

# Désertification ou remontée biologique au Sahel

Gabriel BOUDET

Agropastoraliste, Directeur de Recherches à l'ORSTOM,  
Détaché à l'EMVT, Maisons-Alfort

## RÉSUMÉ

Au cours de 3 années d'observations (1975 à 1977) au Sahel, des cas de remontée biologique sont manifestes en diverses conditions édaphiques. Cependant, la régénération des ligneux a tendance à se localiser en situation topographique basse, ce qui conduit à une réelle rétraction du couvert végétal avec dénudation totale ou partielle des terrains en position haute. Le bilan régional reste incertain et s'avère défavorable dès que la démographie humaine entraîne une désertification sous l'effet d'activités agricoles et pastorales non compensées par des actions de conservation ou de régénération.

**MOTS-CLÉS :** Pluviométrie — Evolution de la végétation herbacée — Régénération des plantes ligneuses — Végétation contractée — Désertification — Désertisation — Sahel — Mali.

## SUMMARY

During the last three years (1975 to 1977) observations about biological increase are successful in several sahelian soil conditions. However, the regeneration of woody plants is trending to be located in lower land and the plant canopy is really going to decrease with bare land in upper location. The regional balance remains dubious and it is certainly unfavourable when ploughing and breeding activities are managed without preservation and reclamation measures.

**KEY WORDS :** Pluviometry — Evolution of grassy vegetation — Regeneration of woody plants — Contracted vegetation — Desertification — Desertization — Sahel — Mali.

Dans le cadre de l'ACC « Lutte contre l'Aridité » de la DGRST, une tentative de surveillance continue de la végétation des parcours sahéliens a été entreprise dans le Gourma malien (1), au Sud de la boucle du Niger, entre les 15<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> parallèles et au niveau du 1<sup>er</sup> degré de longitude Ouest. Les observations effectuées après les pluies en 1975, 1976 et 1977 faisaient suite à une étude régionale des pâturages réalisée en 1970.

L'évolution de la végétation des parcours a été étudiée dans quatre formations :  
— plaine remaniée sur horizon détritique ferruginisé,

- relief émoussé à végétation contrastée de type « brousse tigrée »,
- dépressions argileuses de type vertique,
- système dunaire mollement ondulé.

## 1. PLUVIOMÉTRIE

La pluviosité moyenne annuelle varie de 175 mm pour Gourma-Rharous à 414 mm pour Hombori, avec un écart d'environ 13,5 mm pour 10 km de gradient Nord-Sud ou 25 mm pour 10 minutes de latitude. La pluviosité théorique à la mare de Gossi autour de laquelle s'est effectuée l'étude serait alors de : 330 mm, alors que la pluviométrie enregistrée a été de 182 mm en 1976 et de 236 mm en 1977. Parallèlement, la pluviosité estimée de Gao serait de 267 mm pour une pluviosité moyenne enregistrée de 263 mm (1920-77) avec 373 mm en 1975, 177 mm en 1976 et 184 mm en 1977. En 1975, les précipitations efficaces y sont réduites à 220 mm si l'on élimine les 68 mm de la mi-octobre séparées des pluies d'août par 40 jours de déficit (18 mm) et les 78 mm de mai. Ces dernières pluies ont produit un regain fourrager mais les jeunes plants n'ont pu contribuer à la biomasse herbacée de fin de saison par suite du déficit pluviométrique de juin (8 mm). Les précipitations efficaces des 3 années seraient donc sensiblement comparables.

## 2. ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION EN PLAINE

Cette étude a été effectuée dans la plaine dépressionnaire de Tiouaz autour du puits de Tin Ahara, lieu de cure salée très fréquenté et situé à 25 km au Sud de Gourma-Rharous (pluviosité annuelle estimée à 210 mm).

La plaine est légèrement inclinée vers le Nord et s'appuie au Sud des affleurements de cuirasse dont

(1) Avec la participation de : Al Moustapha Coulibaly, agropastoraliste à l'Institut d'Economie Rurale de Bamako; Moulaye Diallo, Docteur vétérinaire, chef du service malien du Pastoralisme; Jean-Claude Leprun, pédologue à l'O.R.S.T.O.M.

la trace (gravillons et blocs détritiques de cuirasse) se retrouve sous 15 à 25 cm de sol sablo-limoneux à sablo-argileux.

En 1970, la plaine érodée et décapée était parsemée de microdunes sableuses hautes de 10 à 20 cm et colonisées par un couvert graminéen dominé par *Tetrapogon cenchriformis* (A. Rich.) Clayton, accompagné d'*Aristida adscensionis* L., *Cenchrus biflorus* Roxb. et espacés : *Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. D'autres dunes d'environ 1 mètre de hauteur étaient colonisées par un fourré bas à *Acacia ehrenbergiana* Hayne, avec sous-bois graminéen dominé par *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr., avec *Cenchrus biflorus*, *Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. de B., *Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Tragus berteronianus* Schult., et la Zygophyllacée *Tribulus terrestris* L. Le piémont au vent de ces cordons dunaires se caractérisait par un versant peu incliné et par la présence d'autres arbustes tels que *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., *Cadaba glandulosa* Forsk. et *Maerua crassifolia* Forsk. alors que le versant sous le vent, très incliné, surplombait un replat en voie de colluvionnement colonisé par *Schoenefeldia gracilis* et la crucifère *Morettia philaeana* (Del.) DC.

L'interdune était constitué par un sable durci, décapé et colmaté, où ne subsistaient que quelques pieds d'une euphorbiacée prostrée : *Euphorbia inaequilatera* Sonder (1). A ces interdunes, faisaient suite quelques couloirs de drainage occupés par une véritable forêt basse à *Acacia ehrenbergiana* et sous-bois graminéen à *Schoenefeldia gracilis* et *Panicum laetum*. Les bordures de ce faciès boisé étaient colonisées par une ceinture graminéenne à *Cymbopogon schoenanthus*, *Urochloa trichopus* (Hochst.) Stapf et la composée *Geigeria alata* (DC.) Oliv. et Hiern.

En 1975, c'est une impression de désolation qui frappait d'abord. La plaine semblait arasée avec disparition des microdunes et remobilisation de l'horizon superficiel du sol sous forme d'une couche poudreuse limono-sableuse. Quelques grandes dunes subsistaient, parsemées de bois mort piégeant les particules sableuses et des chicots affleuraient sur sol décapé avec de rares rejets verdoyants de *Cadaba glandulosa* et *Maerua crassifolia*. Quelques espèces pionnières se maintenaient sur les plages de sable éolisé, comme *Cenchrus biflorus*, *Tragus berteronianus*, alors que d'autres étaient localisées au substrat limoneux : *Geigeria alata*, *Morettia philaeana*. Les fourrés sur couloirs de drainage avaient été sévèrement touchés, en particulier en aval où

l'éolisation semblait avoir comblé la ravine et fait périr les ligneux. Ailleurs, la ceinture herbacée avait été fortement modifiée sous le colluvionnement accru avec dominance de la crucifère *Schouwia thebaïca* Webb, qui se développait avec vigueur au détriment des espèces antérieures comme *Cymbopogon schoenanthus*.

En 1977, le paysage présente curieusement un aspect général de rajeunissement avec abondance de jeunes plants de ligneux hauts de 30 cm à 1 mètre et une recolonisation par des espèces herbacées. De nombreuses microdunes se sont formées à nouveau, souvent par piégeage contre du bois mort. Le sable est stabilisé par la cucurbitacée *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. dont les tiges enserrant le monticule comme une résille dans laquelle se développent les graminées *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Schoenefeldia gracilis*, *Tragus berteronianus*. Les interdunes décapées et durcies portent de rares pieds de *Mollugo nudicaulis* Lam., *Euphorbia inaequilatera* et *Morettia philaeana*. Parfois, sous l'effet d'un léger colluvionnement limoneux, la colonisation des interdunes est plus effective avec implantation d'*Aristida adscensionis*, *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv., *Cymbopogon schoenanthus*, abondance de *Morettia philaeana* et nombreux jeunes plants d'*Acacia ehrenbergiana* hauts de 30 à 50 cm. Les rejets de *Boscia senegalensis*, *Cadaba glandulosa*, *Maerua crassifolia*, atteignent maintenant une taille d'arbustes adultes. Des dunes hautes d'un mètre sont également stabilisées par les espèces déjà citées auxquelles s'ajoutent de nombreuses touffes juvéniles de *Panicum turgidum* Forsk. et parfois quelques jeunes plants de *Leptadenia pyrotechnica* (Forsk.) Decne et *Euphorbia balsamifera* Ait. En ceinture des fourrés de couloirs dunaires, abondent maintenant *Aristida adscensionis* et *Schoenefeldia gracilis*, alors que *Schouwia thebaïca* est moins luxuriant.

Après une période d'arasement et d'éolisation du modelé entraînant la mort du couvert ligneux, une végétation rajeunie s'est réinstallée, mais elle diffère toutefois de la végétation antérieure par un aspect plus contracté et la présence plus accusée d'espèces sahariennes.

### 3. ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION SUR RELIEF ÉMOUSSÉ

Ces observations ont été réalisées sur les collines pénéplanées situées à 45 km environ au Sud de Gossi, dans la direction de Ndaki (pluviosité annuelle estimée à 390 mm). La pente générale du terrain est faible, de l'ordre de 2 à 3 p. 100 et interrompue surtout dans

(1) Nous remercions J.P. Lebrun, botaniste à l'PIEMVT, pour sa collaboration fort ancienne tant pour la révision de nos échantillons que la détermination des espèces peu connues.

la partie amont par des affleurements en saillie de filons de roches quartzitiques et gréseuses ferruginisées. Il en résulte une série d'arêtes peu prononcées, de glacis peu inclinés et de replats dépressionnaires se répétant jusqu'à la ravine de collecte des eaux de ruissellement.

En 1970, la végétation présentait un aspect typique de « brousse tigrée » dont les différents faciès se superposaient aux variations du modelé : fourrés à *Combretum micranthum* G. Don, dominant sur arêtes gréseuses et à *Pterocarpus lucens* Lepr. ex Guill. et Perr. sur replats dépressionnaires, glacis dénudés intercalaires gravillonnaires à carapacés en amont et recouverts par un colluvionnement limono-argileux en aval; cordons dunaires intercalaires irrégulièrement disposés sur les glacis. Les fourrés présentaient un sous-bois à *Pennisetum pedicellatum* Trin. ou à *Blepharis maderaspatensis* (L.) Heyne ex Roth sous ombrage prononcé. Une ceinture graminéenne entourait les fourrés sur replats avec dominance de *Diectomis fastigiata* (Sw.) Kunth et *Diheteropogon hagerupii* Hitch., et la biomasse herbacée aérienne pouvait atteindre 700 g de matières sèches au mètre carré. Fréquemment une petite dépression existait au cœur du fourré, avec formation de flaque d'eau pendant les pluies et couvert herbacé constitué par *Aeschynomene indica* L. au centre puis successivement vers l'extérieur : *Panicum laetum* Kunth, *Rhytachne triaristata* (Steud.) Stapf, *Andropogon gayanus* Kunth, *Diheteropogon hagerupii*. Les petites dunes intercalaires étaient par contre colonisées par *Aristida adscensionis*, *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis* et l'Acanthacée *Blepharis linariifolia* Pers..

En 1975, les dunes ont été souvent arasées, beaucoup de ligneux sont morts, couchés à terre, quelques-uns seulement présentaient encore quelques rejets verdoyants à la base des cépées. Le couvert herbacé avait pratiquement disparu et le sol était érodé et décapé, laissant à nu une surface compactée et durcie.

En 1977, se dessine une restructuration assez nette du couvert végétal avec une dénudation presque totale du glacis amont où ne subsistent que quelques ligneux épars au pied desquels se réinstallent : *Aristida adscensionis*, *Schoenefeldia gracilis* et la légumineuse *Zornia glochidiata* Reichb. ex D.C.. En aval, les cépées sont presque toutes revivifiées et accompagnées de jeunes plants de *Boscia senegalensis* et *Pterocarpus lucens*. Le sol est remanié avec dépôt de colluvions sablonneuses en petits amas (nebkas) colonisés par *Blepharis linariifolia*, *Schoenefeldia gracilis*, *Zornia glochidiata*. Sur le replat inférieur, les fourrés anciens sont rajeunis par une abondance de jeunes plants, d'une taille d'un mètre environ : *Pterocarpus lucens*, *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arn. et même



PHOTOGRAPHIE 1

Novembre 1977. — Jeunes plants de *Pterocarpus lucens* groupés sur replat inférieur.

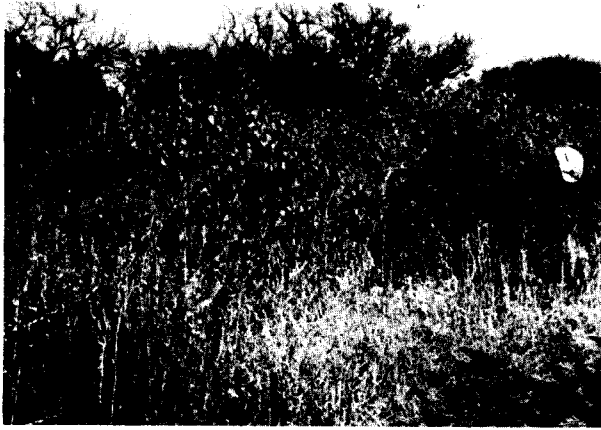
*Guiera senegalensis* J.F. Gmel.. Le couvert herbacé, bien qu'encore clairsemé, est enrichi avec quelques touffes de *Diectomis fastigiata*, *Pennisetum pedicellatum* et *Andropogon gayanus* (photogr. 1).

Dans cette localisation édaphique, l'évolution récente de la végétation se traduit à nouveau par une contraction du couvert ligneux avec dénudation quasi générale des sommets et des hauts de pente, contrastant avec le rajeunissement et l'épaississement du couvert ligneux en bas de pente.

#### 4. ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DES DÉPRESSIONS ARGILEUSES VERTIQUES

Ces observations concernent la dépression de Diay en contrebas des buttes relictées de Tin Abao au Sud de Ndaki et approximativement à la latitude d'Hombori (pluviosité annuelle estimée à 420 mm). Cette dépression endoréique est alimentée par la collecte des eaux de ruissellement dans un périmètre assez restreint ne dépassant pas 20 km de diamètre.

En 1970, les argiles noires à micro-relief Gilgaï de la cuvette proprement dite étaient colonisées par une forêt basse fermée, dominée par *Acacia seyal* Del., *Grewia villosa* Willd., avec une abondance moindre de *Dichrostachys cinerea*, *Acacia laeta* R. Br. ex Benth., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Cadaba glandulosa*. Le sous-bois était dominé par la graminée *Brachiaria ramosa* (L.) Stapf et l'Acanthacée *Blepharis maderaspatensis*, alors qu'une ceinture herbacée délimitant le massif boisé était dominée par *Sehima ischaemoides* Forsk.. Le bassin versant, à sol limoneux et à faible



PHOTOGRAPHIE 2

Novembre 1977. — Fond de cuvette à argile noire vertique colonisée par *Acacia seyal* et *Grewia villosa* en peuplement dense.



PHOTOGRAPHIE 3

Novembre 1977. — Régénération ligneuse à *Balanites aegyptiaca* sur argile noire et tapis graminéen à *Brachiaria ramosa* et *Sehima ischaemoides*.

pente était colonisé par des bosquets denses à *Acacia seyal* avec sous-bois à *Pennisetum pedicellatum* séparés par des clairières herbacées à *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida adscensionis*. De place en place, se rencontraient des lambeaux de terrains dénudés érodés, parsemés de bois mort et des franges à *Schouwia thebaïca* pouvaient être observées au contact avec les bosquets.

En 1975 et 1977, le processus de dégradation s'était amplifié mais des traces de régénération du couvert végétal peuvent être observées. La proportion de terrain dénudé et colmaté s'est accrue sur les versants de la

dépression, en particulier sur les parties hautes. En bas de pente, au contraire, les îlots boisés sont rajeunis avec des jeunes plants serrés d'*Acacia seyal* et d'*Acacia laeta*. Si les parties basses de la cuvette sont toujours occupées par la forêt fermée à *Acacia seyal* et *Grewia villosa*, la majeure partie de la cuvette à argile noire est couverte de bois mort au travers duquel poussent *Brachiaria ramosa* et la Verbenacée *Svensonia laeta* (Fenzl.) Mold. Entre ces extrêmes, la reprise de la végétation est indiquée par de jeunes plants de *Cadaba glandulosa* (15 cm de hauteur), de *Balanites aegyptiaca*, *Dichrostachys cinerea* et *Grewia villosa* dont la taille est comprise entre 50 cm et 1 mètre. Le couvert herbacé est dense avec les graminées *Brachiaria ramosa*, *Dinebra retroflexa* (Vahl) Panz., *Aristida hordeacea* Kunth, *Sehima ischaemoides* et la composée *Bidens cf. bipinnata* L. (photogr. 2 et 3).

Dans ce bassin endoréique argileux, l'évolution de la végétation se caractérise par une contraction du couvert végétal vers les terrains, en situation inférieure où la régénération des espèces ligneuses est frappante alors que les terrains en position élevée sont presque totalement érodés, avec décapage du sol superficiel et disparition de toute végétation herbacée ou ligneuse. L'érosion en nappe a entraîné des obstructions répétées des couloirs de drainage réduisant l'alimentation en eau de la cuvette dont les parties hautes qui ne sont plus inondées ont perdu leur couvert ligneux adapté à l'engorgement périodique du sol. Des constatations analogues peuvent être faites à la mare temporaire de Doro située à 60 km à l'Est de Gossi. La cuvette occupée par cette mare était couverte d'une forêt à *Acatia nilotica* (L.) Willd. ex Del. var. *nilotica*. Tous les individus de cette espèce sont déjà morts ou mourants sur les parties hautes de la mare qui n'ont plus été inondées depuis la sécheresse. La pluviosité déficitaire peut également être incriminée. C'est ainsi qu'à Gao où la pluviosité moyenne annuelle est de 263 mm ± 22, avec 56 données, le minimum absolu est en 1974 avec 128 mm et les précipitations sont presque toujours inférieures à 241 mm (263-22) depuis 1974, à l'exception de 1968, (256 mm) et 1975 qui a reçu 373 mm mais avec seulement 220 mm pouvant être considérés comme précipitations efficaces.

## 5. ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION SUR MODELÉ DUNAIRE

La végétation du modelé dunaire constitue l'essentiel des pâturages sahéliens avec celle des couloirs de drainage colluvionnés sur terrains subsquelettiques. C'est pourquoi une étude plus précise de la végétation herbacée a été envisagée aux environs de la

mare permanente de Gossi et de la mare temporaire de Doro.

Sur une station caractéristique d'un groupement végétal, une parcelle d'observation d'environ 30 mètres sur 30 est délimitée par des marques faites au coupe-coupe sur des troncs d'arbres puis renforcées à la peinture vive. Alors que l'état du couvert ligneux environnant peut être simplement décrit, l'évaluation du couvert herbacé y est effectuée avec précision et la méthode des points quadrats alignés de Daget et Poissonnet est utilisée avec un attirail simplifié. Un double décimètre est tendu au-dessus du tapis herbacé et fixé par des ficelles à des piquets de fer à béton. A toutes les graduations multiples de 20 cm (100 sur 20 m) les contacts avec les plantes herbacées sont notés le long d'une tige métallique fine descendue verticalement, mais une espèce ne peut être notée

aucune plante n'est touchée, le point de lecture est compté comme « sol nu ». Pour le faciès, l'importance de chaque espèce sera exprimée en pourcentage par rapport à l'ensemble des contacts de plantes enregistrées (contribution spécifique). La précision des données peut être estimée par le calcul de l'intervalle de confiance de la population « tapis herbacé » :

$$\pm 2 \sqrt{\frac{n(N-n)}{N^3}} \quad \text{où } n \text{ est le nombre de contacts de l'espèce dominante, } N \text{ est le total des contacts enregistrés par toutes les espèces.}$$

L'effet du hasard peut être considéré comme éliminé lorsque la précision obtenue atteint 5 %. Pour atteindre cette précision, des lignes successives sont distribuées à travers la parcelle sous contrôle, en commençant par les diagonales. La productivité est estimée en même temps par évaluation de la biomasse herbacée aérienne, sur un plateau de 4 m<sup>2</sup> choisi à proximité de chaque ligne d'observation. La production est

primée en matières sèches à l'hectare.

Les sites d'observations ont été délimités sur un système d'ondulations dunaires et toujours à mi-pente des pentes douces qui sont dominantes dans le paysage. Ils sont répartis tous les kilomètres à partir d'un point d'abreuvement sur un transect situé à l'écart des axes de passage mais matérialisé par le marquage d'un alignement d'arbres, et un premier site est établi à 500 m du point d'abreuvement. Le transect de Doro concerne un point d'abreuvement très fréquenté en saison des pluies et celui de Gossi intéresse une mare pratiquement réservée à la saison sèche. Par ailleurs (photogr. 4 et 5), 4 plateaux ont été répartis le long d'une toposéquence dunaire située à 6 km de tout point d'eau avec le plateau (a) en bas de pente, (b) à mi-pente inférieure avec (d) protégé par une clôture et



PHOTOGRAPHIE 4

Novembre 1975 — Végétation herbacée sur modelé dunaire

dénudés.



PHOTOGRAPHIE 5

(c) mi-pente supérieure. Enfin, l'évolution du couvert ligneux est suivie sur une parcelle d'un hectare au contact du modelé dunaire et de terrains subsquellétiques.

C'est à 5 000 mètres du point d'abreuvement de saison sèche que domine *Chloris prierii* Kunth, alors qu'au km 2, apparaissent les plus grandes variations liées au mode d'exploitation des pâturages. Sous charge modérée de saison des pluies, *Brachiaria xantholeuca* (Hack. ex Schinz) Stapf domine avec 40 % du tapis herbacé alors que *Cenchrus biflorus* régresse en 3 ans jusqu'à 10 %. Sous forte charge de saison des pluies, *Cenchrus biflorus* domine avec stabilisation vers 40 % du tapis herbacé, alors qu'*Aristida mutabilis* demeure stationnaire à 10 % pendant que *Brachiaria*

## EXEMPLE DE CONTROLE CONTINU AU SOL (KILOMETRE 6)

Localisation	Bas de pente		Mi-pente								Gossi		
	75	77	75	76	77	75	76	77	75	77	75	76	77
Année						défens							
Identification	a1	a3	b1	b2	b3	d1	d2	d3	c1	c3	g61	g62	g63
Sol nu (en p. 100)	29	2	45	5	6	81	8	2	73	1	15	3	17
Nombre de lignes	1	2	1	3	2	2	3	2	1	2	1	3	3
Effectif par ligne	77	172	63	182	154	23	141	175	29	166	127	135	115
Précision	± 11.4	± 5.2	± 8.5	± 1.9	± 5.5	± 13.3	± 4.5	± 5.3	± 18.3	± 5.5	± 8.5	± 5.0	± 5.4
Contribution sp. (en p. 100)													
Appâtées													
<i>Schoenefeldia gracilis</i>		32		5	38	4	7	23		2		+	
<i>Tragus berteronianus</i>		19		28	19	2	11	7		3		2	2
<i>Aristida mutabilis</i>		40		12	34	9	31	48	20	53	9	55	49
<i>Brachiaria xantholeuca</i>	39	3		21	6		10	6		17	9	15	29
<i>Cenchrus biflorus</i>	52	5		21	+	11	21	1	3	8	30	25	12
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>		+		2	+		1	+		1			
<i>Eragrostis tremula</i>	1	+		1	+		1	1		+			
<i>Digitaria horizontalis</i>										1	1		
<i>Chloris prierii</i>		+											
<i>Cenchrus prierii</i>													
<i>Zornia glochidiata</i>													+
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>		+	3	1	1	11	2	1	14	6	12		3
<i>Gisekia pharnaceoides</i>	1	+	2	1	2		1	1		1	36	+	+
<i>Tribulus terrestris</i>							+	+			2		2
<i>Citrullus lanatus</i>						9							
<i>Limeum pterocarpum</i>			2										
<i>Limeum viscosum</i>				1			2	+				2	3
Non appâtées													
<i>Aristida stipoides</i>							4	4		3			
<i>Fimbristylis hispidula</i>	1	+	30	1		26	2	1	14				
<i>Heliotropium strigosum</i>	5	+	63	6	+	28	5	7	41	3	1		1
<i>Cenchrus ciliaris</i>													
Production (kg/ha MS)													
Appâtée	1100	1335		675	1110	300	820	1800		1775	1550	360	1015
Non appâtée	500		675			750		60	1000				

*xantholeuca* est rare et que *Tragus berteronianus* progresse jusqu'à 25 %. Sous charge modérée de saison sèche, *Aristida mutabilis* progresse pour dominer à 40 % pendant que *Cenchrus biflorus* et *Brachiaria xantholeuca* restent stationnaires vers 10 %. Au km 6, l'influence de la pâture est secondaire et pourtant différents faciès ont été identifiés en 1975 avec des compositions floristiques variées. Après 3 ans, la remontée biologique se révèle être spectaculaire et caractérisée par la convergence de c3 et g63. La régé-

nération de *Schoenefeldia gracilis* jusqu'à mi-pente inférieure est très nette, la régression générale de *Cenchrus biflorus* s'effectue au profit d'*Aristida mutabilis* pendant qu'*Heliotropium strigosum* Willd. devient rare alors qu'il était abondant à mi-pente en 1975 (Tab.). Si la biomasse herbacée aérienne n'augmente que modérément, la proportion inappâtée régresse jusqu'à disparaître au profit du fourrage consommable.

Au contact du modelé dunaire et des terrains subséquents la végétation herbacée est peu différente

de celle d'un faciès de mi-pente inférieure avec dominance d'*Aristida mutabilis* et abondance de *Tragus berteronianus* et *Schoenefeldia gracilis*. Le couvert ligneux a fortement souffert de la sécheresse et sur la parcelle d'observation d'un hectare, 51 ligneux ont été dénombrés en 1976 :

- 45 *Acacia laeta* dont 38 morts, 3 moribonds et 4 vigoureux;
- 1 *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl. mort;
- 2 *Balanites aegyptiaca* vigoureux;
- 3 *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenam vigoureux.

En 1977, il ne reste plus que 2 *Acacia laeta* vigoureux et 2 moribonds, ce qui réduit le nombre de ligneux bien portants 7 pour l'hectare, et aucun jeune plant n'a pu être repéré sur la parcelle. Par contre, sur modelé dunaire proprement dit, une certaine mortalité d'*Acacia senegal* et d'*Acacia tortilis* pouvait être constatée en 1975, mais de nombreux jeunes peuvent être recensés en 1977. Il semblerait cependant qu'*Acacia tortilis* soit souvent supplanté par *Balanites aegyptiaca*.

Dans la région de Gossi, il semblerait qu'une régénération très nette de la végétation herbacée puisse être constatée sur modelé dunaire, bien qu'un blocage de l'évolution au stade de *Cenchrus biflorus* dominant, apparaisse au voisinage des points d'abreuvement très fréquentés en saison des pluies.

## 6. CONCLUSIONS

A la question « Désertification ou remontée biologique au Sahel », il est bien difficile de répondre avec certitude, malgré l'importance qu'elle présente pour tant de vies humaines.

Désertification ? Peut-être. Remontée biologique ? Evidente mais localisée. Le bilan de ces deux processus risque d'être déficitaire au cours des décennies actuelles.

Quel que soit le support édaphique, il s'avère que la couverture végétale sahéenne est en perpétuelle évolution, tout au moins dans la dition étudiée. La couverture végétale est fragmentaire, de type « contractée » et elle subit des déplacements qui peuvent être décelés sans trop de difficultés. Une sorte de phénomène ondulatoire semble régir ces déplacements jusqu'à produire, lorsque les conditions s'y prêtent le mieux, un véritable paysage de « brousse tigrée » associé à des ondulations de terrains à peine prononcées, soit géomorphologiques, soit de néoformation sous l'effet de l'érosion en nappe et des vents : à *Acacia ehrenbergiana* sur terrain pénéplané sous régime plu-

viométrique subdésertique, à *Grewia bicolor* Juss. sur colluvions limono-argileuses des couloirs de drainage, à *Pterocarpus lucens*, sur roches ferruginisées subaffleurant ou à *Acacia seyal* sur alluvions limono-argileuses à tendance verticale. Même sur modelé dunaire, le couvert végétal est loin d'être continu. Il y a de nombreuses plages de sol décapé en « coups de cuiller », laissant à nu un terrain durci, peu perméable. Ces plaques stériles peuvent être cependant recolonisées par la végétation. Des graines d'espèces vivaces vigoureuses comme *Aristida sieberana* Trin. ou *Chrozophora senegalensis* (Lam.) A. Juss. ex Spreng., peuvent être piégées dans les petites anfractuosités superficielles ou dans les fentes de retrait. Ces graines germent et donnent naissance à des plantes résistantes qui piègent les apports éoliens et constituent des amas de sol fin vite colonisés par des graminées annuelles comme *Cenchrus biflorus* et par la pastèque amère *Citrullus colocynthis*. Sur la parcelle mise en défens à 6 kilomètres de Gossi, le processus est différent. Près de la moitié de la parcelle était dénudée et colmatée et il n'y a pas eu d'implantation d'espèces pionnières. Par contre, la clôture préservant le couvert herbacé a dû réduire la vitesse du vent au niveau du sol, ce qui a entraîné un dépôt généralisé sur toutes les plages nues d'une légère couche de sable « meringué » légèrement croûté et cédant sous le pas, ce qui constitue un véritable « lit de semences » pour les prochaines années. Parallèlement à cette reprise des terrains dénudés par la végétation, d'autres plages d'ablation font leur apparition et souvent, sous l'effet conjugué de l'érosion éolienne et du ruissellement en nappe. En particulier, les ligneux espacés de la végétation dunaire, constituent fréquemment des points de départ du processus : un *Acacia tortilis* adulte favorise le tourbillonnement du vent autour du tronc, ce qui entraîne le creusement par déflation d'une cuvette avec déchaussement des racines et à terme, chute de l'arbre. L'effet déflation est par ailleurs accentué par l'ameublissement du sol dû à l'intense activité biotique qui règne dans le sol protégé par l'ombre portée de la couronne et qui se concrétise extérieurement par un couvert graminéen mésophile à feuilles larges, tel que *Brachiaria ramosa*, *Digitaria horizontalis* Willd. Ces espèces sont très recherchées par le bétail et le piétinement augmente encore la vulnérabilité du sol.

Au cours de la dernière décennie, la pluviométrie déficitaire semble avoir entraîné une réelle désertisation de la région, se traduisant en dehors des formations dunaire par une chute du potentiel de productivité de la végétation, avec rétractation du couvert, malgré les constats de régénération ligneuse et de remontée biologique mais trop souvent localisées aux seuls terrains en position basse.

Que serait-il advenu du Gourma malien si une forte pression démographique y généralisait l'effet « désertification » de l'homme et de ses animaux ? Les jeunes plants de ligneux seraient systématiquement cisailés par la dent des chèvres. La recolonisation des microdunes par le tapis herbacé serait stoppée et contre-carrée par le broutage et le piétinement de troupeaux trop nombreux. L'abattage des arbres pour les habitations et surtout pour l'installation et l'entretien des enclos en branchages d'épineux réduirait le couvert ligneux, de même que le déracinement des racines superficielles d'*Acacia senegal* tant appréciées pour la préparation des charpentes de tentes des nomades. L'extension des cultures contribuerait à la destruction du couvert herbacé des formations dunaires et entraînerait une perte de fertilité par l'éolisation des particules fines et la remobilisation des sables grossiers. La mise en cultures des terres s'accompagnerait fréquemment de l'élimination du couvert ligneux soit pour lutter contre la nidification des oiseaux granivores, soit tout simplement pour nettoyer les terres à cultiver, en particulier en dépressions interdunaires. La destruction du couvert ligneux effectuée à proximité d'une mare comme une forêt à *Balanites aegyptiaca* ou à *Acacia nilotica* pourrait entraîner une éolisation des rives provoquant à moyen terme l'obstruction des réseaux de collecte des eaux pluviales et même l'ensablement de la mare proprement dite.

Cette désertification, conséquence des activités humaines, est manifeste le long de la vallée du fleuve Niger et jusqu'à 20 km à l'intérieur du Gourma avec diminution de couvert des graminées annuelles, multiplication des plages de sol dénudé et durci, généralisation des buttes de piégeage au pied des graminées vivaces indicatrices de désertification comme *Aristida sieberana* et surtout *Panicum turgidum*. Elle est également flagrante au voisinage des lieux de concentration de bétail comme la cure salée de Karouassa ou le point d'eau de Tin Tadeini (55 km au Sud de Gourma-Rharous) où un puits a malencontreusement été creusé près d'une importante mare de saison des pluies. La désertification conduit alors à une dénudation quasi générale des systèmes dunaires voisins avec remobilisation du sable qui ne porte plus que quelques pieds épars de *Cenchrus biflorus*.

Après une période de déficit pluviométrique, la reconstitution du couvert végétal sahélien est parfois spectaculaire mais un examen approfondi montre que cette cicatrisation n'est qu'apparente. La dégradation profonde de l'écosystème sahélien semble aujourd'hui pratiquement irréversible et d'autant moins facile à combattre et à faire admettre aux preneurs de décision, qu'elle est insidieuse. Il est pourtant urgent de faire connaître la réelle fragilité de cet écosystème et de limiter au strict minimum, les interventions humaines visant à amplifier l'intégration du monde sahélien au processus de développement économique. Par contre, toute action tendant à régénérer la productivité de l'écosystème sahélien devrait être encouragée car seule cette approche peut permettre de conserver l'homme sahélien dans un environnement équilibré.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M. le 2 mars 1978.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BILLE (J. C.), 1976. — Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Paris, ORSTOM, *Trav. et Doc.* n° 65 : 82 p., 1 carte.
- BOUDET (G.), 1972. — Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Adansonia ser.*, 2, 14 (4) : 505-524.
- BOUDET (G.), CORTIN (A.), MACHER (H.), 1971. — Esquisse pastorale et esquisse de transhumance de la région du Gourma (République du Mali). Essen, DIWI Gesellschaft für ingenieurberatung; Maisons-Alfort IEMVT, 283 p., 1 atlas (*Trav. agrostologiques* n° 9).
- BOUDET (G.), COULIBALY (A. M.), LEPRUN (J. C.), 1977. — Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali. Paris, DGRST, GERDAT, ORSTOM, 1976-1977 (rapports de campagne).
- DACET (P.), POISSONET (J.), 1971. — Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. *Critères d'application. Ann. Agron.* 22 : 5-41.
- RAPP (A.), LE HOUEROU (H. N.), LUNDHOLM (B.), et coll., 1976. — Peut-on arrêter l'extension des déserts ? Une étude plus particulièrement axée sur l'Afrique. Stockholm, N.F.R., *Ecological Bull.*, 24 : 248 p.