

LES RELATIONS SOL-VEGETATION

INTRODUCTION

Si, comme cela a pu être démontré dans le chapitre sur les sols, les caractères qui apparaissent être les plus importants pour la pédogénèse sont d'abord le matériau originel, puis le climat, tout de suite après vient la nature du couvert végétal. Les variations de la végétation avec les types climatiques ont fait l'objet d'un chapitre particulier. Il importe maintenant d'étudier les rapports entre le sol et la végétation et d'analyser l'importance écologique des caractères particuliers de ces relations dans la zone sahélienne *sensus lato*.

A - ANALYSE DE QUELQUES TOPOSEQUENCES

Afin d'établir les rapports entre les sols et la végétation, de nombreuses toposéquences ont été réalisées suivant le gradient latitudinal et étudiées plusieurs années de suite. Une toposéquence est une ligne de fosses pédologiques qui joint, suivant la ligne de plus grande pente, le point haut d'un interfluve élémentaire au point le plus bas. Seules seront étudiées ici les toposéquences recoupant les formations de "brousse tigrée". En effet, ces formations constituent des écosystèmes particuliers originaux dans lesquels les relations sol-plante ont une importance prépondérante.

Quelques précisions sur la "brousse tigrée" sont nécessaires avant de présenter les toposéquences. Ce terme a été créé par CLOS - AFCEDEC en 1956 pour traduire l'aspect singulier sur photographies aériennes des concentrations végétales en bandes sombres parallèles, alternant avec des bandes dénudées claires, et qui évoquent le pelage d'un tigre. De nombreux travaux traitent de la description de ces formations, de leur extension, de leur composition floristique et tentent d'expliquer leur genèse (AL'DRY et ROSSETI, 1962 ; BOULET et al., 1964 ; WHITE, 1970 ; BOUDET, 1972 ...). Différentes causes ont été reconnues responsables de la formation de ces bandes alternées : activité termitique, dessèchement progressif de la zone sahélienne, surpâturage, drainage... Leur extension est importante dans toute l'Afrique occidentale entre les 16° et 14° de latitude Nord. Nous allons maintenant étudier trois toposéquences de "brousse tigrée" en allant des témoins les plus septentrionaux aux témoins les plus méridionaux.

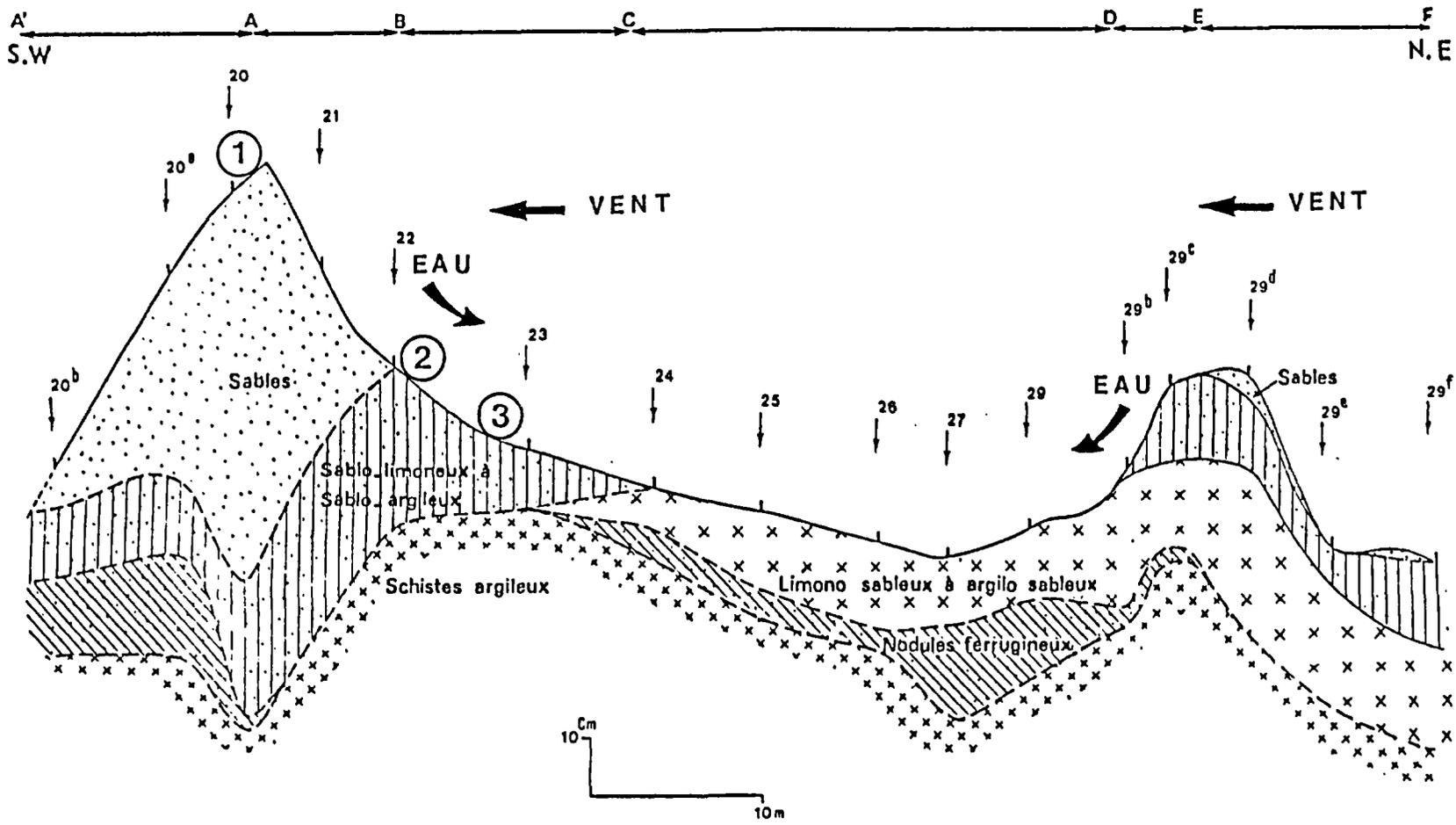


FIG.8 Chaîne de sols gosII « Brousse Tigrée »

1. Toposéquence Gos II

a) Situation et cadre physique

Située à 17,5 km de Gossi vers Gao (15°16'10"N - 1°10'40"W) sur des schistes argileux zonés, elle reçoit en moyenne un peu plus de 200 mm de pluies par an, est orientée NE-SW et comprend (fig.8) :

- une microdune sableuse qui constitue le point le plus élevé,
- un glacis sablo-limoneux à sablo-argileux,
- une zone basse formant collature constituée par les argiles et les limons où sont localisées la végétation arborée et les termitières.

L'ensemble est très peu accidenté, puisque entre le point le plus bas et le point le plus haut il n'y a qu'une dénivellation de 1,3 m.

b) Les sols

Si l'on subdivise la séquence en cinq parties (fig.8), on constate que :

- la partie AB qui correspond à la microdune est formée de sables éoliens récents. Aucune différenciation en horizons ne se manifeste dans ce matériau dont on distingue bien les apports lamellaires successifs de sables. Les sols sont du type très peu évolué d'apport ;
- la partie BC est constituée d'un matériau dont la texture sableuse dominante et la discontinuité avec les schistes durs suggèrent une zone de colmatage provenant pour partie de sables éoliens et pour partie d'éléments fins déplacés. Les sols s'apparentent à des sols peu évolués à faciès brun subaride ;
- la portion CD comporte des sols peu évolués à faciès hydromorphe et dans la collature des sols solonchiques peu épais, c'est-à-dire, dans les deux cas, des sols bien différenciés et structurés, à taux d'éléments fins élevés, qui dérivent de l'altération des schistes et du ruissellement ;
- la partie DE est la symétrique de la microdune A'B mais le sable éolien s'appuie sur une butte de matériaux issus de la destruction de grandes termitières encore présentes ;
- la portion EF est la symétrique de la portion A'A car la même superposition de matériaux semblables et les mêmes sols y sont relevés.

Il faut remarquer d'autre part que la zone de la collature correspond à l'approfondissement maximal de la roche, et qu'une érosion hydrique légèrement ravinante affecte la partie amont du glacis.

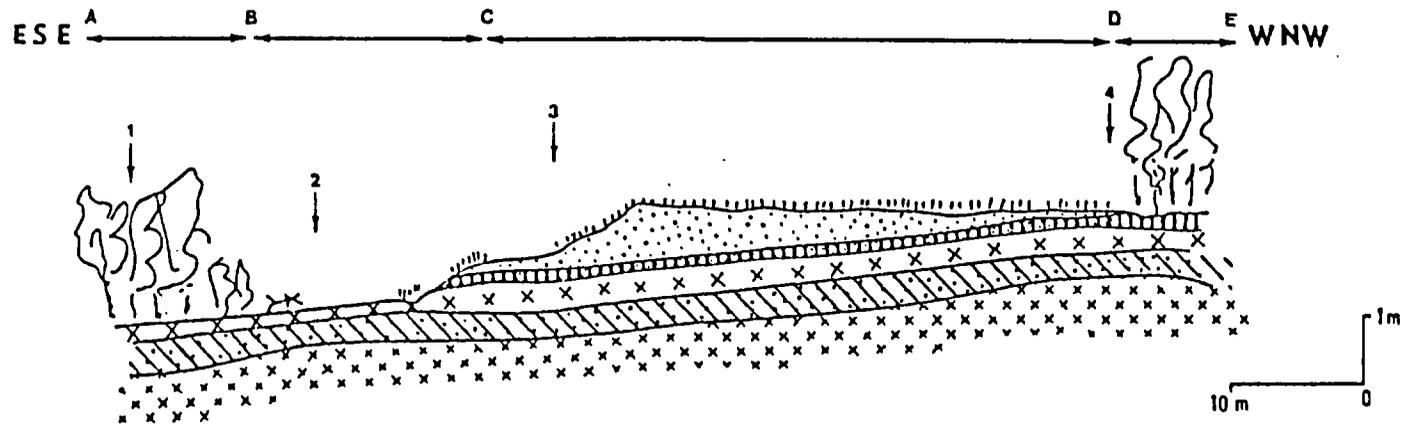


FIG. 9 Chaîne de sols NDA «Brousse Tigrée »



Horizon sableux



Horizon limono sableux



Horizon limono argilleux



Horizon argilo-sableux et nodules ferrugineux



Cuirasse ferrugineuse



Roche_mère (Schistes)

c) La végétation

Elle occupe deux localisations particulières de la séquence et est bien différente dans les deux cas ainsi que l'on peut en juger par les relevés suivants :

Microdune (Profil 20)		Collature (Profils 29 et 29b)
<u>Strate herbacée</u> (recouvrement 50 p.100)		<u>Strate arbustive</u> (recouvrement 20 p.100)
<i>Schoenefeldia gracilis</i> 3		<i>Acacia erhenbergiana</i> 3
<i>Aristida mutabilis</i> 2		<i>Acacia ataxacantha</i> 1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> ... +		<i>Acacia laeta</i> 1
<i>Cenchrus biflorus</i> +		<i>Acacia raddiana</i> 1
<i>Leptacenia pyrotechnica</i> +		<i>Ziziphus mauritiana</i> +
<i>Tetrapogon cenchriformis</i> ... +		<i>Balanites aegyptiaca</i> +
<i>Chloris prieuri</i> +		<i>Commiphora africana</i> +
<i>Eragrostis pilosa</i> +		<i>Boscia senegalensis</i> +
		<u>Strate herbacée</u> (recouvrement 40-50 p.100)
		<i>Andropogon gayanus</i> 2
		<i>Panicum laetum</i> 2
		<i>Schoenefeldia gracilis</i> 2
		<i>Zornia glochidiata</i> +
		<i>Eragrostis pilosa</i> 2

La microdune est colonisée exclusivement par une végétation de graminées éphémères. Dans la collature se développe la bande boisée de la "brousse tigrée" qui comprend une strate herbacée graminéenne assez dense et une strate arbustive et arborée dominée par les acacias. Toute la partie de la séquence située entre ces deux localisations est gravillonnaire ou glacée et entièrément nue.

2. Toposéquence NDA (fig.9)

a) Situation et cadre physique

Situé à 43 km au Sud de Gossi, la roche-mère de cette toposéquence est constituée de schistes argileux, de quartzites et de grès pendant vers le S.E. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 300 mm. La toposéquence comprend :

- une zone basse AB et BC limono-argileuse à surface pelliculaire écaillée blanche comportant une petite incision de drainage ;
- une microdune sableuse dont l'amplitude atteint à peine le mètre ;
- une portion faiblement dépressive limono-sableuse DE.

b) Les sols

L'examen de la coupe de la fig.9 indique que toute la séquence est recouverte par un horizon argilo-sableux gravillonnaire issu en grande partie du démantèlement des schistes cuirassés sous-jacents et d'un horizon limono-sableux de recouvrement. En revanche, seule la partie amont CE comprend en plus un mince horizon limoneux recouvert par des sables peu cohésifs. Les sols de la zone dépressive sont des sols bruns subarides structurés et solonetziques (cf. profil NDA 1 décrit et analysé p.30). Les sols de la zone amont sont des sols bruns subarides modaux (profil 4) recouvert par des sols peu évolués sur sables éoliens récents (cf. profil NDA 3 p. 29).

c) La végétation

Comme dans le cas précédent, la composition floristique est très différente selon les deux localisations préférentielles et comprennent les espèces suivantes :

Microdune (profil 3)	Zone basse (profil 1)
<u>Strate herbacée</u> (recouvrement 80 p.100)	<u>Strate arborée et arbustive</u> (recouvrement 40 p.100)
<i>Aristida mutabilis</i> 3	<i>Grewia bicolor</i> 3
<i>Schoenefeldia gracilis</i> 2	<i>Dichrostachys cinerea</i> 1
<i>Chloris prieuri</i> +	<i>Commiphora africana</i> +
<i>Tragus racemosus</i> +	<i>Grewia flavescens</i> 1
<i>Cenchrus biflorus</i> +	<i>Acacia laeta</i> +
<i>Tetrapogon cenchrifolius</i> +	<i>Boscia senegalensis</i> +
<i>Blepharis linearifolia</i> 1	<i>Maerua crassifolia</i> +
<i>Corchorus tridens</i> +	
<i>Borreria filifolia</i> +	<u>Strate herbacée</u>
<i>Zornia glochidiata</i> +	(recouvrement 30 p.100)
	<i>Tephrosia purpurea</i> +
	<i>Achyranthes aspera</i> 1
	<i>Aristida mutabilis</i> 2
	<i>Panicum laetum</i> 3
	<i>Pennisetum pedicellatum</i> +
	<i>Eragrostis pilosa</i> +
	<i>Andropogon gayanus</i> +

La microdune est donc recouverte exclusivement par une strate herbacée dense de graminées éphémères et d'espèces annuelles et la zone dépressive supporte à la fois une strate arbustive haute assez dense et une strate herbacée bien fournie dominée par les graminées parmi lesquelles quelques espèces vivaces. La zone de raccord entre la microdune et la partie basse est nue et glacée.

3. Toposéquence TEN (fig.10)

a) Situation et cadre physique

Située dans le Séno-Mango, au Sud de Douentza (14°24'30" N 2°36'W), cette séquence recoupe l'un des jalons les plus méridionaux des formations de "brousse tigrée" qui deviennent alors tachetées ou ponctuées. Elle s'appuie sur les grès du Continental terminal cuirassé. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 600 mm. Le modelé, faiblement ondulé, est constitué de replats cuirassés et gravillonnaires nus ou très faiblement colonisés et de petites dépressions circulaires d'environ 40 à 50 m de diamètre et de 1 à 2 m de profondeur dans lesquelles prolifèrent une végétation bien fournie. Les microdunes sableuses des séquences précédentes sont remplacées par un mince voile sableux.

b) Les sols

Absents lorsque la cuirasse affleure ou très minces et peu évolués gravillonnaires lorsque la cuirasse est démantelée, les sols sont épais que dans le fond des dépressions. Le matériau de ces sols ferrugineux tropicaux peu lessivés provient du dépôt des éléments fins des zones bordières amont et des replats cuirassés, entraînés par les eaux de ruissellement (cf. analyses tabl.7, p. 27).

c) La végétation

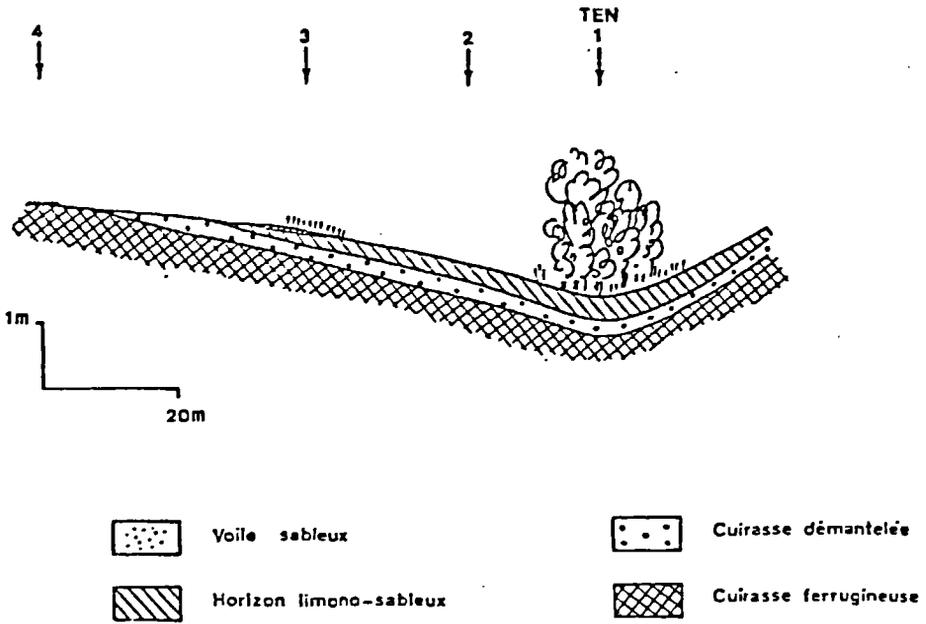
Les relevés floristiques sont les suivants :

Voile sableux (profil 3)	Dépression (profil 1)
<u>Strate herbacée</u> (Recouvrement 10 p.100)	<u>Strate arborée et arbustive</u> (Recouvrement 60 p.100)
<i>Loudetia togoensis</i> 3	<i>Combretum micranthum</i> 3
<i>Schoenefeldia gracilis</i> 2	<i>Acacia ataxacantha</i> 2
<i>Eragrostis tremula</i> +	<i>Boscia senegalensis</i> 1
<i>Schizachyrium</i> sp. +	<i>Grewia bicolor</i> 1
<i>Aristida mutabilis</i> +	<i>Pterocarpus lucens</i> 1
<i>Lornia glochidiata</i> 1	<i>Piliostigma reticulatum</i> 1
<i>Brachiaria zantholeuca</i> +	
<i>Cassia mimoscides</i> +	<u>Strate herbacée</u> (Recouvrement 40-50 p.100)
	<i>Andropogon gayanus</i> 3
	<i>Panicum laetum</i> 1
	<i>Pennisetum pedicellatum</i> 2
	<i>Eragrostis tremula</i> 1

On peut remarquer :

- que sur le sable la végétation est toujours dominée par les graminées mais que les espèces nouvelles, vivaces, à affinité soudanienne, augmentent ;

FIG. 10 Toposéquence TEN



- que le bosquet de la zone dépressive très dense, comporte également des espèces soudaniennes dont une forte proportion d'*Andropogon gayanus*.

B - IMPORTANCE DES RELATIONS SOL-VEGETATION

a) Cas de la "brousse tigrée"

Tous les exemples précédents montrent à l'évidence, que la végétation des formations de "brousse tigrée" est spécifique et de la localisation topographique, et de la nature des substrats. Les bandes boisées arborées denses à sous-strate herbacée prolifèrent sur des sols lourds structurés et riches, situés en position basse. Les bandes herbeuses assez denses à dominance de graminées annuelles et éphémères ne colonisent que les microdunes sableuses à sols peu évolués, très peu structurés et peu épais situés en position haute.

Les bandes boisées ne peuvent se mettre en place et persister en position latitudinale haute à faible pluviométrie, que grâce à la concentration des eaux pluviales dans la collature après ruissellement sur les glacis encroûtés situés de part et d'autre.

L'eau qui se rassemble dans cette partie déprimée sans exutoire peut s'infiltrer grâce aux fentes, à la porosité structurale élevée et aux matériaux fins de ces sols dont la capacité de rétention en eau est élevée (300 mm/m contre 30 mm aux sols sableux amont). L'évaporation réduite du fait d'un feutrage organique de surface et de la couverture végétale haute, permet la conservation de l'humidité 4 à 5 mois après la saison des pluies et le maintien d'espèces herbacées vivaces.

D'autre part, il a été démontré (LEPRUN, 1978) que les formations de "brousse tigrée" dans ces régions se limitaient exclusivement aux sols développés sur les formations sédimentaires planes. S'il arrive qu'elles débordent très localement sur le socle cristallin précambrien, c'est pour se transformer en îlots de brousse "ponctuée" ou "mouchetée". Au Niger, elles ne peuvent descendre plus au Sud que grâce à l'extension des grès argileux du Continental terminal qui contournent le socle cristallin voltaïque. Bloquée au Sud par ce socle et au Nord par l'extension généralisée des sables dunaires fixés quaternaires, la limite Nord des "brousses tigrées" maliennes n'est donc pas climatique mais édaphique. Ainsi, il suffit que le substrat plat dégagé de son sable réapparaisse pour que la "brousse tigrée" soit de nouveau présente, plus au Nord, en Mauritanie.

Les bandes boisées de "brousse tigrée" constituent des jalons contractés avancés d'espèces à affinité sud-sahélienne et soudanienne au sein de régions nord-sahéliennes et saharo-sahéliennes. Les espèces à écologie plus humide retrouvent, dans le biotope privilégié que constituent les bandes boisées, des conditions de milieu qui équivalent à celles dont elles disposent plus au Sud. La "brousse tigrée" équivaut à un écosystème humide en milieu subaride. Les espèces végétales et animales (termites, rongeurs, oiseaux ...) sont alors placés à la

limite extrême de leur aire et sont donc, de ce fait, sous la dépendance étroite des variations climatiques interannuelles et en particulier des longues périodes de sécheresse.

b) Cas des plages nues sur sables

Dans le Gourma, les grandes étendues de sables dunaires à couvert végétal steppique et arbustif lâche sont ponctuées de plages circulaires nues, à surface de sol durcie et rouge. Ces plages nues à forme d'érosion en "coup de cuiller" se situent surtout sur le versant des dunes autour et en aval des arbres. La totalité de l'horizon humifère est enlevée par l'action conjointe de l'eau et du vent. L'horizon (B) mis à nu s'encroûte en surface, ce qui a pour effet de réduire considérablement l'infiltration et d'augmenter le ruissellement. Non alimentées en eau et ne pouvant se piéger, les graines ne germent pas. D'autre part, il arrive que les racines de l'arbre soient mises à nu et que l'arbre meurt. Outre cette relation directe entre la pédologie et le couvert végétal, on peut remarquer que l'importance, la nature et la fréquence des plages nues diffèrent selon la nature des formations sableuses et donc des sols.

c) Quelques exemples de relation sol-végétation en milieu subdésertique

1. Cas du *Schouwia thebaica*

Cette plante annuelle constitue l'un des meilleurs pâturages à chameau de ces zones. Le sol intervient à trois niveaux différents : piégeage, germination des graines et développement de la plante. Ainsi, si la germination du *Schouwia thebaica* est grandement facilitée au sein d'un horizon sableux meuble de surface, la présence d'un horizon plus compact à teneur en éléments fins élevée, capable de retenir l'eau, s'est révélée indispensable au développement optimal de la plante qui, adulte, dépasse 1 m de hauteur. En l'absence d'un tel horizon, les jeunes *Schouwia* jaunissent et meurent alors qu'ils n'ont que 2 ou 3 dm de haut.

2. Ecologie de quelques graminées du secteur subdésertique

Une analyse statistique des relevés floristiques et des déterminations physico-chimiques des sols indiquent que certaines espèces, *Cymbopogon schoenanthus* et *Schoenefeldia gracilis* par exemple sont spécifiques, en milieu subdésertique, des substrats à sols riches et lourds caractérisés par des taux d'argile et de limon fin élevés (respectivement entre 20 et 60 p.100 et 15 et 30 p.100), une humidité de 3-8 p.100, une capacité de rétention en eau élevée, une teneur en matière organique située entre 0,4 et 4 p.100 et un complexe absorbant saturé en cations.

Tout au contraire, d'autres espèces, *Aristida mutabilis* et *Panicum turgidum* par exemple, trouvent leur terrain de prédilection sur les sols sableux meubles dont les caractéristiques sont tout à fait à l'opposé de celles des sols précédents.

C - DYNAMIQUE DU COUPLE SOL-VEGETATION

a) En zone subdésertique

Le suivi de mêmes transects deux ou plusieurs années de suite, indique que les variations de la végétation herbacée et même de la strate arbustive peuvent être très importantes. Ainsi, de grandes étendues planes de la vallée du Tilemsi, recouvertes une année par un tapis à *Aristida mutabilis*, *Aristida adscensionis* et *Schoenefeldia gracilis* sont entièrement nues l'année suivante. D'autre part, il suffit quelquefois du déplacement d'une ride sableuse sur les longs glacis peu pentus de ces zones, pour faire bifurquer radicalement l'écoulement hydrique et provoquer ainsi, d'un côté la disparition progressive de la strate ligneuse, de l'autre, celui qui bénéficie de l'apport en eau, la régénération de cette strate. La dynamique de la végétation en zone subdésertique est donc extrêmement rapide et le plus souvent aléatoire. Il en résulte que les formations herbacées et même arbustives quelquefois, ne sont constantes ni dans le temps ni dans leur composition floristique et que l'influence du sol, en particulier par le transit de l'horizon de surface, est très important.

b) En zone sahélienne s.l. Exemple des "brousses tigrées"

Les analyses de toposéquences septentrionales précédentes ainsi que de nombreuses autres et les faits marquants suivants : les apports superposés juvéniles de sables lités de la microdune, les signes de l'érosion en nappe des glacis de bandes nues, la présence de racines et de nids termitiques anciens dans les sols tronqués de ces glacis, la colonisation zonée du front pionnier végétal ... permettent de mettre en évidence une dynamique rapide des sols et de la végétation. Cette dynamique est chiffrée et prouvée grâce à des mesures annuelles entre les microdunes et des repères implantés de même qu'entre les bandes boisées et des points fixes précis tels que des bornes astronomiques.

Les "brousses tigrées" septentrionales se déplacent d'environ 20 cm par an en moyenne, perpendiculairement à la direction des vents dominants. De nombreuses observations et analyses permettent d'avancer les interprétations suivantes (fig.8 p.44).

Le glacis Ac de la microdune est le siège durant la saison des pluies, d'une érosion en nappe active qui provoque la troncature des horizons de surface. L'horizon (B) est mis à nu. L'effet mécanique des gouttes de pluies détache les particules terreuses. Le sable est libéré et une partie des éléments fins dispersés obture les pores et rend la surface imperméable. L'autre partie des éléments fins s'accumule en bas du glacis en une croûte blanche lamellaire qui, au microscope, correspond à des lits très fins, alternativement argilo-limoneux et limono-sableux de 0,3 à 0,5 mm d'épaisseur, parallèles, et qui recouvrent la surface durcie précédente. Le nombre de lits s'accroît vers l'aval et l'épaisseur de la croûte peut dépasser le centimètre. Les graines emprisonnées sous cette croûte imperméable ne peuvent germer.

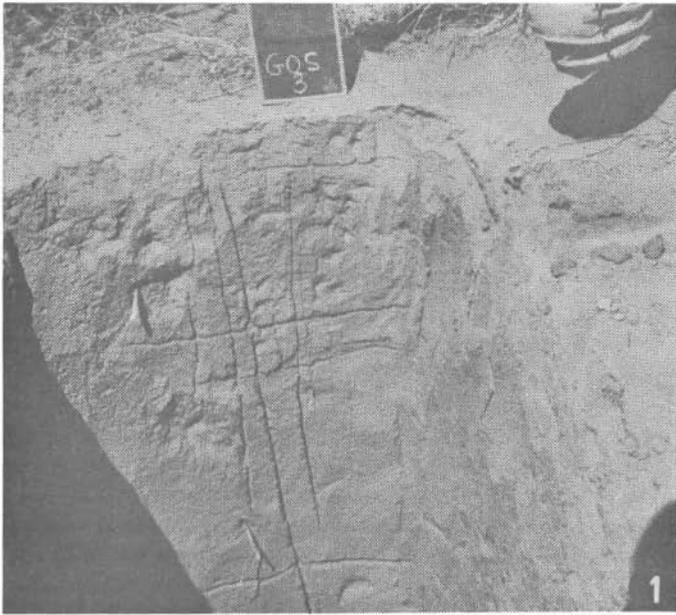
Durant la saison sèche, les vents entraînent le sable libéré du glaciais sur la microdune, ce qui fait avancer la crête de celle-ci. Tandis que les glaciais sont décapés et creusés chaque année par l'érosion hydrique, la dépression se comble à la fois en CD par les produits fins de cette érosion et en DE par les produits de l'érosion hydrique et de la déflation éolienne de la microdune EF (cf. flèches de la fig.8). Il en résulte une translation lente des sols, de la végétation et de la topographie vers l'Ouest. La bande boisée suit le déplacement de la collature qui concentre les eaux pluviales et la végétation herbacée suit le déplacement des sables.

En descendant vers le Sud, l'action du vent décroît, l'érosion hydrique devient prépondérante, le substrat cuirassé ondulé se généralise, la végétation augmente et se diversifie. La dynamique de la végétation et des substrats assez rapide au Nord, se trouve donc ralentie, puis stoppée (toposéquence TEN fig.10). Les faciès de "brousse tigrée" septentrionaux linéaires passent progressivement à des faciès flexueux et incurvés en zone sahélienne médiane, puis à la brousse arborée ponctuée et enfin à la savane arborée homogène en zones non cultivées. L'importance du facteur sol lié à celle de la roche-mère, longtemps ignorée, est prépondérante.

Le résultat des analyses de la tranche superficielle des sols (fig. 8) consigné dans le tableau 10, permet de mettre en évidence l'entraînement non seulement des éléments fins, mais également des éléments nutritifs (carbone, azote, bases échangeables, phosphore ...) de l'amont vers l'aval. Il y a appauvrissement des parties hautes érodées au profit des parties basses colmatées. La comparaison entre la richesse chimique très faible des sables densément colonisés (zone 1 fig.8 p.44) chiffres élevés des zones nues 2 et 3, apporte la preuve que les contraintes de germination et de régénération sont d'ordre physique et non chimique. Dans ces zones sahéliennes s.l., les couvertures de sables éoliens meubles et mobiles constituent les substrats les plus favorables à la régénération des pâturages.

Tableau 10 - Résultats analytiques de quelques prélèvements de surface de la toposéquence GOS II (fig. 8)

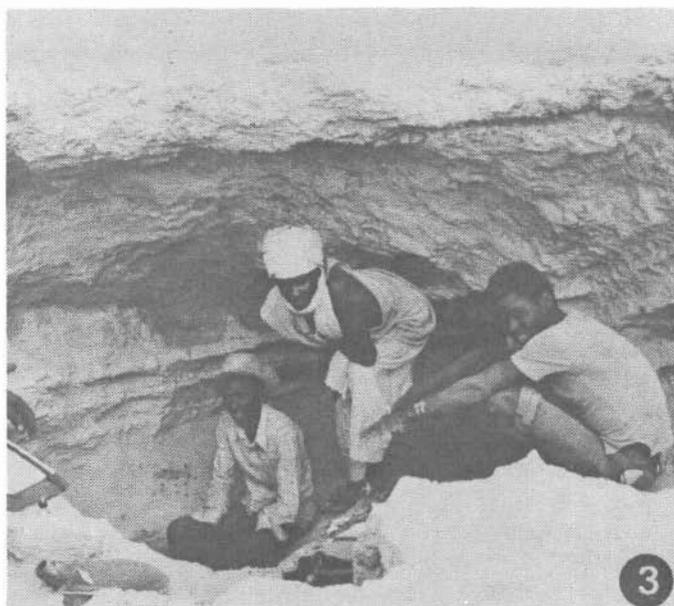
Déterminations	Zone ①	Zone ②	Zone ③
	microdune	Amont plage nue	Aval plage nue
Argiles + limons fins %	3,4	47,4	78,1
Limons grossiers %	0,4	2,6	4,1
Sables %	96,1	47,3	15,9
Carbone %.	0,70	4,44	3,40
Azote %.	0,18	0,55	0,46
Somme des bases S (méq/100 g.)	0,86	3,22	12,64
Phosphore total %.	0,16	0,31	0,64



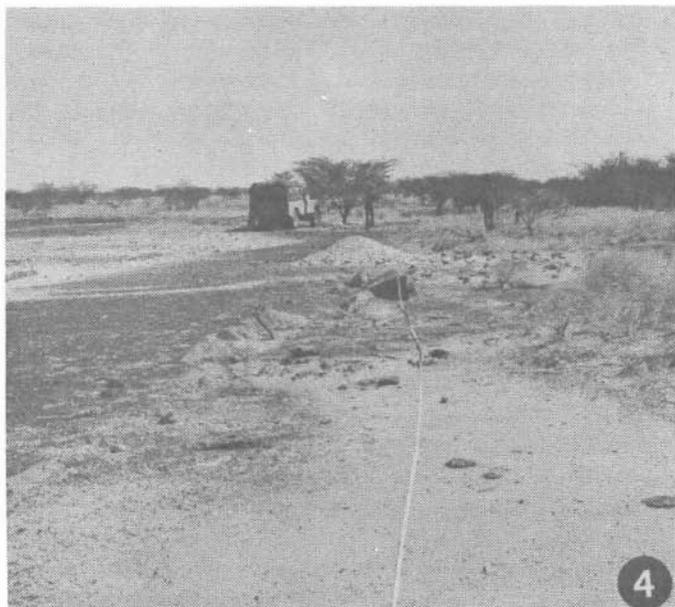
Le profil pédologique GoS 3. Toposéquence GoS 1.
Description dans le texte



Fentes de plages nues à léger voile sableux piégeant
les graines de graminées (*Schoenefeldia gracilis* en
particulier)



Excavation due à l'exploitation de la cure salée de Karouassa. Les "gravillons" ferrugineux supérieurs et les bancs dolomitiques ou calcitiques sous-jacents sont bien visibles.



La formation de brousse tigrée de la toposéquence GoS III en 1975. Le véhicule est placé à la limite de la bande nue et des ensablements colonisés. La bande boisée est visible à droite et au fond.



La formation de brousse tigrée de la toposéquence Gos II. La vue est prise du bourrelet sableux et montre la zone colmatée nue puis la bande boisée et ses termitières.



Toposéquence GoS II. Croûte blanche, écaillante, limoneuse, de la portion CD au niveau du profil 26.