



PHOTO 1. — Novembre 1977 — Jeunes plants de *Pterocarpus lucens* Lepr. ex. Guill. et Perr. en peuplement sur bas de versant.

QUELQUES OBSERVATIONS SUR LES FLUCTUATIONS DU COUVERT VÉGÉTAL SAHÉLIEN AU GOURMA MALIEN ET LEURS CONSÉQUENCES POUR UNE STRATÉGIE DE GESTION SYLVO-PASTORALE

par G. BOUDET

*Agropastoraliste,
Directeur de Recherches à l'O. R. S. T. O. M.,
Détaché à l'I. E. M. V. T.*

SUMMARY

SOME OBSERVATIONS ABOUT SAHELIAN VEGETATION COVER FLUCTUATIONS IN GOURMA, MALI ; CONSEQUENCES FOR FORESTRY AND RANGELAND MANAGEMENT POLICY

During the last four years (1975 to 1978) observations about Sahelian vegetation show increasing and decreasing trends, side by side. The woody plants regeneration is located in lower land while upper lands are more and more bare. But it is not on sandy soils. The instability of the sahelian ecosystem constrains development makers to abide by some management rules of sahelian land with preservation and reclamation measures for forestry and rangeland.

RESUMEN

ALGUNAS OBSERVACIONES ACERCA DE LAS FLUCTUACIONES DEL VUELO VEGETAL SAHELIANO EN EL GURMA DEL MALI Y SUS CONSECUENCIAS PARA UNA ESTRATEGIA DE GESTION SILVO-PASTORAL

Durante el transcurso de 4 años de observaciones en el Sahel del Malí (1975 a 1978), se han puesto de manifiesto diversos casos de ascensión biológica, a pesar de que subsistan fases de degradación del vuelo vegetal. Con la excepción de los terrenos arenosos, la regeneración de los elementos leñosos tiene tendencia a localizarse en la parte baja de vertientes mientras que las cresterías se descubren parcial o totalmente. La fragilidad del ecosistema saheliano obliga a cualquier responsable del desarrollo forestal a respetar ciertos principios de gestión del territorio, incluyendo medidas silvo-pastorales de conservación e, incluso, de restauración.

La rareté de l'herbe et le dépérissement des ligneux ont été les conséquences immédiates de la sécheresse de 1971-1973 au Sahel. Il en est résulté une pénurie alimentaire sans précédent entraînant un exode massif et désordonné des populations, la disparition du tiers du cheptel environ et malheureusement la mort des personnes les plus fragiles (enfants et vieillards). La communauté internationale s'est émue de cette catastrophe et l'aide aux pays du Sahel s'est accrue tant pour l'assistance immédiate aux populations que pour la mise en

œuvre de programmes de développement devant prévenir le retour de telles calamités.

Mais comment s'est comporté le couvert végétal depuis ce cataclysme climatique ? S'est-il complètement reconstitué ou les conséquences de la sécheresse imprimant-elles des marques sévères au couvert tant herbacé que forestier ?

Quelques observations effectuées sur le couvert végétal au Gourma malien peuvent-elles répondre à ces questions ? Peuvent-elles éclairer les responsables du développement sur les mesures à prendre pour sauvegarder l'équilibre écologique du Sahel ?

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU GOURMA

Le Gourma malien est circonscrit par la boucle du Niger et la frontière voltaïque. La plupart des observations sur le couvert végétal ont été effectuées sur l'axe Nord-Sud Gourma-Rharous, Gossi, Ndaki ; Ndaki (15°49' N) étant approximativement à la latitude de Gao (16°16' N). Un inventaire des pâturages a été effectué en 1970 (3) et un suivi des pâturages a été exécuté pendant 4 années de 1975 à 1978 dans le cadre d'une action complémentaire concertée de lutte contre l'aridité en milieu tropical de la D. G. R. S. T. française (4).

Pluviosité.

Alors que la pluviosité moyenne annuelle de Gao (tableau 1) est de 260 mm \pm 23 pour la période 1920-1977, la pluviosité n'a été supérieure à 237 mm qu'en 1970 et 1975 et le minimum absolu a été enregistré en 1974. Par contre les pluies de 1978 sont exceptionnellement abondantes à Gossi,

confirmant l'existence de grandes variations de pluviosité (150 km entre Gao et Gossi pour une latitude voisine).

TABLEAU 1

Pluviosité annuelle (mm)

Année	Gao	Gossi
1968	256	
1969	186	
1970	238	
1971	173	
1972	157	
1973	144	
1974	128	
1975	373	
1976	177	182
1977	184	236
1978	169	345

Outre ces variations accidentelles, il existe un net gradient de pluviosité du Nord au Sud avec une augmentation des pluies annuelles d'environ 13 mm pour 10 km entre Gourma-Rharous (176 mm de pluies pour la période 1927-1975 à une latitude de 16°53' N) et Hombori (414 mm pour la période 1936-1975 à une latitude de 15°17' Nord).

En l'absence de relevés pluviométriques locaux, il est donc très difficile d'échafauder des hypothèses de corrélation entre les productions de l'état du couvert végétal et la pluviosité, et seules les observations effectuées localement présentent une valeur intrinsèque.

Substratum géologique.

Le substratum précambrien affleure presque partout au Gourma sous forme de schistes argileux plus ou moins ferruginisés, traversés par de puissants filons de quartzites. Le démantèlement des buttes relictives alimente de vastes nappes d'épandage gravillonnaires plus ou moins cimentées et les produits de désagrégation des schistes ont été entraînés par les eaux de ruissellement puis déposés en nappes colluviales dans les couloirs de drainage, plus ou moins fonctionnels actuellement. Au Quaternaire, le substratum rocheux a été recouvert par une nappe sableuse formant, selon les époques, de grandes dunes à relief accentué, des formations dunaires à ondulations moyennes ou des ensablements pénéplanés au travers desquels le substratum rocheux peut affleurer.

Etat du couvert végétal.

Le couvert végétal sahélien s'est adapté à ces divers types de terrain et s'y maintient en équilibre instable avec les conditions climatiques, l'eau étant le facteur limitant et l'utilisation des productions végétales par l'homme et ses troupeaux accentuant la fragilité de l'écosystème.

Quel que soit le terrain considéré, cet équilibre entre végétal et milieu est particulièrement instable. Le vent de saison sèche (harmattan) souvent violent,

tourbillonne autour des plus gros arbres provoquant la formation de cuvettes par déflation, pouvant déraciner les arbres. Hors du couvert ligneux, il peut provoquer des plages dénudées en « coup de cuiller » avec ablation de l'horizon supérieur du sol, entraînant la stérilité de la plage décapée. L'action érosive du vent de saison sèche sera favorisée par l'absence de couvert herbacé due à un déficit de pluies, à un feu accidentel ou à un pâturage excessif en saison des pluies ou début de saison sèche. Le vent effectue un vannage du sol meuble avec entraînement des particules fines et fertiles et concentration résiduelle sur place des particules lourdes. Ce remaniement du sol par le vent se traduit par des plages décapées par déflation recouvertes de particules lourdes et amoncellement de particules plus fines au pied des obstacles naturels (touffes d'herbes, bois mort, cailloux). Cette désagrégation du sol, avec reclassement des particules le long des pentes, sera encore accentuée par les eaux de ruissellement sur terrains imperméables, rocheux et colluviaux.

Le décapage des hauts de pente et l'enfouissement des bas de pente sous les colluvions colmatantes interdisent toutes germinations d'espèces annuelles en années normales. Le ruissellement s'y trouve accéléré, l'eau ne pénètre plus et les arbres dépérissent par manque d'eau. Il faudra une année exceptionnellement pluvieuse pour que les terrains finissent par être détrempés et permettent un nouveau départ de végétation herbacée et ligneuse, grâce aux graines constamment réapprovisionnées par le ruissellement de l'eau et l'épandage de nouvelles colluvions. En année normalement pluvieuse, dépôt et décapage s'équilibrent et un renouvellement parcimonieux du couvert herbacé se trouve localisé aux amas colluviaux piégés par des obstacles naturels.

L'érosion paraît donc être au Sahel, le facteur principal du dynamisme du couvert végétal herbacé et ligneux tant dans la phase régressive que dans la phase de restauration. Mais quel bilan peut-on établir après quelques années de contrôle continu d'un terroir où coexistent terrains rocheux, colluviaux et sablonneux.

ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL SUR TERRAINS ROCHEUX

Les observations mentionnées ont été effectuées à 50 km au Sud de Gossi près de la piste Gossi-Ndaki (pluviosité moyenne estimée à 390 mm).

En 1970, la végétation contractée était une véritable « brousse tigrée » dont les fourrés épousaient les accidents du microrelief (crêtes et dépressions) alors que les segments de pente étaient dénudés avec dépôts gravillonnaires à l'amont et colmatage de colluvions en aval. Les fourrés à *Pterocarpus lucens* Lepr. ex. Guill. et Perr. et à *Combretum micranthum*

G. Don présentait un sous-bois graminéen à *Pennisetum pedicellatum* Trin. et une frange à *Diectomis fastigiata* (Sw.) Kunth et à *Diheteropogon hagerupii* Hitch. produisant jusqu'à 7 t de matières sèches (MS) à l'hectare.

En 1975, beaucoup de ligneux étaient couchés à terre, beaucoup de couronnes paraissaient mortes, seuls quelques pieds montraient quelques rejets verdoyants à la base des cépées. Le couvert herbacé avait pratiquement disparu laissant à nu un sol

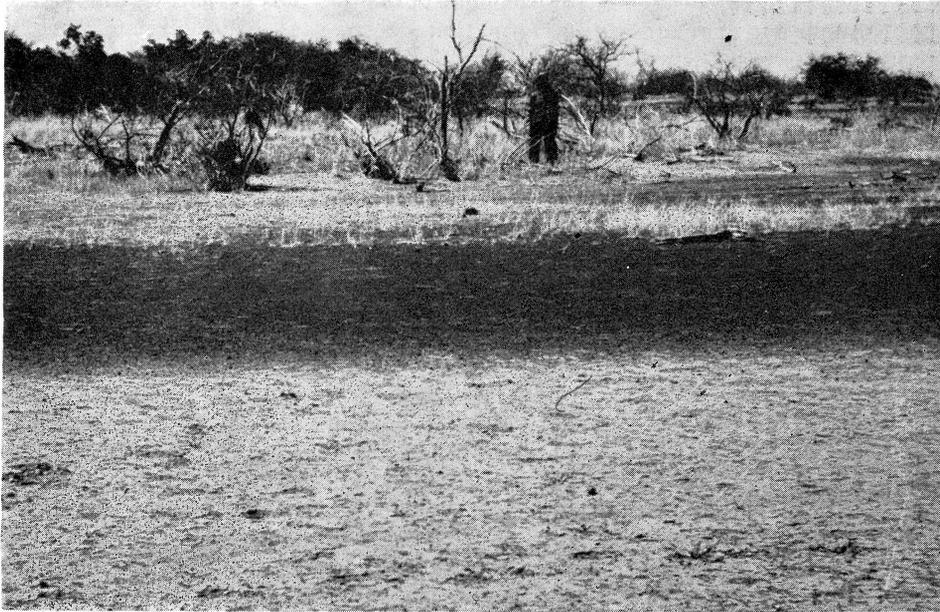


PHOTO 2. — Novembre 1978 — Contraction accentuée des fourrés de brousse tigrée sur crêtes, par dessèchement des ligneux situés en frange. Au premier plan, dépôt glacé de limon et, en amont, espace gravillonné.

érodé, comme balayé, avec une surface compactée et durcie.

En 1977, une restructuration assez nette du couvert végétal se dessine avec une dénudation accentuée des crêtes (photo 1) alors qu'en aval de nombreux plants de *Pterocarpus lucens* forment un peuplement fermé (photo 1, p. 31) d'une taille d'un mètre environ sur un sol jeune et remanié par colluvionnement.

émis des rejets au niveau du tronc et des rameaux primaires, ainsi que par la reconstitution d'un sous-bois graminéen non négligeable à dominance de *Pennisetum pedicellatum*.

Dans cette formation, le bilan se solde encore en 1978 par un éclaircissement du couvert végétal herbacé et ligneux mais compensé par un rajeunissement des ligneux en dépressions et par une revivification des adultes en crêtes.

En 1978, année très pluvieuse à Gossi, cette contraction de la végétation avec enrichissement en dépressions, a été compensée par la reprise sur les crêtes de nombreuses souches (photo 3) qui paraissaient mortes depuis longtemps mais qui ont

ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL SUR SUBSTRATUM SUBAFFLEURANT

Ces observations ont été effectuées au voisinage du puits de Tin Ahara, où gravillons et blocs détritiques de cuirasse se retrouvent sous 15 à 25 cm de sol sablo-limoneux. C'est un lieu de cure salée situé à 25 km au Sud de Gourma-Rharous (pluviosité moyenne estimée à 210 mm).

En 1970, la plaine érodée était parsemée de plages d'ablation dénudées alternant avec des microdunes hautes de 10 à 20 cm et colonisées par des graminées : *Tetrapogon cenchriformis* (A. Rich.) Clayton, *Cenchrus biflorus* Roxb., *Schoenefeldia gracilis* Kunth et *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng. Des dunes plus importantes, d'une dénivellée d'un mètre environ portaient un fourré bas à *Acacia ehrenbergiana* Hayne avec quelques individus de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., *Cadaba glandulosa* Forsk. et *Maerua crassifolia* Forsk.

En 1975, la plaine était arasée avec remobilisation du sol sous forme d'une couche poudreuse homogène. Quelques grandes dunes subsistaient

parsemées de bois mort et des chicots affleuraient avec quelques rejets verdoyants de *Cadaba glandulosa* et *Maerua crassifolia*.

En 1977, le paysage a présenté au contraire, un aspect général de rajeunissement avec abondance de jeunes plants de ligneux hauts de 30 cm à 1 m. Les microdunes formées par piégeage de bois mort sont stabilisées par la cucurbitacée *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. dont les tiges enserrrent le monticule comme une résille favorisant l'installation de graminées annuelles : *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis* et la germination de jeunes *Acacia ehrenbergiana*, alors que les rejets de *Cadaba glandulosa* et *Maerua crassifolia* atteignent une taille d'arbustes adultes.

Après une période d'arasement et d'éolisation du modelé, entraînant la disparition presque totale du couvert végétal, une végétation rajeunie s'est installée, mais avec une répartition plus éclaircie et une physionomie plus contractée.

ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL SUR COLLUVIONS

La faiblesse des pluies et probablement l'ensablement des axes de drainage ont réduit l'écoulement des eaux, entraînant un remplissage insuffisant des mares et des dépressions marécageuses. Ainsi la mare de Doro, à 60 km à l'Est de Gossi sur la piste de Gao, n'a pu se remplir complètement qu'en 1978, ce qui a entraîné la mort de la plupart des gonakiés, *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex. Del. var. *nilotica* de la forêt riveraine.

Dans les dépressions temporairement marécageuses au Sud de Ndaki, à 90 km au Sud de Gossi, le dessèchement des argiles noires a entraîné la mort des fourrés à *Acacia laeta* R. Br. ex Benth., *Acacia seyal* Del. et *Grewia villosa* Willd. En 1975, quelques jeunes *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. y poussaient vigoureusement alors qu'ils ont dépéri en 1978 avec le retour des conditions normales d'hydromorphie, mais de nombreux jeunes plants de *Grewia villosa* se sont développés. Ainsi, des espèces nouvelles peuvent s'installer après modifications des conditions écologiques mais elles risquent de dépérir au profit des espèces disparues, lorsque les conditions anciennes sont rétablies.

Sur les pentes plus ou moins colluvionnées des

bassins versants et des couloirs de drainage, au Sud de Ndaki, les épisodes successifs de décapage, colmatage et dépôts, accompagnés de la destruction du couvert végétal, se rencontraient dès 1970 (2). En 1978, une phase de destruction du couvert ligneux (photo 4) après disparition du couvert herbacé peut encore être observée mais à quelques kilomètres de là, un versant est totalement recolonisé par un jeune peuplement d'*Acacia laeta* (photo 5), d'une taille voisine de 50 cm sur un vaste cône d'épandage. Un peu partout, en replat de bas de pente, les colluvions récentes sont colonisées par de jeunes plants d'*Acacia seyal* et d'*Acacia laeta*.

Au cours des huit années considérées, il y aurait une dénudation progressive mais continue des hauts de pente, un rajeunissement des peuplements de bas de pente et un état d'équilibre entre phase de dénudation et phase de repeuplement ligneux sur les bas de versants. Le bilan se solde sur ces terrains colluviaux par une contraction généralisée de la végétation vers les terrains bas et dénudation des terrains hauts, avec diminution très importante des ligneux adultes très modestement compensée

PHOTO 3. — Novembre 1978 — Aspect typique d'arbuste « mort » rejetant des rameaux primaires. Ici *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr. sur dépression à argiles noires.



par une multiplication des jeunes en terrains bas. La mort puis la germination simultanée d'une espèce ligneuse sur de vastes espaces entraînent la formation de peuplements uniformes de même âge qui

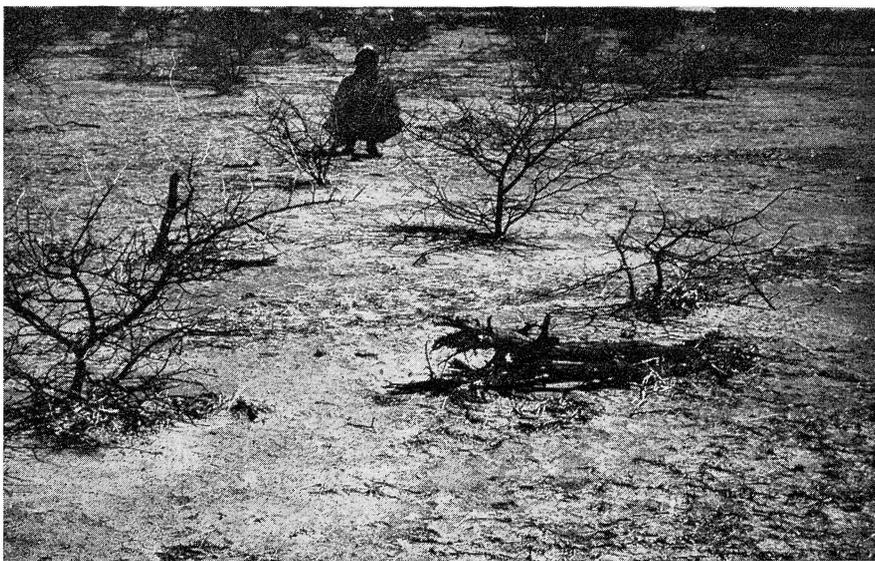
vont évoluer ensemble d'un stade juvénile vers un stade adulte puis vers un état de sénilité, si les conditions restent favorables (pluviométrie et comportement humain).

ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL SUR TERRAINS SABLONNEUX

Les nombreuses illustrations avec *Acacia senegal* (L.) Willd., déracinés et reposant sur leurs cimes, témoignent de l'effet de la sécheresse sur certains peuplements ligneux des terrains sablonneux, mais les conséquences de la sécheresse ne sont pas toujours aussi spectaculaires.

Sur erg ancien pénéplané.

Pourtant sur erg ancien pénéplané, les effets de la sécheresse sont très importants et se répercutent pendant plusieurs années comme cela a pu être constaté à 10 km de Gossi près de la piste de Gour-



ma-Rharous. Pour une végétation graminéenne quasiment fermée et dominée par *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis* (1 à 2 t/ha de MS), le couvert ligneux a subi de sérieuses modifications sur une parcelle de un hectare (croquis 1976 et 1978) :

En 1976, 51 ligneux étaient dénombrés avec :

45 *Acacia laeta* dont 38 morts, 3 moribonds, 4 vigoureux ;

3 *Acacia raddiana* Savi, vigoureux ;

2 *Balanites aegyptiaca*, vigoureux ;

1 *Commiphora africana* (A. Rich.) Engl., mort.

En 1977, les arbres morts se désagrègent et constituent des tumulus de piégeage colonisés par *Cenchrus biflorus* et deux nouveaux *Acacia laeta* sont morts.

En 1978, pour la première fois, deux jeunes plants de ligneux de 25 cm sont inventoriés (1 *Acacia laeta* et 1 *Acacia raddiana*) mais trois nouveaux *Acacia laeta* sont moribonds et l'inventaire des ligneux se trouve réduit à 12 individus dont 2 jeunes et 4 moribonds avec :

6 *Acacia laeta* dont 4 moribonds, 1 adulte vigoureux et un jeune plant ;

4 *Acacia raddiana* dont 3 adultes vigoureux et un jeune plant ;

2 *Balanites aegyptiaca* adultes vigoureux.

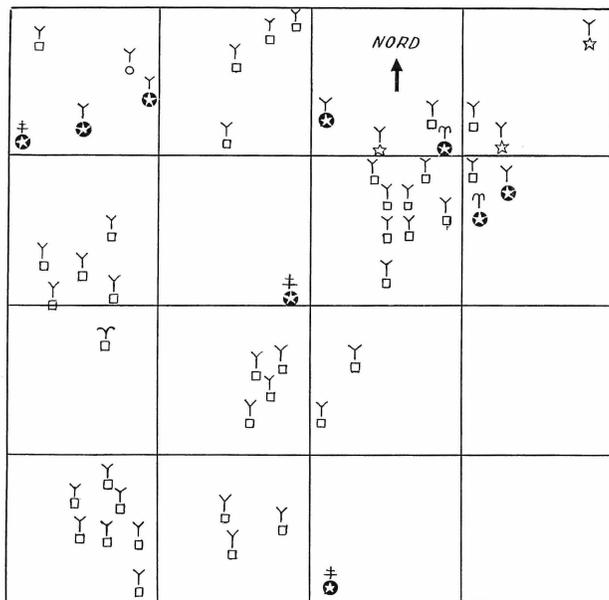
Ce peuplement était dense avant la sécheresse, avec dominance d'*Acacia laeta*. Il s'est clairsemé depuis, avec dominance progressive d'*Acacia raddiana* au détriment d'*Acacia laeta*.

Sur relief plus ou moins accusé.

Sur modelé dunaire à relief plus ou moins accusé, *Acacia senegal* était surtout

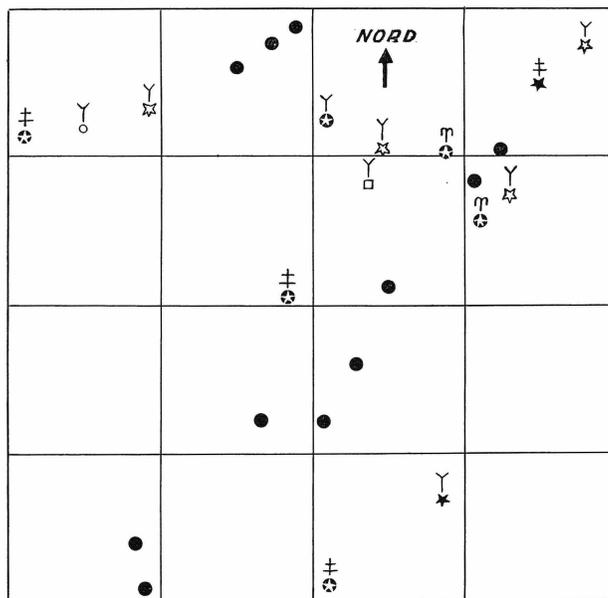
PHOTO 4. — Novembre 1978 — Elimination totale d'un peuplement d'*Acacia laeta* R. Br. ex. Benth. en bas de versant.

PHOTO 5. — Novembre 1978 — Régénération d'un peuplement d'*Acacia laeta* R. Br. ex. Benth. sur cône d'épandage.



<u>Espèces</u>		<u>Etat</u>	
Y	<i>Acacia laeta</i>	□	Mort couché
‡	<i>Acacia raddiana</i>	○	Mort debout
η	<i>Balanites aegyptiaca</i>	☆	Moribond
Υ	<i>Commiphora africana</i>	⊕	Adulte vigoureux

Parcelle en 1976.



<u>Espèces</u>		<u>Etat</u>	
Y	<i>Acacia laeta</i>	●	Tumulus de piégeage sous bois mort
‡	<i>Acacia raddiana</i>	□	mort couché
η	<i>Balanites aegyptiaca</i>	○	mort debout
Υ	<i>Commiphora africana</i>	☆	moribond
		⊕	adulte vigoureux
		✕	jeunes plants

Parcelle en 1978.

localisé en bas de versant et il semble avoir régressé au profit d'*Acacia raddiana*. Sur haut de versant, *Acacia raddiana* reste dominant, quelques adultes sont morts et de jeunes *Balanites aegyptiaca*, hauts de 1,50 m forment des groupes de 5 à 6 individus. Dans l'ensemble, le couvert ligneux reste stable sur les formations dunaires et varie entre 5 et 10 %.

Le couvert herbacé est excessivement sensible aux variations de pluviosité. Les graminées vivaces ont disparu au moment de la sécheresse. Quelques pieds de la graminée vivace, *Andropogon gayanus* Kunth ont pu être remarqués çà et là sur les dunes de Gossi en 1977 et son extension s'est poursuivie en 1978 pendant qu'*Aristida sieberana* Trin. (= *A. pallida* Steud.) constitue de véritables peuplements sur la plupart des sommets dunaires, alors qu'elle était reléguée, auparavant, aux pourtours des sommets de dunes remobilisés. Les graminées annuelles qui dominent dans le couvert herbacé des dunes, n'ont pas poussé au moment de la sécheresse. Même en 1978, elles n'ont pas occupé le terrain aux environs de Gao dans un rayon d'au moins 20 km (photo 6) et le même phénomène a été observé au Niger, entre Abala et le ranch d'Ekrafane vers 15° de latitude Nord (photo 7).

Autour de Gossi, le couvert herbacé des dunes a présenté une véritable remontée biologique avec diversification de la flore et augmentation de la

biomasse herbacée. En 1978, les plages d'érosion en « coups de cuiller » ont même été recolonisées, avec stabilisation des bordures (photo 8), par un couvert serré de *Cenchrus biflorus*, encroûtement de la concavité et germinations robustes mais espacées d'espèces pionnières comme *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. et Thonn.) J. Léonard, *Borreria radiata* D. C., *Chrozophora brocchiana* Vis.

Le contrôle continu de cette végétation herbacée a été réalisé par estimation du pourcentage des espèces obtenu par comptage sur 100 points de lecture répartis le long de lignes matérialisées par un double décimètre. Deux à trois relevés de lignes étaient nécessaires pour l'obtention d'une précision de 5 % calculée par l'intervalle de confiance de la population « tapis herbacé ». Les sites d'observations étaient répartis tous les kilomètres, le long d'itinéraires tracés à partir de points d'abreuvement et matérialisés par le marquage d'arbres à la machette et à la peinture. Deux localisations paraissent particulièrement explicites, le kilomètre 2 pour l'évolution sous pâture et le kilomètre 5 pour l'évolution sous l'effet des variations de pluviosité (tableau 2).

Près d'une mare permanente fréquentée en saison sèche (site km 0,5 de la mare de Gossi) le couvert herbacé est dominé par des espèces plutôt nitrophiles comme *Chloris prieurii* Kunth et *Tri-*

TABLEAU 2

Evolution du couvert herbacé sur terrains sableux

Localisation	Ondulations moyennes (mare de Gossi)												Modelé accentué									
	km 0,5				km 2				km 5				Bas de pente			mi-pente			haut de pente			
Année	75	76	77	78	75	76	77	78	75	76	77	78	75	77	78	75	76	77	78	75	77	78
Sol nu (%).....	8	43	29	11	15	10	2	5	13	14	13	6	29	2	7	45	5	6	3	73	1	9
Nombre de plantes/100 points	119	84	94	130	107	117	148	154	118	122	141	200	77	172	170	63	182	154	188	29	166	134
Hauteur moyenne (cm)	50	—	40	25	50	—	41	46	70	—	20	30	50	40	60	—	—	50	50	—	50	50
Espèces appréciées (%)																						
<i>Schoenefeldia gracilis</i>		2	1							3	9	11		32	24		5	38	20		2	+
<i>Tragus berteronianus</i>			27	7		9	7			16	28	20		19	2		28	19	+		3	1
<i>Aristida mutabilis</i>	2	16	7	12	36	13	61	44	9	30	43	30		40	26		12	34	35	20	53	51
<i>Brachiaria xantholeuca</i>		1	3	+	14	16	6	1	49	29	9	6	39	3	6		21	6	10		17	12
<i>Cenchrus biflorus</i>	25	7	5	48	27	55	10	42	29	18	5	8	52	5	22		21	+	12	4	8	22
<i>Chloris prierii</i>	26	55	34	3						+	+	1										
Graminées diverses	18	6	4	11			3	1			2	4	1	+	8		3	+	7		6	8
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	4	1		1	14	1	5	10	8	1	2	9		+	6	3	1	1	5	14	6	5
<i>Tribulus terrestris</i>	21	13	18	18						1		1							1			
Appréciées diverses	4		1		3	5	5		3	2	2	7	1			4	2	2	1		1	
Espèces inappréciées (%)																						
<i>Fimbristylis hispidula</i>						+	1	1				3	1	+	6	30	1		8	14		
<i>Heliotropium strigosum</i>					6	1	2		1				6	+	+	63	6	+	1	42	3	
Inappréciées diverses								1	1											6	1	1
Production (t/ha MS)																						
Appréciée	1,4	—	1,1	1,3	0,7	0,9	1,1	1,1	2,2	0,6	0,9	1,8	1,1	1,3	3,5	0	0,7	1,1	2,2	0,5	1,8	2,1
Inappréciée													0,5			0,7				1,0		

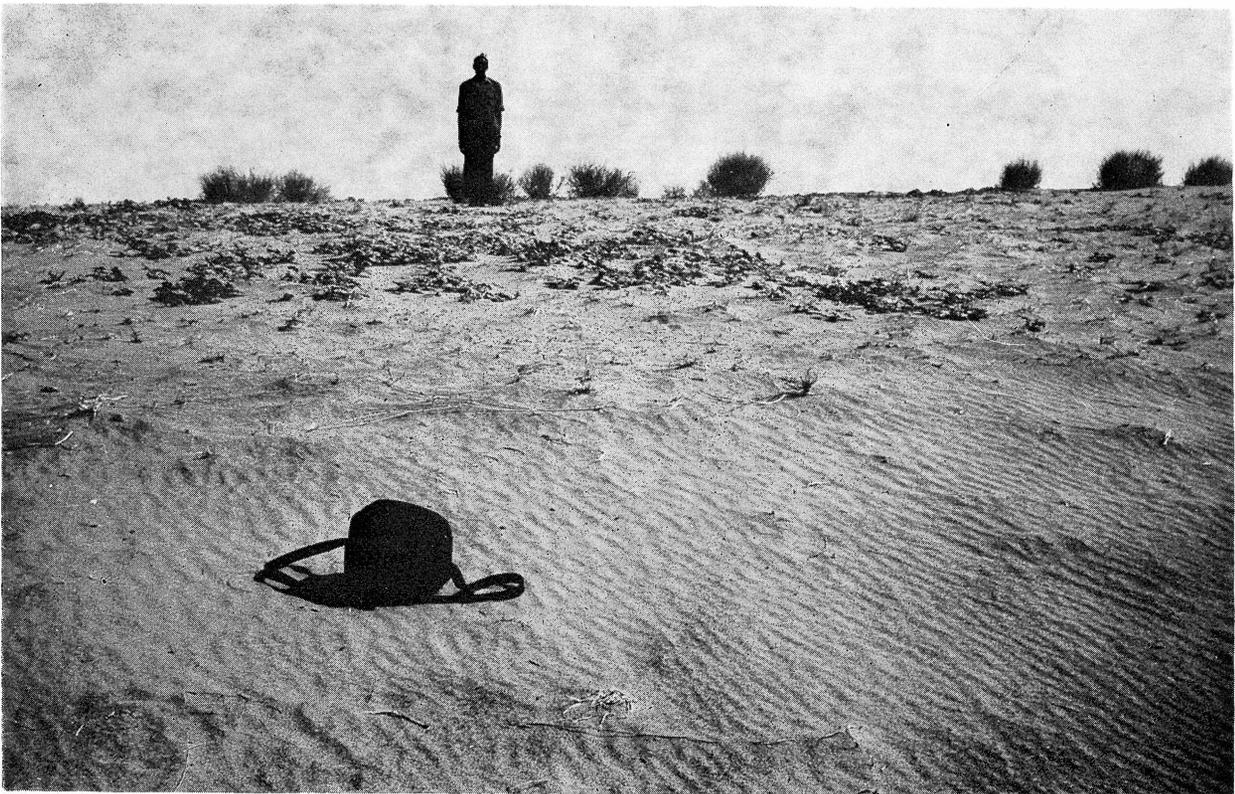


PHOTO 6. — Novembre 1978 — Végétation clairsemée et « échaudée » à 20 km de Gao avec *Cenchrus biflorus* au 1^{er} plan, *Citrullus lanatus* au centre et touffes de *Panicum turgidum* Forsk. en arrière-plan.

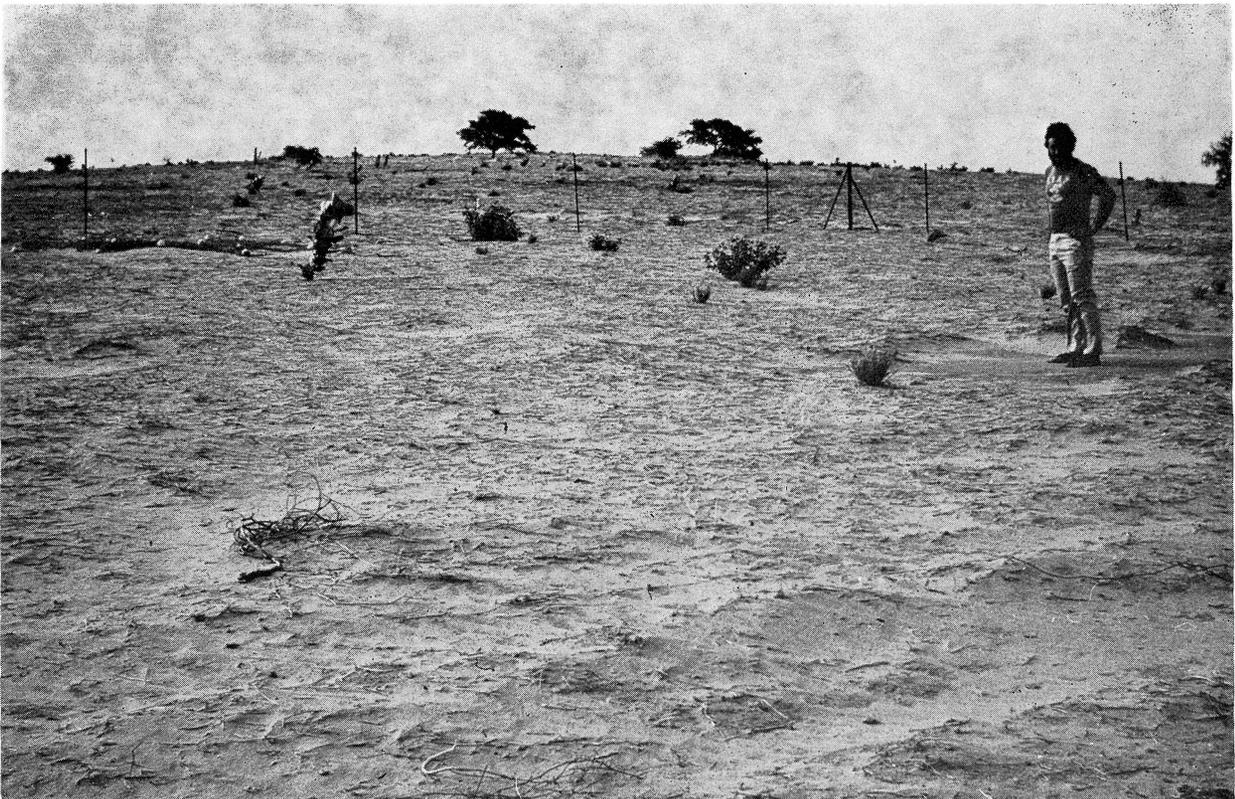


PHOTO 7. — Novembre 1978 — Le sud du ranch d'Ekrafane (Niger) est inclus dans l'aire de pluviosité déficitaire. Du beau couvert à *Cenchrus biflorus* de 1977, il ne reste que fétus de paille piégeant le sable remobilisé. Végètent cependant quelques touffes d'*Aristida sieberana* Trin. in Spreng., de *Chrozophora brocchiana* Vis. et la pastèque, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.



PHOTO 8. — Novembre 1978 — Plage d'ablation en « coup de cuiller » stabilisée et recolonisée, vers Gossi.

bulus terrestris L. mais *Cenchrus biflorus* Roxb. peut également être favorisé certaines années. Le stationnement des troupeaux venant s'abreuver à la mare est probablement à l'origine de cette différenciation floristique.

Au kilomètre 2, l'effet pâture se traduit encore par l'abondance de *Cenchrus biflorus* associée à *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr. et la présence de quelques espèces inappétées.

Au kilomètre 5, l'effet pâture ne se fait pas sentir sur la composition floristique qui se diversifie et s'enrichit progressivement au fil des années, reflétant une véritable remontée biologique postérieure à la sécheresse. Dans cette évolution, *Cenchrus biflorus*, espèce pionnière cède le pas à *Aristida mutabilis*, *Tragus berteronianus* Schult. et même *Schoenefeldia gracilis* Kunth.

Sur relief accentué.

Sur sites d'observations répartis le long d'une toposéquence de dune à relief accentué (photos 9 et 10), située à 6 km de la mare, l'évolution du tapis herbacé a pour origine un faciès caractérisé par des espèces à considérer comme « pionnières » : *Heliotropium strigosum* Willd. et *Fimbristylis hispidula* (Vahl) Kunth. *Cenchrus biflorus*, dominante en

bas de pente dès 1975 s'est progressivement répandue le long de la pente. *Aristida mutabilis* qui était absente en terrain bas en 1975, a dominé dès 1977 et prédomine encore en haut de pente en 1978. Mais elle cède un peu de terrain en bas de pente et mi-pente à *Schoenefeldia gracilis* qui semblait avoir totalement disparu en 1975. Le retour en masse de cette espèce témoigne de la richesse des sols sahéliens en semences dormantes dont l'étude est à peine ébauchée (1).

La production herbacée, estimée par pesées sur placeaux en début de saison sèche, subit beaucoup de variations entre les sites d'observation et d'année en année. Les productions enregistrées peuvent être considérées comme une production réelle, en raison de la faible fréquentation de la mare par le bétail, en saison des pluies. La forte production de 1975, liée à l'abondance de *Cenchrus biflorus* n'a pu être reliée à la pluviosité de Gossi par manque de relevé. La pluviosité de Gao avait été forte mais y avait-il eu similitude en 1975 alors qu'il y a une forte différence en 1978 ? Sur les 20 sites d'observation de la région de Gossi la moyenne de production a varié de 0,7 à 1,5 t/ha de MS ce qui correspondrait à 4 kg/ha de matières sèches par millimètre de pluie.

Sur terrains sablonneux, le couvert ligneux s'est



PHOTO 9. — Novembre 1975 — Toposéquence dunaire couverte d'*Heliotropium strigosum* Willd.
Sable remobilisé en sommet et beau peuplement d'*Acacia raddiana* Savi en arrière-plan.



PHOTO 10. — Novembre 1978 — Même toposéquence recolonisée par un couvert graminéen dominé
par *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr. et *Schoenefeldia gracilis* Kunth.

donc à peu près maintenu, à l'exception des voiles sableux sur substratum rocheux, où les faibles réserves en eau ont entraîné la mort de nombreux

arbres. Le couvert herbacé s'est partout nettement amélioré et spécialement par diversification de la flore.

VERS UNE GESTION SYLVO-PASTORALE ADAPTÉE

La disparition du couvert herbacé sous l'action des aléas climatiques ou de l'homme, accélère les effets de l'érosion, le décapage des parties hautes, le ruissellement sur les pentes, les dépôts sur les parties basses reconstituant des plages de sol de néoformation à bonnes qualités physiques. Ces sols jeunes sont recolonisés par une végétation herbacée et ligneuse dès que la pluviosité permet la germination des graines piégées par les dépôts. La succession des phases de détérioration et de reconstitution est spectaculaire sur terrains colluviaux mais elle n'est pas négligeable bien que discrète sur terrains sableux. Cette évolution perpétuelle du couvert végétal sahélien témoigne de la fragilité du milieu et de la nécessité d'une gestion adéquate des ressources naturelles sahéliennes associant agropastoralistes et forestiers puisque couvert herbacé et couvert ligneux sont étroitement associés, la disparition du premier entraînant à brève échéance la destruction du second.

Des mesures conservatoires et même de restauration doivent être prises et quelques principes de gestion élémentaires doivent être respectés :

1^{er} principe : rotation des pâturages adaptée aux espèces pâturées.

Le régime de pâture doit ménager des possibilités de production et de dispersion des semences des espèces annuelles. Une période hors pâture doit être respectée pendant la période de croissance des plantes. La charge en bétail doit être limitée afin de conserver en saison sèche un certain taux de recouvrement du tapis herbacé pour réduire l'impact de l'érosion éolienne. Les peuplements de ligneux doivent également être préservés afin d'assurer la ration des troupeaux de saison sèche à base de fruits et de feuilles et de conserver un stock de bois sur pied déjà menacé par les aléas climatiques.

Ceci suppose une rotation saisonnière de l'exploitation des parcours qui peut être facilitée par la fréquentation de points d'abreuvement différenciés avec les saisons. La mise en repos périodique des parcours par la non-fréquentation des points d'abreuvement les desservant, devrait être adoptée avec un rythme d'un an sur trois ou quatre.

2^e principe : faible charge en bétail,

Pour une pluviosité de 300 mm, la production des parcours sablonneux peut atteindre 1.200 kg/ha de matières sèches autorisant une charge optimale d'environ 6 ha par UBT (Unité Bovin Tropical de 250 kg). Avec les besoins de mise en repos (2 ha), ceux de parcours complémentaires de couloirs de drainage à *Schoenefeldia gracilis*, indispensables

en début de saison sèche et ceux de terrains boisés, ce sont entre 10 et 20 ha qui sont nécessaires par UBT selon les imbrications des formations géologiques. Une simple limitation des charges peut améliorer l'état des pâturages de façon spectaculaire (photo 11).

3^e principe : nécessité d'une mobilité des éleveurs.

Les aléas pluviométriques peuvent entraîner localement la raréfaction des plantes annuelles sur de vastes étendues. Il en résulte la nécessité de maintenir une mobilité effective des éleveurs et la persistance de circuits de transhumance sur des distances importantes. La superficie optimale d'une unité pastorale sahélienne devrait atteindre le million d'hectares (100 km en tous sens).

4^e principe : matérialisation de l'unité pastorale.

L'unité pastorale devrait intégrer dans un code foncier les points d'eau temporaires et pérennes avec les parcours respectivement desservis ainsi que les cures salées. Dans ce territoire coexistent éleveurs transhumants, agriculteurs-éleveurs, artisans, commerçants, religieux ; population composite qui gère traditionnellement le terroir de façon collective. Un centre de gestion et de décision de l'unité pastorale devrait être localisé au chef-lieu administratif situé vers le centre de l'unité pastorale. L'autorité administrative ne serait cependant que le garant de la bonne marche de l'unité pastorale. Elle n'interviendrait qu'en cas de litiges entre éleveurs et en particulier avec des éleveurs étrangers. Elle encadrerait les agents de vulgarisation et d'appui technique mis à la disposition de l'unité pastorale pour l'amélioration des ressources en eau, l'amélioration des techniques pastorales et culturelles, la lutte contre les feux, les soins vétérinaires, l'assistance médicale, l'alphabétisation, la scolarisation. Ces « gérants » de l'unité pastorale auraient un rôle d'incitation aux transferts de technologie dans le cadre du centre de gestion de l'unité pastorale conçu comme une coopérative d'approvisionnement et de production, où les décisions devant aboutir à un véritable « code pastoral » seraient prises en étroite concertation avec les représentants des éleveurs. Les règles applicables à la gestion du terroir et à la commercialisation des produits animaux seraient édictées dans ce cadre. L'organisation devrait également prendre en compte l'approvisionnement en denrées indispensables (alimentation, vêtements, ustensiles de première nécessité).

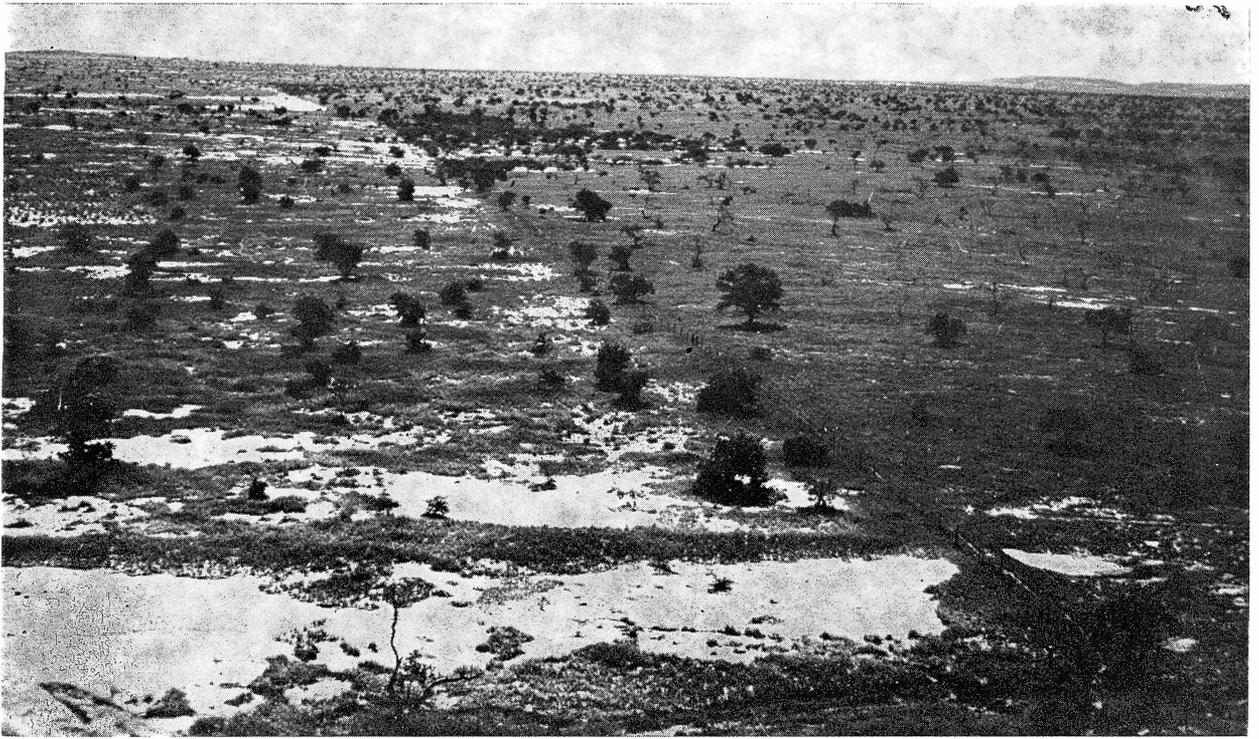


Photo Toutain.

PHOTO 11. — Août 1975. Un simple contrôle des charges en bétail au ranch de Markoye en Haute-Volta, diminue l'impact des plages érodées en « coup de cuiller » et préserve la couverture ligneuse (en particulier à l'arrière-plan).

5^e principe : modicité des investissements.

Pour une unité pastorale d'un million d'hectares et un cheptel d'environ 50.000 UBT, les aménagements ne peuvent être que modestes :

— amélioration de l'abreuvement de saison des pluies par la multiplication de mares temporaires artificielles dont l'imperméabilisation du réservoir et de l'impluvium pourrait être améliorée par épandages chimiques (sels de sodium sur terrain argileux, cire de paraffine sur terrains sableux...);

— amélioration de l'abreuvement de saison sèche par forages, puits, barrages secs ou mares pérennisées où la lutte contre l'évaporation pourrait être menée à l'aide de blocs de cire produisant à la chaleur solaire, une pellicule superficielle continuellement reconstituée ;

— amélioration de la production céréalière qui se développe d'année en année malgré les aléas de récoltes, compte tenu de la nécessité pour les populations sahéliennes de diversifier leurs ressources alimentaires :

- cultures de décrue, à situer « sous le vent », pour limiter les risques d'ensablement et à rassembler pour réduire les besoins de clôture en branches d'épineux et limiter les entraves aux déplacements du bétail ;

- cultures en sec, à localiser sur terrains suffisamment profonds et perméables pour pouvoir bénéfi-

cier d'épandages de crues à partir de zones de réception situées en amont sur terrains rocheux, gravillonnaires ou battants ;

- amélioration de la collecte de céréales sauvages à base de *Panicum laetum* Kunth, par l'adoption de mesures de protection contre le bétail. La paille résiduelle constitue un excellent foin qui devrait être stocké en meule protégée du vent par des perches enfoncées dans le sol et reliées entre elles au sommet par des liens. Ce foin serait consommé en saison sèche ou en début des pluies, lors de la dispersion des troupeaux ;

— organisation de la lutte contre les feux pour les parcours desservis par des points d'abreuvement de saison sèche. Quelques pare-feux seraient préparés le long des pistes automobilisables. Les éleveurs assureraient le guet. Un dispositif de première urgence, avec camion, traîneau métallique et équipe d'accompagnement, serait mis en place au centre de gestion de l'unité pastorale. Avec cet équipement, une bande d'un mètre peut être nettoyée au traîneau tracté par le camion et un contre-feu peut ensuite y être allumé ;

— travaux de restauration. Quelques essais de restauration du couvert herbacé ont été tentés avec un certain succès sur les pentes colluviales stérilisées (12). Le passage d'un scarificateur en courbes de niveau, au début des pluies, peut faciliter la germination d'espèces annuelles (photo 12).

CONCLUSIONS

Fragilité de l'écosystème sahélien et modifications rapides de la végétation des parcours doivent être les deux leitmotivs de tous les responsables du développement appelés à œuvrer au Sahel. Afin de parer à de nouvelles difficultés, il apparaît nécessaire de prévoir un système d'alerte ou de prévisions prenant en compte tant l'évolution des ressources que celle de la charge en bétail qu'elles supportent. Ceci supposerait la mise en place rapide d'un système de surveillance continue, au niveau des projets de développement, des régions, des Etats et de la zone sahélienne toute entière et concernant :

— la pluviométrie en augmentant la densité des points de mesure s'appuyant sur la répartition dans l'espace des techniciens susceptibles d'assurer les relevés, au besoin avec un complément de formation ;

— la végétation herbacée et ligneuse, grâce à un réseau de sites d'observation proches des points de mesures pluviométriques et localisés par des spécialistes. Ces derniers seraient chargés du recyclage indispensable des techniciens de terrain devant effectuer les observations annuelles. Les techniciens transmettraient en plus, au service national de recherches, les informations recueillies auprès des

éleveurs sur l'état des pâturages dans les divers secteurs des unités pastorales. Le traitement des informations obtenues par télédétection (exploitation des données satellites) pourrait sans doute, à moyen terme, assurer la généralisation spatiale des informations recueillies ponctuellement sur les sites d'observation ;

— les effectifs en bétail de chaque unité pastorale ou terroir individualisé. L'effectif vacciné est actuellement le seul renseignement utilisable pour établir des recensements de bovins, par suite de la méfiance des éleveurs envers tout dénombrement systématique. Des recensements pourraient être réalisés périodiquement par survol aérien. Des travaux de ce genre ont été effectués par échantillonnage systématique en Afrique de l'Est (10). Malgré le coût, la précision du recensement reste faible (20 à 30 % d'imprécision). Il serait sans doute préférable d'envisager des sondages non systématiques en prenant en compte la répartition saisonnière du bétail. Par exemple, une couverture photographique à 1/5.000 avec agrandissement des vues contenant des troupeaux, pourrait être effectuée sur des parcours circonscrits autour des points d'eau de saison sèche et à une époque où la plupart des espèces ligneuses sont défeuillées.

BIBLIOGRAPHIE

1. BILLE (J. C.), 1976. — Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Paris, O. R. S. T. O. M., *Trav. et Doc.*, n° 65 : 82 p., 1 carte.
2. BOUDET (G.), 1972. — Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Adansonia sér.* 2, 14 (4) : 505-524.
3. BOUDET (G.), CORTIN (A.), MACHER (H.), 1971. — Esquisse pastorale et esquisse de transhumance de la région du Gourma (Rép. du Mali). Essen, DIWI Gesellschaft für ingenieurberatung ; Maisons-Alfort I. E. M. V. T., 283 p., 1 atlas (*Trav. agrostologiques*, n° 9).
4. BOUDET (G.), COULIBALY (A. M.), LEPRUN (J. C.), 1977. — Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali. Paris, D. G. R. S. T., G. E. R. D. A. T., O. R. S. T. O. M., 1976-1977 (rapports de campagne).
5. DELWAULLE (J. C.), 1975. — Le rôle du forestier dans l'aménagement du Sahel. *Bois et Forêts des Tropiques* (160) : 3-22.
6. DELWAULLE (J. C.), 1977. — La situation forestière dans le Sahel. *Bois et Forêts des Tropiques* (173) : 3-22.
7. DELWAULLE (J. C.), 1977. — Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification et sa contribution au développement. *Bois et Forêts des Tropiques* (174) : 3-25.
8. DEPIERRE (D.), GILLET (H.), 1971. — Désertification de la zone sahélienne du Tchad. *Bois et Forêts des Tropiques* (139) : 3-25.
9. FERLIN (G. R.), 1977. — Rôle du forestier sahélien. *Bois et Forêts des Tropiques* (171) : 5-15.
10. GWYNNE (M. D.), CROZE (H.), 1975. — Pratique du contrôle de l'habitat Est africain. *Revue des méthodes et application. C. I. P. E. A.-I. L. C. A.*, Actes du colloque de Bamako (Mali) sur l'inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux africains, 1975 (3-8 mars) : 95-135.
11. POUAPON (H.), 1977. — Evolution d'un peuplement d'*Acacia senegal* (L.) Willd. dans une savane sahélienne au Sénégal de 1972 à 1976. *Cah. O. R. S. T. O. M.*, sér. Biol., 12 (4) : 283-91.
12. TOUTAIN (B.), 1977. — Essais de régénération mécanique de quelques parcours sahéliens dégradés. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 30 (2) : 191-8.



PHOTO 12. — Mars 1975 (Markoye). Un passage de scarificateur en courbe de niveau, provoque une recolonisation du couvert herbacé sur versant colmaté.