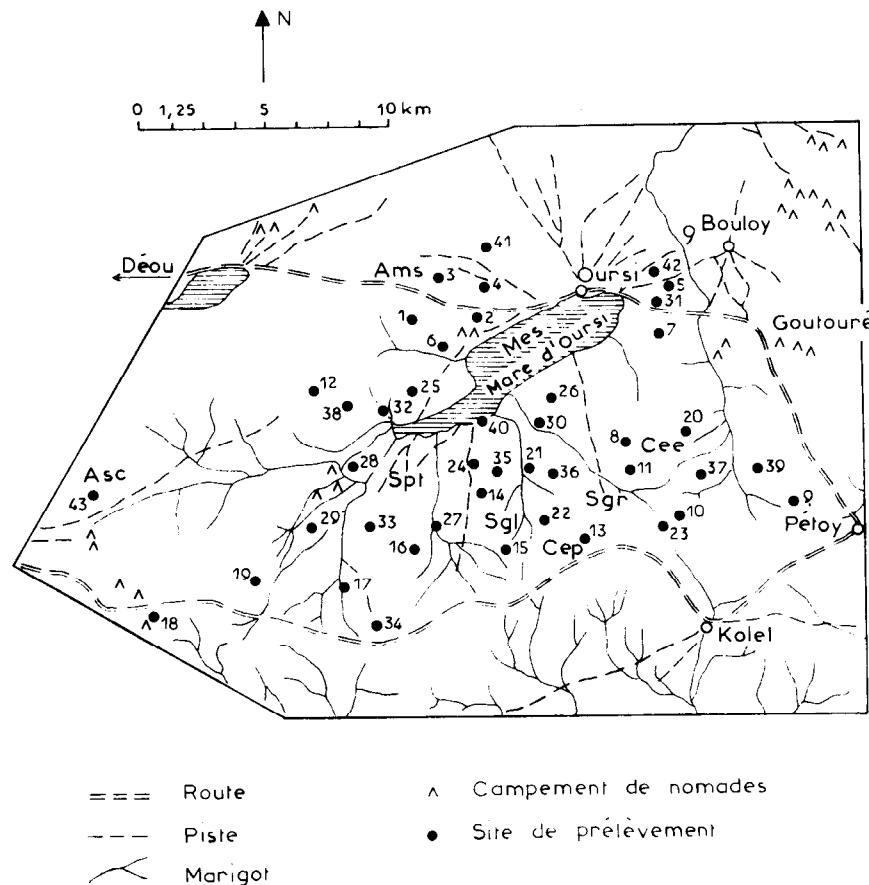


Fig. 1. — Localisation des sites de mesure de biomasse dans le périmètre d'étude.

## 2.2. MESURE DE LA BIOMASSE VÉGÉTALE

« A ce stade du programme et suivant les objectifs définis, on s'est seulement intéressé à la production apparente à savoir :

- le standing-crop à la fin de la saison humide, c'est à dire l'ensemble des organes aériens dressés à la surface du sol et tenant lieu de réserve fourragère sur pied en saison sèche,
- et la litière, couche de débris organiques divers parmi lesquels abondent des feuilles mortes et des diaspores. »

La couverture végétale est très irrégulièrement répartie à l'intérieur du site de mesure. On y distingue des plages de sol nu ou couvert de végétation. La présence ou l'absence de celles-ci dépend de diverses caractéristiques du substrat, du micro-relief en particulier.

L'hétérogénéité à l'intérieur des plages de végétation est moins importante que celle découlant de la distribution de ces plages dans le site de mesure (SICOT, 1976).

Par suite, les techniques de mesures retenues ont surtout visé à cerner l'hétérogénéité de l'unité d'échantillonnage. A cette occasion, a été utilisée une méthode d'échantillonnage systématique pour l'estimation de la biomasse végétale à petite échelle (SICOT, 1976), reprise et approfondie par LEVANG (1977). Elle consiste à mesurer séparément la biomasse du fourrage et de la litière dans des placettes de 1m x 1m, délimitées par un cadre métallique. Les prélèvements se font à intervalles réguliers (50, 100 ou 200 m selon l'étendue et l'homogénéité du milieu), le long des deux diagonales, de manière à saisir le maximum des éventuels gradients d'hétérogénéité du site.

TABLEAU II

*Synoptique des ressources fourragères du bassin versant de la Mare d'Oursi\**

Classes géomorphologiques	Groupements Agrostologiques	Superficie (ha)	Rendement (t MS/ha)			Biomasse (t MS/ha)		
			Fourrage	Litière	Total	Fourrage	Litière	Total
Dunes et piémonts sableux	AMs	6.284	1,4	0,44	1,84	8.798	2.765	11.563
	Cdc	6.252	1,47	0,53	2,00	9.190	3.314	12.504
	Cee - Ces	3.710	0,76	0,29	1,05	2.820	1.076	3.896
	Cep - Cds	3.790	0,97	0,50	1,47	3.676	1.895	5.571
	Csd	720	0,73	0,47	1,20	526	338	864
Glacis Talwegs Bas-fonds	Sgl	5.196	0,37	0,11	0,48	1.923	572	2.495
	Sgr	10.633	0,39	0,14	0,53	4.147	1.489	5.636
	Spt - FRs	7.180	1,22	0,33	1,55	8.760	2.369	11.129
Pédiments	Ase	4.142	0,68	0,26	0,94	2.817	1.077	3.894
	Asg	1.151	0,76	0,28	1,04	875	322	1.197
	Asc	4.558	0,69	0,18	0,87	3.145	820	3.965
Mares	Mes	2.703	6,88	0	6,88	18.597	0	18.599
Lithosols	IR - IL	3.246						
Moyenne			1,26	0,27	1,53	1,10	0,27	1,37
Total		59.565				65.274	16.037	81.311

\* Non compris les terres cultivées et leurs résidus de récolte.

Quarante mesures par sondage ont été recueillies dans le cas le plus général. Ce nombre est réduit à 20-25 dans les sites physionomiquement homogènes, c'est-à-dire à strate herbacée d'aspect uniforme et continu : AMs, Cdc, Spt et FRs.

La campagne de mesure a été faite au mois d'octobre 1976, dans des sites apparemment non encore pâturés par le bétail. La biomasse mesurée représente donc la production primaire nette emputée des pertes par auto-dégradation, activité des micro-organismes ou des dégâts causés par la faune qui seraient passés inaperçus au moment des prélèvements.

### 2.3. LA COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES ET LITIÈRES

Elle est déterminée sur des échantillons composites dérivant des prélèvements élémentaires.

Les méthodes d'analyse sont celles couramment utilisées aux laboratoires de l'ORSTOM, d'analyses pédologiques à Dakar (Sénégal) et de diagnostic foliaire à Bondy (France).

Les données de pluviométrie et de ruissellement découlent respectivement de mesures directes et d'estimations à partir des écoulements des marigots du voisinage (CLAUDE *et al.* 1978) ou de parcelles de ruissellement (CTFT, 1977).

## 3. RÉSULTATS

### 3.1. BIOMASSE DE LA STRATE HERBACÉE

La production végétale des différents parcours : fourrage sur pied et litière ainsi que la biomasse totale des principales zones d'équipotentialité sont reportées au tableau II.

L'examen des rendements montre que le partage de la biomasse épigée en fourrage et litière est complètement aléatoire au moment des prélèvements. Même si on fait abstraction du groupement Mes, où il n'y a pas de litière, la valeur instantanée du rapport litière/biomasse totale varie de 26 à 64 %.

Ce rapport résulte de fluctuations spatio-temporelles du matériel végétal, lesquelles sont fonctions des variations du milieu, de l'incidence des intempéries et du stade phénologique inducteur d'hétérogénéités particulièrement importantes en fin de cycle. La comparaison des biomasses pour être valable doit concerner ensemble des composantes de l'appareil épigé du végétal.

La production fourragère est faible, fait général

pour la zone sahélienne, malgré l'existence du site de la mare plus favorable à la croissance végétale.

### 3.2. COMPOSITION CHIMIQUE DU FOURRAGE

Aux tableaux IIIa et IIIb, sont données séparément les compositions chimiques du fourrage sur pied et de la litière non incorporée au sol pour les différents pâturages et le bassin.

Sur un plan très général, les compositions chimiques de ces produits végétaux sont très hétérogènes pour deux raisons : travail en milieu naturel contrôlé uniquement par un échantillonnage basé sur les facteurs écologiques, variations de la composition floristique du couvert, du stade phénologique du matériel végétal et du rapport allométrique des différents organes (tiges, feuilles, graines).

L'hétérogénéité, très élevée à partir de la phase de sénescence, est aggravée par des souillures diverses. Il s'en suit qu'il est difficile de situer dans un tel contexte les variations de teneur minérale. Ces variations sont cependant significatives pour certaines.

On note par ailleurs que la plupart des fluctuations de la composition du fourrage des différents groupements végétaux sont du même ordre que celles rencontrées pour un même groupement.

Il est inutile, dans ces conditions, d'approfondir l'analyse de ces résultats et la teneur élémentaire des fourrages peut être considérée comme indépendante de celle du substrat dans les conditions d'observation. La comparaison des tableaux Ia, Ib, et IIIa, IIIb, le confirme.

Exception faite pour le potassium, les teneurs élémentaires sont supérieures dans la litière. Ce fait, anormal en ce qui concerne les éléments majeurs, est provoqué par la chute des diaspores plus pauvres en potassium mais plus riches en azote, calcium et magnésium.

Pour la plupart des groupements végétaux, on constate que :

- les cendres totales ou insolubles à l'acide chlorhydrique, augmentées par les souillures importantes en bas-fonds ou en glacis, sont élevées,
- les teneurs en azote, phosphore et potassium sont faibles,
- les teneurs en calcium et magnésium sont moyennes.

Les pâturages des bas-fonds et de la mare se distinguent, les premiers par des teneurs élémentaires particulièrement faibles en raison de l'entraînement des éléments chimiques du sol et de la plante, les seconds par des teneurs normales à cause de l'accumulation de ces éléments dans la mare.

TABLEAU IIIa

Composition minérale du fourrage sur pied des différents pâturages au mois d'Octobre (% MS)

Groupements végétaux		N	P	K	Ca	Mg	Ins.	Mat. Min. totales
Dunes piémonts sableux	Ams	0,62	0,038	0,77	0,32	0,20	3,31	6,36
		0,29	0,42	0,55	0,27	0,33	0,55	0,07
	Cdc	0,45	0,16	1,04	0,28	0,18	2,80	5,94
		0,08	0,88	0,25	0,19	0,23	0,28	0,04
	Ces	0,84	0,086	1,15	0,35	0,18	4,28	7,64
		0,59	0,036	0,36	0,31	0,16	5,49	7,60
	Cee	0,21	0,49	0,67	0,28	0,21	0,20	0,16
		0,74	0,22	1,17	0,61	0,27	3,84	8,13
Cep - Cds	0,18	0,18	0,92	0,56	0,10	0,32	0,18	
	0,67	0,040	0,39	0,26	0,13	4,92	6,70	
Glacis, talwegs, bas-fonds	Sgl	0,64	0,029	0,39	0,30	0,16	10,7	13,3
		0,28	0,31	0,11	0,17	0,13	0,05	0,06
	Sgr	0,50	0,032	0,45	0,28	0,16	9,28	11,4
		0,20	0,59	0,29	0,09	0,21	0,10	0,08
	Spt	0,46	0,069	0,60	0,30	0,16	7,58	10,6
		0,07	0,38	0,42	0,33	0,19	0,31	0,27
Pédiments	Frs	0,60	0,060	0,58	0,30	0,15	4,88	7,12
	Ase	0,56	0,045	0,45	0,30	0,17	6,70	9,22
		0,13	0,44	0,20	0,23	0,18	0,21	0,16
Mares	Asg	0,64	0,074	0,54	0,34	0,21	7,9	10,7
		0,77	0,07	0,04	0,12	0,0	0,16	0,15
	Mes	0,99	0,124	1,49	0,24	0,16	16,0	22,0
	Moyenne	0,64	0,078	0,72	0,32	0,18	6,74	9,75
		0,24	0,62	0,50	0,30	0,20		

TABLEAU IIIb

Composition minérale de la litière dans les différents pâturages du bassin au mois d'octobre (% MS)

Groupements végétaux		N	P	K	Ca	Mg	Ins.	Mat. Min.
Dunes et piémonts sableux	AMs	0,69	0,065	0,29	0,37	0,17	13,3	16,3
		0,32	0,38	0,68	0,38	0,56	0,43	0,19
	Cdc	0,95	0,078	0,38	0,45	0,22	14,1	17,8
		0,29	0,42	0,19	0,20	0,27	0,52	0,24
	Ces	1,46	0,173	0,82	0,38	0,23	13,4	17,8
		0,	0,68	0,25	0,06	0,28	0,20	0,21
	Cee	1,10	0,076	0,23	0,36	0,13	16,6	19,6
		0,09	0,88	0,32	0,28	0,23	0,08	0,06
Cep - Cds	1,24	0,158	0,42	0,54	0,20	13,9	17,9	
	0,30	0,10	0,63	0,15	0,14	0,01	0,06	
	Csd	1,53	0,119	0,52	0,48	0,21	8,4	12,2
Glacis, talwegs bas-fonds	Sgl	1,13	0,096	0,49	0,26	0,19	14,6	18,2
		0,20	0,14	0,09	0,19	0,19	0,05	0,01
	Sgr	0,81	0,053	0,26	0,29	0,15	19,3	22,5
		0,17	0,15	0,65	0,12	0,37	0,16	0,15
	Spt	0,66	0,089	0,39	0,44	0,22	26,1	30,6
	0,12	0,25	0,61	0,20	0,64	0,28	0,26	
Pédiments	FRs	1,13	0,117	0,48	0,51	0,19	17,5	21,5
	Ase	0,97	0,087	0,24	0,36	0,15	29,3	32,6
		0,34	0,40	0,52	0,43	0,17	0,42	0,40
Mares	Asg	1,33	0,110	0,44	0,54	0,20	21,5	25,8
		0,21	0,10	0,15	0,08	0,07	0,26	0,23
	Mes							
	Moyenne	1,08	0,102	0,41	0,42	0,19	17,3	21,1
		0,27	0,36	0,39	0,25	0,17		

### 3.3. IMMOBILISATIONS MINÉRALES DE LA STRATE HERBACÉE

Les immobilisations minérales présentées aux tableaux IVa et IVb sont faibles en raison de la médiocrité des rendements fourragers et de la faiblesse de leurs teneurs en éléments minéraux.

La proportion bloquée dans la litière, en moyenne 40 % pour l'azote et le phosphore, 30 % pour le calcium et le magnésium et 20 % pour le potassium, n'est pas négligeable, doit jouer un rôle important sur la nutrition animale et à plus long terme influencer sur la distribution de la couverture végétale, car elle est entraînée par les premières pluies.

Ces valeurs comparées à celles trouvées par BILLE (1977), dans le Sahel sénégalais (Ferlo) sont du même ordre de grandeur pour l'azote et le calcium et légèrement supérieures pour le phosphore, le potassium et le magnésium. Elles sont par contre nettement inférieures aux immobilisations des pâturages en milieu guinéen : se reporter à titre d'exemple aux données publiées par HAINNAUX *et al.* (1973) pour le potassium.

## DISCUSSION

### 4.1. DÉTERMINISME DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE VÉGÉTALE

#### 4.1.1. Comparaison de la biomasse végétale à la pluviométrie efficace

Le regroupement des rendements fourragers en fonction des caractéristiques géomorphologiques et

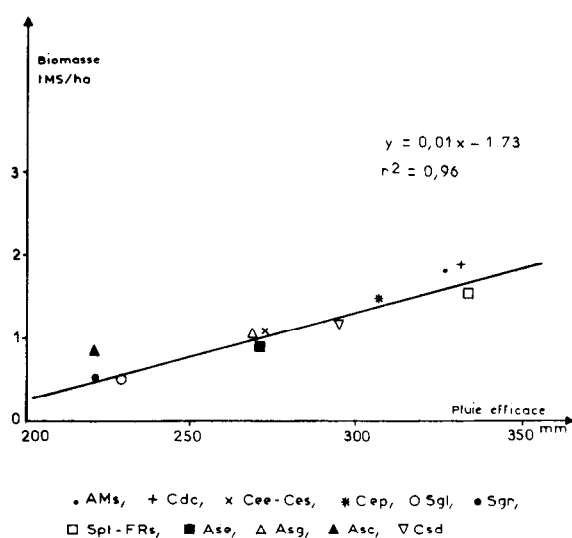


Fig. 2. — Biomasse fourragère des différents pâturages en fonction de la pluviométrie efficace.

texturales du substrat fait ressortir l'action des apports hydriques locaux.

Appelons pluviométrie efficace la quantité d'eau s'infiltrant dans le sol :

Pluviométrie efficace = Pluviométrie atmosphérique - ruissellement

Les biomasses des différents pâturages sont reportées à la figure 2 en fonction de cette grandeur.

Il existe une liaison hautement significative entre cette pluviométrie efficace X et la production de fourrage Y des différents pâturages :

$$Y = 0,01 X - 1,73 \quad \text{avec } r^2 = 0,96$$

A partir de 173 mm d'eau infiltrée qui servent apparemment à restaurer la réserve hydrique du sol à un niveau assimilable par la plante, 1 mm du stock produit 0,01 tonne de matière sèche par hectare. La proportionnalité de la croissance de la production en fonction de la pluie efficace indique que le facteur eau est fortement limitant.

Les nombreuses études agrostologiques effectuées dans le Sahel comportent toutes des données de biomasse végétale : (VELENZA et FAYOLLE, VALENZA et DIALLO, GASTON et BOTTE, MOREL et BOURLIÈRE, GILLET...).

Elles sont pour la plupart non utilisables comme termes de comparaison et de généralisation de cette relation en milieu sahélien, car l'information est incomplète pour ce qui est de l'échantillonnage des mesures et surtout la pluviométrie est souvent la pluviométrie moyenne de la station pluviométrique la plus proche.

L'estimation de la biomasse végétale en fonction de la pluviométrie annuelle a été tentée au Mali par BREMAN et DAIRRA (1975), BREMAN (1975).

Avec des mesures distantes de 50 km le long de la route Bamako-Nara, ils trouvent une double relation :

$$R(\text{kg/ha}) = 0,9 P(\text{mm}) + 720 \text{ pour } 1\ 000 < P < 400$$

$$R(\text{kg/ha}) = 2,4 P(\text{mm}) + 150 \text{ pour } 44 < P < 1\ 500$$

soit

$$R(\text{t/ha}) = 0,0009 P(\text{mm}) + 0,720 \quad (1)$$

$$R(\text{t/ha}) = 0,0024 P(\text{mm}) + 0,150 \quad (2)$$

avec R = biomasse annuelle végétale P = pluviométrie annuelle.

Il est à remarquer que les auteurs ont bien des difficultés pour ajuster les biomasses mesurées à ces relations sur la base des pluies de l'année comme des pluies moyennes (DIERRA et BREMAN, 1975). Ces difficultés résultent de l'imprécision des mesures pluviométriques, du mélange de milieux très divers (zones sèches et zones humides), sans tenir compte du comportement hydrodynamique particulier à chaque sol à l'égard de la pluie.



TABLEAU IVa

Minomalomasses totales à l'hectare dans les différents pâturages naturels du bassin de la mare d'Oursi (Kg/ha)

Regroupements Morphogé- nétiques	Groupements végétaux	N		P		K		Ca		Mg		Insol. Hol		Cendres tot.	
		Total	L/T	Total	L/T	Total	L/T	Total	L/T	Total	L/T	Total	L/T	Total	L/T
Dunes et piémonts sableux	AMS	11,72	0,26	0,82	0,35	12,1	0,11	6,11	0,27	3,55	0,21	10,5	0,56	161	0,45
	Cdc	11,66	0,43	2,76	0,15	17,3	0,12	6,12	0,37	3,82	0,31	116	0,64	182	0,52
	Ces - Ces	9,14	0,41	0,82	0,44	7,27	0,21	3,58	0,30	1,81	0,29	80,6	0,54	112	0,48
	Cep - Cds	13,38	0,46	2,92	0,27	13,5	0,16	8,62	0,31	3,62	0,28	107	0,65	168	0,53
	Csd	12,08	0,60	0,85	0,66	5,29	0,46	4,16	0,54	1,94	0,51	75,4	0,52	106	0,54
Glacis, Talwegs, bas-fonds	Sgl	3,61	0,34	0,22	0,50	1,98	0,27	1,40	0,21	0,80	0,26	55,7	0,29	69,2	0,29
	Sgr	3,08	0,37	0,19	0,37	2,12	0,17	1,50	0,27	0,83	0,25	63,2	0,43	76,0	0,41
	Spt - Frs	9,42	0,31	1,13	0,30	8,64	0,17	5,23	0,30	2,52	0,25	134	0,43	179	0,40
Pédiments	Ase	6,33	0,40	0,54	0,43	3,68	0,17	2,98	0,32	1,55	0,25	122	0,63	148	0,57
	Asg	7,82	0,48	0,78	0,40	4,69	0,26	3,69	0,41	1,90	0,29	110	0,55	141	0,51
	Asc	6,81	0,35	0,71	0,28	4,52	0,17	3,32	0,29	1,81	0,20	92,4	0,42	120	0,39
Mares	Mes	68,1		8,53		10,3		16,5		11,0		1100		1514	

TABLEAU IVb

Immobilisations minérales totales dans le bassin de la mare d'Oursi (t)

Regroupements morphogénétiques	Groupements Végétaux	N	P	K	Ca	Mg	Ins. HCL	Cendres
Dunes et piémonts sableux	AMS	73,7	5,2	76,0	38,4	22,3	660	1012
	Cdc	72,9	17,3	108,0	40,7	23,9	725	1138
	Cee - Ces	33,9	3,0	27,0	13,3	6,7	299	416
	Cep - Cds	50,7	11,1	51,2	32,7	13,7	406	637
	Csd	8,7	0,6	3,8	3,0	1,4	54	76
Glacis, talwegs, bas-fonds	Sgl	18,8	1,1	10,3	7,3	4,2	289	360
	Sgr	32,8	2,0	22,5	16,0	8,8	672	808
	Spt - Frs	67,6	8,1	62,0	37,6	18,1	962	1285
Pédiments	Ase	26,2	2,1	15,2	12,3	6,4	505	613
	Asg	9,0	0,9	5,4	4,3	2,2	127	163
	Asc	31,0	3,2	20,6	15,17	8,3	421	547
Mares	Mes	184	23,1	278	44,6	29,7	2973	4092
<b>TOTAL</b>		<b>609,3</b>	<b>77,8</b>	<b>680</b>	<b>265,3</b>	<b>145,7</b>	<b>8093</b>	<b>11147</b>
Immobilisation Moyenne (Kg/ha)		10,8	1,4	12,07	4,71	2,6	143,7	197,9

Toujours au Mali, BOUDET a mesuré une biomasse moyenne de 4 kg/ha par millimètre de pluie dans la région de Gossi et donne un intervalle de variation de (1 - 2,5 kg/ha) pour la région sahélo-soudanienne. Il note par ailleurs, que ce rendement pluviométrique en biomasse végétale est inférieur à celui du bassin méditerranéen estimé à 4 kg/ha en moyenne par référence à LE HOUEOU et HOSTE (1977). Pour ces derniers, la relation biomasse végétale/pluviométrie annuelle dans le sahel nord africain est :

$$R(t/ha) = 0,105 + 0,00256 P(\text{mm}) \quad (3)$$

Ainsi que le note en partie BOUDET, les formules (1) et (2) conduisent à estimer la biomasse de la région de Gossi en 1978, (345,5 mm de pluie), à 1t/ha au lieu de  $1,5 \pm 0,3$ .

Or, notre relation donne 1,72 t/ha valeur située dans l'intervalle de confiance.

Comme précédemment, nous signalons que ces relations sont tributaires du fait que : les valeurs de biomasse sont des valeurs moyennes impliquant donc pour cette variable, une certaine pondération de milieux divers alors que la pluviométrie dérive des précipitations atmosphériques et ne tient pas compte des caractéristiques hydrodynamiques des sols.

Sans donné de relation explicite, BILLE (1977) signale la liaison entre la production végétale à la pluviométrie annuelle dans le Ferlo au Sénégal. Ses données caractérisent une mise en défens de 25 ha à l'intérieur d'une aire bornée et protégée contre le feu de  $1 \times 1 \text{ km}^2$ .

On se heurte donc, de prime abord, à un problème d'échelle et d'intégration de mesures lequel constitue une des principales difficultés pour l'estimation de la production végétale en milieu sahélien. Le tableau ci-dessous est extrait de la thèse de l'auteur.

Standing-crops (sommets B + C dans la méthode de LOMNICKI) mesurées de 1969 à 1975 (en g/m<sup>2</sup>).

Année	Pluviométrie	Groupements		
		A	B	C
1969	environ 450	98	260	410
1970	environ 209	67	180	360
1971	environ 202	59	181	306
1972	environ 33	0	10	25
1973	environ 209	10	80	230
1974	environ 316	81	227	328
1975	environ 311	86	236	373

Il a permis de calculer les relations suivantes :

- groupements A, occupant les sommets de dunes et hauts de pente

$$R(t/ha) = 0,0025 P(\text{mm}) - 0,05 \quad r^2 = 0,74 \quad (4)$$

— groupements C, des dépressions hydromorphes

$$R(h/ha) = 0,01 P(\text{mm}) + 0,75 \quad r^2 = 0,75 \quad (5)$$

— groupements B, sciaphile intermédiaires entre A et C

$$R(h/ha) = 0,01 P(\text{mm}) + 0,13 \quad r^2 = 0,80 \quad (6)$$

En supposant que les valeurs de biomasse soient la production apparente (standing-crop maximale, litière négligeable) on constate que :

- les faibles biomasses des groupements A conduisent à des coefficients du même ordre que les relations précédentes,
- les coefficients de proportionalités des relations (5) et (6) sont analogues à celui trouvé à Oursi,
- les constantes de (5) et (6) sont positives indiquant une production potentielle en dehors de toute pluie respectivement de 0,75 et 0,13 t/ha, valeurs supérieures à la biomasse des graines évaluée à un maximum de 43,3 kg/ha.

Cette dernière remarque est donc en contradiction avec l'observation de l'auteur que la « croissance des plantes herbacées commence habituellement après 40 à 60 mm d'eau ». On en conclue que la pluviométrie annuelle des groupements est augmentée respectivement au moins de 53 à 73 mm (40 + 13, 60 + 13) et de 115 à 135 mm d'eau. Ce surplus hydrique est fourni par les groupements A dont les faibles biomasses reflètent le déficit hydrique relatif.

Cet exemple illustre bien les difficultés à surmonter au niveau du sol afin d'estimer la biomasse végétale à partir des pluies annuelles. Lorsqu'une bonne perméabilité empêche ou diminue considérablement le ruissellement, on doit craindre une redistribution interne de l'eau des précipitations par drainage vertical ou/et oblique, en cas de défaillance de l'absorption racinaire. En conséquence, pour mener à bien une telle entreprise, on doit :

- décomposer la région étudiée en zones à caractéristiques géomorphologiques et hydrodynamiques analogues (ce découpage peut aussi résulter de la différenciation phytosociologique),
- estimer les transferts hydriques qui en découlent pour l'eau des précipitation,
- expliciter la relation biomasse/pluviométrie annuelle

Celle-ci peut être améliorée en introduisant un facteur rendant compte des fluctuations interannuelles de la distribution des pluies. Ce peut être comme le suggèrent à la fois BILLE et BREMAN, la durée des pluies utiles (durée des pluies tombant après les 40 à 60 premiers millimètres de précipitations pour BILLE). En utilisant uniquement cette variable dans la relation, on suppose

une corrélation positive significative entre la durée et la hauteur des pluies utiles et tient peu compte des propriétés hydriques du sol. Il est donc normal que l'ajustement des biomasses à la relations ne soit pas très précis comme le fait remarquer BILLE (1977).

Pour revenir à la relation établie dans le bassin de la Mare d'Oursi, tel quel, elle ne constitue qu'une approche de la relation liant le bilan hydrique à la croissance végétale, approche limitée dans le temps et l'espace.

Il est possible que les coefficients de cette relation subissent des fluctuations annuelles, en particulier sous l'effet de la distribution de la pluviométrie totale.

Cependant, à pluviométrie égale, ils conduisent aux rendements observés des graminées en zone guinéenne. Sur deux ans de pleine production, PICARD *et al.* (1973) ont mesuré 24,4 et 20,0 tonnes en matière sèche à l'hectare, soit en moyenne 22,2 t/ha, respectivement pour *Panicum maximum* et *Cynodon plectostachyum* fertilisés sous 2 250 mm de pluie, dans les sables tertiaires d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire. Cette production est estimée à 20,8 t de matière sèche à l'hectare par la formule ci-dessus. En dernière analyse, la production primaire dépend de la réserve hydrique utile du sol et de sa facilité d'utilisation.

TABLEAU V

Comparaison entre la biomasse des différents pâturages et les réserves minérales (cations échangeables, Ntotal) dans la tranche de sol exploitée par les racines.

Groupements végétaux	Biomasse (tMS/ha)	pH	N		K		Ca		Mg	
			%	t/ha	me %	t/ha	me %	t/ha	me %	t/ha
AMs	1,84	6,4	0,08	0,83	0,06	0,24	1,43	2,96	1,25	1,57
Cdc	2,00	6,4	0,08	0,83	0,06	0,24	1,43	2,96	1,25	1,57
Cep - Cds	1,47	7,3	0,18	1,61	0,17	0,59	2,12	3,80	1,12	1,22
Sgl	0,48	7,7			0,37	0,54	1,07	8,92	7,80	3,97
Sgr	0,53	8,0	0,21	1,52	0,23	0,65	10,7	15,53	6,70	5,94
Spt - Frs	1,55	8,1	0,58	3,78	0,17	0,44	9,49	12,41	6,94	5,51
Ase	0,94	7,3	0,14	1,35	0,19	0,72	4,04	7,82	2,33	2,72
Asg	1,04	7,3	0,14	1,35	0,19	0,72	4,04	7,82	2,33	2,72
Asc	0,87	7,3	0,14	1,35	0,19	0,72	4,04	7,82	2,33	2,72

Pour les éléments minéraux, le nombre de la colonne de gauche représente la teneur moyenne, celle de la colonne droite la réserve en l'élément considéré, de la tranche de sol exploitée par les racines : dune 65 cm, piémonts sableux 60 cm, glacis 30-45 cm, bas-fonds 45 cm, pédiments 60 cm et plus. (LEGRAND, communication personnelle).

#### 4.1.2. Comparaison de la biomasse végétale à la réserve chimique du sol

Les rendements en matière sèche, les pH, les teneurs et les réserves en azote total ou cations échangeables de la tranche de sol exploitée par les racines ont été rassemblés au tableau V. La covariance de la biomasse végétale avec chacune de ces variables a été calculée. Elle est négative dans tous les cas.

Mais le coefficient de corrélation n'est significatif que pour les liaisons entre la biomasse et le pH ou la teneur ou la réserve en potassium. L'azote, le calcium et le magnésium ne sont pas limitants. Néanmoins et paradoxalement, aux teneurs et réserves chimiques du sol les plus élevées correspondent les productions les plus basses.

En fait, la déficience hydrique bloquant la croissance végétale ne permet pas d'analyser directement l'action des facteurs chimiques.

Les covariances négatives expriment que les sols chimiquement les plus riches ne le sont qu'en raison d'un complexe absorbant élevé et sursaturé découlant de fortes teneurs en argile et limons. La texture fine s'accompagne d'une mauvaise perméabilité et circulation de l'eau dans le profil pédologique, d'où des valeurs de pluie efficace assez faibles par augmentation du ruissellement superficiel. En testant l'effet des éléments minéraux sur la biomasse végétale, on n'appréhende en réalité que les interactions du facteur eau (pluviométrie efficace) et des éléments minéraux sur cette production.

Celles-ci ne sont significatives que pour le pH et le potassium. Le résultat relatif au potassium est en accord avec le pouvoir de fixation élevé de la montmorillonite à l'égard de cet élément (GAUCHER 1967), (rétrogradation du potassium). La montmorillonite, comme il apparaît au tableau Ib, est le principal constituant des argiles des sols à texture fine. Les sols emmagasinant le moins d'eau sont les plus riches en montmorillonite dont le fort pouvoir de fixation de cet élément entraîne sa carence pour la plante.

En ce qui concerne le pH, la signification de la liaison traduit l'incidence sur la production : du potassium en premier lieu, des éléments non étudiés mais dont les actions sont significatives et enfin des éléments dont les influences individuelles se situent proches de la signification.

Le calcium fait partie de ce dernier groupe :  
l'estimateur :  $r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$  du test de FISHER et YATES (1963)

pour la signification du coefficient de corrélation, (dont la formulation utilise r le coefficient de corrélation et n le nombre de couples analysés), donne pour 7 degrés de liberté :

$$|\sqrt{r}| = |-0,6613| < |-0,6664|$$

pour une probabilité d'erreur de 5 %.

#### 4.2. DÉTERMINISME DES IMMOBILISATIONS MINÉRALES DE LA STRATE HERBACÉE

##### 4.2.1. Comparaison des immobilisations minérales à la pluviométrie efficace

Les quantités totales d'éléments minéraux : N, P, K, Ca et Mg sont reportées en fonction de la pluviométrie efficace dans les figures 3 à 7.

Quel que soit le nutriment considéré, le stock des immobilisations est fonction croissante de la pluviométrie efficace. Les liaisons sont hautement significatives, avec des coefficients de détermination  $r^2$  dépassant 0,9.

Les relations entre immobilisations élémentaires et

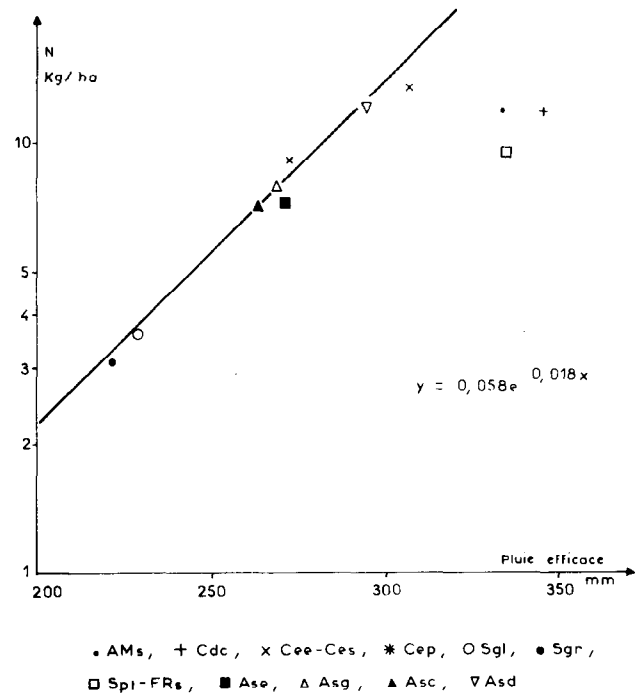


Fig. 3. — Immobilisation d'azote en fonction de la pluie efficace (kg/ha).

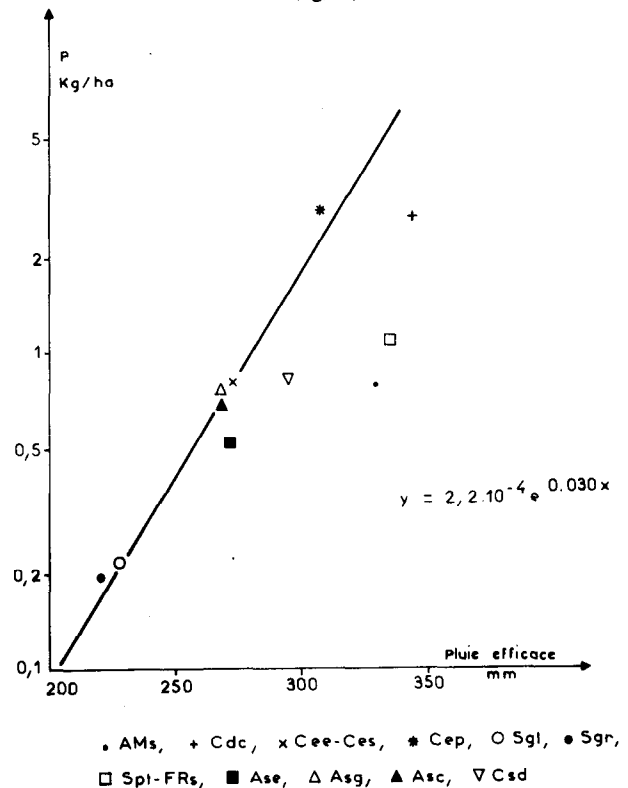


Fig. 4. — Immobilisation de phosphore en fonction de la pluviométrie efficace (kg/ha).

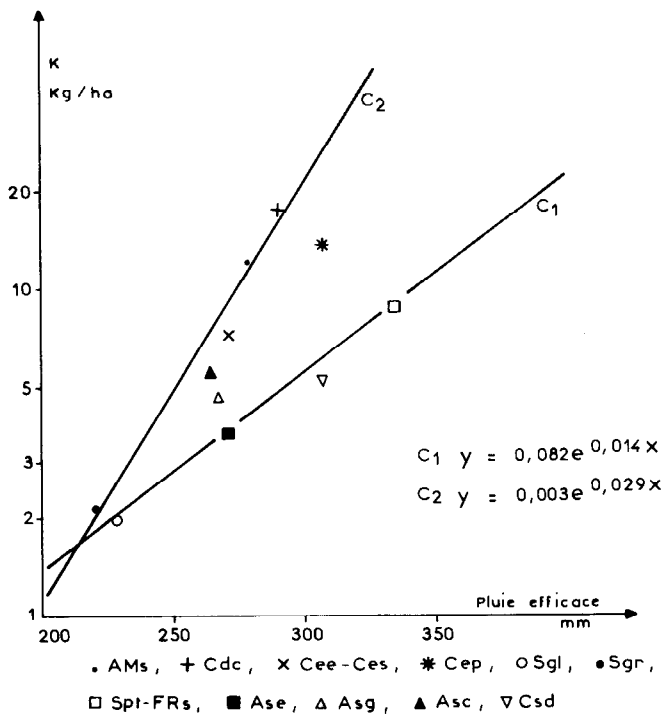


Fig. 5. — Immobilisation de potassium en fonction de la pluviométrie efficace (kg/ha).

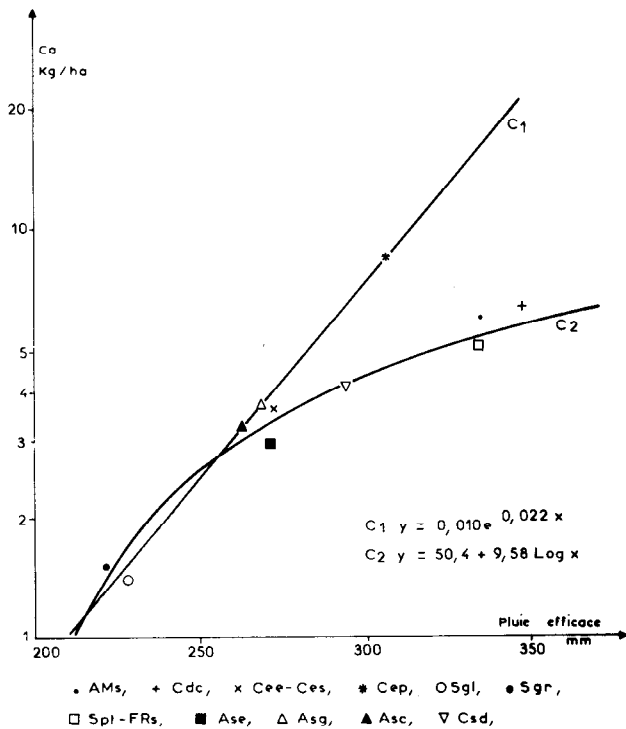


Fig. 6. — Immobilisation de calcium en fonction de la pluviométrie efficace (kg/ha).

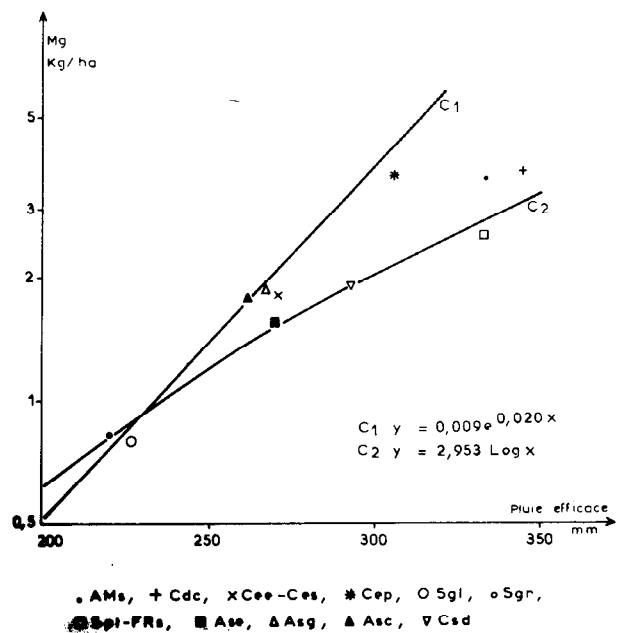


Fig. 7. — Immobilisation de magnésium en fonction de la pluviométrie efficace (kg/ha).

pluie efficace sont de type exponentiel ou logarithme. Dans les deux cas, cela signifie que pour tout élément, les résultats se situent dans le domaine des accroissements moins que proportionnels sur la sygmoïde décrivant l'action de la pluviométrie efficace sur le rendement en matière sèche. La déficience hydrique a une action moins marquée sur les immobilisations minérales que sur la production de biomasse.

L'analyse permet de discriminer les milieux argileux des milieux sableux. Les immobilisations sont plus faibles et l'efficacité de l'eau inférieure en milieu argileux. Pour l'azote et le phosphore, on approcherait même du palier de réponse ou de la zone d'effet dépressif (fig. 3), par lixiviation de la fraction assimilable de l'élément.

Les pâturages sur ensablements superficiels (Ces, Ase) ou sur pédiments à cortex de texture grossière (Asc, Asg) ont un comportement intermédiaire.

#### 4.2.2. Comparaison des immobilisations minérales à la réserve minérale du sol

La covariance de la teneur ou de la réserve élémentaire et de l'immobilisation minérale correspondante a été calculée à partir des données des tableaux IVa et V. Elle est toujours négative. Le tableau VI indique le degré de signification de liaison de cette covariance.

TABLEAU VI

Degré de signification de la liaison entre la teneur ou la réserve minérale du sol et l'immobilisation correspondante

	N	K	Ca	Mg
Teneur moyenne	-	+	-	+
Réserve	-	+	+	+

En résumé, malgré les faibles quantités d'éléments minéraux immobilisés dans la biomasse végétale au regard de la réserve de la tranche de sol exploitée par les racines, celle-ci se comporte comme si elle était carencée en potassium, en magnésium et en calcium, dans une moindre mesure. Le niveau des réserves ou la teneur moyenne est sans influence sur l'absorption de l'azote. On ne peut se prononcer pour l'alimentation phosphorique faute de disposer de données d'analyses complètes pour cet élément. L'interprétation de ces résultats est la même que précédemment. On n'appréhende que l'interaction des facteurs hydriques et chimiques sur la production en analysant l'évolution de l'immobilisation minérale en fonction de la teneur ou la réserve minérale du sol. Comme les faibles valeurs du facteur hydrique, facteur le plus limitant correspondent

aux fortes valeurs des facteurs chimiques et inversement, on met en évidence un effet dépressif des facteurs chimiques qui ne traduit que la limitation imposée par la carence hydrique à la croissance végétale et aux phénomènes vitaux, dont l'absorption minérale.

#### 4.3. REMARQUES

Conséquence de l'action primordiale du stock d'eau emmagasiné par le sol sur la biomasse et les immobilisations végétales, action masquant les effets des autres facteurs écologiques, les impluviums réalisés par accumulation hydrique superficielle (bas-fonds et mares) ou par alimentation hypodermique et les milieux sableux constituent des sites privilégiés pour la croissance et le développement de la couverture végétale.

Il s'ensuit que dans les écosystèmes sahéliens, la production primaire de la strate herbacée et ses immobilisations minérales dépendent des caractéristiques texturales et géomorphologiques du milieu, soit plus précisément de la proportion de substrats sableux ou d'impluviums relativement plus productifs par rapport aux glacis limono-argileux.

Ces faits sont illustrés par les données du tableau II pour la biomasse et des tableaux IVa et IVb pour la minéralomasse.

Le tableau VII met en évidence l'importance du phénomène au niveau du bassin.

TABLEAU VII

Importance relative des principaux types de pâturages naturels dans le bassin de la Mare d'Oursi (% du total)

Groupement végétal	Surface occupée	Ressources fourragères	Immobilisations minérales					Cendres insolubles	Cendres totales
			N	P	K	Ca	Mg		
Mes	0,6	22,9	30,2	29,7	40,9	16,8	20,4	36,7	36,7
Spt-FRs	11,4	13,7	11,1	10,4	9,1	14,2	12,4	11,5	11,9
Cdc	10,5	14,2	12,0	6,7	15,9	15,3	16,4	10,2	8,2
AMs	10,5	15,4	12,1	12,2	11,2	14,5	15,3	9,1	9,0
Sgl	8,7	3,1	3,1	1,4	1,5	2,8	2,9	3,2	3,6
Sgr	17,9	6,9	5,4	2,6	3,3	6,0	6,0	7,2	8,3
Divers	40,4	23,8	26,1	27,0	18,1	30,4	26,6	22,1	22,3

En raison de leur productivité, la contribution aux ressources fourragères et aux immobilisations minérales du bassin est exceptionnellement élevée pour les pâturages de la mare, forte pour les dunes et les bas-fonds et médiocre pour les glacis, en dépit de l'espace

occupé. Les immobilisations en potassium, élément rétrogradant sur le complexe absorbant ou lessivé par les pluies sont particulièrement démonstratives à cet égard.

La production de biomasse de deux types de groupe-

ment végétal dont il a peu été question est aussi conforme à l'action du facteur hydrique sur la croissance de la végétation, telle qu'elle a été décrite ci-dessus.

Il s'agit des parcours sur affleurements rocheux ou latéritiques et des pâturages de la mare. Dans le premier cas, l'eau n'est généralement pas retenue sur place et la production primaire est nulle par déficience hydrique. Dans le second cas, l'alimentation en eau non limitante s'accompagne de rendements élevés et de fortes immobilisations minérales. La consommation hydrique, qui n'a pu être directement mesurée, peut être estimée à partir des relations explicitées ci-dessus. La production de 6,88 t/ha de fourrage sec correspond à 856 mm d'eau, et les diverses minéralomasses élémentaires à 350 à 500 mm de pluie efficace. Pour environ 120 jours de végétation, la première estimation fixe l'évapotranspiration journalière moyenne à 7,1 mm, valeur du même ordre que les 6,5 mm donnés par la formule de Penman durant la saison des pluies (SICOT, 1978)

La distorsion par rapport aux autres estimations peut refléter l'effet de concentrations chimiques plus élevées dans la mare que dans les autres sols, eu égard à la dessaturation superficielle de ceux-ci.

Cette observation confirme en les complétant les remarques faites à propos de l'action des facteurs chimiques sur la biomasse et la minéralomasse végétales. Dans la majorité des cas, le déficit hydrique diminuant la croissance végétale, l'alimentation minérale est satisfaisante, bien que des états qualifiés de « subcarencé » pour le potassium et le magnésium puissent être notés.

Dans la mare, des conditions hydriques et chimiques non limitantes étant réunies, on met en évidence un effet positif des nutriments minéraux à l'égard des immobilisations minérales correspondant à un phénomène de dilution ou de synergie positive des facteurs eau-éléments minéraux.

En alimentation hydrique et minérale respectivement non limitante et normale la production et la minéralomasse herbacée peuvent se trouver réduites par déficience chimique, remarque qui rejoint les observations de STROOSNIJDER (1977) sur les pâturages du Mali.

## CONCLUSION

En conditions naturelles, l'eau est le principal facteur limitant pour la biomasse et la minéralomasse herbacées des pâturages sahéliens. Les autres facteurs écologiques agissent soit en modifiant le stock d'eau utilisable du sol, soit par son intermédiaire.

Généralement, la carence hydrique entrave si intensément la croissance végétale et les phénomènes vitaux que les effets principaux des autres facteurs sont totalement masqués. En particulier, l'analyse de l'incidence des éléments minéraux sur la production et les immobilisations minérales du couvert végétal ne met en évidence que l'incidence de la texture du sol sur la pénétration et la circulation de l'eau dans le profil pédologique.

Une première approche qualitative et quantitative de l'action du facteur hydrique est faite en considérant le volume d'eau s'infiltrant dans le sol, désigné sous le vocable de pluviométrie efficace. Elle se traduit par la mise en évidence de liaisons hautement significatives entre ce paramètre, la biomasse et l'absorption minérale.

La formulation de la liaison biomasse/pluie efficace qui tient compte des propriétés hydrodynamiques du sol, dépasse le cadre de la mare d'Oursi et semble de portée générale pour les milieux intertropicaux. Elle constitue dans un contexte limitatif un bon estimateur pour la productivité des pâturages du bassin de la Mare d'Oursi et peut de ce fait être utile à l'aménagement et à la gestion des pâturages de la région.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM, le 13 avril 1980.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUBREVILLE (A.), 1949. — Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. éd. Géogr. maritimes et coloniales, Paris, 351 p.  
 BILLE (J.C.), 1977. — Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Trav. et Doc. ORSTOM, n° 65, 82 p.

- BOUDET (G.), 1979. — Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali. Rapport complémentaire sur la dynamique des parcours et ses conséquences pour une gestion améliorée. ACC Lutte contre l'aridité en milieu tropical, 48 p. *multigr.*  
 BREMAN (H.), 1975. 8 Maximum carrying capacity of malian gras-

- slands. ILCA. Colloque sur l'inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux africains, Bamako, Mali (3-8 mars), 1975, 249-256.
- CLAUDE (J.), BERNARD (A.), SAADOUN (N.), 1978. — Etude hydrologique de sept bassins versants alimentant la mare d'Oursi. Rapport des campagnes 1976 et 1977. ORSTOM *rapp. multigr.* 76 p. + annexes.
- CTFT/Haute-Volta 1978. — 1<sup>ère</sup> campagne d'étude du ruissellement et de l'érosion hydrique à Oursi. ACC Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta). *Rapp. multigr.* 14 p.
- DIARRA (L.), BREMAN (H.) 1975. — Influence of rainfall on the productivity of grasslands. ILCA. Colloque sur l'inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux africains, Bamako, Mali (3-8 mars), 1975 : 171-174.
- FISHER (R.A.), YATES (F.) 1963. — Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Longman ed., 6<sup>th</sup> ed. 146 p.
- GASTON (A.), BOTTE (F.) 1971. — Etude agrostologique de la réserve pastorale de Tin Arkachen (République de Haute-Volta). IEMVT, 146 p. *multigr.* 1 carte.
- GAUCHER (G.), 1976. — Traité de pédologie agricole. Le sol et ses caractéristiques agronomiques. Dunod éd. 578 p.
- GILLET (H.) 1967. — Essai d'évaluation de la biomasse végétale en zone sahéenne (végétation naturelle). *Journ. d'Agric. trop et de Bot. appl.*, 14 (4-5), 123-158, 8 p.
- HAINNAUX *et al.* 1973. — Bilan et dynamique du potassium sous cultures fourragères en zone tropicale humide. CR - 10<sup>e</sup> colloque de l'Institut de la Potasse, Abidjan (Côte d'Ivoire), 1973.
- LE HOUEROU (H.N.), HOSTE (C.H.), 1977. — Rangeland production and annual rainfall relation in the mediterranean basin and in the african sahel-sudanian zone. *Journ. Range manag.*, 1977, 30 (3) : 181-189.
- LEPRUN (J.C.), 1977 a. — Rapport de mission pédologique. ACC Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta). *Rapp. multigr.* 19 p.
- LEPRUN (J.C.), 1977 b. — Esquisse pédologique à 1/50.000<sup>e</sup> des alentours de la Mare d'Oursi avec notice et analyse des sols. *Rapp. multigr.* 53 p.
- MOREL (P.C.), BOURLIERE (F.), 1962. — Relations écologiques des avifaunes sédentaires et migratrices dans une savane sahéenne. *La terre et la Vie*. 109.
- PICARD (D.) *et al.*, 1973. — Comportement de quelques plantes fourragères en Côte d'Ivoire, en fonction des différents modes d'exploitation. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, n° 19, 19 p.
- SICOT (M.), 1976. — Evaluation de la production fourragère. ACC Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta). *Rapp. multigr.* 45 p. + annexes.
- SICOT (M.), 1978. — Analyse préliminaire des données recueillies en 1977. Critique des principes de base pour l'établissement bilan hydrique. Ouagadougou, centre ORSTOM, « à paraître ».
- STROOSNIJDER (L.), 1977. — Aspect of soil and water in the Sahel in Mali. *Rapp. mult.* 32 p., in An Inter. Symp. on Rainfed Agric. in Semi-Arid Regions, April 1977, Univ. California Riverside.
- TOUTAIN (B.), 1976. — Carte des ressources fourragères au 1/50.000<sup>e</sup>. Cartographie et notice. ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan. *Rapp. multigr.* 61 p.

## ANNEXE

Index des abréviations utilisées pour les groupements végétaux selon la nomenclature de TOUTAIN.

- *AMs*, dans la dune à l'ouest d'Oursi : formation des pénélaines dunaires du nord-ouest de l'Oudalan, à *Aristida mutabilis* et *Schoenfeldia gracilis* en strate herbacée ; et *Guiera senegalensis* et *Acacia senegal* en strate ligneuse.
- *Cdc*, dans la dune à l'est d'Oursi ; faciès du Centre de l'Oudalan à *Cenchrus biflorus* et *Aristida longiflora* en strate herbacée et *Combretum glutinosum* en strate ligneuse.
- *Cds*, faciès du sud de l'Oudalan, à *Cenchrus biflorus* et *Andropogon gayanus* en strate herbacée, *Combretum glutinosum*, *Balanites aegyptiaca* et *Acacia albida* en strate ligneuse.
- *Cep*, formation des piémonts d'inselberg à *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis* en strate herbacée, *Acacia raddiana* Savi et *Acacia nilotica* en strate ligneuse.
- *Csd*, formation des creux interdunaires à *Schoenfeldia gracilis* et *Aristida mutabilis* et *Choloris pilosa* en strate herbacée et *Bauhinia rufescens* en strate ligneuse.
- *Asc*, bush des sols colluvionnés à *Aristida adscensionis*, *Schoenfeldia gracilis*, *Panicum laetum* et *Pennisetum pedicellatum* en strate herbacée, *Pterocarpus lucens* et *Combretum micranthum*, *Commiphora africana*, *Acacia laeta* et *Grewia bicolor* en strate ligneuse.
- *Ase*, formation liée aux cuirasses ferrugineuses « sur sol minces plus ou moins sableux » à *Aristida adscensionis*, *Eragrostis tremula* et *Panicum laetum* en strate herbacée, *Pterocarpus lucens*,

*Combretum micranthum*, *Grewia bicolor* et *Acacia laeta* en strate ligneuse.

- *Asg*, faciès des pentes gravillionnaires à *Aristida adscensionis* et *Schizachyrium exile* en strate herbacée, *Acacia laeta* et *Boscia senegalensis* en strate ligneuse.
- *Sgl*, formations des affleurements rocheux, (glacis pierreux), à *Aristida adscensionis*, *Aristida funiculata*, *Urocloua trichopus*, *Schoenfeldia gracilis* en strate herbacée, *Acacia laeta* en strate ligneuse.
- *Sgr*, la même que la formation précédente avec *Acacia raddiana* Savi remplaçant *Acacia laeta* en strate ligneuse.
- *Spt*, formation de même type que ci-dessus avec différenciation d'un faciès propre aux dépressions et talwegs à *Schoenfeldia gracilis* et *Panicum laetum* en strate herbacée, *Acacia seyal* *Combretum aculaetum* en strate ligneuse.
- *FRs*, formation des talwegs importants à *Echinochloa colona* et *Panicum anabaptistum* en strate herbacée, *Anogeissus leiocarpus* et *Piliostigma reticulatum* en strate ligneuse.
- *MEs*, formation des mares temporaires à *Echinochloa colona* et *Oriza barthii* en strate herbacée, *Mitragyna inermis* ou *Acacia seyal* en strate ligneuse.
- *IL*, formation des inselbergs latériques à *Aristida adscensionis* en strate herbacée, *Combretum micranthum* et *Pterocarpus lucens* en strate ligneuse.
- *IR*, formation des affleurements et inselbergs à *Aristida adscensionis* et *Aristida funiculata* en strate herbacée et à strate ligneuse variable.