

Jacques POISSONET, Fabienne CHAMBRIS,
Ibrahima TOURÉ

Équilibre et déséquilibre des phytocénoses herbacées sahéliennes

Influence de la pluviosité
annuelle et de la proximité
des points d'eau

INTRODUCTION

Le système herbacé et son équilibre

La végétation des phytocénoses herbacées est la résultante d'un ensemble complexe d'actions et de réactions. Lorsque le champ des forces qui agissent sur la végétation est constant dans le temps et que les réactions ont atteint un régime régulier, la végétation est dans un état d'équilibre qui se traduit par une structure stable (FORMAN et GODRON, 1986).

Que l'une des pressions qui s'exercent vienne à changer suffisamment et l'équilibre initial est rompu ; après une phase de transition plus ou moins longue, un nouvel équilibre se crée, qui correspond à une autre structure de la végétation (DAGET, 1968 ; POISSONET, 1979).

LES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE ÉTUDIÉE : LE FERLO SÉNÉGALAIS

Pluviosité

La pluviosité moyenne annuelle sur la période de ces dix dernières années, est voisine de 300 mm, avec une grande variabilité mensuelle et annuelle (fig. 1) pour les années 1983 à 1986.

Principaux types de sols

Sur le plan édaphique, 3 grands ensembles sont à retenir (DIALLO et VALENZA, 1972) :
- les sols squelettiques, superficiels à texture sableuse très grossière, qui couvrent 15 % du territoire ; le recouvrement des herbacées annuelles étant en moyenne inférieur à 50 % ;

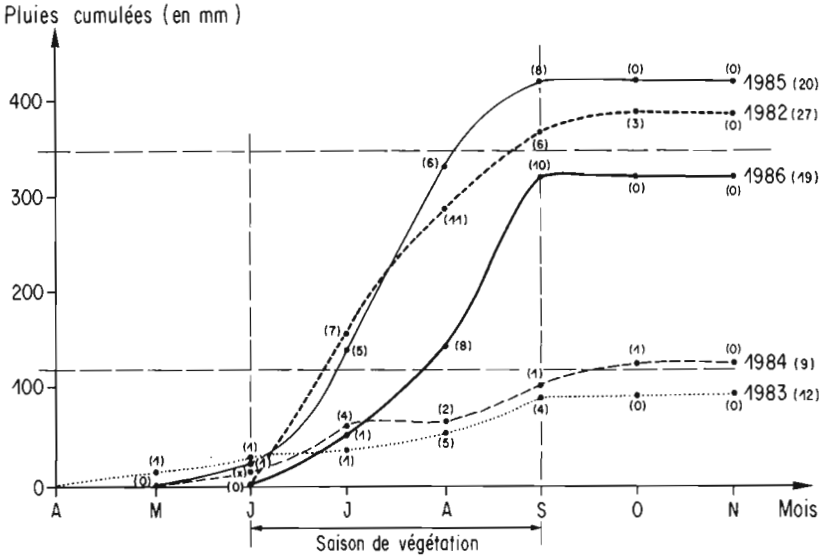


FIGURE 1 - Pluviosité à Lagbar, 1982 à 1986.

- les sols des surfaces planes, profonds, sableux légèrement limoneux, qui couvrent 75 % du territoire ; le recouvrement des herbacées annuelles étant généralement supérieur à 75 % ;
- les dépressions aux sols sablo-argilo-limoneux qui couvrent 10 % du territoire et dont le recouvrement des herbacées annuelles est toujours supérieur à 90 %.

Flore et végétation

La flore et la végétation du Ferlo septentrional ont été décrites, étudiées ou suivies par de nombreux chercheurs au cours de ce dernier quart de siècle (VALENZA et FAYOLLE, 1965 ; VALENZA, 1970 ; BILLE et POUPON, 1972 ; BOUDET, 1975 ; VALENZA, 1981 ; GASTON *et al.*, 1983 ; POISSONET *et al.*, 1985 ; VALENZA et TOURÉ, 1986 ; etc.).

Le tableau I donne la liste des espèces rencontrées avec leurs fréquences spécifiques (FS) et leurs contributions spécifiques présences (CSP = quotient de la fréquence [FS] d'une espèce par la somme des fréquences [FS] de toutes les espèces) dans les communautés herbacées sahéniennes situées sur les sols des surfaces planes en 1982, 1985 et 1986, c'est-à-dire les années considérées, à pluviosité supérieure ou égale à la moyenne (POISSONET *et al.*, 1985 ; CHAMBRIS, 1988).

Les actions qui s'exercent sur un milieu donné se traduisent tout d'abord par la présence de taxons végétaux, dont la liste constitue la flore, et les modes d'agencement, la végétation. Chaque taxon est représenté par des individus, qui sont en nombres variables et peuvent avoir des modes de répartition différents selon leur comportement

→

Tableau I - Espèces rencontrées avec leurs fréquences spécifiques (FS) et leurs contributions spécifiques (CSP) en 1982, 1985, 1986 sur les sols des surfaces planes au Ferlo sénégalais (Sahel) (x : l'espèce est présente dans la station) (les C.S.P en italique concernent celles des espèces dites « productrices »)

POURCENTAGE		FRÉQUENCES SPÉCIFIQUES (FS)			CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES (CSP)		
ANNÉES		1982	1985	1986	1982	1985	1986
ESPÈCES	Nombre de communautés étudiées	8	6	6	8	6	6
1. <i>Cyperus rotundus</i>		6			3,6		
<i>Trichoneura mollis</i>		2			1,2		
<i>Rhynchosia minima</i>		1			0,6		
<i>Nasaea erecta</i>		0,5			0,3		
<i>Chloris pilosa</i>		x					
<i>Cenchrus prieurii</i>		x					
<i>Hibiscus asper</i>		x					
<i>Achyranthes argentea</i>		x					
<i>Colocynthis vulgaris</i>		x					
10. <i>Spermacoce stachydea</i>		2	x		1,2		
<i>Sesbania polycarpa</i>		x	x				
<i>Commelina forskalaei</i>		x	x				
<i>Cassia mimosoïdes</i>		x	x				
<i>Spermacoce verticillata</i>		x	0,5			0,3	
<i>Panicum laetum</i>		7		x	4,2		
<i>Ceratotheca sesamoïdes</i>		x		1			0,6
<i>Schoenefeldia gracilis</i>		15	2	2	9,0	1,1	1,3
<i>Eragrostis tremula</i>		8	5	x	4,8	2,7	
<i>Aristida mutabilis</i>		21	9	4	12,5	4,9	2,5
20. <i>Dactyloctenium aegyptium</i>		21	26	4	12,5	14,0	
<i>Eragrostis tenella</i>		4	1	2	2,4	0,5	1,3
<i>Digitaria longifolia</i>		4	1	2	2,4	0,5	1,3
<i>Zornia glochidiata</i>		55	52	72	32,9	28,1	45,0
<i>Cenchrus biflorus</i>		13	18	8	7,7	9,7	5,0
<i>Chloris prieurii</i>		2	1	4	1,2	0,5	2,5
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>		2	11	2	1,2	5,9	1,3
<i>Indigofera senegalensis</i>		1	28	10	0,6	15,1	6,2
<i>Ipomea pestigridis</i>		2	7	x	1,2	3,8	
<i>Aristida funiculata</i>		0,5	1	0,5	0,3	0,5	0,3
30. <i>Merremia pinnata</i>		x	0,5	x		0,3	0,6
<i>Cassia obtusifolia</i>		x	x	1			0,6
<i>Portulaca foliosa</i>		x	0,5	x		0,3	
<i>Brachiaria xantholeuca</i>		x	2	2		1,1	1,3
<i>Tragus racemosus</i>		x	11	30		5,9	18,7
<i>Kohautia senegalensis</i>			x				
<i>Cyperus</i> spp.			0,5			0,3	
<i>Tribulus terrestris</i>			6	11		3,2	6,9
<i>Urginea indica</i>			0,5	0,5		0,3	0,3
<i>Corchorus tridens</i>			0,5	0,5		0,3	0,3
40. <i>Fimbristilis hispida</i>			1	x		0,5	
<i>Polycarpaea corymbosa</i> (crucifère)			x	x			
<i>Striga aspera</i>			x	x			
<i>Mollugo nudicaulis</i>			x	0,5			0,3
<i>Gisekia pharmacoides</i>				3			1,8
<i>Lineum pterocarpum</i>				x			
<i>Merremia tridentata</i>				x			
TOTAL		167	185	160	100	100	100
Nombre d'espèces		34	33	31	19	23	20

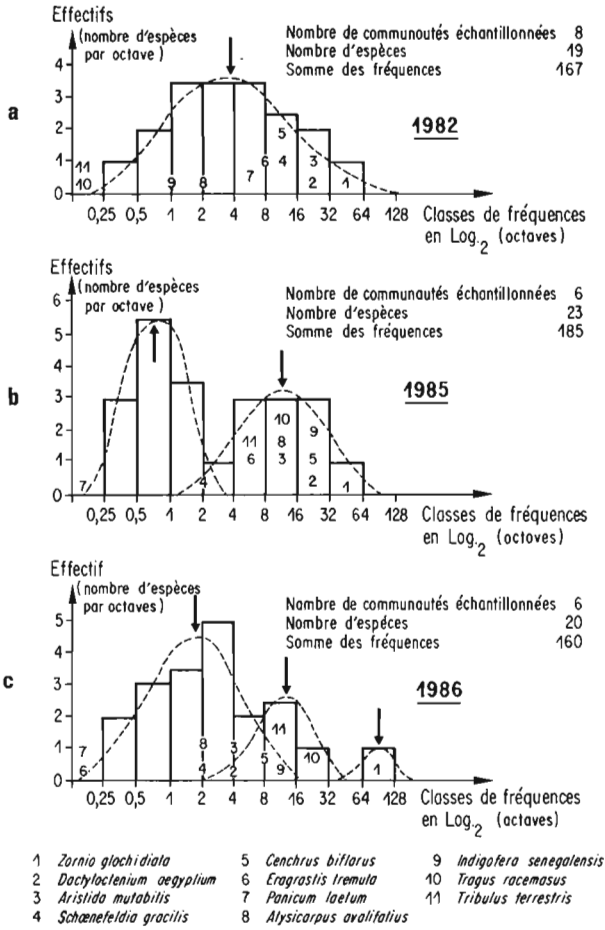


FIGURE 2 - Distribution des fréquences spécifiques.

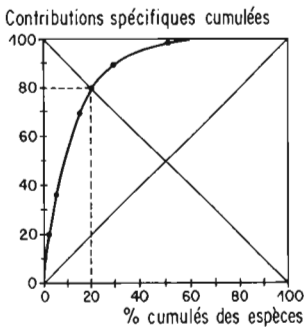


FIGURE 3 - Relation entre les pourcentages cumulés des espèces et leurs contributions spécifiques cumulées.

vis-à-vis des différents éléments du milieu (GODRON *et al.*, 1968 ; DAGET et GODRON, 1982) et selon leur capacité de résistance aux agressions de la part des autres taxons ou des individus voisins (DAGET, 1970). Cet ensemble de variables aboutit à un ensemble de rapports caractéristiques qui permet d'identifier la structure, laquelle est traduite par les types d'organisation spatiale de la communauté végétale (ou de la phytocénose).

Le problème de l'étude de la végétation, et plus particulièrement de son dynamisme, est donc d'appréhender la structure sous certains de ses aspects les plus caractéristiques. Pour les formations herbacées, nous avons choisi d'étudier la fréquence des espèces (GODRON, 1968 ; DAGET et POISSONET, 1969).

MÉTHODES

Parmi les procédés qui permettent d'obtenir une estimation du recouvrement par le biais des fréquences des espèces (LÉVY et MADDEN, 1933 ; HÉDIN et LEFEBVRE, 1951 ; GODRON, 1968 ; POISSONET et POISSONET, 1969), nous avons choisi l'un des plus simples, qui consiste à observer des séries de points régulièrement disposés le long de lignes (DAGET et POISSONET, 1969, 1971).

Ce procédé d'analyse de la végétation des formations herbacées donne, pour chaque espèce, une fréquence qui est le nombre de fois où l'espèce a été rencontrée à l'aplomb d'un point. C'est sur de telles fréquences que portent les interprétations présentées ici, qui sont faites en comparant la distribution des fréquences observées à la distribution log-normale.

RÉSULTATS

Végétation en équilibre

DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES

Dans le cas d'une végétation en équilibre, il a été montré (DAGET, 1968) que la distribution des logarithmes des effectifs (ici, nombre de taxons dans chaque classe de fréquence) ne s'écartait pas significativement d'une distribution log-normale.

La figure 2a (observations de 1982) illustre le type de distribution.

SIGNIFICATION

Selon les économistes et les sociologues (GIBRAT, 1930 ; AITCHINSON et BROWN, 1966) qui appliquent ce type de loi aux populations objets de leurs recherches, tout se passe comme si l'on avait affaire à un groupe de taxons qui se partageraient les ressources du milieu. De plus, en raison du mode de dispersion des espèces qui sont toutes des annuelles, le nombre de graines est d'autant plus important que le nombre d'individus préexistants est plus élevé en cet emplacement.

DISTRIBUTION LOG-NORMALE ET STATISTIQUE DU RANG

POISSONET (1966), *in* GODRON *et al.* (1969), a abordé l'étude des populations végétales des formations herbacées par la voie de la statistique de rang. Il compare les

fréquences des espèces, exprimées en pourcentage de la somme des fréquences totales, à leur rang exprimé en pourcentage, et il reconnaît dans la courbe obtenue une courbe de concentration. Il constate que, dans les phytocénoses herbacées en équilibre, à 20 % des espèces correspondent 80 % des présences observées. La figure 3 représente la courbe obtenue dans une des communautés prise comme exemple.

Les résultats obtenus à partir des fréquences spécifiques du tableau I donnent pour le point caractéristique de la courbe de concentration, les coordonnées suivantes :

- 19,5 - 80,5, en 1982 ;
- 19 - 81, en 1985 ;
- 18 - 82, en 1986.

Compte tenu du nombre d'observations effectuées, ces coordonnées ne sont pas significativement différentes de : 20-80.

Végétation en déséquilibre

La végétation des phytocénoses herbacées échantillonnées en 1982 (fig. 2a) étant prise comme exemple d'équilibre, une modification des conditions de milieu entraîne un déséquilibre structurel qui se traduit par la combinaison de 2, ou davantage, courbes log-normales entre effectifs et fréquences.

Ces courbes s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que l'action perturbatrice du milieu est plus forte ; la différence observée tend à s'atténuer dans le temps à mesure qu'un nouvel équilibre s'établit.

Les résultats montrent les aspects de déséquilibre dans les communautés spontanées sahéniennes dans les 2 principaux cas suivants :

- variabilité des pluviosités mensuelle et annuelle (fluctuation autour d'un point moyen) ;
- le sur- ou le sous-pâturage (distance par rapport au point d'eau permanent).

DÉSÉQUILIBRE DÛ À LA VARIABILITÉ DE LA PLUVIOSITÉ

La distribution des effectifs (nombre d'espèces par octaves) part, en 1982, d'une courbe unimodale de type log-normale, laquelle correspond à une végétation en équilibre ; elle présente, en 1985, une allure bimodale (pluviosité de juillet de 117 mm par rapport à une pluviosité de 159 mm pour le même mois en 1982) et, en 1986, une allure trimodale (pluviosité de juillet de seulement 51 mm) (fig. 2a, b et c).

Ces courbes bi- ou trimodales peuvent être subdivisées en courbes élémentaires log-normales (fig. 2). Toutefois, comme il s'agit d'une végétation à base de thérophytes, ces résultats ne sont valables que pour l'année considérée avec la pluviosité correspondante, car rien ne permet de dire que les résultats en 1987 ou en 1988 ne seraient pas identiques à ceux de 1982.

Sur le long terme, ces notions d'équilibre ou de déséquilibre dues à la pluviosité sont à situer dans un contexte de stabilité ou d'instabilité (Forman et Godron, 1986). Or, dans le cas d'une végétation spontanée dominée par des thérophytes, il s'agit d'un contexte d'instabilité dû aux fluctuations pluviométriques autour d'un point moyen.

DÉSÉQUILIBRE EN FONCTION DE LA DISTANCE AUX POINTS D'EAU PERMANENTS

Les tableaux II et III donnent la liste des espèces rencontrées et leurs fréquences spécifiques dans les communautés sahéniennes échantillonnées en 1982, le long de 2 transects ; ceux-ci partent de 2 forages qui ont permis l'installation d'abreuvoirs permanents à Labgar et à Namarel.

Tableau II - Principales caractéristiques du transect exprimant l'influence de l'abreuvoir à partir de LABGAR

ESPÈCES	RELEVÉS (1982)				
	FS %	FS %	FS %	FS %	FS %
<i>Boerhaavia diffusa</i>	81				
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	6	3	1	10	33
<i>Zornia glochidiata</i>		80	21	49	74
<i>Cenchrus biflorus</i>		48	53	2	
<i>Alysicarpus avalifolius</i>		7	9		2
<i>Aristida mutabilis</i>			21	5	50
<i>Schoenefeldia gracilis</i>			14	75	21
<i>Eragrostis tremula</i>			4	38	11
<i>Aristida funicula</i>			1		
<i>Trichoneura mollis</i>			1		9
<i>Cyperus rotundus</i>			1		2
<i>Digitaria longiflora</i>				29	1
<i>Eragrostis tennela</i>				28	1
<i>Chloris prieurii</i>				2	10
<i>Hypomea pestigridis</i>				1	5
<i>Nezaea erecta</i>				1	
<i>Spermacoce stachydea</i>				1	
Somme des fréquences	87	138	126	241	219
% végétation	82	94	80	100	98
% litière, sol nu	18	6	20	0	2
Distance de l'abreuvoir en km	0,020	1,300	2,500	3,800	7,000
Artificialisation	très forte	forte/ assez forte	moyenne	assez faible	assez faible
Humidité station	assez sèche	sèche	sèche	assez sèche	assez sèche à moyenne
pH des 10 premiers cm	8,1	6,8	7,0	6,8	6,7
Couleur du sol	brun rougeâtre	brun jaunâtre	brun jaunâtre sombre	brun jaunâtre	brun jaunâtre sombre
Nombre d'espèces dans le relevé	2	11	27	31	22
Nombre d'espèces sous la ligne (100 pts)	2	4	10	12	12

Tableau III - Principales caractéristiques du transect exprimant l'influence de la distance à l'abreuvoir à partir de NAMAREL

ESPÈCES	RELEVÉS (1982)			
	FS %	FS %	FS %	FS %
<i>Boerhaavia diffusa</i>	90			
<i>Panicum laetum</i>	3	4		54
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	1	68		5
<i>Zornia glochidiata</i>		84	59	84
<i>Eragrostis tremula</i>		2		
<i>Schoenefeldia gracilis</i>		1		11
<i>Aristida mutabilis</i>			42	5
<i>Cenchrus biflorus</i>			15	6
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>			1	
<i>Cyperus rotundus</i>				45
<i>Borreria stachydea</i>				9
<i>Digitaria longiflora</i>				1
<i>Trichoneura mollis</i>				1
<i>Chloris prieurii</i>				1
Somme des fréquences	94	159	117	222
% végétation	90	98	85	98
% litière, sol nu	10	2	15	2
Distance de l'abreuvoir en km	0,020	0,400	1,100	2,300
Artificialisation	forte	assez forte	moyenne	assez faible
Humidité de la station	assez sèche	assez sèche	assez sèche	moyenne
pH des 10 premiers cm	8	7	8	7,5
Couleur du sol	brun rouge foncé	brun jaunâtre sombre	brun jaunâtre clair	brun clair
Nombre d'espèces dans le relevé	4	15	7	25
Nombre d'espèces sous la ligne (100 pts)	3	5	4	11

La figure 4 permet de remarquer les déséquilibres très grands depuis les abreuvoirs jusqu'à 2,5 km de ceux-ci. Le déséquilibre est moins grand avec retour progressif à l'équilibre, à partir du quatrième kilomètre des abreuvoirs permanents.

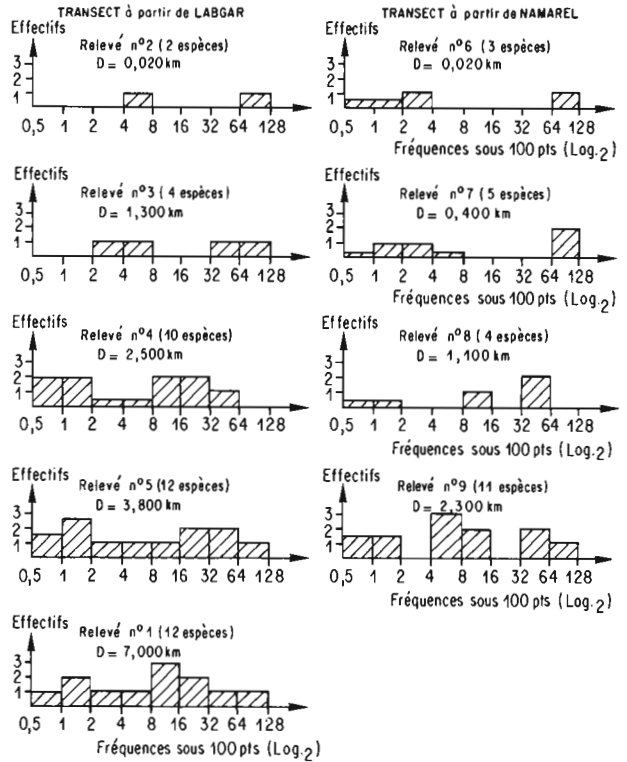


FIGURE 4 - Distributions des fréquences observées en 1982 en fonction de la distance (D) aux abreuvoirs. (Mise en évidence des déséquilibres.)

Retour à l'équilibre

EN FONCTION DE LA PLUVIOSITÉ ANNUELLE ET MENSUELLE

La variabilité de la pluviosité mensuelle, surtout celle de juillet, entraîne des modifications de conditions de milieu, ce qui se traduit par des variations importantes des fréquences spécifiques. La figure 5 illustre, pour 11 espèces dites «productrices» (espèces dont la fréquence en 1982, 1985 ou 1986, a été au moins une fois supérieure à 8 %) ces variations de fréquences spécifiques pour 1985 et pour 1986, par rapport au «modèle en équilibre» de 1982 ; ainsi :

- augmentation des fréquences de certaines espèces, c'est le cas :
 - en 1985, de *Alysicarpus ovalifolius* (S. et Th.) Léon,
 - en 1986, de *Zornia glochidiata* Reichb.,
 - en 1985 et en 1986, de *Indigofera senegalensis* Lam., de *Tragus racemosus* (L.) Allioni et de *Tribulus terrestris* L. ;
- diminution des fréquences de certaines espèces, c'est le cas :
 - en 1985 et en 1986, de *Aristida mutabilis* Trin., de *Schoenefeldia gracilis* Kunth. et de *Panicum laetum* Kunth.,
 - en 1986, de *Dactyloctenium aegyptium* Beauv. et de *Eragrostis tremula* Hochst. ;
- une espèce, *Cenchrus biflorus* Roxb., demeure indifférente.

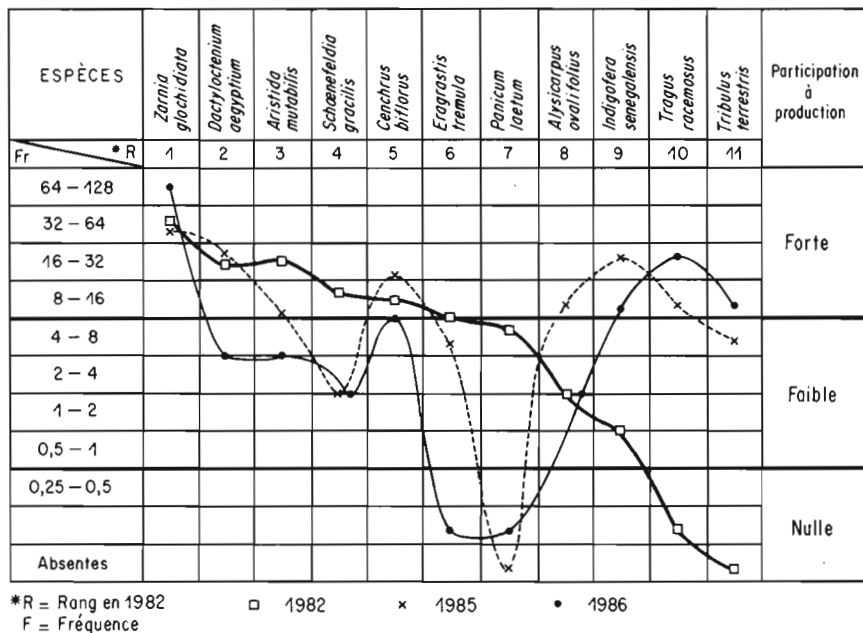


FIGURE 5 - Variation des fréquences spécifiques des espèces dites «productrices» en 1985 et 1986 par rapport au «modèle en équilibre» de 1982.

Pour expliquer cette évolution, on peut penser que la quantité de pluie tombée en juillet favorise une partie des espèces, dont les fréquences croissent, et en défavorise d'autres, dont les fréquences décroissent jusqu'à disparaître (fig. 5), certaines espèces restant indifférentes. Il est sûr aussi que la modification des conditions de milieu, exprimée ici par la variabilité des pluies, produit des modifications dans les relations sociales des espèces (complémentarité ou rupture entre espèces dominantes et espèces dominées).

Compte tenu des observations effectuées entre 1981 et 1986 dans le Ferlo sénégalais, les conditions d'équilibre seraient atteintes lorsque la quantité totale des pluies tombées, entre juillet et septembre, est au moins de 350 mm en vingt-cinq jours environ, dont, au minimum, 120 mm en sept jours en juillet.

Le déséquilibre est d'autant plus grand que la quantité de pluie tombe de façon violente en juillet et que le nombre de jours est faible (exemple de 1986 : 51 mm en un jour).

Ces résultats rejoignent ceux obtenus par BILLE (1977), BOUDET (1975, 1977), CORNET (1981) et VALENZA (1970, 1981) au Sénégal, par BREMAN *et al.* (1980), CISSÉ (1985, 1987) et HIERNAUX (1984, 1985) au Mali, et par GROUZIS (1986, 1987) au Burkina Faso.

Sur le plan local, il serait nécessaire de procéder à des expériences pour vérifier les réactions des espèces à cette variabilité de la pluviosité. Il faudrait vérifier ces réactions non seulement sur les espèces isolées (voie d'approche auto-écologique), mais aussi dans les communautés complexes (voie d'approche synécologique).

EN FONCTION DE LA DISTANCE AUX ABREUVOIRS ET DE LA CHARGE ANIMALE

Le piétinement des animaux, intense dans un rayon de 2,5 km autour de l'abreuvoir, entraîne des modifications très importantes des conditions de milieu, ce qui se traduit par des variations des fréquences spécifiques :

- développement très important d'espèces du genre *Boerhavia* autour de l'abreuvoir sur un rayon de 20 à 50 m ;
- communautés très fortement dominées par 2 espèces : *Zornia glochidiata* et *Dactyloctenium aegyptium* entre 0,4 et 1 km ;
- entre 1 et 2,5 km, la communauté est très nettement bimodale avec une forte domination des espèces telles que : *Zornia glochidiata*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis* ;
- à partir du quatrième kilomètre, un retour à l'équilibre s'amorce avec une augmentation très forte, d'une part de la diversité floristique, d'autre part de la participation dans la végétation d'espèces telles que *Schoenefeldia gracilis*, *Eragrostis tremula*, *Chloris prieurii* Kunth., *Digitaria longiflora* Pers., *Eragrostis tenella* Roem. et Sch. et *Panicum laetum*.

Pour expliquer cette évolution, les hypothèses suivantes sont généralement avancées :

- l'excès de matière organique favorise autour des abreuvoirs permanents les communautés monospécifiques à *Boerhavia diffusa*,
- le surpâturage et le piétinement favorisent les communautés bispécifiques à *Zornia glochidiata* et *Dactyloctenium aegyptium*.

Il faut parvenir au quatrième kilomètre de l'abreuvoir pour commencer à observer un début d'équilibre de la communauté qui est atteint vers le septième kilomètre et qui correspond à un équilibre entre la charge animale et la production transformable (en lait ou viande) des communautés végétales correspondantes sans sur- ou sous-pâturage (soit 5 ha pour une unité bétail tropical).

Si cette proximité de l'abreuvoir entraîne un déséquilibre dans les communautés pâturées en favorisant fortement la dominance de 1 ou 2 espèces, cela ne signifie pas une diminution de la productivité au sens agronomique ou pastoral du terme. De nombreux travaux, et plus particulièrement, au Sénégal, ceux de VALENZA et FAYOLLE (1965), VALENZA (1970, 1981), VALENZA et TOURÉ (1986), ont prouvé qu'en terme de productivité pastorale liée à la richesse en matière organique, c'est dans la zone comprise entre 0,4 et 1 km autour du forage que l'on obtient les meilleurs résultats, à partir d'une végétation que l'on peut qualifier de bispécifique avec une légumineuse (*Zornia glochidiata*) et une graminée (*Dactyloctenium aegyptium*).

DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Il est important de bien préciser les critères utilisés qui permettent, au sein d'une communauté végétale, de définir telle ou telle notion.

C'est ainsi que les notions d'équilibre ou de déséquilibre d'une communauté herbacée sont essentiellement basées sur la distribution des fréquences des espèces en référence à une distribution log-normale, une végétation sera dite en équilibre si la distribution observée ne s'éloigne pas significativement d'une distribution unimodale de type log-normale.

Les notions de stabilité ou d'instabilité sont essentiellement liées à la reproductibilité au cours des années des schémas de distribution des fréquences spécifiques ; générale-

ment, des communautés dominées par des espèces pérennes seront plus stables que des communautés dominées par des espèces annuelles. Ces dernières sont le plus souvent instables, le cas de Labgar en est une bonne illustration.

C'est ainsi que pendant un temps plus ou moins long à l'échelle d'une saison de végétation ou de plusieurs années ou à court, moyen ou long terme les communautés herbacées peuvent être classées en 4 grands groupes :

- les communautés équilibrées et stables ;
- les communautés déséquilibrées et stables ;
- les communautés équilibrées instables ;
- les communautés déséquilibrées instables.

Les notions de valeur ou de productivité pastorales sont indépendantes de celles d'équilibre ou de stabilité ; c'est ainsi que l'on peut rencontrer des communautés stables équilibrées de faible valeur pastorale (pâturages extensifs de moyenne ou de haute montagne des régions tempérées ou continentales), alors que des communautés instables et déséquilibrées peuvent avoir une forte valeur pastorale et présenter un haut niveau de productivité par rapport à tel ou tel paramètre dit « agronomique » ou « pastoral ». C'est le cas des communautés paucispécifiques dont la végétation est composée d'espèces très appréciées par le bétail et considérées comme ayant une forte valeur bromatologique.

La pluviosité annuelle étant imprévisible, elle est cause à la fois d'instabilité et de déséquilibre des communautés dominées par les thérophytes. Toutefois, afin de ne pas accentuer ces déséquilibres par une mauvaise conduite du troupeau, une réflexion sur une stratégie d'aménagement et de gestion à long terme de l'espace sahélien a été entreprise ces dernières années, surtout pour les années dites de « bon hivernage », afin de pallier d'une part le déficit provoqué par les années dites de « mauvais hivernage » et, d'autre part, les éventuels conflits entre agriculteurs et éleveurs entraînés par la transhumance (BOUDET, 1974, 1984 ; BOUDET et CARRIÈRE, 1986 ; GILLET *et al.*, 1986 ; POISSONET et TOURÉ, 1986 ; VALENZA et TOURÉ, 1986 ; BOUDET, 1987).

J. POISSONET et F. CHAMBRIS : *botanistes*, Institut de botanique, rue Auguste-Broussonet, 34000 Montpellier
I. TOURÉ : *enseignant*, Fapis-Unesco, BP 5077, Dakar, Sénégal

BIBLIOGRAPHIE

- AITCHINSON (J.) et BROWN (J.), 1966. - The lognormal distribution with special reference to it in economics. Camb. Univ. Press, 176 p.
- BILLE (J.-C.), 1977. - Étude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. *Trav. et doc. ORSTOM*, n° 65, Paris, 82 p.
- BILLE (J.-C.) et POUPON (H.), 1972. - Description de la végétation. *In* : Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. *La Terre et la Vie*, 26 (3) : 332-350.
- BOUDET (G.), 1974. - Les pâturages et l'élevage au Sahel. *Notes techniques Mab/Unesco* : 29-33.
- BOUDET (G.), 1975. - Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Min. de la Coop., IEMVT, 254 p.
- BOUDET (G.), 1977a. - Désertification ou remontée biologique au Sahel. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 12, 4 : 293-300.
- BOUDET (G.), 1977b. - Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux en Afrique occidentale. *Rev. Elev. méd. vét. pays trop.* 30, 4 : 384-406.

- BOUDET (G.), 1984. - Recherche d'un équilibre entre production animale et ressources fourragères au Sahel. «La sécheresse au Sahel». *Bull. Soc. lang. géogr.*, 18 (3-4) : 167-179.
- BOUDET (G.), 1987. - Connaissance et gestion de l'espace pastoral sahélien. «Terroirs pastoraux et agropastoraux en zone tropicale. Gestion aménagement et intensification fourragère». IEMVT, Maisons-Alfort : 1-60.
- BOUDET (G.) et CARRIÈRE (M.), 1986. - Évolution des parcours et tentatives de restauration dans la région de Kaedi en Mauritanie. Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens, Fapis/Unesco, Dakar/Sénégal, 6 p.
- BREMAN (H.), CISSÉ (A. M.), DJITEYE (M. Z.) et ELBERSE (W. Th.), 1980. - Pasture dynamics and forage availability in the Sahel. *Isr. J. Bot.*, 28 : 227-251.
- CHAMBRIS (F.), 1988. - Influence des pluies, du substrat et de l'exploitation animale sur la dynamique de pâturages herbacés sahéliens. Exemple du Ferlo septentrional, Sénégal, 6 années d'observations à Labgar.- DAA Montpellier, Ensam-LEM/USTL, 68 p.
- CISSÉ (M. I.), 1985. - Les parcours sahéliens pluviaux du Mali central. Caractéristiques et principes techniques pour une amélioration dans le cadre des systèmes de production d'élevage existants. Séminaire régional sur la problématique et les stratégies sylvo-pastorales au Sahel, Fapis-Unesco/CILSS-IS/EISMV, Dakar/Sénégal : 255-286.
- CISSÉ (A. M.), 1987. - Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud-sahélienne. Wageningen/Pays-Bas, 211 p.
- CORNET (A.), 1981. - Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse doct. ing., Montpellier, 353 p.
- DAGET (Ph.), 1968. - Quelques remarques sur les distributions de fréquences spécifiques dans les phytocénoses. *Oecol. Plant.*, 3 : 299-312.
- DAGET (Ph.), 1970. - Analyse de la dispersion spécifique dans les formations herbacées. V^e Coll. Écologie ENS, Paris, 15 p.
- DAGET (Ph.) et GODRON (M.), 1982. - Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés. Masson, Paris, 163 p.
- DAGET (Ph.) et POISSONNET (J.), 1969. - Analyse phytologique des prairies. *Applications agronomiques*. CNRS-Cepe, Montpellier, doc. n° 48, 67 p.
- DAGET (Ph.) et POISSONNET (J.), 1970. - Distribution des fréquences spécifiques dans les phytocénoses herbacées en déséquilibre. V^e Coll. Écologie ENS, Paris.
- DAGET (Ph.) et POISSONNET (J.), 1971. - Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22 : 5-41.
- DIALLO (A. K.) et VALENZA (J.), 1972. - Pâturages du Nord Sénégal, carte au 1/200 000. *Étude agrostologique* n° 34. Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. Forman R. et Godron M., 1986 Landscape Ecology. John Wiley and sons, New York, 620 p.
- FORMAN (R. T.) et GODRON (M.), 1986. - Landscape ecology. Wiley and sons. 619 p.
- GASTON (A.), VAN ITTERSUM (G.) et VAN PRAET (C. L.), 1983. - Utilisation des images Noaa 7 pour l'estimation de la production primaire au Ferlo. Saison des pluies 1980 à 1983. Actes du Colloque : «Méthodes d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens». Projet Écosystèmes pastoraux, Dakar, 16-18 nov. 1983.
- GIBRAT (R.), 1930. - Une loi des répartitions économiques : l'effet proportionnel. *Bull. Stat. gen. fr.*, 19 : 469 et suiv.
- GILLET (H.), GASTON (A.) et TOURÉ (I. A.), 1986. - Évolution générale des écosystèmes pastoraux sahéliens et lignes directrices pour la surveillance continue, l'aménagement et la gestion. Séminaire régional sur la dynamique des pâturages sahéliens, Fapis/Unesco, Dakar, 33 p.
- GODRON (M.), 1968. - Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale. *Oecol. Plant.*, 3 : 185-212.
- GODRON (M.), DAGET (Ph.), EMBERGER (L.), LE FLOC'H (E.), LONG (G.), POISSONNET (J.), SAUVAGE (Ch.) et WACQUANT (J.P.), 1968. - Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. CNRS, Paris, 292 p.

- GODRON (M.), DAGET (Ph.), POISSONET (J.) et POISSONET (P.), 1969. - Some aspects of heterogeneity in grasslands of Cantal, France. *Int. Symp. Stat. Ecol.* (august 69), Yales, U.S., 19 p.
- GROUZIS (M.), 1986. - Dynamique et tendances évolutives des phytocénoses sahéliennes du Burkina Faso. Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens, Fapis/Unesco, Dakar/Sénégal, 15 p.
- GROUZIS (M.), 1987. - Structure, production et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse d'État, Paris-Sud, 336 p.
- HÉDIN (L.) et LEFEBVRE (J.), 1951. - Les méthodes d'analyse botanique dans l'étude agronomique des prairies. *Ann. Amél. Pl.* : 376-407.
- HIERNAUX (P.), 1984. - Distribution des pluies et production herbacée au Sahel : une méthode empirique pour caractériser la distribution des précipitations journalières et ses effets sur la production herbacée. Premiers résultats acquis dans le Sahel malien. Document du programme n° AZ 98, Cipea, Bamako.
- HIERNAUX (P.), 1985. - Encore une saison des pluies très déficitaire sur le ranch de Niono (Sud Sahel, Mali). Évolution de la végétation d'une cinquantaine de sites suivis depuis 1976. Document du programme 141. Cipea, Bamako.
- LÉVY (B.) et MADDEN (E.), 1933. - The point method of pasture analysis. *New Zeal. J. Agron.*, 46 : 267-279.
- POISSONET (J.), 1966. - Recherches sur une loi d'équilibre dans la composition floristique des formations herbacées denses. CNRS-Cepe, Montpellier, 18 p.
- POISSONET (J.), 1979. - Équilibre et déséquilibre des phytocénoses herbacées. CNRS-Cepe, X^e journées du Grenier de Theix. Inra : 463-468.
- POISSONET (J.) et POISSONET (P.), 1969. - Essai de comparaison de méthodes d'analyse phytosociologique et agronomique des formations herbacées denses permanentes. CNRS-Cepe, Montpellier, doc. n° 50, 120 p.
- POISSONET (J.), TOURÉ (I. A.), GILLET (M.) et CABARET (M.), 1985. - Aide-mémoire méthodologique pour l'étude des pâturages sahéliens. Fapis/Unesco/EISMV, Dakar, 29 p. + 9 annexes.
- POISSONET (J.) et TOURÉ (I.A.), 1986. - Problématique pastorale du Ferlo sénégalais et éléments pour une stratégie d'aménagement et de gestion. Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens. - Fapis/Unesco, Dakar, 11 p.
- VALENZA (J.), 1970. - Survey of different types of natural pasture land in the Senegal Republic. Proc. XI^e intern. Grassland Congress : 78-82.
- VALENZA (J.), 1981. - Surveillance continue des pâturages naturels sahéliens sénégalais. Résultats de 1974 à 1978. *Rev. Elev. méd. vét. pays trop.*, 34, 1 : 83-100.
- VALENZA (J.) et FAYOLLE (F.), 1965. - Note sur les essais de charge au pâturage en République du Sénégal. *Rev. Elev. méd. vét. pays trop.*, Maisons-Alfort, 18, 3 : 321-327.
- VALENZA (J.) et TOURÉ (I. A.), 1986. - Bilan fourrager, aménagement et gestion des parcours naturels, cas du nord-Sénégal. Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens, Fapis/Unesco, Dakar, 16 p.