

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

RÉPUBLIQUE DU MALI

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE
ET DE L'INDUSTRIE

MINISTÈRE
DU
DÉVELOPPEMENT
RURAL

DÉPARTEMENT
RECHERCHE ET TECHNOLOGIE
DANS LES ZONES
TROPICALES ET ARIDES

Centre
de recherches Zootechniques
de SOTUBA
MALI



Direction Nationale
de l'Élevage
Service
du Pastoralisme
MALI



G.E.R.D.A.T.
Groupement
d'Études et de Recherches
pour le Développement
de l'Agronomie Tropicale

I.E.M.V.T.
Institut d'Élevage et
de Médecine Vétérinaire
des Pays Tropicaux



LP . 681 - C.N.R.S.
Laboratoire
d'Anthropologie Sociale
du Collège de France et
de l'École des Hautes Etudes
en Sciences Sociales



O.R.S.T.O.M.
Office de la Recherche
Scientifique et Technique
Outre-Mer



U.E.R.
Domaine Méditerranéen
Laboratoire d'Écologie
des Régions Arides
Université de Nice

A.C.C. - G.R.I.Z.A. - LAT

Groupe de Recherches Interdisciplinaires en Zones Arides



ETUDE DES
POTENTIALITÉS PASTORALES
ET DE LEUR EVOLUTION
EN MILIEU SAHÉLIEN AU MALI

par :

BARRY J.P., BOUDET G., BOURGEOT A.,
CELLES J.C., COULIBALY A.M.,
LEPRUN J.C., MANIERE R.

1983

ÉTUDE DES POTENTIALITÉS PASTORALES
ET DE LEUR ÉVOLUTION EN MILIEU SAHÉLIEN
AU MALI

par

BARRY J.P., BOUDET G., BOURGEOT A., CELLES J.C.,
COULIBALY A.M., LEPRUN J.C., MANIERE R.

ISBN 2-85985-072-4

ETUDE DES POTENTIALITES PASTORALES ET DE LEUR EVOLUTION EN

MILIEU SAHELIEEN AU MALI

par

BARRY J.P., BOUDET G., BOURGEOT A.
CELLES J.C., COULIBALY A.M., LEPRUN J.C., MANIERE R.

Ce document fait la synthèse des recherches qui ont été effectuées pendant quatre années au Nord-Est du Mali, entre les frontières de l'Algérie et de la Haute-Volta dans le cadre de l'A.C.C. "Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali" du Comité L.A.T. (Lutte contre l'Aridité en milieu tropical) de la D.G.R.S.T.. Des chercheurs et techniciens maliens ont participé à ces recherches, en particulier M. Mahalmadane DJITEYE Kansaye agrostologue au C.N.R.Z. de Sotuba, le docteur-vétérinaire Moulaye DIALLO, chef du Service du Pastoralisme et Monsieur Al Moustapha COULIBALY, agrostologue au C.N.R.Z.. Ce dernier, grâce à cette A.C.C., présenta à l'Université de Nice, en 1979, une thèse de spécialité en Biologie végétale sur "l'approche phyto-écologique et phytosociologique de pâturages sahéliens au Mali (Région du Gourma)".

Dans le document de synthèse, les différents chapitres ont été rédigés par les spécialistes de chaque discipline :

- Facteurs du Milieu et Végétation du secteur subdésertique par le Professeur BARRY, J.C. CELLES, R. MANIERE, de l'Université de Nice (Ecologie des Régions Arides.
 - Sols et relations sol-végétation par J.C. LEPRUN, pédologue à l'O.R.S.T.O.M.
 - Végétation sahélienne, dynamique de la production végétale et principes de gestion des parcours par G. BOUDET, phyto-écologue, agropastoraliste à l'O.R.S.T.O.M., détaché de l'I.E.M.V.T.
 - Facteur humain par A. BOURGEOT, anthropologue au C.N.R.S. (LA 51), Maison des Sciences de l'Homme.
-

FACTEURS DE MILIEU

CADRE PHYSIQUE

Située à l'extrémité orientale de la République du Mali, aux confins de ses frontières avec l'Algérie et le Niger (fig. 1), le territoire couvert par cette étude recouvre des paysages fort variés inféodés à deux entités éco-géographiques bien individualisées, l'Adrar des Iforas et le Gourma.

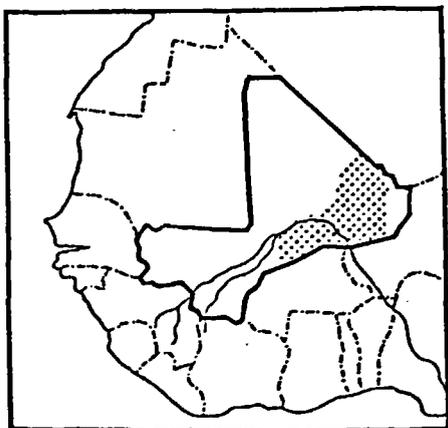


figure n° 1

Ces deux régions peuvent être réunies en un complexe limité par les 4° de longitude Ouest et Est (le méridien de Greenwich passant sensiblement par GAO) et les 14° et 20° de latitude Nord, embrassant également l'Azaouad et le Tamesna.

Le réseau hydrographique, actuel ou fossile, permet de délimiter les unités morphologiques suivantes :

- le fleuve Niger, tout d'abord, qui découpe la région d'Ouest en Est, pour se diriger ensuite vers le Sud, en séparant le Gourma des autres contrées.

- les vallées fossiles de l'Azaouad et du Tilemsi continuent de situer l'ensemble, en traçant les frontières de l'Azaouad et du Timétrine à l'Ouest, de l'Adrar des Iforas au centre Nord et du Tamesna à l'Est (fig. 2).

L'Adrar des Iforas se situe dans la partie la plus méridionale du Sahara ; il est limité par les parallèles 21° et 18° Nord, et les méridiens 0° 30' et 3° Est.

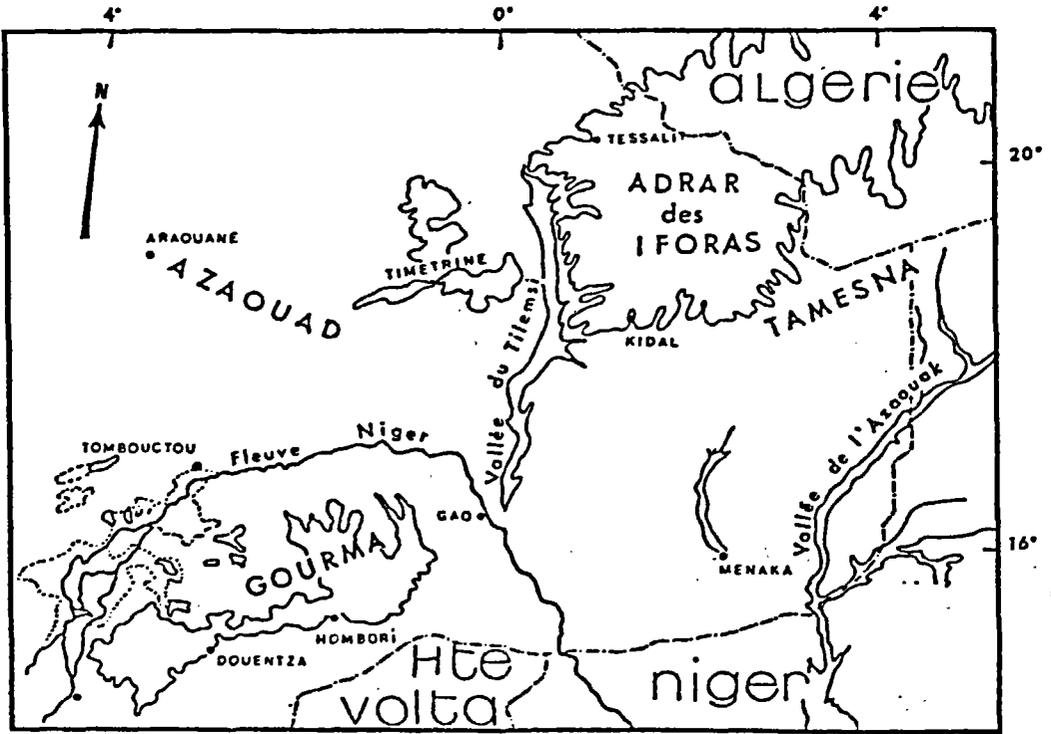


figure n° 2

Entaillés par de puissants oueds, les reliefs y sont peu accusés et l'altitude moyenne fort modeste. Bien qu'aucun des sommets n'atteigne 1 000 mètres, chicots, pitons et dômes, fortement diminués par une pénéplénation importante, marquent le paysage en l'opposant aux basses plaines environnantes : Tanezrouft au Nord, Azaouad et Tilemsi à l'Ouest, Tamesna à l'Est.

L'Adrar doit son modelé au substratum géologique et aux vicissitudes climatiques passées (R. KARPOF, 1960). Sans doute soumis à 500 millions d'années d'ablation continentale, il apparaît comme le plus érodé de tous les massifs sahariens. Privé d'un volcanisme récent, il en est le plus modéré, le moins insolent. Dans cet ensemble, et suivant la rigueur du relief, trois grands types de paysages peuvent être définis :

- des plaines cristallines ou sédimentaires où un inféro-flux important masque souvent la xéricité du pays ;
- des plateaux à l'aspect varié ;
- des reliefs très émoussés, où l'érosion en boule domine, constituant l'essentiel du paysage.

Situé tout entier dans la boucle du Niger, le Gourma apparaît comme une vaste pénéplaine de 300 mètres d'altitude moyenne.

Le substratum, essentiellement argilo-schisteux, est à moitié recouvert d'un ensemble de cordons dunaires quaternaires (J.C. LEPRUN, 1978) d'orientation E-NE - W-SW.

Du substrat se dégagent, çà et là, des couches de roches dures notamment vers le Nord-Ouest, donnant des mammelons et des crêtes ne dépassant guère 50 m de hauteur. Exceptionnellement, ces reliefs atteignent parfois 100 m aux monts Borna, Tailout et Ekia.

Au Sud, une succession de courtes crêtes de grès quartzites ainsi que quelques buttes témoins de schistes cuirassés sont les derniers vestiges d'un relief tabulaire ancien.

L'endoréisme dominant y conduit à la constitution de chapelets de mares dont certaines sont permanentes, celle de Gossi en particulier.

La pénéplaine du Gourma se poursuit à l'Est dans l'Hâoussa avec un substratum indentique, et vers le Sud, dans le Gondo, avec un substratum différent. A la limite du Gondo des buttes témoins, allongées d'Ouest en Est au niveau du 15° parallèle, dominent le paysage avec des hauteurs de 1 150 m dans la région des monts de Hombori et de Douentza.

GEOLOGIE

L'histoire géologique de ces régions voit son point de départ sur un immense crâton constitué de chaînes fortement érodées, souvent granitisées, le Précambrien D et C, dont on retrouve les traces en Mauritanie, au Sahara occidental, en Algérie, au Mali et au Niger.

Le Précambrien D, ou Suggarien, s'individualise dans l'Adrar des Iforas où il présente des faciès cristallophylliens (ectinites, migmatites, faciès charnockitiques) ainsi que des massifs granitiques dont la superficie reste relativement restreinte (fig. 3).

Souvent divisé en deux entités, le Précambrien C, ou Pharusien, est surtout localisé dans l'Adrar ; il y apparaît sous forme d'ectinites d'origine sédimentaire et volcanique, et de migmatites toujours liées à des granites syntectoniques tardifs, ou plus souvent post-tectoniques.

Le Précambrien A est marqué par l'installation sur les formations précédentes d'un immense bassin subsident, le bassin de Taoudeni et de ses prolongements qui persistera durant la majeure partie du Primaire.

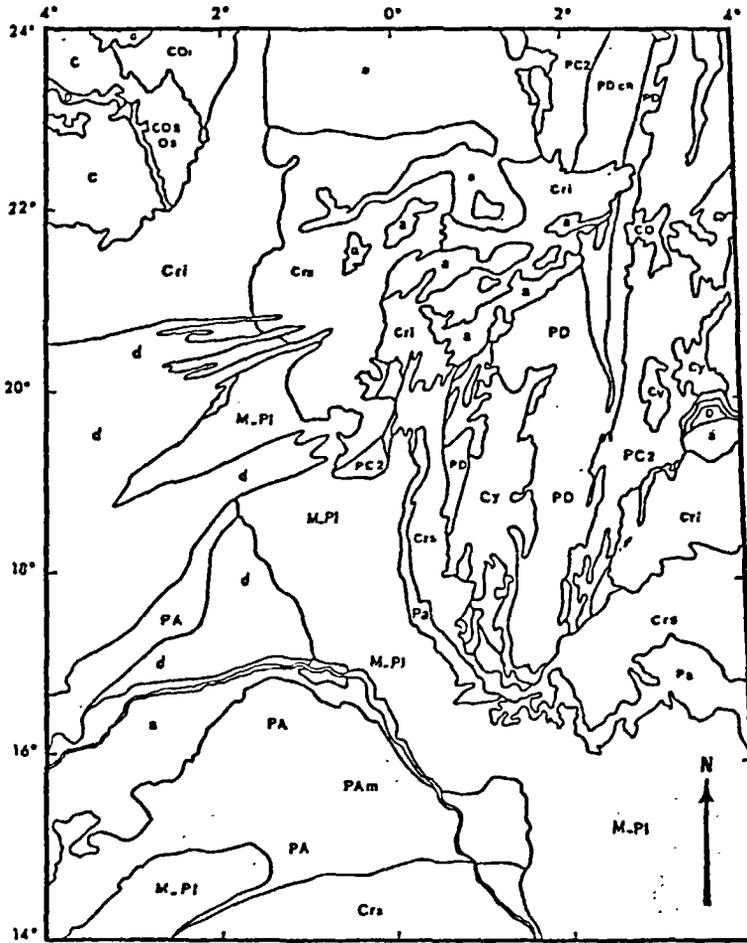
Le cycle du Précambrien A est marqué par trois types de formations :

- les couvertures de plateformes, sédimentaires et subhorizontales, bien développées au Gourma, sous le nom de groupe de Hombori (R. REICHEL, 1972) ;
- les chaînes et couvertures plissées, largement représentées au Gourma également, où elles constituent le groupe d'Ydouban (R. REICHEL, 1972) de nature pétrographique variée et qui comprend schématiquement deux grands ensembles de roches à peu près comparables mais qui se distinguent par leur chimisme dû principalement à la présence, soit de schistes, soit de calcaires et de dolomies ;
- les granites atectoniques enfin, qui apparaissent en petits massifs bien circonscrits dans les massifs du Sahara central ainsi que dans l'Adrar des Iforas.

Les formations paléozoïques sont finalement peu présentes sur notre territoire et relèvent du bassin de Taoudeni. Généralement scindées en deux ensembles (le primaire de couverture de plateforme et le primaire de la chaîne des Mauritanides), elles sont attribuées au Cambro-ordovicien.

Après une période d'émersion, de nouveaux bassins sédimentaires se mettent en place ; du Jurassique au Néogène alternent ainsi régimes continentaux et marins, accompagnés de manifestations plutoniques.

figure n° 3



contexte géologique
(d'après OUA, 1968)

QUATERNAIRE

- d formations dunaires
a dépôts continentaux

TERTIAIRE

- M - Pi Mio-Pliocène
Pa Paléogène

SECONDAIRE

- C Carbonifère
D Dévonien
COs - Os Cambro-Ordovicien sup.
Ordovicien sup.

- Co Cambro-Ordovicien indifférencié
COi Cambro-Ordovicien inférieur
sédimentaire
Cambro-Silurien indifférencié

PRECAMBRIEN A

- PA formations sédimentaires
PAm formations méta-secondaires

- (groupe d'YDOUBAN)
Ay granites atectoniques

PRECAMBRIEN C

- PC₂ ectinites d'origines sédimentaires
FCM₂ migmatites
Cy granites atectoniques ou post-tectonique

PRECAMBRIEN D

- PD ectinites
PDch faciès charnockitiques

Les formations secondaires et tertiaires sont à rattacher à deux grandes fosses, une fosse occidentale, qui correspond aux territoires du Mali et de la Mauritanie, et une fosse orientale qui recouvre la région du Niger, reliées entre elles par le détroit soudanais.

Le Crétacé inférieur (Continental intercalaire), le Crétacé supérieur, le Paléogène et le Mio-pliocène sont les représentants de ces périodes sédimentaires.

Le Crétacé inférieur, souvent recouvert de formations dunaires, y occupe une large place. Au Sud de Taoudeni, deux séries ont été distinguées bien que la stratigraphie du Continental Intercalaire reste encore assez mal définie pour ces régions.

Le Crétacé supérieur, surtout cantonné au Niger, est constitué par une succession de formations marines et continentales.

Le Paléogène montre un ensemble de calcaires et de marnes blancs, encadrés par deux séries de schistes papyracés jaunâtres.

Le Mio-pliocène est largement représenté dans notre région par le Continental terminal d'une part, qui s'étire à travers le détroit soudanais de l'Ouest de l'Adrar des Iforas jusqu'au fleuve Niger, et des formations hamadiennes dont l'âge n'a pu clairement être établi.

Outre ces formations précambriennes puissantes, une grande partie de la zone prospectée est recouverte par diverses formations quaternaires qui masquent le substrat.

Apparaissent, dans l'ordre croissant d'âge :

- des alluvions récentes en bordure du Niger ;
- un manteau éolien dunaire épais ;
- des alluvions anciennes ourlant la vallée du Niger au Nord et occupant la ride N-S de la piste Baouno-Gossi (H. RADIER, 1959).

CLIMATOLOGIE

1. Précipitations

Sur l'ensemble du territoire considéré, les précipitations s'étendent sur une courte période, de un à trois mois : mi-juin à mi-septembre pour les zones les plus arrosées (Douentza, Hombori), et mi-juillet à mi-septembre pour les zones les plus sèches (Gao, Araouane, Kidal).

Ce régime de précipitations est lié à la rencontre de deux masses d'air, l'une méditerranéenne, l'autre d'origine tropicale, déterminant le front inter-tropical, ou FIT, dont la remontée vers le Nord déclenche la saison des pluies dans le Gourma et le Touat-Adrar.

Tableau n° 1 : PLUVIOMETRIE

Station	Lat. N	Période	\bar{p}	minimum	maximum	P-p	p/P	σ	coef var. p.100
TESSALIT	20°12	1948-1975	83	18 (1972)	185 (1956)	167	0,10	40,3	49
ARAOUANE	18°54	1926-1946	61	12 (?)	260 (?)	248	0,05	-	-
KIDAL	18°26	1956-1977	141	83 (1969)	203 (1959)	120	0,41	36,7	28
GOURMA-RHAROUS	16°53	1950-1976	169	77 (1972)	306 (1950)	229	0,25	56,1	33
TOMBOUCTOU	16°41	1950-1976	193	100 (1966)	380 (1954)	280	0,26	61,7	29
GAO	16°16	1920-1977	260	128 (1974)	491 (1930)	363	0,26	86,7	33
MENAKA	15°52	1926-1950	225	-	-	-	-	-	-
HOMBORI	15°17	1650-1976	434	300 (1972)	767 (1950)	467	0,39	98,5	23
DOUMENTZA	15°	1950-1976	506	245 (1972)	839 (1950)	594	0,29	103,9	21

Tableau n° 2 :

Station	m	\bar{m}	M	Période
TESSALIT	11.9 (janvier)	28.6	43.1 (juin)	1948-1953
ARAOUANE	8.1 "	28.3	45.7 "	1927-1941
KIDAL	11.5 "	28.5	43.6 "	1926-1941
TOMBOUCTOU	11.4 "	28.5	41.2 "	1941-1970
GAO	14.2 "	29.8	43.2 (mai)	1936-1950
MENAKA	14.8 "	30.3	43.7 "	1936-1950
HOMBORI	16.5 "	29.8	42.1 "	1941-1970

(m) Moyenne des minimums du mois le plus froid,

(\bar{m}) Moyenne approchée annuelle,

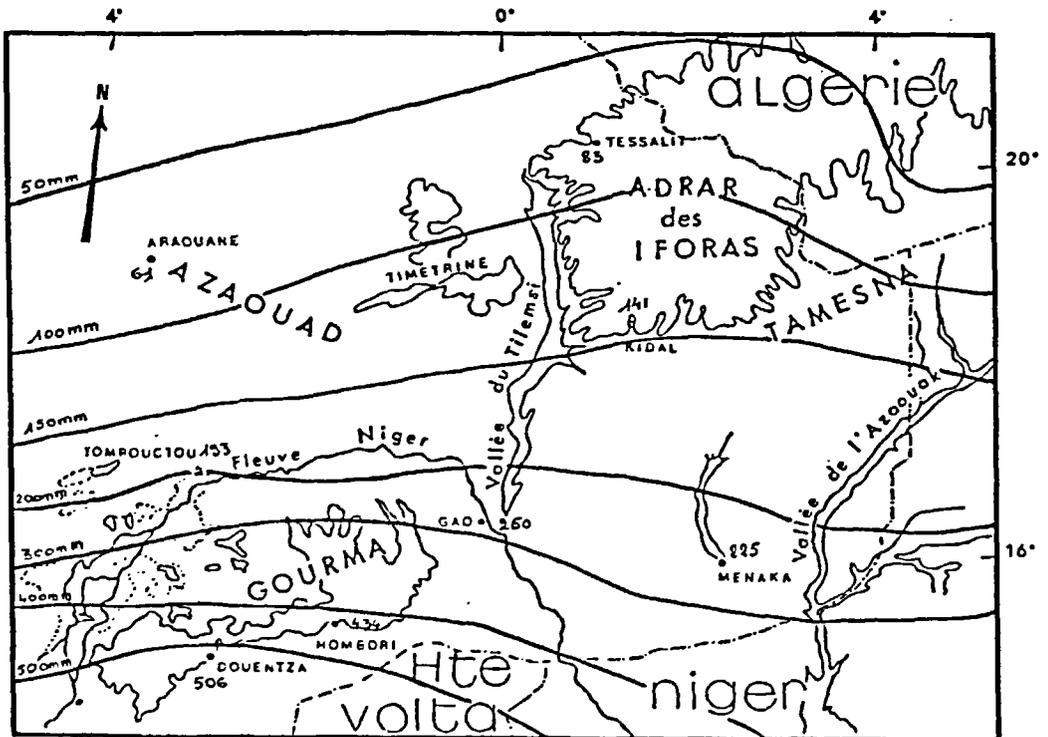
(M) Moyenne des maximums du mois le plus chaud.

Les pluies apparaissent donc régulièrement (contrairement aux zones plus septentrionales) et ceci exclusivement pendant la saison chaude (Tableau n° 1).

Si ces précipitations demeurent partout insuffisantes, surtout si l'on considère la température moyenne toujours élevée, leur augmentation et leur étalement relatif, suivant un gradient Nord-Sud, permet, dans la région du Senomengo, une période de végétation plus longue ; c'est ainsi qu'à Tombouctou ou à Gao, il tombe pendant le seul mois d'août \pm 65 p.100 des précipitations annuelles, tandis que dans les régions de Douentza et de Hombori, ce coefficient s'abaisse pour le même mois aux alentours de 50 p.100.

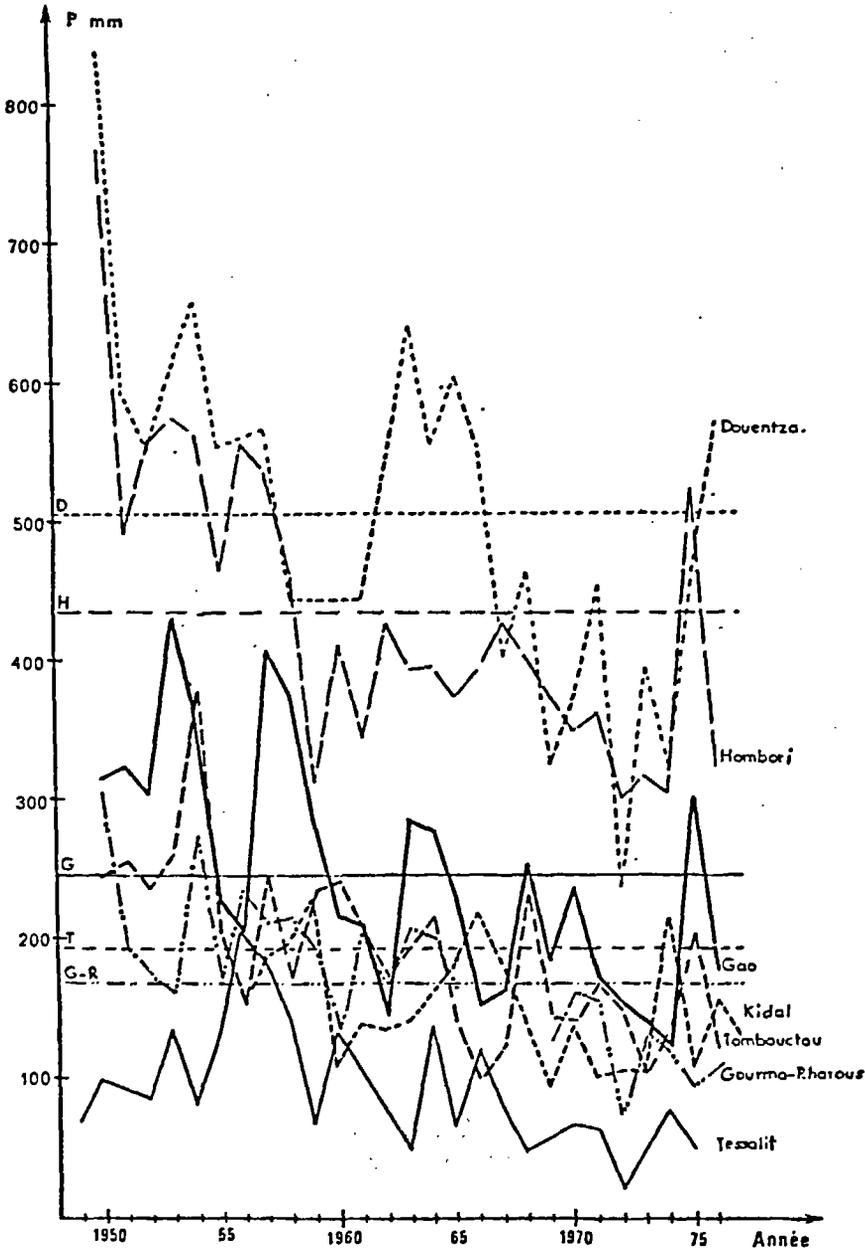
L'importance des précipitations est surtout fonction de la latitude (Tessalit : 83 mm, Douentza : 506 mm) ; il existe néanmoins un gradient altitudinal perceptible au Sud près du Tondo de Hombori, au Nord dans les régions montagneuses de Kidal et de Tessalit (fig. 4).

figure n° 4



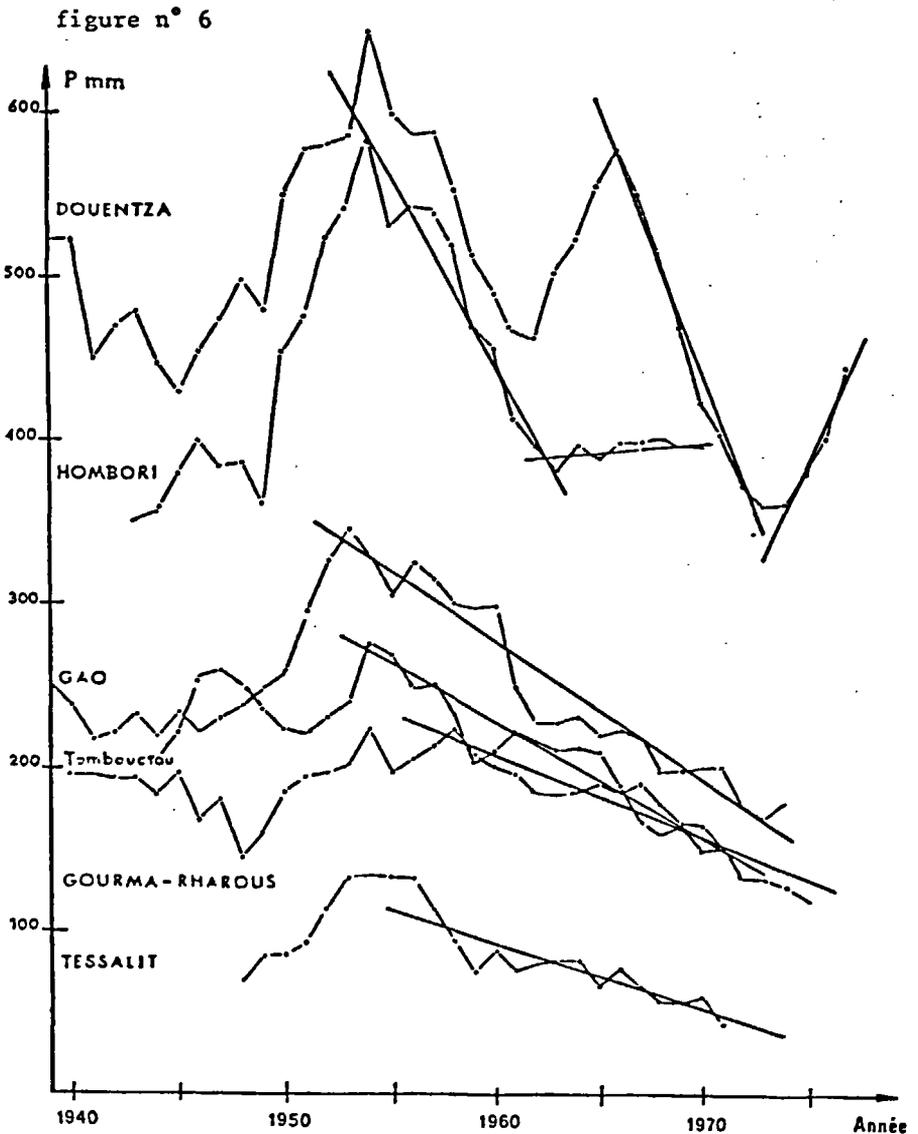
La variabilité inter-annuelle est partout très importante avec un coefficient de variation oscillant entre 21 et 49 p.100 (fig. 5).

figure n° 5



Les courbes de tendance, établies suivant le principe des moyennes quinquennales (fig. 6) montrent clairement une nette diminution de la pluviosité sur l'ensemble de la région, avec un minimum accusé durant la période 1968-1973.

Bien que cette méthode présente des inconvénients, elle rend finalement assez bien compte, non seulement de cette nette péjoration climatique qui semble s'être dessinée aux alentours de 1955, mais également d'une certaine "normalité" du phénomène. En effet, au regard des courbes de tendances, abondances et indigences climatiques paraissent se succéder inexorablement marquant d'une empreinte heureuse ou malheureuse le paysage et les hommes.



Des droites de régression ont été par ailleurs calculées sur les phases descendantes de chacune des courbes ; elles permettent d'évaluer les diminutions pluviométriques annuelles pour les périodes considérées sur l'ensemble des stations.

La régression pluviométrique annuelle varie de 23 mm à 4 mm suivant un gradient latitudinal bien compréhensible ; on peut également remarquer que les coefficients de régression diminuent du Sud au Nord, traduisant, peut être, le caractère aléatoire des précipitations pour les stations à tendance saharienne.

HOMBORI	$y = 609.49 - 23.03 x$	$r^2 = 0.95 - 23.03 \text{ mm/an}$
DOUENTZA	$y = 608.45 - 33.20 x$	$r^2 = 0.98 - 33.20 \text{ mm/an}$
GAO	$y = 342.6 - 8,26 x$	$r^2 = 0.93 - 8.26 \text{ mm/an}$
TOMBOUCTOU	$y = 275.62 - 7,66 x$	$r^2 = 0.93 - 7,66 \text{ mm/an}$
GOURMA-Rh.	$y = 222.54 - 5.23 x$	$r^2 = 0.89 - 5.23 \text{ mm/an}$
TESSALIT	$y = 112.73 - 4.01 x$	$r^2 = 0.78 - 4.01 \text{ mm/an}$

D'autres droites ont été établies pour Hombori et Douentza où une phase de progression pluviométrique peut être mise en évidence :

HOMBORI	$y = 386.79 - 1.56 x$	$r^2 = 1.56 + 0.3 \text{ mm/an}$
DOUENTZA	$y = 328.10 - 27.12 x$	$r^2 = 0.96 + 27.12 \text{ mm/an}$

Alors que l'ensemble des stations montre des courbes de tendances tout à fait analogues, Douentza manifeste un singulier comportement climatique avec un maximum pluviométrique interrompant une phase de sécheresse partout ailleurs ininterrompue.

2. Températures

Au Gourma comme dans l'Adrar, janvier est le mois le plus froid avec un gradient décroissant des minimums du Sud vers le Nord (Hombori : 16.5°C, Araouane : 8.1°C) (Tableau n° 2).

Les moyennes des maximums sont notées en mai pour la zone Sud, en juin pour le zone Nord, et ce avec peu d'amplitude entre les stations les plus extrêmes (Tombouctou : 41.2°C, Araouane : 45.7°C). Cette stabilité se retrouve dans les températures moyennes annuelles approchées.

L'évaporation, minimale en août, présente deux maximums ; le premier, le plus sévère en mai, le second pendant le mois de novembre (G. BOUDET et coll., 1971).

BIOGEOGRAPHIE

L'embarrassante biogéographie des marges tropicales sèches africaines ne peut se suffire, à l'inverse des premiers auteurs, du seul paramètre végétation, reflète candidement d'une pluviosité raisonnablement progressive du Nord vers le Sud avec des isohyètes méridiens. Vision primaire et ancestrale d'une Afrique à étagements verticaux. Ce n'était pas commodité mais logique : à rien ou à l'éphémère, le domaine Saharien, aux savanes arbustives, le domaine Sahélien, aux savanes arborées, le domaine Soudanien, aux forêts claires, le domaine Oubanguien, aux forêts denses, le domaine Centrafricain (J.L. TROCHAIN, 1952).

Ce choix s'explique en partie par la méconnaissance de la flore, mais essentiellement par une absence quasi-totale "d'une documentation floristique suffisante sur les aires et les endémiques, les centres d'origine, les souches et les éléments" (J.L. TROCHAIN, 1952).

Et cela est grave, car ce qui oppose la chorologie du Sahara à la chorologie du Sahel, c'est que la monotonie -relative- du paysage, autrement dit de la végétation, conduit à l'impérieuse nécessité d'apporter une attention tout à fait particulière à la flore, autrement dit aux taxons.

C'est de la proportion relative des divers éléments floristiques, beaucoup plus que l'apparition ou la disparition de vedettes, habituellement utilisées pour limiter géographiquement des pays (*Cornulaca monacantha*, *Cenchrus biflorus*) que devrait reposer la biogéographie.

Inversement, dès que l'on franchit vers le Sud une frontière s'identifiant évidemment au facteur climatique, l'aspect du paysage change rapidement, la diversité de la végétation semble essentielle, des espèces vedettes bien choisies confortant les physionomies : brousse à *Acacia senegal*, brousse à *Acacia raddiana*, brousse claire à *Combretacées*.

Mais est-ce bien suffisant, la définition du territoire phytogéographique devant reposer sur la trilogie : végétation, flore, climat ?

En ce qui concerne la végétation, c'est, dans notre périmètre, l'aspect du tapis herbacé (steppe, savane), la densité des arbres (forêt claire), le type de phanérophyte (steppe arbustive) qui sont généralement requis vis-à-vis du facteur humidité; ces deux éléments, par exemple : *Commiphora africana*, liaison Sud sahélienne-Nord soudanienne, *Piliostigma reticulatum*, soudanienne à irradiation sahélienne.

Ce qui nous amène à constater l'importance, à nouveau, que l'on doit accorder au troisième composant du tryptique, le climat. Il est évident de constater qu'à un certain bioclimat correspond un paysage, encore faut-il bien en voir les raisons.

Essentiellement, nous l'avons déjà dit, dans ce plat pays, le facteur humidité est déterminant, l'apparition d'une saison des pluies, sa durée ensuite - qui n'est pas sans influencer sur l'évapotranspiration - sont déterminants pour la flore.

Cette augmentation de la pluie durant la saison chaude (juillet à septembre) l'absence de gelées (isotherme du mois le plus froid + 15°C), autorisent la pénétration progressive d'un cortège floristique plus mésophile et la disparition du cortège xérophile.

De quelques millimètres par an à 150 mm/an, l'étage érémitique tropical n'est qu'un "mischgebiet" qu'accentue la physiographie ou la diversité édaphique.

De 150 mm à 500 mm/an, l'étage bioclimatique sahélien prend insensiblement le dessus, il s'affirme dans le Gourma où la steppe sahélienne, essentiellement constituée d'éphémérophytes, voisine avec des lambeaux de brousse tigrée, d'affinité soudanienne.

Quant à l'étage bioclimatique soudanien, il balbutie à la frontière Sud du Mali sans encore s'affirmer pleinement, ce qui confirme l'indice xérothermique de GAUSSEN. Ce pays, haut lieu de la culture sèche du Mil, est bien dégradé ; la végétation naturelle n'est plus que souvenir. Quant à la flore, très anthropisée, elle n'est que pâle reflêt de la réalité.

Les premiers voyageurs avaient constaté cette zonation de la végétation parallèle aux méridiens et coïncidant dans l'ancien Soudan à une distribution également parallèle des isohyètes, ce qui avait conduit à cette vision ancestrale d'une distribution étagée allant du plus sec au plus humide.

Il a fallu depuis se détromper, surtout que l'on sait depuis longtemps qu'un élément floristique important est soudano-zambézien, ce qui n'est guère conforme à une stratification rationnelle.

Pour ce qui est de la flore, les choix antérieurs nous satisfont ; depuis les marges méridionales du Sahara, nous rencontrons en effet quelques paysages remarquables que l'on doit rattacher au groupe Tropic-Africain du PALEOTROPIS et aux régions sino-angolane, faiblement représentée, et soudano-angolane (tableau n°3).

Tableau n°3

Empire : P A L E O T R O P I S			
REGION	SOUDANO-ANGOLANE SOUDANO-ANGOLANE (Th. MONOD, 1957) SOUDANO-DECCANIEUNE (A. EIG, 1931) SOUDANO-ZAMBEZIEUNE (J. LEBRUN, 1947)		SINDO-ANGOLANE
Types (Th. MONOD) Sous-Région (J.P. BARRY et coll. 1976)	SOUDANIEUN	SAHELIEUN	SAHARIEUN
DOMAINES	Sénégalo nilotique	Atlantico nilotique	Saharo africain
SECTEURS	Sud Soudanien Nord Soudanien	Sud Sahélien Nord Sahélien	Saharo tropical

Cette disposition propre au Sahel de l'Afrique tropicale sèche est autorisée par une bonne connaissance de la flore qui selon G. ROBERTY (1940) et B.P. HOCHREUTINEUR (1940) présente deux ensembles génétiques différents, l'un sous la dépendance du Sahara, l'autre sous la dépendance du Soudan et de la Guinée avec une flore méridionale beaucoup plus ancienne.

On sait que cette partie de l'Afrique a été profondément bouleversée au cours du Quaternaire par de nombreuses variations climatiques, bien que les éléments saharo-sindiens (= saharo-arabiques) aient beaucoup plus fluctués que les éléments soudano-angolans. Cette frange sahélienne n'est qu'un mélange de ces éléments que la moindre variation bioclimatique voire édaphique favorise ou non.

C'est pourquoi, à certains saharo-sindiens : *Acacia raddiana*, *Farsetia ramosissima*, *Pergularia tomentosa*, *Panicum turgidum*, se mêlent des éléments sahéliens : *Acacia senegal*, *Aristida stipoides*, *Tephrosia obcordata* et soudaniens : *Guiera senegalensis*, *Dalbergia melanoxylon*.

D'autres espèces, non négligeables, relient, grâce à leur amplitude écologique vis-à-vis du facteur humidité, ces éléments : par exemple :

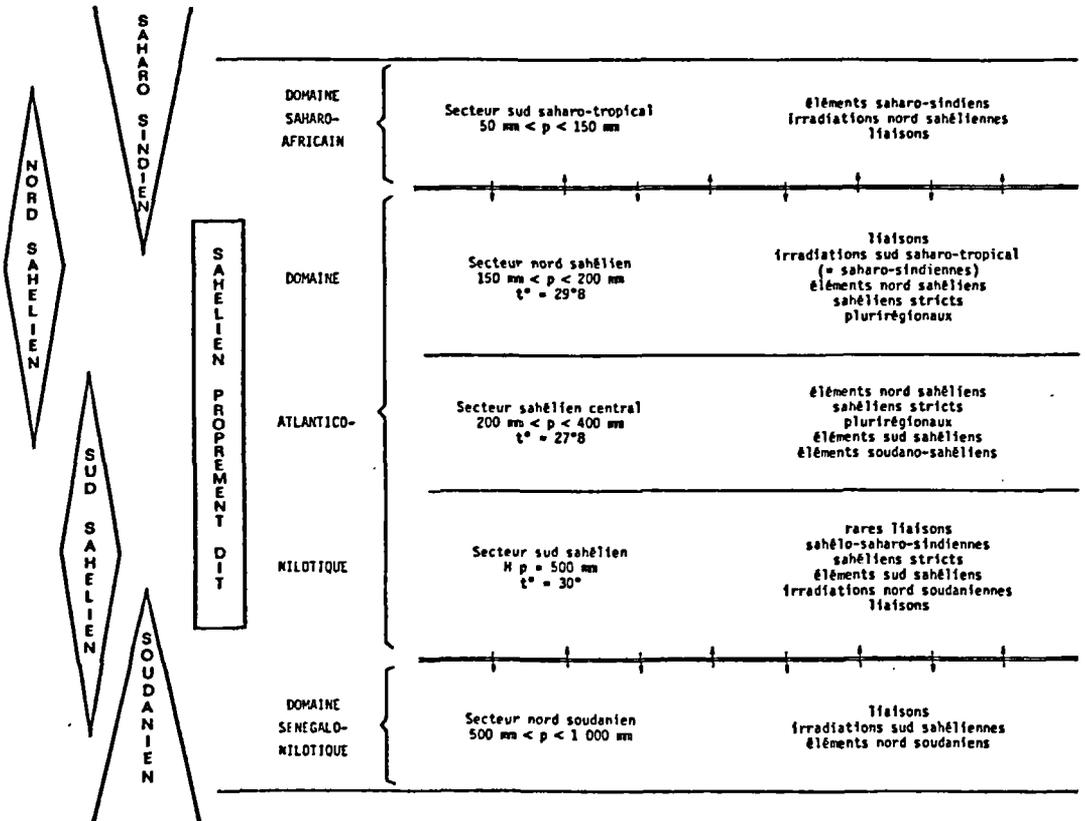
- *Commiphora africana*, liaison Sud sahélienne, Nord soudanienne ;
- *Piliostigma reticulatum*, soudanienne à irradiation sahélienne.

Tout n'étant que proportion relative de ces divers éléments, il est clair que seule, une liste complète des espèces rencontrées aurait, en fait quelque valeur.

Ce n'est qu'une approche bien sommaire, mais reconnaissons que la trilogie nécessaire à l'analyse biogéographique est malaisée. Si la végétation est bien connue, car aisée à symboliser, la flore n'est parfaitement connue qu'en certains lieux, quant aux bioclimats, leurs définitions s'appuient sur un réseau pour le moins lâche.

Il est cependant possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de dresser le tableau récapitulatif n°4 (A. COULIBALY, 1979). L'ADRAR des IFORAS relève du domaine Saharo-africain, secteur Sud Saharo-tropical ; le Gourma se partage en trois secteurs floristiques tandis que le Sénomango amorce le domaine sénégalo-nilotique.

Tableau n°4



LES SOLS

INTRODUCTION

Les sols de la vaste zone d'étude qui s'étend de la frontière de l'Algérie au Nord, à celles de la Haute-Volta et du Niger au Sud et qui comprend les régions de l'Adrar des Iforas et du Tilemsi, de l'Haoussa, du Gourma et du Séno-Mango (cf. fig.2, p. 4) sont sous la dépendance de plusieurs facteurs. Il s'agit du climat actuel, c'est-à-dire de la pluviométrie et des climats anciens du Quaternaire, mais aussi et surtout des matériaux sur lesquels ils se développent. Ces matériaux peuvent être, par commodité, subdivisés en deux grands groupes principaux :

- les sables dunaires fixés constitués, en allant des plus anciens aux plus récents et par analogie avec les formations dunaires des régions voisines, des ergs I, II, III et des sables actuels (BOULET, 1967 ; LEPRUN, 1969 et 1971) ;
- les formations sédimentaires sablo-argileuses et argileuses du "groupe d'Ydouban", de REICHEL (1972) composées de schistes et d'intercalations de grès, de calcaires et de dolomies, et les formations du Continental terminal. Ces formations sont souvent recouvertes par une cuirasse ferrugineuse compacte ou en partie démantelée.

A - LES SOLS DU SECTEUR SUBDESERTIQUE

1. Examen des différents facteurs qui influent sur la pédogénèse

L'Adrar des Iforas et la vallée du Tilemsi sont très peu recouverts par les sables dunaires. La pluviométrie est faible et inférieure à 200 mm par an. Les variations interannuelles des précipitations sont très importantes et croissent en raison inverse du total moyen des pluies. Certaines zones peuvent ne pas recevoir de pluies certaines années. La force des vents et leur fréquence sont élevées. Le réseau hydrographique assez dense, constitué par des portions des tributaires de la région fossile du Tilemsi est largement endoréique mais peut, grâce aux impluviums des amonts montagneux, être affecté d'un écoulement temporaire violent avec décharge de matériaux solides. La végétation est composée de prairies éphémères et de quelques arbustes. Elle ne devient dense que dans le lit des oueds et dans les zones dépressives et les cuvettes.

2. Conséquences de ces facteurs sur les sols

Ces conditions climatiques sévères déterminent une pédogénèse très faible, exceptée dans les zones dépressives où l'eau se concentre. Les sols sont peu épais et peu humifères. Les interfluves assez longs et très peu pentés sont recouverts par des sols squelettiques où l'absence de végétal et la présence de blocs rocheux constituent un paysage minéral. Si l'action forte et régulière du vent n'édifie pas de formations éoliennes puissantes faute de matériel sableux suffisant, il exerce une ablation importante accompagnée d'un vannage. Cette déflation entraîne les matériaux fins qui, repris par l'eau, peuvent s'accumuler dans les parties basses mieux protégées, et laisse en surface un résidu grossier de graviers et cailloux. Ce sont les regs. Il en résulte une ablation des horizons supérieurs des sols des zones hautes et un dépôt stratifié dans les zones basses. Ce dépôt recouvre et "fossilise" les sols épais de ces zones déprimées. En fait, ces sols ne sont pas fossiles car ils supportent une végétation herbacée assez dense dont les racines colonisent les horizons argileux profonds humides. Cette végétation constitue les seuls pâturages valables de ces zones dans lesquelles l'élevage nomadisant est la seule activité possible puisque la culture traditionnelle sans irrigation n'est pas envisageable.

3. Morphologie et principaux caractères physico-chimiques des sols (cf. tabl. 5)

Profil IFO 1

Situation : toposéquence IFO I dans l'Adrar des Iforas entre Kidal et Bouressa (19°08'30"N - 01°53'E). Surface plane à plages nues grossières alternant avec des plages à *Aristida mutabilis* et *Schouwia thebaica*.

0-12 cm : jaune grisé (10 YR 7/5). Lits sableux fins à joints millimétriques limono-argileux et humifères. Sables quartzueux fins et feldspaths grossiers. Structure lamellaire à cohésion très faible. Enracinement graminéen fin peu important. Limite tranchée, plane.

12-23 cm : beige pâle (10 YR 7/6). Même texture mais les sables grossiers sont plus abondants. Mêmes structure et cohésion. Enracinement fin faible. Limite linéaire brutale.

23-60 cm : brun-jaune (8,75 YR 6/6). Sablo-argileux à nombreux minéraux altérables. Structure polyédrique fine moyennement développée. Cohésion moyenne. Frais. Porosité plus faible. Enracinement très bien développé. Les racines de *Schouwia thebaica*, qui traversent les deux horizons supérieurs en zigzaguant, étalent leurs racines adventives dans ce dernier horizon plus argileux et plus frais.

Commentaire : il n'y a pas d'horizons proprement dits individualisés à partir d'un même matériau, mais des stratifications de plusieurs lits de texture et de caractéristiques physico-chimiques différentes (Tabl.5). On a l'exemple typique d'un sol peu évolué et très peu différencié sur matériau d'apport.

Profil TIL 5

Situation : toposéquence TIL I, vallée du Tilemsi, 17 km avant Tabankort. Sommet d'une petite dune située en bordure d'une grande zone déprimée. Végétation herbacée lâche à *Aristida mutabilis*, *Tribulus terrestris* et *Boerhavia repens*.

0-10 cm : brun pâle (8,75 YR 7/6). Mince lits de sables fins à stratifications entrecroisées. Structure lamellaire à particulaire. Cohésion très faible. Enracinement nul. Limite linéaire brutale.

10-56 cm : mêmes couleur et texture, mais la stratification s'estompe, la structure devient massive et la cohésion est un peu plus forte. Limite linéaire brutale.

56-92 cm : jaune grisé. Stratification fine alternativement limono-argileuse humifère et sableuse. Texture d'ensemble sablo-argileuse. Structure lamellaire. Cohésion un peu plus forte. Enracinement fin assez bien développé. Limite tranchée linéaire.

92-120 cm : horizon humifère brun noir (10 YR 4,5/3). Sableux faiblement argileux. Structure nuciforme à polyédrique 1 à 2 cm assez bien développée. Cohésion plus forte.

Commentaire : la pédogénèse, très faible, n'oblitére pas la stratification éolienne des matériaux des trois premiers horizons. Cette superposition de trois matériaux différents se retrouve bien dans les analyses (tabl.5). Ainsi la brutale remontée des taux d'argile, de carbone et du complexe absorbant dans le troisième horizon. Les trois horizons supérieurs constituent un sol très peu évolué sur matériau d'apport qui recouvre et "fossilise" un sol plus évolué du type sol brun subaride riche en cations échangeables dont l'horizon humifère apparaît entre 92 et 120 cm.

Profil TIL 3

Situation : même toposéquence que la fosse précédente, mais ici le profil est situé dans la zone déprimée. Végétation uniquement herbacée comprenant *Aristida hordeacea*, *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis*.

0-11 cm : brun gris (10 YR 5/3). Sablo-argileux. Structure nuciforme 0,5 à 1 cm, très bien développée. Grandes fentes verticales de 2 à 3 cm de large. Cohésion faible à moyenne. Porosité fine assez bien développée. Enracinement fin et activité biotique assez denses. Transition distincte sur 5 cm.

11-32 cm : brun sombre (10 YR 4,5/3). Même texture. Structure cubique 2-3 cm bien développée en assemblage prismatique large 10-20 cm. Cohésion des mottes forte. Enracinement fin dans les fentes. Transition diffuse sur 10 cm.

32-75 cm : brun (10 YR 4/3). Très homogène. Argilo-limoneux. Structure prismatique large 10-15 cm à faces obliques lissées. Cohésion forte à très forte. Porosité fine nulle. Enracinement moins abondant.

Commentaire : ici encore, nous avons affaire à deux sols superposés.

Le premier de 0 à 32 cm est un sol brun subaride bien structuré, le second, dessous, est un vertisol topolithomorphe. Les deux sols se sont formés à partir des alluvions sablo-argileuses et argileuses fossiles du Tilemsi, riches en cations échangeables.

4. Conclusion sur les sols du secteur subdésertique

C'est le domaine des sols superposés. Sur les interfluves les sols sont du type très peu évolué caractérisés par un horizon supérieur très mobile, un taux de matière organique peu abondant, et une succession de couches qui sont plus des matériaux différents que des horizons différenciés. Dans les dépressions où se rassemblent les eaux, les sols sont profonds, plus lourds, plus riches et sont du type brun subaride ou vertique.

B - LES SOLS DU SECTEUR SAHELIEU

1. Examen des différents facteurs qui influent sur la pédogénèse

La zone considérée est celle de la région du Gourma, limitée au Nord par la boucle du Niger et de manière approximative au Sud par la piste Douentza-Gao. Contrairement au secteur précédent, et bien qu'elle soit située en position plus méridionale, cette zone sahélienne est caractérisée par un ensablement dunaire très important. Trois ensembles sableux éoliens peuvent être distingués malgré leur enchevêtrement fréquent : des cordons élevés à relief très penté (erg III), des dunes rondes à convexité moyenne (erg II) et des ondulations très aplanies (erg I).

Le climat peut être défini par une pluviométrie annuelle variant de 200 à 450 mm, un nombre de jours de pluie voisin de 30, des variations interannuelles importantes et une très forte évaporation (3 000 mm/an). La force et la fréquence des vents sont toujours importantes, et leur régime, orienté du N-E vers le S-O durant la saison sèche, s'inverse durant "l'hivernage". L'endoréisme est presque total, et les portions d'oueds qui subsistent sont très ensablées. Cet endoréisme se traduit par la permanence de deux grandes mares, celle de Gossi et de Doro. Les formations végétales sont les savanes arborées ou arbustives lâches et continues sur sables et les "brousses tigrées" contractées et réticulées sur les substrats limoneux et argileux. Les espèces herbacées annuelles dominant largement les espèces pérennes.

Tableau 5 - Analyses de sols du secteur subdésertique

Echantillon	IFO 1				TIL 5				TIL 3		
	11	12	13	14	51	52	53	54	31	32	33
Profondeur cm	0 - 12	12 - 23	23 - 30	30 - 60	0 - 10	10 - 56	56 - 92	92 - 120	0 - 11	11 - 32	32 - 75
Horizons											
Granulométrie %											
Refus	-	-	10,0	19,0	-	6,0	-	-	10,0	-	-
Argile	4,6	2,5	8,3	4,4	7,5	6,0	20,8	15,9	13,4	14,1	59,8
Limon fin	2,1	1,0	5,0	1,6	1,8	1,4	7,6	4,4	2,5	3,0	22,5
Limon grossier	4,9	2,5	4,8	1,1	0,9	1,0	2,4	0,9	1,9	1,5	1,9
Sable fin	57,1	45,1	44,9	26,8	58,4	56,7	26,1	26,6	27,7	33,8	2,2
Sable grossier	29,8	47,5	33,7	63,2	28,7	30,5	40,9	47,8	51,0	43,3	3,2
pH eau	8,6	8,3	9,0	8,9	8,7	9,1	8,7	8,3	8,7	8,9	8,0
Matière organique											
Carbone %/..	0,88	1,84	0,64	0,42	0,52	0,88	1,20	1,64	0,92	0,92	2,60
Azote %/..	0,21	0,27	0,17	0,13	0,03	0,12	0,03	0,10	0,13	0,24	0,15
M.O. %	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4
C/N	4,2	6,8	3,8	3,2	17,3	7,3	29,3	12,0	18,4	7,1	10,8
Complexe absorbant											
Ca mē/100 g	4,62	3,37	7,13	3,75	5,12	25,0	4,5	9,5	10,0	10,75	27,50
Mg mē/100 g	0,54	0,46	0,59	0,26	0,61	3,21	0,46	1,74	1,31	7,96	0,76
K mē/100 g	0,23	0,37	0,34	0,15	0,22	0,08	0,29	0,34	0,14	1,04	0,31
Na mē/100 g	0,01	0,02	0,04	0,01	0,23	0,01	0,04	0,11	0,02	1,31	0,01
S mē/100 g	5,40	4,22	8,10	4,17	28,52	5,26	11,62	22,98	12,22	37,81	7,83
T mē/100 g	6,67	5,32	5,95	1,70	21,91	5,18	11,59	22,10	18,36	35,60	11,20
V %	81	79	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	Sat.	66	Sat.

Tableau 6 - Analyses de sols du secteur sahélien

Echantillon	GOS 42				GOS 3				ADI 2			
	421	422	423	424	31	32	33	34	21	22	23	24
Profondeur cm	0 - 33	33 - 69	69 - 110	110 - 200	0 - 8	8 - 35	35 - 83	83 - 160	0 - 16	16 - 50	50 - 102	102 - 160
Horizons	A	A(B)	B(C)	C	A11	A12	(B)	C				
Granulométrie %												
Refus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Argile	1,6	3,3	1,9	1,8	3,5	3,3	3,2	2,4	5,6	3,8	3,4	1,8
Limon fin	1,9	1,7	1,9	0,3	3,3	2,1	1,3	1,2	1,8	1,7	1,7	1,5
Limon grossier	0,4	0,2	0,2	0,1	2,0	0,6	0,3	0,3	0,1	2	0,1	0,2
Sable fin	54,0	46,2	46,3	27,1	32,4	32,3	29,8	40,1	36,9	41,6	41,8	35,2
Sable grossier	41,8	47,5	49,7	70,9	56,9	59,8	64,6	55,6	54,4	51,1	51,7	59,7
pH eau	6,75	7,3	6,75	7,3	6,3	6,5	7,2	6,85	7,75	8	7,95	7,95
Matière organique												
Carbone %/..	1,73	0,53	-	-	4,0	1,04	1,04	0,25	0,45	0,33	-	-
Azote %/..	0,15	0,1	-	-	0,46	0,16	0,11	0,14	0,15	0,11	-	-
M.O. %	0,1	0,1	-	-	0,7	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-
C/N	4,9	5,3	-	-	8,7	6,5	9,5	1,8	3,0	3,0	-	-
Complexe absorbant												
Ca mē/100 g	1,28	1,34	0,96	0,68	2,16	1,49	1,18	0,63	2,04	1,90	1,57	1,50
Mg mē/100 g	0,23	0,38	0,30	0,27	0,22	0,34	0,46	0,48	0,10	0,08	ε	0,07
K mē/100 g	0,08	0,03	0,01	0,02	0,15	0,04	0,05	0,03	0,15	0,03	0,02	0,03
Na mē/100 g	ε	0,01	ε	0,01	0,05	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	ε
S mē/100 g	1,59	0,99	1,31	1,55	2,66	1,89	1,72	1,17	2,30	2,02	1,60	1,60
T mē/100 g	1,24	0,99	1,31	1,55	3,67	1,62	1,22	1,41	3,74	2,75	2,20	3,02
V %	Sat.	Sat.	96	63	72	Sat.	Sat.	82	61	73	72	52

2. Conséquences de ces facteurs sur les sols

Les conditions climatiques plus favorables, malgré le caractère encore aléatoire de la pluviométrie, permettent à la pédogénèse d'être plus active et de développer des sols plus profonds, mieux individualisés, à horizons supérieurs plus humifères, mieux structurés, moins vulnérables et donc moins mobiles. L'association des actions éoliennes et hydriques permet cependant l'installation de formes d'érosions caractéristiques : "coup de cuiller" et dépôts sableux sur les sables éoliens, érosion en nappe et colmatage des substrats peu sableux des "brousses tigrées". L'altération, l'endoréisme et la forte évaporation permettent la formation des terres de cures salées. Les cultures pluviales n'apparaissent que sur la marge sud du secteur, tout le reste de la zone n'est intéressée que par des activités de pastoralisme plus ou moins fixé et de cueillette.

3. Morphologie et principaux caractères physico-chimiques des sols (cf. tabl. 6)

a) Les sols sur sables

Profil Gos 42

Situation : toposéquence Gos IV sur une haute dune de l'erg III.
Profil situé en tiers supérieur de pente. Quelques touffes de *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis* et *Aristida funiculata*.

0-33 cm : jaune (7,5 YR 6/5). Très sableux. Structure lamellaire fine très perturbée par l'activité faunique. Débit nuciforme. Cohésion faible à très faible.

33-69 cm : beige jaune (5 YR 6,5/8) grisé. Structure massive à débit très facile. Cohésion faible. Traces d'anciennes racines. Enracinement fin encore bien développé.

69-110 cm : jaune-brunâtre (6,75 YR 6/8). Structure massive à débit plan. Très sableux. Un peu moins cohésif. Enracinement fin moyennement développé.

110-200 cm : jaune (7,5 YR 6/8). Très sableux. Structure particulière, sans aucune cohésion, frais. Très peu de fines racines.

Commentaire : l'horizon de surface lamellaire, très peu humifère, jaune, est un apport sableux éolien récent. Les horizons du dessous, peu cohésifs, à très faible différenciation morphologique et analytique, bien exploités par les racines, déterminent un sol peu évolué à faciès brun-rouge subaride. Ces sols sont caractéristiques des cordons d'ergs III les plus récents.

Profil Gos 3

Situation : profil situé en tiers supérieur de pente d'une dune à relief moyennement accentué de l'erg II. Plage nue au pied d'un *Acacia senegal*.

0-8 cm : gris pâle rosé (7,5 YR 5/4). Très sableux. Lamellaire fin, structure nuciforme moyennement développée. Cohésion d'ensemble faible. Enracinement faible.

8-35 cm : brun rosé (5 YR 5,5/6). Même texture. Structure massive à débit mamelonné. Cohésion plus forte. Nombreuses racines fines et quelques racines moyennes.

35-83 cm : rose brun (6,75 YR 6/8). Même texture, même structure à débit plus facile. Un peu moins cohésif. Très homogène. Enracinement faible.

83-160 cm : sables déliés roses, sans argiles ou très peu (5 YR/6/4). Structure à tendance particulière, très peu cohésif. Sans racines.

Commentaire : ce sol, plus évolué que le précédent, est un sol brun-rouge subaride modal. Il est caractérisé par l'épaisseur de l'horizon A ($A_{11} + A_{12}$ de 0-35 cm), sa structure de surface, la décroissance très lente du taux de matière organique en profondeur, les faibles variations des taux d'argile et de cations échangeables. Ce sol représente la tendance climacique de la région.

Profil ADI 2

Situation : profil situé à mi-pente d'une dune basse et courte de l'erg I entre Doro et Gao (10°10'30"N - 0°35'30"W). Tapis clairsemé à *Heliotropium strigosum*, *Aristida mutabilis* et *Panicum turgidum* et plages durcies nues.

0-16 cm : brun-rouge (5 YR 5,5/8). Très sableux. Structure massive à débit prismatique 15-20 cm. Cohésion moyenne. Enracinement fin très faible, localisé dans les fentes.

16-50 cm : brun-rouge tendant vers le jaune. Homogène. Structure massive à cohésion plus faible. Enracinement fin faible. Restes d'anciennes racines.

50-102 cm : jaune beige (6,75 YR 6/8). Homogène. Sableux. Structure massive peu cohésive. Remontées biotiques jaune safran du bas. Transition progressive.

102-160 cm : jaune safran (10 YR 6/8). Plus sableux grossier. Cohésion moyenne augmentant vers le bas par cimentation des grains par des hydroxydes de fer rouille. Aucune racine.

160-180 cm : les plages rouilles (5 YR 4,5/6) cimentées par les hydroxydes augmentent, la cohésion devient moyenne à forte. Entre elles persistent des plages de sable jaune particulière.

Commentaire : ces sols, les plus évolués de tous les sols sur sables de cette région peuvent être classés comme intergrades (intermédiaires) entre les sols subarides précédents et les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés du secteur sud-sahélien.

Le profil décrit a des caractères des sols ferrugineux : faible épaisseur, structure à tendance prismatique et cohésion de l'horizon A₁, cohésion de l'horizon (B), complexe absorbant désaturé ; et certains caractères des sols bruns : homogénéité du haut du profil, différenciation en horizons peu accentuée ...

On peut donc remarquer que l'évolution des sols sur sables est sous la dépendance étroite du substrat. Plus le substrat sableux est ancien, plus le sol est évolué.

b) *Les sols des formations de "brousse tigrée" (fig.8, 9 et 10 p. 44,46,50).*

Deux types de sols peuvent être distingués :

- les sols des microdunes sableuses dont la mise en place est récente et actuelle et qui s'apparentent aux sols très peu évolués du secteur précédent (cf. TIL 5 p.21).
- les sols argilo-limoneux des parties déprimées qui sont peu différents des sols bruns subarides et hydromorphes et des solonetz du secteur suivant (NDA I chap. sur les relations sol-végétation (p.30, 46 et tab.n°7).

c) *Les sols des cures salées*

Les terres de cures salées sont très prisées par le bétail de la région du Gourma et la transhumance annuelle vers ces cures est traditionnelle. Des travaux (LEPRUN, 1976, 1978) permettent d'avancer que ces cures se situent toutes en des points hauts du modelé, sous des niveaux cuirassés démantelés des schistes à intercalations dolomitiques. Le processus de cuirassement, qui est ancien, n'a pu éliminer totalement les alcalins et alcalino-terreux (Ca, Mg, K, Na ...) des intercalations dolomitiques. Il s'ensuit, sous le climat subaride actuel, et à l'aide de l'évaporation intense, une remontée des cations en surface et leur précipitation sous forme de sels. La composition minéralogique de ces sols comprend la kaolinite, le gypse, la calcite, très peu ou pas de sels de sodium, et une assez forte proportion d'oligo-éléments métalliques Fe, Cu, Co, Zn ... l'apport en ces derniers éléments par la cure serait la cause principale de ses bienfaits sur le bétail en particulier par la levée des carences.

Tableau 7 - Analyses de sols du secteur sud-sahélien

Echantillon	NDA 1			NDA 3			TEN 1		TEN 3	SEN 7				
	11	12	13	31	32	33	11	12	31	71	72	73	74	
Profondeur cm	0- 8	8- 21	21- 75	0- 18	18- 40	40- 90	0- 25	25- 55	0- 5	0- 15	15- 30	30- 90	90- 160	
Horizons	A(B)	(B)	B(C)	A(B)	(B)21	(B)22				A11	A12	B	B(C)	
Granulométrie Z														
Refus	19	45	80	-	-	-	-	38,5	27,7	-	-	-	-	
Argile	23,3	17,3	3,5	12,4	25,3	29,0	24,3	20,1	6,1	2,5	4,6	9,5	4,5	
Limon fin	23,9	43,4	6,3	17,1	22,5	29,5	17,3	9,3	6,8	1,0	1,3	1,5	0,9	
Limon grossier	3,3	4,2	2,5	4,2	5,5	4,5	12,7	7,3	4,2	1,9	1,5	1,7	1,2	
Sable fin	26,6	23,6	47,1	31,3	24,6	18,7	29,9	36,4	40,7	57,2	50,3	45,3	55,1	
Sable grossier	18,8	8,7	39,7	32,5	18,4	14,1	12,5	27,9	36,7	36,9	41,6	42,5	38,5	
pH eau	7,6	7,3	7,0	6,5	6,9	8,5	5,5	7,2	6,7	5,9	5,8	5,1	5,3	
Matière organique														
Carbone %/..	16,54	2,80	0,90	4,08	2,56	1,92	28,0	5,6	9,0	2,05	1,20	0,62	0,40	
Azote %/..	1,88	0,47	0,15	0,56	0,38	0,39	1,7	0,4	0,7	0,20	0,15	0,12	0,08	
M.O. Z	2,9	0,5	0,2	0,7	0,4	0,3	4,8	1,0	1,6	0,3	0,2	0,1	-	
C/N	8,8	6,0	6,0	7,3	6,7	4,9	15,8	15,6	13,0	10,2	8,0	5,2	5,0	
Complexe absorbant														
Ca	mé/100 g	11,56	3,42	1,03	2,00	5,16	17,50	4,0	3,75	1,63	1,35	0,70	1,45	0,65
Mg	mé/100 g	0,40									0,54	0,45	0,54	0,40
K	mé/100 g	0,12									0,11	0,6	0,12	0,10
Na	mé/100 g	2,85									0,01	0,06	0,02	0,02
S	mé/100 g	14,93	5,44	1,50	3,73	7,21	19,80	5,01	5,29	3,01	2,01	1,22	2,22	1,17
T	mé/100 g	16,50	8,12	5,17	6,66	12,02	20,62	13,54	13,22	6,14	1,15	1,20	2,67	1,34
V	Z	90	67	29	50	60	Sat.	37,7	40	49,3	Sat.	Sat.	83	87

C. LES SOLS DU SECTEUR SUD-SAHELIEN

1. Examen des différents facteurs qui influent sur la pédogénèse

Ce secteur concerne la région du Séno-Mango et une zone située entre une ligne Hombori - In Tillit et la frontière de Haute-Volta. Les ensablements dunaires sont puissants (ergs I et II) mais entre eux subsistent de grandes étendues où les formations sédimentaires altérées sont affleurantes et souvent cuirassées. Les pluies sont plus abondantes et relativement plus régulières que celles des secteurs précédents. Le réseau hydrographique est bien hiérarchisé et exoréique, excepté en quelques situations interdunaires. L'action du vent décroît, mais en revanche, celle de l'eau croît. Les formations arborées et arbustives augmentent en densité et en hauteur. Les espèces soudaniennes sont fréquentes et les graminées vivaces (*Andropogon gayanus* ...) sont plus nombreuses. C'est le domaine des grandes étendues de savane et de "brousse tigrée".

2. Conséquences de ces facteurs sur les sols

La pluviométrie plus abondante détermine une pédogénèse plus intense, c'est-à-dire des sols plus épais à horizons plus nombreux et mieux différenciés, un horizon A₁ plus stable, mais aussi une érosion hydrique plus marquée. Les cultures deviennent possibles non seulement dans les interdunes mais aussi sur les versants. Le pastoralisme sédentaire provoque une érosion du sommet des dunes. Les teneurs en argile et en matière organique, la cohésion des sols et leur richesse chimique augmentent. En liaison avec ces facteurs, on assiste à une prolifération de la vie animale (termites, rongeurs, oiseaux ...).

3. Morphologie et principaux caractères physico-chimiques des sols (cf. tableau analytique 7).

a) Les sols sur sables dunaires

Profil SEN 7

Situation : profil situé au tiers supérieur de dune très aplanie à l'erg I du Séno-Mango (14°20'N - 2°57'W). Tapis graminéen à *Cenchrus biflorus* dominant moyennement dense. Quelques arbres (*Combretum glutinosum* et *Commiphora africana*).

0-15 cm : beige grisé (8,75 YR 6/6). Sableux fin homogène. Structure massive à débit peu mamelonné. Cohésion moyenne. Porosité tubulaire fine moyenne. Transition sur 5 cm.

15-30 cm : beige plus clair (7,5 YR 5,5/6). Même texture. Structure massive à débit mamelonné peu aisé. Cohésion un peu plus forte. Porosité bien développée. Enracinement fin assez dense. Transition graduelle sur 10 cm, plane.

30-90 cm : rouge (5 YR 5,5/6), quelques taches jaunes en profondeur. Sableux plus argileux. Structure massive à débit mamelonné malaisé. Cohésion un peu plus forte. Quelques plages argileuses durcies. Porosité un peu plus faible. Enracinement assez bien développé. Frais. Transition sur 10 cm.

90-160 cm : jaune-rouge (5 YR 6/8). Sableux. Structure massive à débit plan, très aisé. Cohésion faible. Porosité fine interstitielle bien développée. Rares racines moyennes.

Commentaire : la faible épaisseur de l'horizon de surface, sa structure massive, la cohésion moyenne de l'ensemble du sol, compte tenu du taux d'argile peu élevé, la présence d'un horizon intermédiaire décoloré, la légère accumulation d'argile en (B) (30-90 cm) au sein de plages durcies, font entrer ce sol parmi les ferrugineux tropicaux peu lessivés à drainage interne limité.

b) Les sols des formations de "brousse tigrée"

Profil NDA 3

Situation : toposéquence NDA (fig.9 p.46). profil situé sur la microdune sableuse. Végétation herbacée assez dense (cf. chapitre relations sol-végétation).

0-4 cm : beige jaune (7,5 YR 6/4), argilo-sableux et gravillonnaire. Lamellaire. Cohésion faible. Enracinement nul.

4-18 cm : beige clair (7,5 YR 6/5). Sablo-limoneux à sablo-argileux. Gravillons ferrugineux épars. Structure massive à nette tendance polyédrique 2-3 cm mal développée. Cohésion très faible. Activité biologique ancienne visible. Enracinement nul. Limite tranchée.

18-40 cm : brun-jaune (7,5 YR 5,5/5). Plus argilo-limoneux. Structure polyédrique 1-2 cm assez bien développée. Cohésion moyenne. Vieilles racines et nids termitiques anciens.

40-90 cm : brun (10 YR 6/4). Argilo-sableux. Structure polyédrique fine bien développée à mi-structure prismatique lâche. Cohésion des mottes forte. Pseudomycelium calcaire biologique. Quelques fines racines et présence de termites.

Au-delà de 90 cm : cuirasse ferrugineuse peu démantelée.

Commentaire : il s'agit d'un sol brun subaride modal. La frange de 0 à 18 cm qui comprend un encroûtement lamellaire (0-4 cm) et un horizon sableux (4-18 cm) est constitué à partir d'un apport sableux éolien récent, en discontinuité, sur un sol tronqué bien structuré et beaucoup plus riche chimiquement, dont les anciennes traces biologiques persistent.

Profil NDA 1

Situation : même toposéquence que le sol précédent, mais situé au centre de la dépression (fig.2, p.46). Formation arbustive haute et graminéenne dense. Grandes termitières.

0-8 cm : pellicule limoneuse blanche dessus puis limono-argileuse brun-clair (10 YR 6/3) dessous. Structure prismatique en colonnettes, assez bien développée. Les prismes sont recouverts d'un cortex bulleux fragile. Cohésion forte à excessive. Enracinement fin moyen.

8-21 cm : brun (10 YR 5/3). Même structure, plus limoneuse. Structure cubique fine bien développée. Cohésion plus faible. Porosité bien développée. Vers la base présence de débris de cuirasse démantelée. Enracinement fin et moyen bien développé.

21-75 cm : brun beige (8,75 YR 5/4). Gravillonnaire à 80 p.100. La roche sous-jacente est un schiste gréseux. La terre fine est sableuse faiblement argileuse. Structure polyédrique fine. Cohésion moyenne. Excellente porosité. Enracinement et activité biologique bien développés.

Commentaire : ce sol est un sol brun subaride solonetzique développé sur un matériau de recouvrement issu en partie des schistes cuirassés. Le faciès solonetzique est déterminé par les colonnettes, le cortex bulleux la cohésion très forte et le taux de sodium assez élevé (Na = 17 p.100 de T) de l'horizon de surface. L'horizon humifère, très mince, manque fréquemment. La forte teneur en éléments fins favorise le développement des structures et des cohésions.

CONCLUSION

Sur substrat sableux la pédogénèse et les types de sols du Mali oriental varient suivant la latitude, c'est-à-dire suivant le gradient pluviométrique.

On peut approximativement considérer :

- le secteur subdésertique comme celui des sols minéraux peu évolués peu différenciés, peu épais et peu humifères, dont les horizons sont en fait des tranches de matériaux d'ablation et de dépôts successifs ;
- le secteur sahélien, comme celui des sols brun-rouge subarides d'épaisseur moyenne, à caractère iso-humique, dont le transit de l'horizon supérieur est fréquent ;
- le secteur sud-sahélien, comme celui des sols ferrugineux peu lessivés plus épais, plus colorés, plus argileux et cohésifs, bien différenciés, sur lesquels l'érosion éolienne est faible mais où l'érosion hydrique peut être importante.

Sur les substrats argilo-limoneux sédimentaires les sols des deux derniers secteurs sont très proches. Ce sont des sols bruns subarides structurés hydromorphes ou solonetziques, mais plus l'on descend vers le Sud, c'est-à-dire plus l'érosion hydrique s'accélère et plus les surfaces nues gravillonnaires ou cuirassées augmentent.

LA VEGETATION

SECTEUR SUBDESERTIQUE

L'un des traits dominant de la zone saharo-sahélienne environnant l'Adrar des Iforas, des dunes d'Araouane aux contreforts de l'Air, se situe dans une succession de paysages forts différents aux extrêmes mais pourtant intimement liés, qui font que la transition du saharien au soudanien s'effectue pas à pas, sans heurts véritables. L'acquisition d'une végétation de plus en plus arborée, de flores différentes s'obtient sans surprise, annoncée de paysages en paysages jamais vraiment tranchés, mais pourtant annonciateur des stades ultérieurs.

A la dépendance climatique évidente, s'ajoute le fait géomorphologique qui assure finalement à lui seul ce glissement subtil du désertique au sahélien.

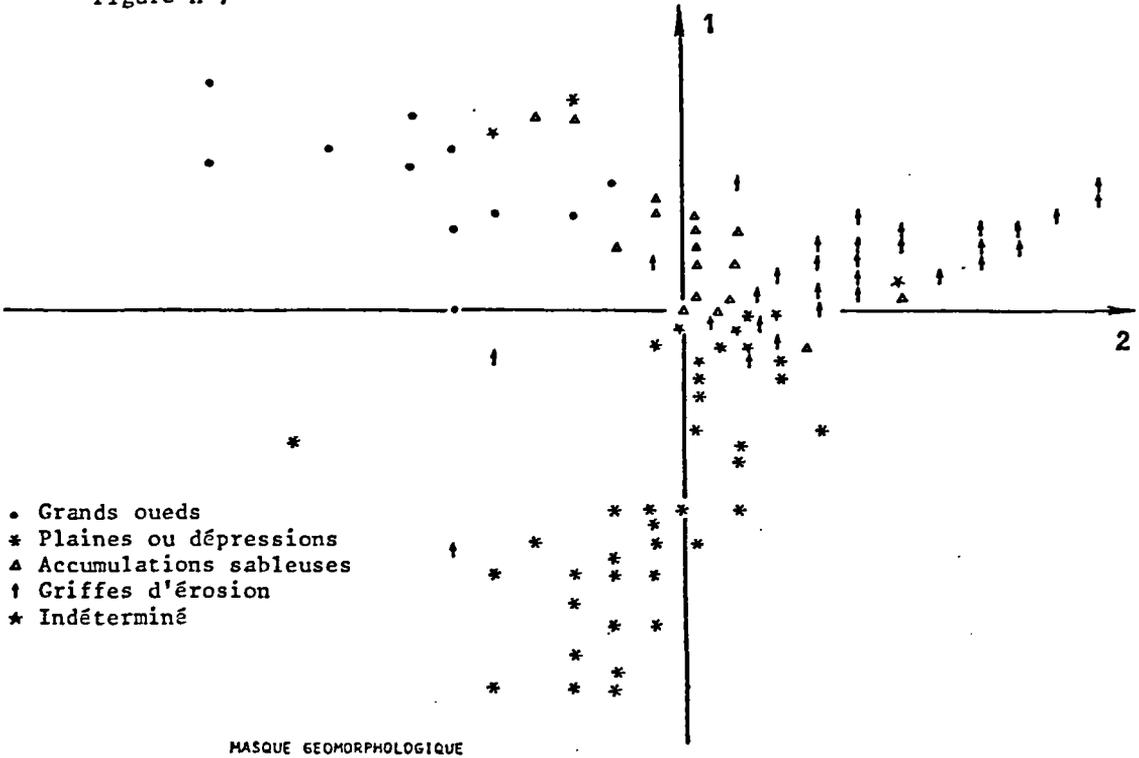
C'est du modelé que dépend l'apparition, le maintien ou la prédominance d'une flore par rapport à une autre. C'est au modelé que les paysages végétaux doivent leur appartenance, parfois simplement physionomique, artificielle même, à un domaine biogéographique plutôt qu'à un autre.

Il apparaît en effet clairement que la répartition floristique découle, dans une très large part, de la situation géomorphologique des relevés par suite notamment de son influence sur la granulométrie et les bilans hydriques du sol.

La figure 7, extraite d'une analyse factorielle portant sur le contenu floristique de relevés effectués dans l'Adrar et ses zones limitrophes, illustre bien cette prédominance des conditions topographiques sur la répartition des groupements végétaux, comme des éléments floristiques.

Ainsi la flore et la végétation, d'abord soumise aux variations latitudinales, obéissent ensuite aux variables géomorphologiques, et dans l'Adrar des Iforas tout particulièrement, l'appartenance des groupements végétaux à un monde biologique déterminé, dépend essentiellement des conditions stationnelles.

Figure n°7



C'est ainsi qu'en suivant le profil théorique d'un grand bassin versant de l'ADRAR, on trouve la succession suivante :

- sur les massifs eux-mêmes, au milieu des éboulis, des peuplements sporadiques très lâches, monospécifiques, à *Stipagrostis ciliata* ;
- en position haute sur les interfluves, des placages sableux de type saharien à *Fagonia brugguieri* et *Stipagrostis acutiflora* ;
- dans les rigoles des arènes granitiques sur sol peu épais, un groupement hautement caractérisé à *Cymbopogon schoenanthus* et *Aristida adscensionis* ;
- le long des petits oueds, une steppe arborée à *Acacia raddiana* et *Fanicum turgidum*, pour les grands oueds une ripisylve à *Acacia nilotica* ;
- dans les zones d'épandage à texture sablo-limoneuse ou limoneuse, une steppe sahélienne dense à *Eragrostis pilosa* et *Schcenefeldia gracilis* ;
- dans les maader inondés temporairement, un groupement à *Echinochloa colona* et *Eragrostis diplachnoides*.

● Les groupements à *Fagonia brugguieri* et *Stipagrostis acutiflora*

Cette formation, totalement asylvatique, occupe les rares placages sableux de haut ou de mi-versants. Largement isolés au sein de regs ou de hammadas stériles, ils sont colonisés par deux espèces principales : *Fagonia brugguieri* et *Stipagrostis acutiflora*, toutes deux thérophytes sahariens ; il n'est pas rare d'y trouver quelques pieds isolés de *Panicum turgidum*, en général de mauvaise venue, et des touffes de *Tribulus terrestris*.

Il s'agit d'une végétation de type contractée, au sens de MONOD et qui rappelle fortement les rares formations sahariennes du Tanezrouft.

Sur la bordure septentrionale de l'Adrar, un groupement connexe colonisant lâchement les accumulations sableuses marque, par ailleurs, la limite, à ce niveau, de la steppe à *Aristida pungens*, *Danthonia forskahlii* et *Malcomia aegyptiaca*, caractéristiques des zones sableuses d'origine éolienne saharienne :

● Les groupements à *Cymbopogon schoenanthus* et *Aristida adscencionis*

Ce groupement est lié en apparence à la conjonction d'une érosion hydrique linéaire se situant sur des sols essentiellement sableux peu profonds recouvrant une roche-mère granitique riche en éléments lourds.

Sous un couvert arboré lâche à *Acacia ehrenbergiana* *Maerua crassifolia*, s'y installe des cordons linéaires de *Cymbopogon schoenanthus* jalonnant les canaux d'écoulement.

Parmi le fort cortège d'espèces inféodées, citons :

- *Aristida adscencionis*
- *Fagonia olivieri*
- *Aristida funiculata*
- *Tephrosia purpurea*
- *Chascanum marrubiiifolium*
- *Tephrosia nubica*
- *Cassia italica*
- *Eremopogon foveolatus*

Deux faciès peuvent s'y distinguer : le premier à *Tephrosia vicioides*, le second à *Tephrosia plicata*.

A quelques variantes locales près, ce groupement se retrouve dans l'étage altitudinal moyen de l'Air (Ph. BRUNEAU de MIRE, H. GILLET, 1956), dans le versant méridional du libesti (Association à *Tephrosia nubica* et *Bouchea marrubiiifolia* de P. QUEZEL, 1965) et pro-parte, au Hoggar et ses annexes (Mouydir, Tefedest, région de Silet) ainsi que, semble-t-il, appauvri, dans le Gourma.

● Les groupements à *Acacia* - *Fanicum*

Il n'est guère indispensable de s'étendre sur cette steppe correspondant à la "savane désertique" de MAIRE (1933) et QUEZEL (1965).

Dans les oueds larges et à fort inféro-flux, lui succède une formation plus originale, sous un couvert arboré dense à *Acacia nilotica*, *Acacia raddiana*, *Calotropis procera*, *Boscia senegalensis*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Salvadora persica* et quelques rares *Faidherbia albida*, avec en bordure immédiate du lit majeur, une végétation dense essentiellement signalée par l'abondance de *Pennisetum violaceum*.

Le caractère soudanien de cette formation s'accuse avec l'apparition ici d'espèces lianescentes telles que *Leptadenia hastata*, *Phyllanthus angulata* ou épiphytes (*Tapinanthus* sp.).

● Les groupements à *Schoenefeldia gracilis*

Cette steppe dense, essentiellement graminéenne, occupe les grandes cuvettes à fort impluvium de l'Adrar comme de ses vallées annexes (Tilemsi, Azaouak) ; y dominent *Eragrostis pilosa* et *Schoenefeldia gracilis*.

Deux faciès ont pu être distingué dans l'Adrar, l'un à *Chloris prieuri*, l'autre à *Aristida hordeacea*.

Tous les deux s'apparentent à l'association à *Schoenefeldia gracilis* et *Chloris prieuri*, telle que la définit TROCHAIN (1940) au Sénégal.

Très importante du point de vue pastoral, c'est de loin la plus difficile à appréhender écologiquement ; sa composition fine, les inter-relations entre les espèces qui la composent, son évolution pluri-annuelle étant soumise à des mécanismes subtils (cf. chapitre "Dynamique du couple sol-végétation, page 43).

● Les groupements à *Echinochloa colona* et *Eragrostis diplachnoides*

Il s'agit d'un groupement lié aux zones déprimées planes bénéficiant le plus souvent d'un impluvium important ; le sol, fortement argileux, y présente de nombreuses fentes de retrait.

La strate arbustive est pratiquement absente, mais le couvert herbacé peut y être dense, avec, comme espèces caractéristiques :

- *Echinochloa colona*
- *Alternanthera nodiflora*
- *Sporobolus helvolus*
- *Cyperus rotundus*

- *Celosia argentea*
- *Eragrostis diplachnoides*
- *Glinus lotonoides*
- *Psoralea plicata*

Des groupements voisins se retrouvent au Niger, dans la région du Sud Tamesna (PEYRE de FABREGUES et coll., 1970) et dans le Gourma, près des mares à *Acacia nilotica* (BOUDET et coll., 1971).

SECTEUR SAHELIEN

Le Gourma malien inclus dans la boucle du Niger (rive droite) est caractéristique du secteur sahélien avec une pluviométrie moyenne annuelle augmentant du Nord au Sud (moins de 200 mm vers Gourma-Rharous et plus de 400 mm vers Hombori).

A.M. COULIBALY (1979) a effectué une analyse factorielle des correspondances pour l'ensemble des données qu'il avait collectées dans le Gourma pendant la durée du projet LAT (119 espèces pour 114 relevées).

Des analyses factorielles successives de correspondance ont mis en évidence des végétations spécifiques, des dunes, des ensablements et des dépressions.

Végétation des dunes

Il se différencie sur dunes, en particulier sur dunes récentes, un grand ensemble à *Acacia raddiana*, *Acacia senegal*, *Aristida mutabilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Brachiaria xantholeuca*, *Cenchrus biflorus* .. Cet ensemble comporte un groupement caractérisé par *Acacia senegal* et *Combretum aculeatum* lié plutôt aux dunes anciennes et qui, pour TROCHAIN (1940) serait la caractéristique des zones sahéliennes. Cet auteur pense que l'évolution des sols et l'action anthropique ont fait reculer ce climax qui est à présent remplacé le plus souvent par un pseudoclimax à *Acacia raddiana*.

On peut concevoir que l'évolution de la végétation au Gourma sur substrat sableux s'est déroulée progressivement en corrélation avec l'évolution des sols et l'action anthropique. Le climax à *Acacia senegal* ne subsiste plus que sur les dunes fossiles du Pleistocène (erg I et II) alors que les dunes récentes très pentues à sol peu évolué (erg III) portent plutôt le pseudoclimax à *Acacia raddiana*.

Végétation des nappages sableux

Aux relevés correspondant aux ensablements peu épais sont associées les espèces : *Cadaba glandulosa*, *Euphorbia balsamifera*, *Morettia philema* ainsi que des espèces de transition liées soit aux dunes, soit aux substrats limono-argileux.

Végétation des colluvions limono-argileuses

Dans les relevés sur substrats limoneux-sableux et argilo-sableux, il est possible de distinguer un ensemble floristique à *Boscia senegalensis* et *Acacia laeta* au sein duquel se différencie un groupement à *Panicum laetum* et *Eragrostis pilosa*. Celui-ci se subdivise à son tour en trois sous-unités différenciées respectivement par *Grewia bicolor* et *Dichrostachys cinerea*, *Acacia seyal* et *Ziziphus mauritiana*, et la dernière enfin, par *Geigeria alata*.

L'ensemble à *Boscia senegalensis* et *Acacia laeta* est caractérisé par les différentes espèces liées aux argiles et limons. Ses caractéristiques comprennent *Acacia ehrenbergiana*, *Commiphora africana*, *Maerua crassifolia*, *Cadaba glandulosa*, *Indigofera senegalensis* et *Tetrapogon cenchroides*.

L'unité à *Panicum laetum* et *Eragrostis pilosa* est localisée sur des zones à forte teneur en argile. Sa composition floristique est essentiellement à base d'herbacées et tout se passe comme si la teneur en argile était le facteur le plus discriminant pour la mise en place de ce groupement. Il est en effet aisé de constater que la steppe herbacée où domine *Panicum laetum*, se localise sur des zones basses, argileuses, dont seules les bordures sont boisées.

Une sous-unité à *Grewia bicolor* et *Dichrostachys cinerea* occupe les bordures boisées de "brousse tigrée" caractérisée par la contraction de la végétation en bandes boisées séparées de bandes totalement dénudées. Elle est constituée par les ligneux *Grewia flavescens*, *Grewia villosa*, *Pterocarpus lucens* et les espèces herbacées *Achyranthes aspera*, *Digitaria gayana*, *Dicliptera verticillata* et *Pupalia lappacea*.

Une sous-unité à *Acacia seyal* et *Ziziphus mauritiana* est localisée sur des zones limoneuses. Elle semble provenir de l'appauvrissement en différencielles de la sous-unité à *Grewia bicolor* et *Dichrostachys cinerea* et l'acquisition, d'autre part, de deux espèces nouvelles : *Acacia seyal* et *Ziziphus mauritiana*.

La sous-unité à *Geigeria alata* semble dériver des précédentes par un appauvrissement en éléments ligneux et une abondance marquée de *Geigeria alata*.

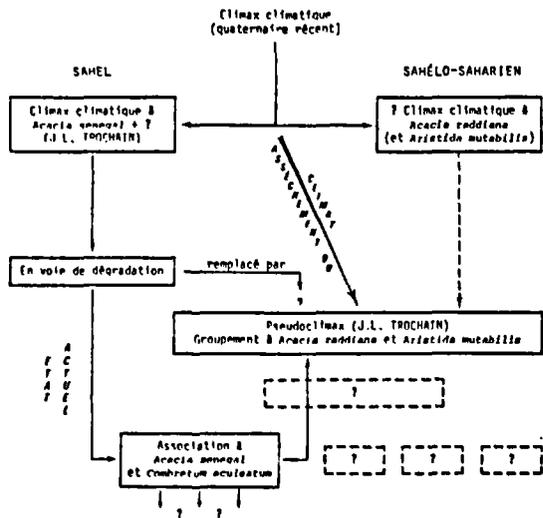
Les groupements herbacés à *Panicum laetum* et surtout à *Geigeria alata* pourraient constituer les derniers maillons de l'évolution de la végétation sur le substrat limono-argileux qui résulterait de la destruction des dunes à la période ouljiennne et à l'envahissement de la région par les eaux (cf. schéma de la phytodynamique et tableau n°8).

Il est intéressant de constater que cette classification de la végétation obtenue par traitement informatique ne fait que confirmer celle qui avait été établie en 1971 (BOUDET, CORTIN, MACHER) et dont les 25 faciès peuvent être aisément regroupés en 9 formations.

Tableau n°8

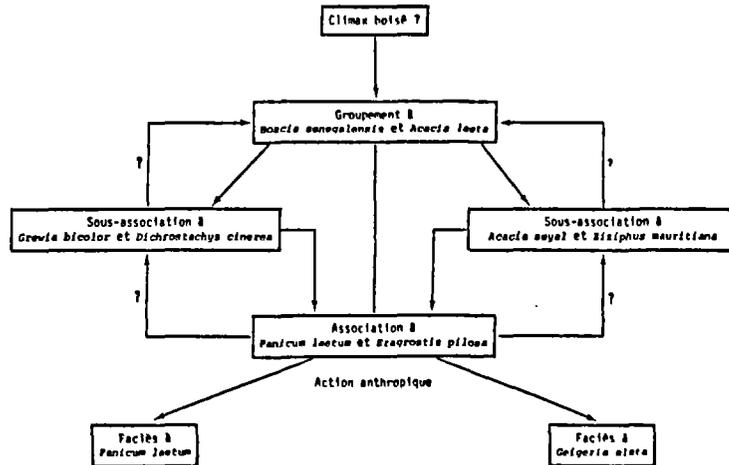
SCHEMA HYPOTHETIQUE DE LA PHYTODYNAMIQUE AU GOURMA

SUBSTRAT SABLEUX



associations potentielles probables

SUBSTRAT ARGILO-LIMONO-SABLEUX



Dans le tableau synoptique de ces formations, la répartition des espèces et leur abondance est précisée par (tableau n°9) :

- r : espèce relativement rare
- x : espèce fréquente mais ne dominant pas dans la formation
- A : espèce dominant dans la formation
- ! : espèce abondante mais en plages localisées dans la formation.

Pour le substrat dunaire, cinq formations végétales sont individualisées :

E : parcours sur modelés dunaires très accentués (erg III)
regroupe deux faciès cartographiés en 1971 :

- l'un au Nord, caractérisé à Kakas (Kak) par un couvert ligneux à *Leptadenia pyrotechnica* et *Acacia raddiana* dont le recouvrement est faible sur crête (2 p.100), moyen à fort en bas de pente et couloir interdunaire (10 à 25 p.100). Le couvert herbacé est dominé par *Aristida mutabilis* avec abondance de *Cenchrus biflorus* et *Cyperus jeminicus* sur crête et pente forte, alors qu'*Aristida funiculata* et *Tragus berteronianus* occupent les couloirs interdunaires et les bas de pente.
- l'autre au Sud, caractérisé par la toposéquence située à proximité du carrefour de la piste de Gourma-Rharous (G OS IV et profilpédologique p.24) où le suivi de la végétation a été effectué pendant 4 ans. Le couvert ligneux y est très réduit à l'exception du couloir interdunaire avec présence d'*Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum aculeatum*, *Commiphora africana*. Le tapis herbacé est à dominance de *Cenchrus biflorus* et *Aristida mutabilis* avec *Schoenefeldia gracilis* en bas de pente.

O : parcours sur dunes rondes à convexité moyenne (erg II)
regroupe deux faciès cartographiés en 1971, l'un au Nord du Gourma et l'autre au centre à la latitude de Gossi.

La toposéquence de Tasséguéla (G OS₁ et profil pédologique G OS3 p. 25) caractérise cette formation. Le couvert ligneux faible ne dépasse pas 5 p.100 de recouvrement avec *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Commiphora africana*. La strate herbacée y est dominée par *Cenchrus biflorus* avec, en bas de pente, *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis*, pendant que la graminée vivace *Andropogon gayanus* colonise les petites cuvettes.

OS : faciès de la région de Ndaki-Hombori

Ce faciès regroupe deux unités cartographiées et se caractérise par la présence de grandes andropogonées, soit annuelles comme *Diheteropogon hagerupii*, soit vivaces comme *Hyperthelia dissoluta*.

	E	O	Os	P	d	B	R	bT	Cs	C
<u>Herbes addétées</u>										
<i>Panicum turgidum</i>	!									
<i>Gisekia pharaceoides</i>		r								
<i>Brachiaria xantholeuca</i>		r	x		x					
<i>Cenchrus prieurii</i>						r				
<i>Boerhavia repens</i>							r			
<i>Tragus berteronianus</i>		!					r			
<i>Aristida mutabilis</i>	A	A	!	A	x	x	A			
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>		x	r	x	r	r	r			
<i>Eragrostis tremula</i>			x	r	x	A	r			
<i>Tribulus terrestris</i>	!	r		x	!		r			
<i>Eilepharis linariifolia</i>	x	r			x	r		r		
<i>Cenchrus biflorus</i>	A	x	A	A	x	A	x	!		
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>		x		r	r		r	r		
<i>Schoenefeldia gracilis</i>		x	x	r	!	x	x	!	A	A
<i>Zornia glochidiata</i>					!	x	r	x		x
<i>Diheteropogon haerupii</i>			!					!		
<i>Andropogon gayanus</i>						r	r	r		
<i>Diectomis fastigiata</i>								r	r	
<i>Pennisetum pedicellatum</i>								!	A	
<i>Eragrostis pilosa</i>								r		x
<i>Panicum laetum</i>								!	!	A
<i>Aristida adscensionis</i>							x	r	!	!
<i>Aristida funiculata</i>							x	r	!	x
<i>Tetrapogon cenchriformis</i>							r	r	r	x
<u>Herbes inaddétées</u>										
<i>Aristida stipoides</i>	r					r				
<i>Heliotropium strigosum</i>		x				r				
<i>Fimbristylis hispidula</i>	r	r	r		r	r				
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>					r		r			
<i>Tripsogon minimus</i>								!		
<i>Achyranthes sicula</i>								x	x	
<i>Dicliptera verticillata</i>								r	x	
<i>Alternanthera nodiflora</i>								r	x	
<i>Rogeria adenophylla</i>									r	
<i>Geigeria alata</i>										!
<i>Cienfuegosia digitata</i>								r	r	x
<u>Ligneux</u>										
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	r	r								
<i>Combretum aculeatum</i>	r	x	r	r						
<i>Acacia tortilis</i> spp. <i>raddiana</i>	x	x		A	!					
<i>Acacia senegal</i>		x								
<i>Commiphora africana</i>	r		r	r		x	r	r		
<i>Balanites aegyptiaca</i>	A			r	x			r	r	x
<i>Euphorbia balsamifera</i>						A	r			
<i>Guiera senegalensis</i>						!		r		
<i>Acacia laeta</i>						r		r		
<i>Pterocarpus lucens</i>								r	A	
<i>Combretum micranthum</i>								!		
<i>Dichrostachys cinerea</i>								x	x	
<i>Grewia villosa</i>									x	
<i>Acacia seyal</i>									A	
<i>Caesalpinia glandulosa</i>							x	x	x	
<i>Grewia bicolor</i>						r		x	r	
<i>Tiziphus mauritiana</i>								r	x	
<i>Acacia ehrenbergiana</i>							x	r	r	A
<i>Maerua crassifolia</i>						r		r	x	x
<i>Boscia senegalensis</i>						r		r	x	x

P : parcours sur ondulations très aplanies (erg I)
regroupe trois faciès cartographiés en 1971 du Nord au Sud du Gourma.

Il est caractérisé par la toposéquence de Tin Adiorouf (ADI et profil pédologique p.25 à l'Est de la mare de Doro, avec un faible recouvrement de ligneux (*Acacia raddiana*, *Acacia senegal* et en bas de pente *Boscia senegalensis*). Le tapis herbacé est hétérogène avec dominance d'*Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus* et importance de *Tribulus terrestris*.

Le faciès de la région de Gourma-Rharous (Pn) est caractérisé par l'abondance d'*Acacia raddiana* qui peut constituer, aux environs du fleuve, une véritable forêt claire basse.

d : parcours dégradés sur sables

Ce parcours regroupe des faciès fortement pâturés des environs de mares permanentes (Doro, Gossi, Ndaki ..). Il est caractérisé par la faiblesse du couvert ligneux où ne subsistent qu'*Acacia raddiana* et *Balanites aegyptiaca* ainsi que l'abondance de certaines espèces dans la strate herbacée : *Tribulus terrestris*, *Zornia glochidiata*.

Sur nappage sableux, le parcours B est caractérisé par la présence d'*Euphorbia balsamifera* et une grande hétérogénéité de la strate herbacée, tant par sa composition que par son recouvrement.

Les affleurements rocheux et ferrugineux (R) regroupent huit faciès cartographiés en 1971. Ils sont caractérisés par une végétation contractée, concentrée aux failles et aux couloirs de ruissellement.

Les nappages limono-argileux contigus aux affleurements rocheux et ferruginisés portent également une végétation contractée caractéristique, la "brousse tigrée" (bT) où alternent des bandes de sol dénudé et des bandes à végétation dense avec les ligneux : *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Pterocarpus lucens*.

Ce parcours réunit trois faciès cartographiés en 1971.

Sur les colluvions limono-argileuses du réseau de drainage, sont distingués deux types de parcours :

- le parcours C, localisé au Nord du Gourma, avec des bogueteaux d'*Acacia ehrenbergiana* et un tapis herbacé clairsemé à *Panicum laetum*, *Schoenefeldia gracilis* et *Geigeria alata*.
- le parcours Cs s'individualise à partir de la latitude de Doro, avec abondance de l'*Acacia seyal* et prépondérance de la graminée *Schoenefeldia gracilis*.

SECTEUR SUD-SAHELIIEN

Dans le cadre du projet LAT, des observations sur le sol et la végétation ont été effectuées dans le Seno Mango, au Sud de Douentza (15e parallèle) sous une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 500 mm. La végétation diffère du secteur sahélien par sa composition floristique et surtout par le fait que les espèces ligneuses portent des feuilles larges, alors que les espèces ligneuses sahéliennes sont à feuilles petites et étroites.

Le Seno Mango est constitué par un erg sableux, large de 30 km et s'étendant du N-N-E au S-S-W sur plus de 250 km. Les fortes amplitudes des dunes vêtues s'affaiblissent vers le sud en une pénégaine sableuse. De part et d'autre de l'erg, un glacis sablo-limoneux d'environ 5 km de large, le sépare de terrains hétérogènes où le substrat rocheux et ferruginisé est nappé de colluvions limoneuses.

Sur les dunes du Seno Mango, le couvert ligneux est assez important avec un recouvrement de près de 30 p.100 et une dominance de *Combretum glutinosum*, sur *Guiera senegalensis* et *Terminalia avicennioides*. Le tapis herbacé est à base de graminées annuelles telles que *Cenchrus biflorus*, *Diheteropogon hagerupii* et *Eragrostis tremula*, avec quelques espèces diverses comme *Blepharis linariifolia* et *Zornia glochidiata*. Sur les crêtes dunaires, *Aristida stipoides* devient prépondérant.

Sur la pénéplaine sableuse le couvert herbacé s'enrichit de graminées vivaces, telles que *Hyperthelia dissoluta*, *Aristida sieberana* et *Andropogon gayanus*.

Sur le glacis sablo-limoneux, le couvert ligneux reste important (recouvrement de 15 p.100) avec *Sclerocarya birrea*, *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Boscia senegalensis*.

Le couvert herbacé y est dominé par *Schoenefeldia gracilis* avec *Loudetia togoensis* et *Zornia glochidiata*.

Sur les nappages colluviaux du substrat rocheux et ferruginisé, la végétation est hétérogène car elle reflète fidèlement les variations des conditions stationnelles, et le faciès de brousse tigrée est fréquemment rencontré.

Parmi les espèces ligneuses, *Pterocarpus lucens* est dominant sur terrains peu profonds, alors que *Grewia bicolor* est abondant avec *Piliostigma reticulatum* sur limons épais.

Le couvert herbacé est à dominance de *Loudetia togoensis*, *Schoenefeldia gracilis* et *Zornia glochidiata* en pleine lumière, alors qu'il est à *Pennisetum pedicellatum* et *Diectomis fastigiata* à l'ombre des ligneux.

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.

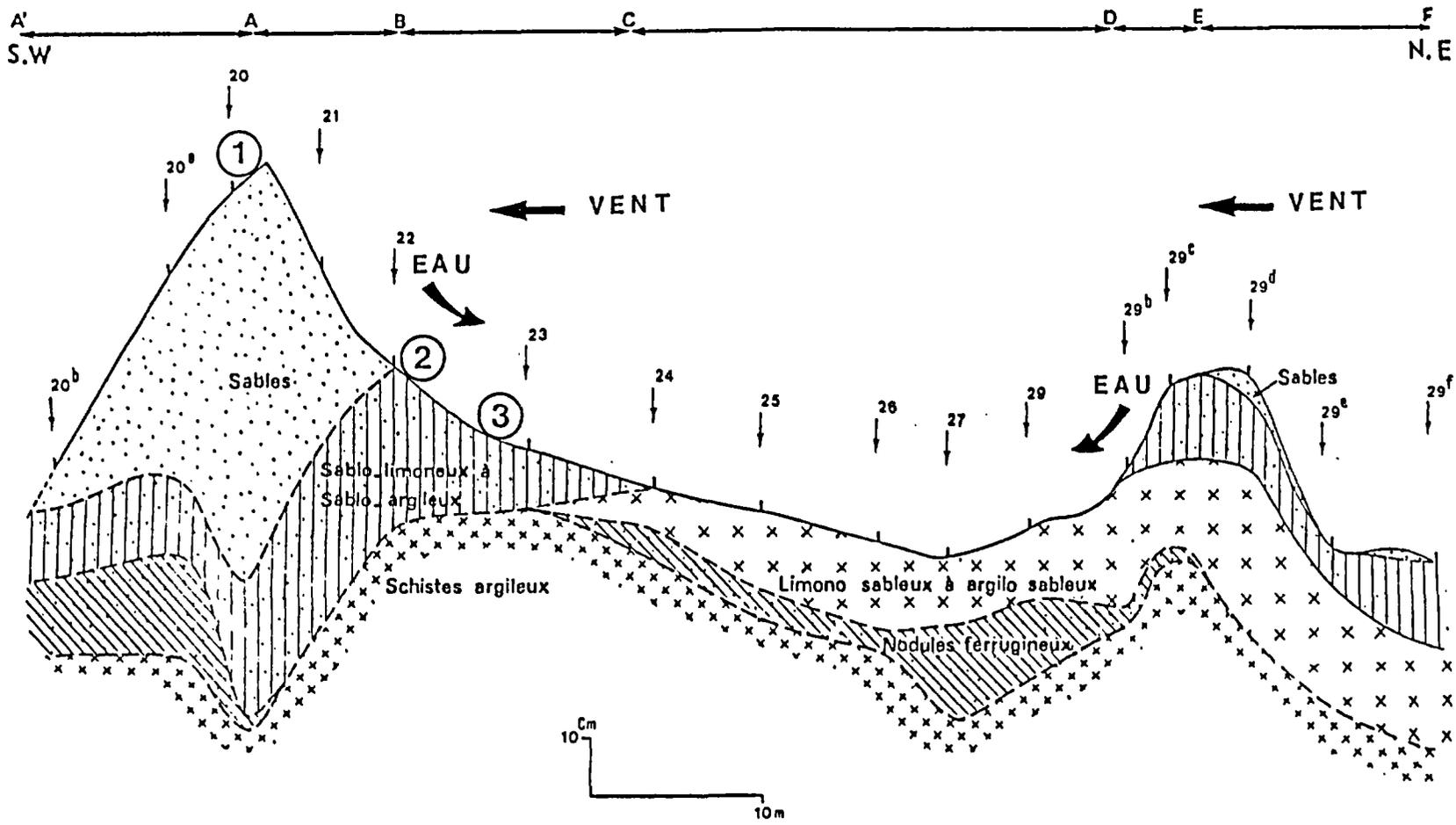


FIG.8 Chaîne de sols gosII « Brousse Tigrée »

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.

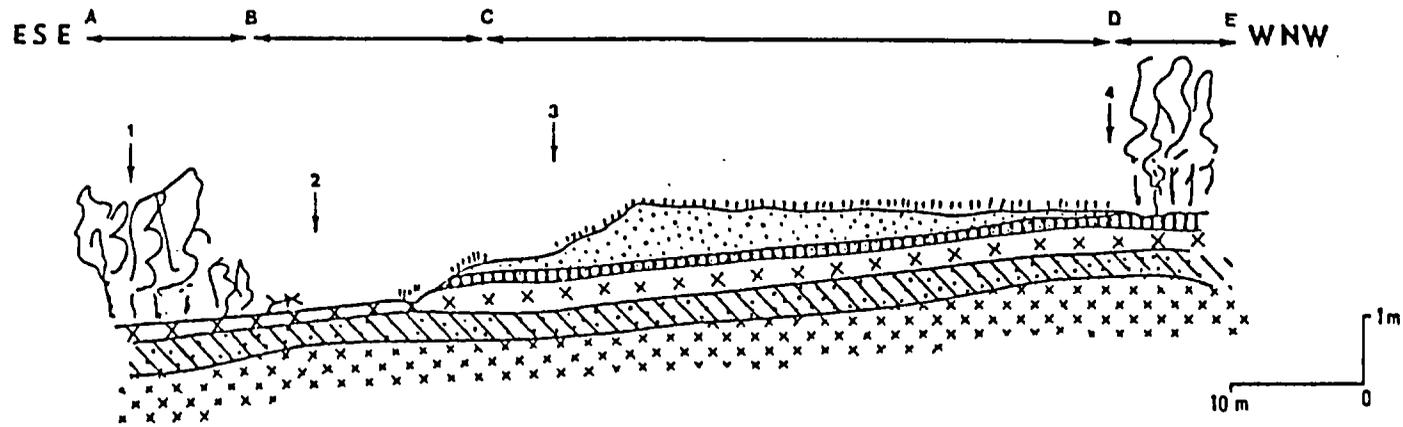


FIG. 9 Chaîne de sols NDA «Brousse Tigrée»



Horizon sableux



Horizon limono sableux



Horizon limono argileux



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>Leptadenia 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)

Strate herbacée

(recouvrement 80 p.100)

<i>Aristida mutabilis</i>	3
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	2
<i>Chloris prieuri</i>	+
<i>Traagus racemosus</i>	+
<i>Cenchrus biflorus</i>	+
<i>Tetrapogon cenchriformis</i>	+
<i>Blepharis linearifolia</i>	1
<i>Corchorus tridens</i>	+
<i>Borreria filifolia</i>	+
<i>Zornia glochidiata</i>	+

Strate arborée et arbustive

(recouvrement 40 p.100)

<i>Grewia bicolor</i>	3
<i>Dichrostachys cinerea</i>	1
<i>Commiphora africana</i>	+
<i>Grewia flavescens</i>	1
<i>Acacia laeta</i>	+
<i>Boscia senegalensis</i>	+
<i>Maerua crassifolia</i>	+

Strate herbacée

(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

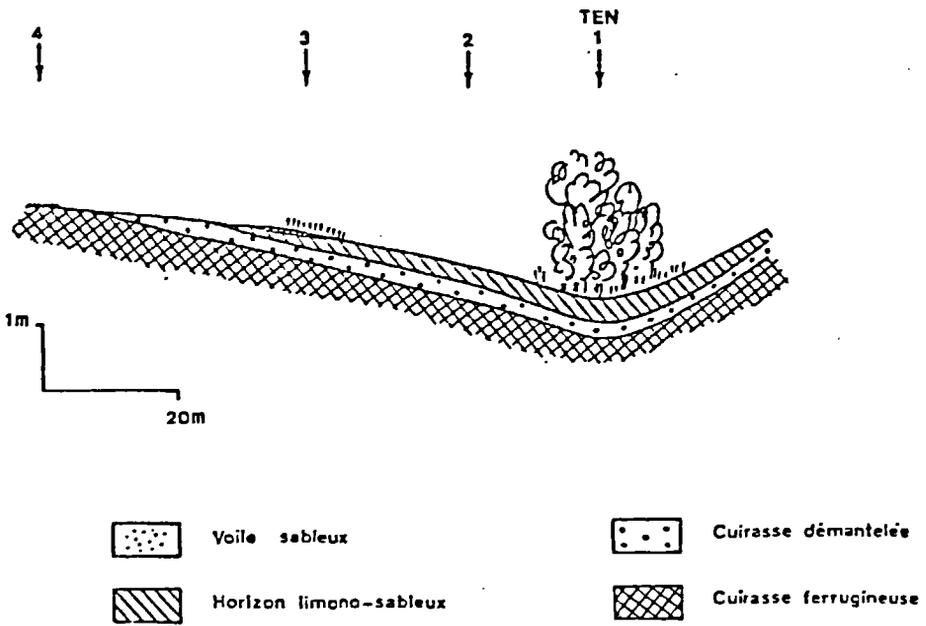
Les relevés floristiques sont les suivants :

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.

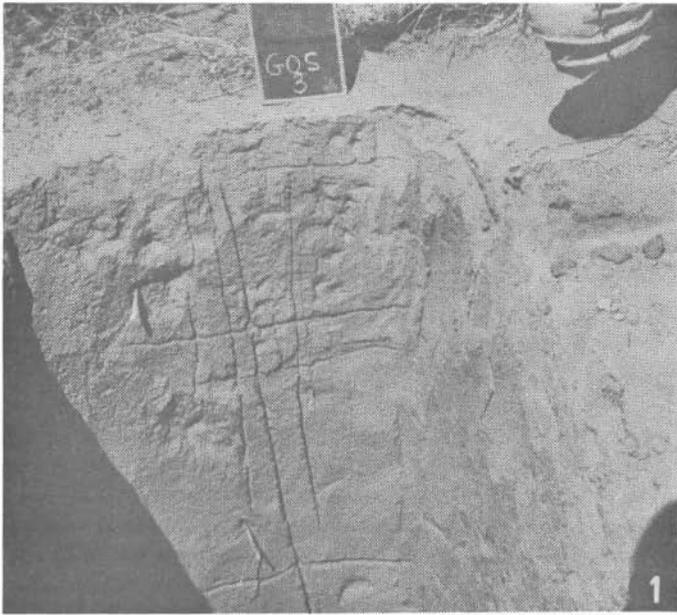
Durant la saison sèche, les vents entraînent le sable libéré du glaciis sur la microdune, ce qui fait avancer la crête de celle-ci. Tandis que les glaciis sont décapés et creusés chaque année par l'érosion hydrique, la dépression se comble à la fois en CD par les produits fins de cette érosion et en 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)

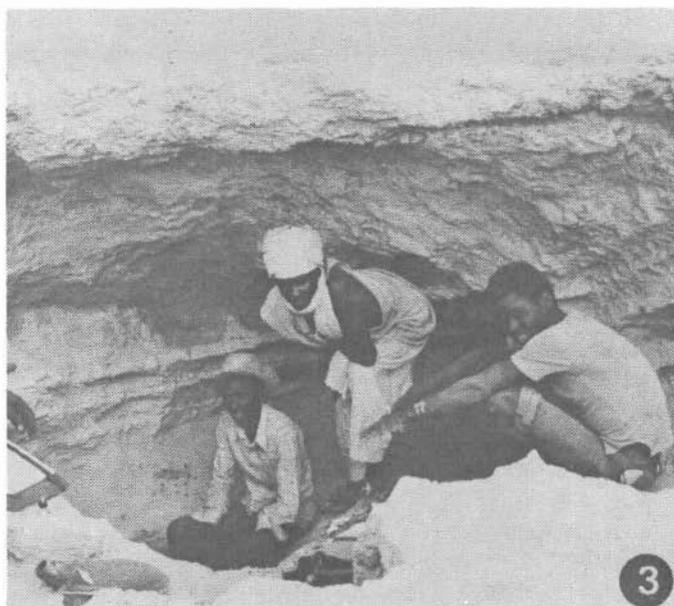
Déterminations	Zone ①	Zone ②	Zone ③
	microdune	Amont plage nue	Aval plage nue
Argiles + limons fins %	3,4	47,4	78,1
Limons grossiers %	0,4	2,6	4,1
Sables %	96,1	47,3	15,9
Carbone %.	0,70	4,44	3,40
Azote %.	0,18	0,55	0,46
Somme des bases S (méq/100 g.)	0,86	3,22	12,64
Phosphore total %.	0,16	0,31	0,64



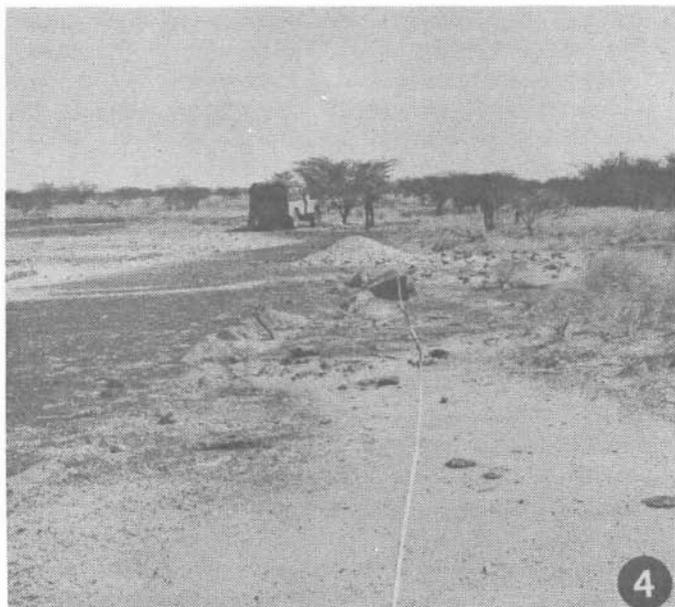
Le profil pédologique GoS 3. Toposéquence GoS 1.
Description dans le texte



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.

DYNAMIQUE DE LA PRODUCTION VEGETALE

En zone subdésertique (cf. chapitre "Dynamique du couple sol-végétation", p.53) le suivi de transects met en évidence des variations très importantes, en particulier dans les groupements à *Schoenefeldia gracilis* dont la composition et la production sont en étroite relation avec la pluviométrie de l'année.

En secteur sahélien

Après l'inventaire des parcours du Gourma réalisé en 1970 (G. BOUDET et coll., 1971), des observations de suivi ont été effectuées de 1975 à 1978 dans le cadre du programme LAT.

Sur nappages limoneux des substrats rocheux du Gourma Sud, la végétation de 1970 était contractée et constituait 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 présentaient 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 tonnes de matières sèches (M.S.) à l'hectare.

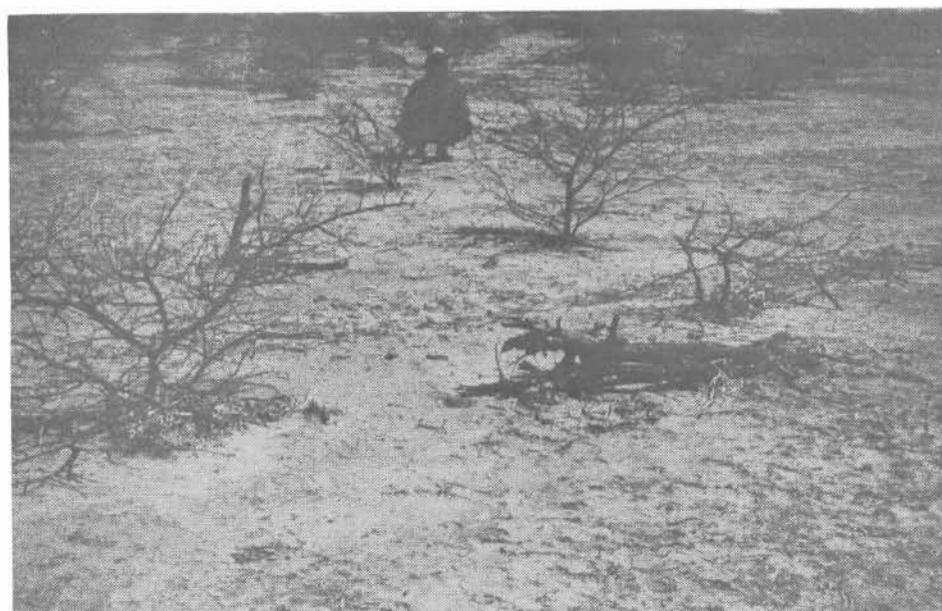
En 1975, beaucoup de ligneux étaient couchés à terre, beaucoup de couronnes paraissaient mortes, seuls quelques pieds montraient quelques rejets verdoyants à la base des cépées. Le couvert herbacé avait pratiquement disparu laissant à nu un sol érodé, comme balayé, avec une surface compactée et durcie.

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

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 qui paraissaient mortes depuis longtemps mais qui ont 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*.



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



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

Sur nappages sablo-limoneux du Gourma Nord, la plaine de Tin Ahara était parsemée, en 1970, 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 dénivelée 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 enserrent 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.

Sur terrains sablonneux, l'effet de la sécheresse au Sahel a été souvent illustré par des *Acacia senegal* déracinés et reposant sur leurs cimes.

D'une façon générale, il semble que l'évolution générale sur sable (cf. chapitre "Végétation", p.39) se soit accentuée au cours des dernières années : *Acacia senegal* tend à régresser au profit d'*Acacia raddiana* et ce dernier est lui-même parfois supplanté par *Balanites aegyptiaca*.

Dans les couloirs interdunaires évasés, c'est *Acacia laeta* qui a le plus souffert, comme le démontre les observations effectuées de 1976 à 1978 sur une parcelle d'un hectare à végétation graminéenne quasiment fermée et dominée par *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis*.

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.

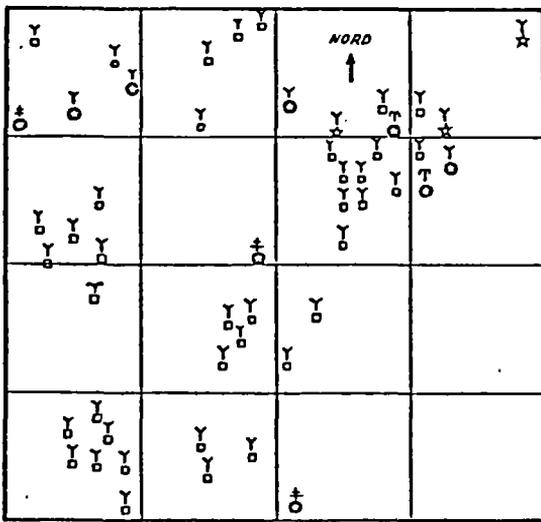
En 1978, pour la première fois, deux jeunes plants de ligneux de 25 cm sont inventoriés (1 *Acacia laeta* et 1 *Acacia raddiana*) mais trois

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 1 jeune plant ;
- 4 *Acacia raddiana* dont 3 adultes vigoureux et 1 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*.

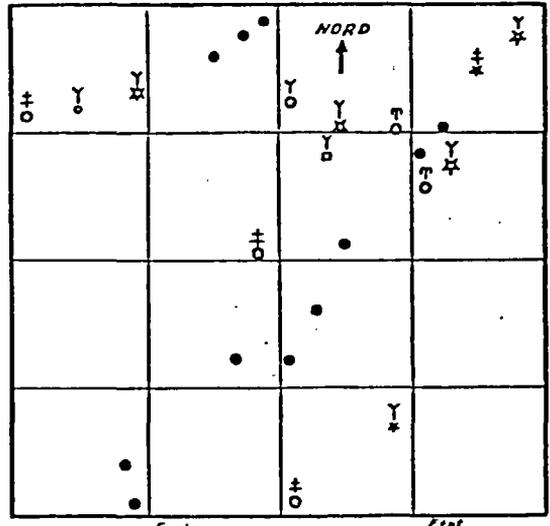
Figure n°11



Espèces
 Y *Acacia laeta*
 † *Acacia raddiana*
 T *Balanites aegyptiaca*
 Y *Commiphora africana*

Etat
 □ Mort couché
 ○ Mort debout
 ☆ Moribond
 ⊙ Adulte vigoureux

Parcelle en 1976.

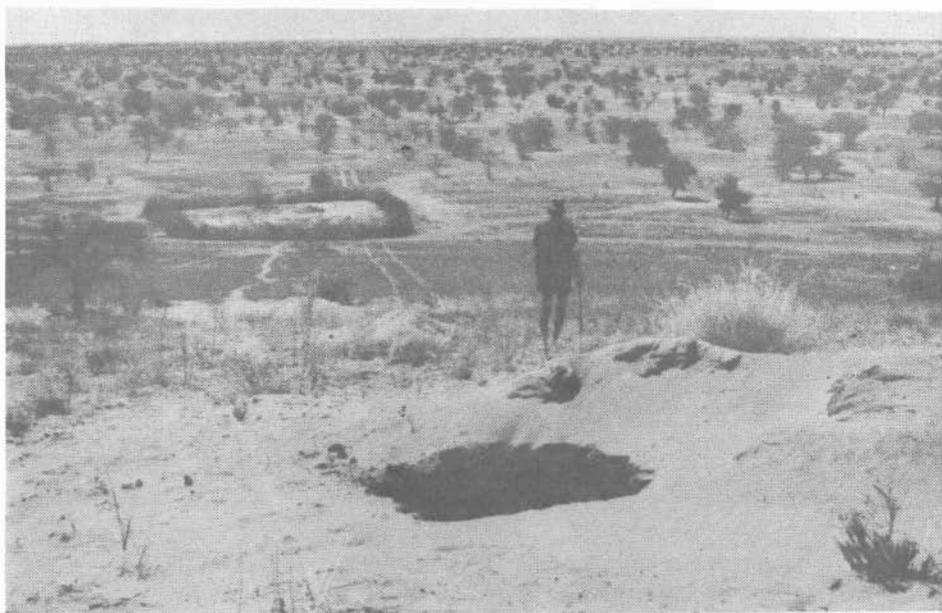


Espèces
 Y *Acacia laeta*
 † *Acacia raddiana*
 T *Balanites aegyptiaca*
 Y *Commiphora africana*

Etat
 ● Tumulus de séchage
 sous bois mort
 □ mort couché
 ○ mort debout
 ☆ moribond
 ⊙ adulte vigoureux
 ✕ jeunes plants

Parcelle en 1978.

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. *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 des le couvert herbacé des dunes, n'ont pas poussé au moment de la sécheresse. Même en



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



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

1978, elles n'ont pas occupé le terrain aux environs de Gao dans un rayon d'au moins 20 km et le même phénomène a été observé au Niger, entre Abala et le ranch d'Ekrafane vers 15° de latitude Nord.

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 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 décamètre. Deux à trois relevés de lignes étaient nécessaires pour l'obtention d'une précision de 5 p.100 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 km 2 pour l'évolution sous pâture et le km 5 pour l'évolution sous l'effet des variations de pluviosité (cf. tableau //).

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 *Tribulus 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 km 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 km 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.

Le long d'une toposéquence de dune à relief accentué (erg III) 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 hispida* (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 migre à *Schoenefeldia gracilis* qui semblait avoir totalement disparu en 1975.

Tableau n°11

Evolution du couvert herbacé sur terrains sablonneux

Localisation	Ondulations moyennes (mare de Gossi)												Modèle 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 (p.100)	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
Précision (p.100)	8	6	6	5	9	5	6	6	9	5	6	5	11	5	5	9	2	6	5	18	6	5
Espèces appréciées (p.100)																						
<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										
<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			
Apprécées diverses (6 sp.)	22	6	5	11	3	5	8	1	3	2	4	11	2	+	8	4	5	2	8		7	8
Espèces inapprécées (p.100)																						
<i>Fimbristylis hispida</i>						+	1	1				3	1	+	6	30	1		8	14		
<i>Heliotropium strigosum</i>				6	1	2		1					6	+	+	63	6	+	1	42	3	
Inapprécées diverses (4 sp.)								1	1										6	1	1	
Production (t/ha M.S.)																						
Apprécées	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
Inapprécées													0,5			0,7				1,0		

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.

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 M.S., ce qui correspondrait à 4 kg/ha de matières sèches par millimètre de pluie.

En secteur sud-sahélien

En secteur sud-sahélien, le couvert ligneux semble relativement stable. Cependant, plus de la moitié des *Sclerocarya birrea* étaient morts sur le glacis en 1975 et la régénération de cette espèce semble inexistante.

Sur le système dunaire proprement dit, *Combretum glutinosum* et *Terminalia avicennioides* sont restés vigoureux pendant la période de sécheresse. Mais près de la moitié d'entre eux ont ensuite dépéri au cours des années suivantes. Dans ce secteur, la composition du couvert herbacé semble plus stable d'une année à l'autre, chaque faciès restant bien caractérisé, mais la production herbacée totale a sensiblement augmenté pendant la durée de l'étude et atteint également 4 kg de M.S. à l'hectare par millimètre de pluie pour les deux dernières années (tableau n°12).

Sur dunes, le pacage semble entraîner un enrichissement progressif de *Zornia glochidiata* au détriment de *Diheteropogon hagerupii* mais l'emprise de *Cenchrus biflorus* reste faible (comparaison de K5g situé à 5 km du village de Gondo Ogourou et K10 éloigné de tout point d'eau).

Tableau n°12

Localisation	Dune (K5G)				Dune (K10)			Pénéplaine (K25)			Glacis (K2)			
	75	76	77	78	75	77	78	76	77	78	75	77	78	
Année	75	76	77	78	75	77	78	76	77	78	75	77	78	
Sol nu (p.100)	5	17	11	28	1	6	3	15	5	25	7	2	3	
Nombre de plantes/100 points	174	92	151	94	249	186	184	86	164	98	131	184	173	
Hauteur moyenne (cm)	100	50	50	40	70	60	100	50	60	70	50	80	70	
Précision (p.100)	± 8	± 6	± 4	± 5	± 6	± 4	± 5	± 5	± 5	± 6	± 9	± 4	± 5	
<u>Espèces appréciées (p.100)</u>														
<i>Aristida funiculata</i>											8	25	3	
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	2	1	1		+			1			57	27	24	
<i>Aristida mutabilis</i>	8	14	12		28	33	13	1	1	2	7	8	4	
<i>Diheteropogon hagerupii</i>	43	44	11	1	4	15	25							
<i>Eragrostis tremula</i>			3	3	+	21	6	14	7	4	5			
<i>Cenchrus biflorus</i>	5	5	4				+	6	3	1	3			
<i>Andropogon gayanus</i>									10	5	10			
<i>Zornia glochidiata</i>	6	5	22	49					17	14	4	12	17	36
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	20	16	13	19			1	1	5	13	+			
Apprécées diverses (7 sp.)	4	3	6	13	21	10	13	13	13	7	4	3	1	
<u>Espèces inapprécées (p.100)</u>														
<i>Microchloa indica</i>												7	2	8
<i>Loudetia togoensis</i>												3	9	23
<i>Elionurus elegans</i>	2		3		1	21	19							
<i>Aristida sieberana</i>									18	12	24			
<i>Elypharis linariifolia</i>		3	12	16		9	+	15	31	40		+		
Inapprécées diverses (12 sp.)	10	6	13	2	25	5	9	10	6	5	2	9	1	
<u>Production (t/ha M.S.)</u>														
Apprécées	0,9	0,5	0,7	0,9	0,8	1,3	2,3	0,3	0,7	2,1	0,7	2,0	1,0	
Inapprécées	0,2	0,2	0,5	0,8	0,5	0,4	0,6	0,4	2,9	2,8	0,2	0,4	0,4	

FACTEUR HUMAIN

INTRODUCTION

Ce rapport de synthèse concernant les facteurs humains est le résultat conjugué de deux missions menées dans le Gourma malien "mission d'appui du 29 janvier au 10 mars 1978, rapport de mission juillet 1978, et mission d'année complémentaire, septembre-octobre 1979".

L'ensemble du volet "sciences humaines" a porté sur trois grandes lignes :

I - Nomenclature et recensement des populations nomades du Gourma malien

- . ethnies
- . tribus
- . clans
- . lignages

II - Organisation et utilisation de l'espace

- 1) contraintes écologiques
- 2) contraintes techniques
- 3) contraintes sociologiques

III - Transformation et gestion de l'espace pastoral : propositions

- 1) amélioration des conditions naturelles
- 2) les cadres institutionnels des interventions (participation des populations nomades et organisme gestionnaire).

I - NOMENCLATURE ET RECENSEMENT DES POPULATIONS NOMADES DU GOURMA

Le répertoire des fractions dont le recensement approximatif dénote la présence de 10 000 personnes environ, ne concerne que les arrondissements de Gossi, Gharus (Winarden), Gharus central, Hombori et In Tillit.

De l'analyse faite sur ce répertoire, il ressort que la composition sociologique des "groupements de nomadisation" repose sur le statut social (les Bella ensemble, les Imghad entre eux et les Peul isolément). Ceregroupement ou cet isolement renvoient au contrôle social et aux droits d'usage sur les pâturages à fonio d'une part, et de l'autre, à la présence (ou à l'absence) des champs de mil en ce qui concerne certaines fractions. Le problème se pose différemment pour les fractions qui n'exercent pas un contrôle social sur les pâturages à fonio et/ou sur les champs de mil.

Quant aux Peul Gelgodji (Djelgobé en peul), il s'agit là d'un autre type de pastoralisme fondé sur l'élevage bovin et aux techniques de production pastorale plus développées que celles des Kel Tamacheq. La fréquence des départs pour la cure salée (à Ameniganda, Karwasa, etc.), la remontée quasiment systématique jusqu'au fleuve, les techniques d'abreuvement débouchant sur un rythme et un débit nettement supérieurs à ceux des Kel Tamacheq confirment des techniques de production très évoluées. Les Peul Gelgodji demeurent les grands nomades du Gourma tant par leur fréquence de déplacement que par les distances parcourues.

Venant de Djibo en Haute-Volta, ils ont commencé à arriver vers les années 30 et n'ont cessé de s'accroître, se fixant autour de N'Daki, c'est-à-dire à proximité de la frontière voltaïque. Une étude spécifique est nécessaire, tant cette société présente de particularités au niveau de la production pastorale, mais également au plan du comportement économique de ces grands éleveurs. Il est bien évident que ces Gelgodji constituent une composante importante dans la mise en place de l'unité pastorale, notamment pour l'accès au fonio. Cette graminée, recherchée par les Kel Tamacheq pour la consommation humaine, est tout aussi appréciée par les Peul, mais pour la consommation animale. L'accès au fonio est source de conflits violents qui passent par l'affrontement physique. Les Kel Tamacheq Bella, dans un souci de protection du fonio, ont instauré un système de gardiennage dans les pâturages à fonio afin de le préserver des bovins peul. Ce système de gardiennage, élaboré le jour, mais s'appliquant également la nuit, s'est rapidement effondré devant le bâton nocturne des Peul envahissant les pâturages. Quant aux Gaberu, Peul également, mais originaires du Macina, ils se sont installés dans le Gourma vers la fin du XVIIIe siècle, au moment où les Kel Tamacheq Iwllimiden Kel Ataram exerçaient leur pouvoir guerrier et politique sur le Gourma. A la différence des Gelgodji, ce ne sont pas de grands nomades. Les Fulani, ainsi dénommés par les Kel Tamacheq, sont targués et leur nomadisme relève de leur société d'adoption.

Pour en revenir aux Kel Tamacheq (Touareg) et conclure sur l'inscription territoriale des pasteurs nomadisant dans le Gourma, on peut avancer deux constatations.

En premier lieu, il faut attirer l'attention sur le fait que depuis l'Indépendance, il n'y a pas eu de modification structurelle dans la répartition territoriale et dans l'accès aux ressources et conditions naturelles. Les transformations fondamentales résident dans la rupture des liens de dépendance (rapports tributaires, rapports esclavagistes, rapports de protection) qui ont permis la réalisation d'une autonomie politique dans l'accès aux ressources naturelles. Il s'ensuit que cette rupture des liens de dépendance a éliminé le contrôle politique des fractions dominantes sur leurs dépendants sans pour autant perturber organiquement le contrôle social qui s'est instauré à propos de l'accès aux diverses ressources naturelles composant les niches écologiques. Dans ces conditions, il apparaît que les transformations issues de différents contextes politico-historiques n'ont pas fondamentalement bouleversé la gestion de l'espace et l'accès aux ressources.

La lecture de ce répertoire laisse apparaître :

- une appropriation par fractions de la mare de Gossi correspondant à des zones d'influence politique issue des anciens Ettebel (groupement au tambour, identifié à des unités politiques). Les deux groupements concernent essentiellement les aristocrates Igwaddaren et les tributaires guerriers Imeddedeghen. Les berges immédiates et lointaines de la mare de Gossi relèvent du découpage politico-territorial suivant :

- . Sud-Est : Peul Gelgodji (nombreux bovins)
- . Nord-Est : Kel Tamacheq autrefois placés sous la dépendance des Igwaddaren, dépendance incluant les Songhay
- . Nord-Ouest : Kel Tamacheq : influence partagée par les deux groupements dominants (Igwaddaren et Imeddedeghen)
- . Ouest : Kel Tamacheq : dominance Igwaddaren.

Bien que les anciens rapports de dépendance aient été expurgés de leur contenu politique traditionnel, ceux-ci se manifestent sous des formes indirectes qui permettent cependant de maintenir un contrôle social de l'espace qui ne passe plus par un rapport de domination politique immédiat. Cependant, les aires d'influence ont été maintenues.

La moitié des nomades de la mare de Gossi accomplissent le voyage jusqu'au fleuve. Par ailleurs, il faut attirer l'attention sur le fait qu'un grand nombre de nomades viennent séjourner pendant l'hivernage (pour une durée approximative de 3 semaines - 1 mois) autour de la mare de Gossi, s'inscrivant territorialement dans les aires d'influence décrites précédemment. Ce sont essentiellement :

- les fractions maraboutiques : les Kel Ebi (Kel Taborak, Kel Bena, Kel Waghi, Kel Ahasiya, Ifoghas) ;
- les fractions du fleuve, notamment les Kel Zorhay ;
- les nomades de l'arrondissement de Winarden : les Magobey, Ifoghas Gossi, Ifoghas in Abedj ;

- les nomades d'Aghelal (cercle de Tombouctou) avec les Intorchawin ;
- les Kel Séréré.

Bien que la plupart de ces nomades (à l'exclusion des Kel Ebi) ne vont pas faire la cure salée à Ameniganda mais à Finturu, à In Aseyfi, etc., leur venue, ainsi que le départ de ceux de Gossi posent le problème de l'élargissement des limites de l'unité pastorale. Il semble donc que les conditions sociologiques associées aux conditions de la production pastorale (nécessité d'aller au fleuve, nécessité d'aller à la mare de Gossi, nécessité d'accomplir la cure salée, quels qu'en soient les lieux du Gourma) provoquent une extension de l'unité pastorale vers le Nord, y intégrant la rive immédiate du fleuve. Il faut souligner que : départ vers le fleuve, cure salée, constituent les points forts de la production pastorale. Celle-ci ne se réduit pas à un cycle semestriel (hiver-été) pendant lequel l'ampleur des déplacements est relativement faible ; elle concerne un cycle annuel incluant donc les grands déplacements et les grandes concentrations aux moments de la cure salée.

L'élargissement de l'unité pastorale pose immédiatement le problème de la matérialisation de celle-ci au niveau institutionnel. Les propositions seront développées dans le troisième chapitre intitulé : "La matérialisation de l'unité pastorale", chapitre de proposition et de synthèse.

Cependant, d'ores et déjà, il faut insister sur l'impossibilité de modifier les mouvements de nomadisation, lesquels sont le résultat d'impératifs économiques et socio-historiques.

Cet exemple de découpage des mares, attribuées aux différentes fractions et constituant un des aboutissements de leurs axes de transhumance respectifs, ne se limite pas à la seule mare de Gossi. Le principe est systématisé et respecté pour l'ensemble des mares semi-permanentes et temporaires du Gourma.

II - ORGANISATION ET UTILISATION DE L'ESPACE PASTORAL

Contrairement à une opinion couramment admise caractérisant "d'anarchique" le rapport du nomade à la nature, malgré une flexibilité et une fluidité évidentes dans l'utilisation des ressources naturelles laissant ainsi une part d'initiative individuelle dans le choix des pâturages et, enfin, en dépit de l'absence d'une notion de territorialité élaborée et rigide, il apparaît que l'espace est organisé techniquement et socialement.

Techniquement, car, en effet, la réalisation du procès de production implique la mise en oeuvre d'un certain nombre de techniques dont le point d'application du travail humain réside dans le rapport de l'homme à l'animal. Celui-ci est l'intermédiaire privilégié entre l'homme et les ressources naturelles (climatiques, minérales, végétales, animales, etc.).

Socialement, car l'espace dans son utilisation et son organisation apparaît comme le résultat des rapports sociaux de production intégrant la conception idéologique de l'espace au niveau de sa perception.

L'organisation de l'espace, *lato sensu*, est déterminée par une série de trois contraintes indissociables dont les aspects dominants, à un moment historique donné, sont conditionnés par les fluctuations des éléments composant l'écosystème pâturé.

Dans un souci de présentation académique, la série des trois contraintes peuvent apparaître isolées, sans interactions. Tel n'est pas mon propos. Ce mode de présentation, engendrant un découpage arbitraire de l'écosystème, ne doit pas déboucher sur une lecture réductionniste de cette analyse, lecture tendant à interpréter ces propos en termes de déterminisme écologique et/ou géographique. Cependant, ces contraintes écologiques, techniques et sociologiques agissent réciproquement les unes sur les autres avec leur impact spécifique. J'essaierai donc de mettre à jour leur spécificité dans l'organisation et l'utilisation de l'espace pastoral du Gourma en soulignant quelle est, en dernière instance, la contrainte déterminante.

1. Contraintes écologiques (conditions et ressources naturelles)

Il est vrai que les conditions écologiques, *lato sensu*, préexistent aux formes d'organisation sociale qui relèvent d'autres processus incluant les formes d'utilisation et d'approbation des conditions et des ressources naturelles.

Dans le Gourma comme ailleurs, les points d'eau (puits et puisards, mares pérennes ou non) constituent le pôle d'attraction des populations humaines et animales. C'est donc autour de ces points d'eau que s'organise le mode d'utilisation de l'espace pâturé et pâturable codifié selon les usages coutumiers, c'est-à-dire s'intégrant dans la nature des rapports sociaux, dans la structure sociale.

C'est ainsi que concrètement il faut distinguer deux types d'utilisation de l'espace pâturé autour des points d'eau, en fonction des découpages saisonniers répartis en saison humide (hivernage) et saison sèche. Ces deux cycles saisonniers se subdivisent en plusieurs sous-périodes impliquant des modes d'habitat et de déplacement différents.

- saison humide ou hivernage (Akasa) : déplacement groupé de juillet à début septembre ;
- saison sèche : elle se compose :
 - . d'une saison "post-hivernage" (Gharat), de septembre à novembre, caractérisée par une forte concentration des éleveurs regroupés pour la récolte du fonio ;

- . d'une saison froide (Tagrest), de décembre à février, avec habitat plus regroupé que pendant l'hivernage ;
- . d'une saison chaude (Ewiden), de mars à juin, avec le même type de regroupement que précédemment.

Par ailleurs, il faut distinguer deux types de résidence :

- unité résidentielle correspondant aux groupes domestiques (Amezzagh, pl. Imezzaghen) composés de une ou plusieurs familles conjugales, voire d'un segment de lignage.

Ces groupes domestiques comportent un nombre minimal de têtes de bétail (animaux laitiers) destinés à la satisfaction des besoins alimentaires du groupe considéré. La taille minimale de ce troupeau particulier est déterminée d'une part par le nombre de personnes et, d'autre part, par la capacité du point d'eau (puits ou puisards en saison sèche) à abreuver bétail et individus sans aller à la mare. Lorsque les capacités d'abreuvement du puits sont insuffisantes, ces nomades procèdent à une scission de leurs unités résidentielles.

- unité de production et de reproduction : (Asedj, pl. Isedjan) exclusivement composées de bergers et de troupeaux. Les Isedjan ne comportent que du gros bétail ; ils se localisent autour des mares pérennes (ou non) à la différence des unités domestiques, lesquelles se situent autour des puits à environ 20-25 km des mares, sans pour autant être systématisées (en milieu nomade, on ne peut que décrire des généralités contredites par des cas particuliers, quelquefois nombreux mais adaptés aux réalités écologiques et socio-économiques). Autre aspect important : il n'y a constitution d'unités de production spécialisées (Isedjan) qu'au-delà d'un certain nombre de têtes de bétail. Autrement dit, dès qu'un chef de famille possède un ou plusieurs Isedjan, cela signifie qu'il est détenteur et/ou responsable d'un troupeau relativement important. On peut considérer qu'au-delà d'une centaine de têtes (ce n'est là qu'un ordre de grandeur) il y a nécessité de créer une ou plusieurs unités de production.

Pour une famille de 10 personnes, la taille minimale du troupeau permettant la survie alimentaire et sociale conjugée aux autres types de troupeau se répartit ainsi :

. minimum de gros bétail : 50 têtes	{	30 femelles dont 10 en lactation 18 mâles castrés 2 mâles entiers
. minimum petits ruminants :		
ovins 100 têtes	{	60 femelles 38 mâles castrés 2 mâles entiers
caprins .. 150 têtes	{	120 femelles 25 mâles castrés 5 mâles entiers
. asins 5 têtes		
. camelins 5 têtes	{	3 mâles 2 chamelles laitières

Par ailleurs, les unités de production (Isedjan) prennent forme au-delà de la possession de 150 à 200 têtes de bovins, c'est-à-dire à partir du moment où l'on est possesseur d'environ 30 vaches en lactation au campement (unité domestique).

De cette complémentarité résidence-production, organisée systématiquement, il ressort que les contraintes écologiques provoquent la nécessité de creuser des puits pour décongestionner les niches écologiques pâturées par les troupeaux des Isedjan.

Par ailleurs, cette scission du troupeau fondée sur la taille minimale/maximale d'un troupeau n'autorise pas à établir une correspondance entre le sevrage et la scission. En effet, les techniques de sevrage ne font pratiquement pas intervenir le travail humain : ce sont les mères nourricières qui procèdent au sevrage.

Nous verrons dans le prochain paragraphe que cette complémentarité a des effets immédiats dans la composition et l'utilisation spécialisée des troupeaux.

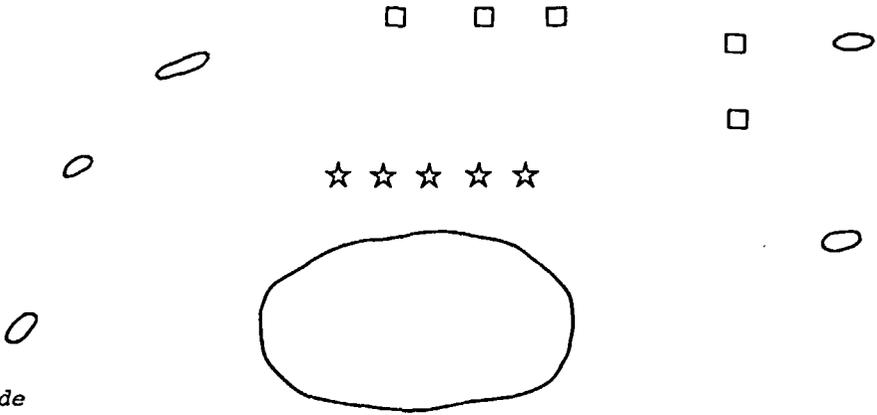
Pour terminer cette description des modes d'utilisation de l'espace, il convient de souligner fortement l'existence de "terrains de parcours" : les Ihenzuzagh.

Nous les définirons comme un ensemble de portions territoriales contenant toutes les ressources naturelles (végétales, minérales, animales et humaines) nécessaires à la réalisation des activités de production pastorales et/ou agropastorales se déroulant sur une année. Dans ces conditions, pour condenser les propos, les Ihenzuzagh sont des terrains de parcours sillonnés d'un certain nombre de points d'eau, sur lesquels se réalisent, d'une manière cyclique, les activités de production annuelles à des moments différents de l'année.

Parallèlement, aux unités de production-reproduction des bovins, il existe le même type d'organisation de la production concernant les troupeaux d'ovins : ce sont les Arokob. Ils sont gérés par les domestiques et fréquentés deux fois par semaine par le propriétaire. Les Arokob sont généralement placés à proximité des unités résidentielles. Cependant, en cas d'éloignement imposé par les conditions écologiques, la visite de contrôle effectuée par le propriétaire se pratique mensuellement. Par rapport aux unités de production bovine (Isedjan), les Arokob nécessitent beaucoup plus de travail. En effet, les ovins obligent à un travail de gardiennage permanent ; ils broutent fréquemment la nuit (la journée ils se reposent mais nécessitent toutefois un gardiennage) et sont dévastateurs par leur absence de sélection des espèces appétables (contrairement à la chèvre) ainsi que par leur manière de brouter (ils cisailent la plante au collet). Ces deux contraintes obligent à une surveillance permanente et à une mobilité plus grande que dans le cas des bovins. Quant aux troupeaux caprins, ils pâturent toujours autour des unités résidentielles (Imezzagh) et favorisent, en l'élaguant, les pâturages aériens (Imoghtan).

En combinant les cycles saisonniers et les types de troupeaux, l'utilisation saisonnière de l'espace peut s'esquisser de la manière suivante :

a) Utilisation de l'espace en saison humide (hivernage = akasa)

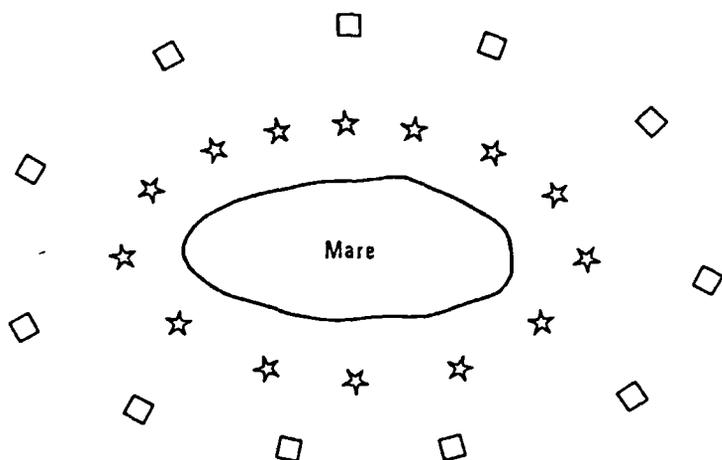


Légende

- ☆ groupes domestiques (Imezzaghen : campements) avec toutes les laitières (ânesses comprises).
- unités de production-reproduction (Isedjan) avec le reste du troupeau.
- points d'eau autres que les mares.

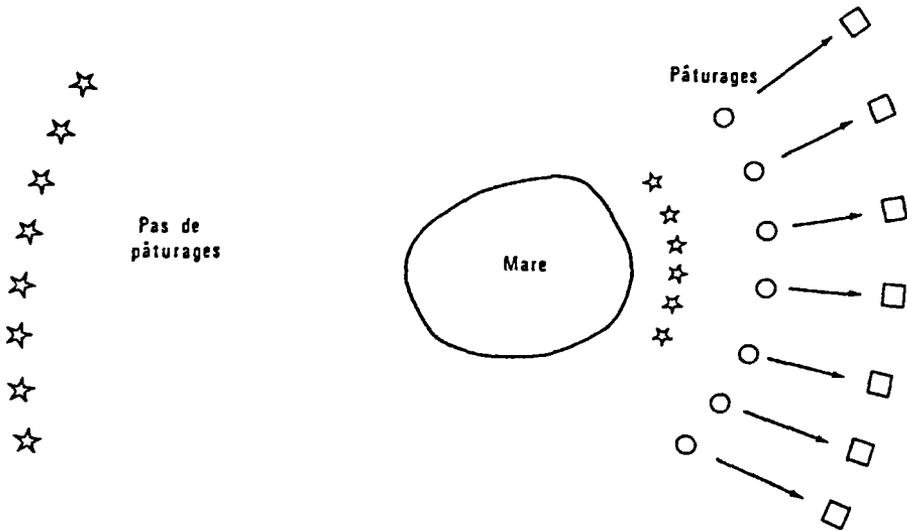
L'occupation humaine et animale des écosystèmes pâturés en période d'hivernage (akasa) consiste à épuiser, jusqu'à assèchement des mares et flaques d'eau et de se déplacer de flaques en flaques jusqu'à épuisement de celles-ci. Pendant cette même période, les unités domestiques délaissent les puits au profit des mares et flaques non pérennes par définition.

b) Occupation des niches écologiques à la fin de la période post-hivernage (Gharat) en novembre



Lorsque tous ces points d'eau sont épuisés, les unités de production-reproduction (Isedjan) vont s'éloigner de la mare en décrivant des cercles concentriques autour de la mare, tandis que les unités domestiques (Imezzaghen) vont s'éloigner petit à petit de cette mare. La position des unités de production se situe toujours derrière les unités domestiques, afin d'éviter une dégradation et une surcharge des pâturages environnant la mare.

c) Position des unités domestiques et des unités de production dans le cas où les pâturages limitrophes à la mare sont bons



Légende

- ☆ unités domestiques maintenues à leur position à condition qu'il n'y ait pas d'animaux laitiers "
- unités domestiques comportant des animaux laitiers
- unités de production correspondant aux unités domestiques précédentes

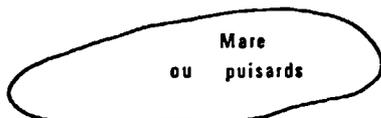
La lecture de ce schéma laisse apparaître une hiérarchie sociale dans l'utilisation et l'organisation de l'espace s'appuyant sur les conditions écologiques particulières. Nous verrons par la suite que cette hiérarchie est érigée en système déterminé par les rapports sociaux de production.

" Le maintien de ces unités concerne essentiellement les nomades pauvres. La dimension sociale intervient manifestement dans le système d'occupation de l'espace.

d) Position des unités domestiques et des unités de production en saison chaude (ewilen)

□ □ □ □ □ □ □

☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆ ☆



En saison chaude, notamment en période de soudure, le contrôle social sur l'utilisation des niches écologiques restantes s'exerce avec vigilance et démocratie. Les conditions écologiques pondèrent les hiérarchies sociales et les rapports de domination sans toutefois les éliminer. En d'autres termes, la rareté particulière des ressources naturelles restaure un processus relativement égalitaire (sans toutefois éliminer les hiérarchies, comme nous le verrons ultérieurement) dans l'accès à ces ressources naturelles. Cependant, ce processus est contrecarré par l'inégalité des tailles de troupeaux et par la situation sociale des riches propriétaires.

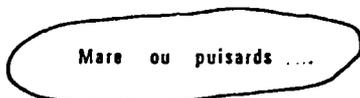
Quoi qu'il en soit, en saison chaude, il est exclu que s'instaure un ordre hiérarchique dans l'utilisation des pâturages. Un schéma du genre ci-dessous mentionné n'est en aucun cas envisageable, quels que soient les rapports de force en présence.

□

□

□

□

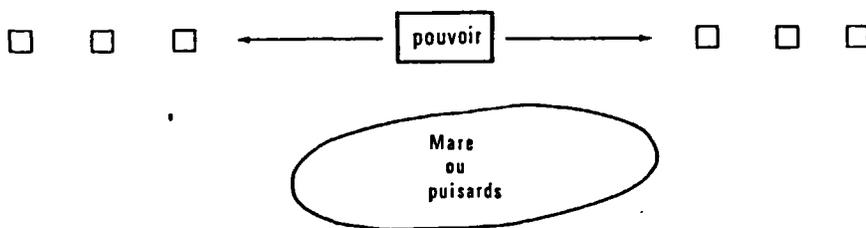


En saison chaude, tout déplacement est précédé d'une concertation qui s'instaure entre les différents chefs d'unités domestiques. Dès le début de cette saison, ces "chefs" décident de "s'aligner" (nadjedehet = soyons au même niveau, soyons égaux" (au moins pour une courte période ...).

Ce souci d'égalité provoqué par la rareté des ressources naturelles suscite un contrôle social rigoureux sans pour autant éliminer la compétition dans l'accès aux niches écologiques. Ce contrôle social de l'espace n'est pas sans provoquer des conflits dont le résultat exprime, toutes choses égales par ailleurs, le respect des décisions issues des concertations.

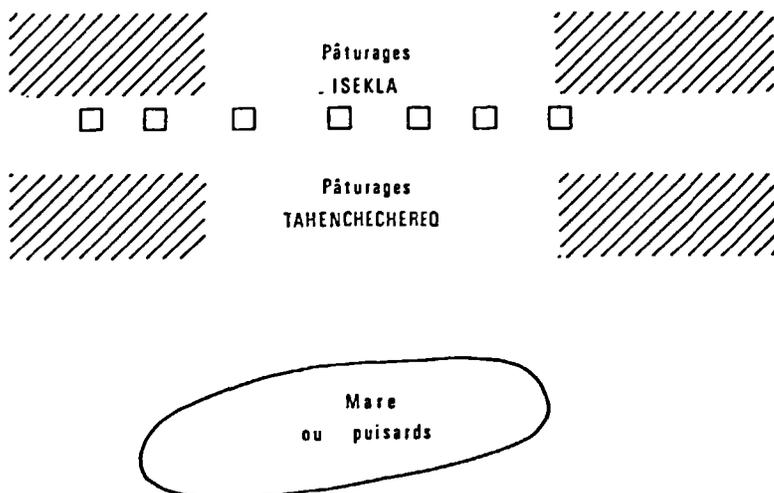
Cependant, le maintien ou l'apparition d'un nouveau rapport de force se manifeste néanmoins, mais jamais selon le schéma précédent.

e) Stratégie de pouvoir dans l'occupation des écosystèmes en saison chaude



Ce schéma permet de dire que le détenteur du pouvoir "pousse" les autres unités de production afin d'occuper davantage d'espaces mais toutes ces unités, quels que soient leur importance quantitative et leur rang social, doivent être en ligne horizontale. Cet éloignement est exacerbé lorsqu'il y a utilisation d'un rapport de force à des fins personnelles de pouvoir, mais indépendamment de cette stratégie, les unités de production (les campements également) doivent être éloignés de 5 à 6 km conformément au proverbe Tamacheq : "rapprochez vos coeurs, éloignez vos tentes"...

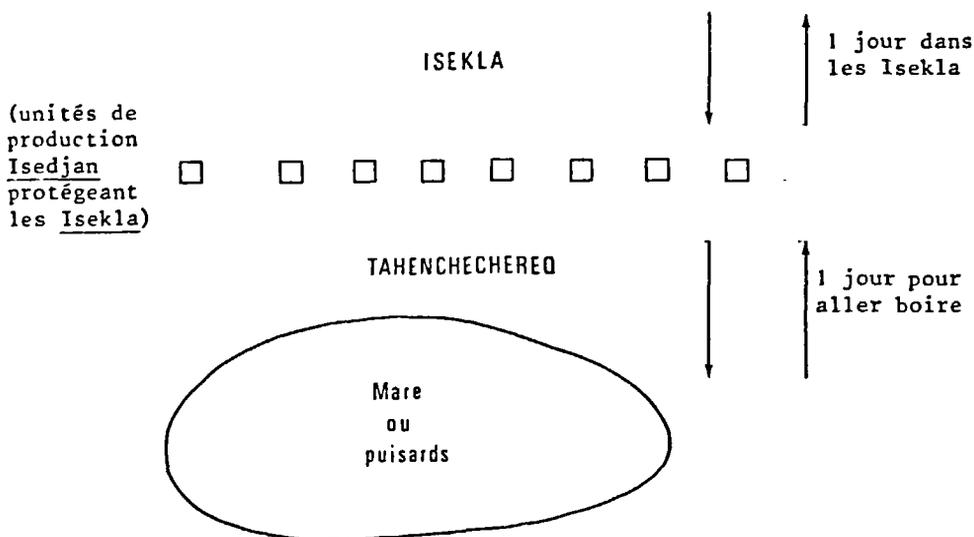
Cette stratégie dans l'utilisation de l'espace souligne les capacités qu'ont les nomades de préserver les ressources naturelles. En effet, cette disposition caractérise en fait un système de "mise en réserve" des pâturages schématisé comme suit :



Cette disposition n'est pas seulement conditionnée par la rareté des pâturages, mais également par la durée existant entre chaque abreuvement. Elle souligne par ailleurs la volonté de préservation des niches, à l'encontre de toute gestion anarchique dont on a souvent taxé les sociétés nomades.

L'utilisation de l'espace autour des unités de production s'organise en fonction de l'abreuvement permettant de ne pas saturer le milieu. L'abreuvement se fait tous les deux jours pour l'ensemble du bétail, à l'exception des camelins, lesquels s'abreuvent tous les trois jours en saison chaude (en saison froide, ils peuvent rester un mois sans boire).

L'opposition entre Tahenchechereq (pâturages compris entre les unités de production et la mare) et les Isekla (pâturages où l'on passe la journée) permet de maintenir un équilibre précaire dans les espèces pâturées. Par ailleurs, la disposition horizontale des unités de production permet d'une part d'assurer le contrôle social et d'autre part de protéger les Isekla.



f) Utilisation de l'espace dans le cas de points d'eau de nature différente

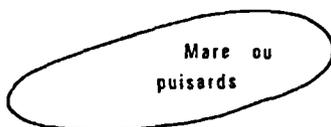
Comme nous l'avons signalé dans les paragraphes précédents, il existe une opposition entre les campements munis d'animaux laitiers et ceux démunis de femelles laitières. Ce type d'opposition recouvre une utilisation différente des points d'eau. Il se schématise ainsi :



Unités domestiques possédant peu d'animaux laitiers



Unités domestiques détenant beaucoup de femelles laitières



La particularité de cette organisation réside dans le décongestionnement de la mare par l'installation d'unités domestiques possédant peu d'animaux laitiers autour du puits. Il arrive quelquefois que les unités de production (Isedjan) dépassent le puits. Dans ce cas, l'abreuvement se maintient à la mare (même dans le cas où le puits a un fort débit).

Cependant, certaines particularités techniques correspondant à des catégories sociales ou à des ethnies différentes pondèrent ces propos. (Il en est de même pour les techniques de castration). En effet, les Kel Séréré (tributaires guerriers), les Kel Antassar (maraboutiques) et les Arabes** utiliseront le puits pour abreuver les troupeaux des unités de production.

Une autre possibilité consiste à scinder les troupeaux en deux catégories :

- les animaux dont la robustesse permet d'accéder à la mare ;
- créer de nouvelles unités de production composées d'animaux faibles dont l'abreuvement se fait au puits.

En résumé, le principe de l'utilisation et de l'organisation de l'espace se fonde sur les pâturages Isekla et les pâturages Ihenchreq ou Tahenchereq contrôlés par les unités de production. Au fur et à mesure de la progression de la saison sèche, les Ihenchreq englobent les Isekla (mouvement de la chambre à air que l'on gonfle).

Ce principe de pâturer à la périphérie repose sur deux raisons majeures :

** Les deux derniers viennent de la rive Hausa et sont habitués à puiser.

- éviter la dégradation et la surcharge (deux facteurs négatifs diminuant la productivité du troupeau) qui seraient engendrées par les passages successifs et permanents des troupeaux se déplaçant pour s'abreuver ;
- préserver la force des animaux qui vont chercher l'eau destinée à la consommation humaine.

Cette stratégie relève de la volonté, consciente par définition, de préserver le troupeau dans le meilleur état de santé possible, au moment de la période de soudure, laquelle intervient en mai-juin.

Ces longues descriptions et analyses permettent d'attirer l'attention sur la rationalité et la stratégie que les éleveurs développent en permanence pour maintenir les conditions écologiques dans le meilleur état possible. Elles soulignent par ailleurs une gestion rationnelle, non anarchique, mais cependant perturbée (sans être remise en cause) sous l'effet de l'intervention de facteurs extérieurs de toute nature : pression économique, pénétration des rapports marchands, développement de la compétition, redécoupages administratifs, sécheresses, famine, etc.).

L'occupation de l'espace par les populations humaines et animales par rapport aux points d'eau se combine simultanément avec la composition des espèces du tapis végétal et les catégories de bétail en fonction des saisons. Les conditions pédologiques conditionnent deux types de pâturages débouchant sur une utilisation spécialisée tendant des écosystèmes. D'une part, certains pâturages dunaires (bodera) peuplés d'*Euphorbia balsamifera* (lataghalt), dont les fruits et les feuilles sont consommables par tous les animaux²², de *Blepharis linariifolia* (efaghet à l'état vert et ekaney à l'état de paille) de *Zornia glochidiata* (tekament), *Cenchrus biflorus* (takana ou cram-cram), *Alysicarpus ovalifolius* (tafarkest) et, d'autre part, les couloirs coluviaux des terrains squelettiques à brousse tigrée, les isalwa (sg. asalwa), peuplés de *Schoenefeldia gracilis*. Ces zones à brousse tigrée sont exploitées, d'une manière préférentielle par le gros bétail et ce jusqu'à 2 ou 3 mois après la saison des pluies. Cependant, en cas de manque d'eau, le gros bétail pâture sur les bodera, pâturages dunaires.

D'une manière indicative, préférentielle, les espèces appréciées par le petit bétail sont constituées par ce qui est refusé par le gros bétail. Cependant, rien de systématique dans ce mode d'utilisation, car les bovins peuvent, en cas de nécessité, consommer des espèces qui seraient rejetées en cas d'abondance. Le berger intervient très peu dans la sélection des pâturages, sauf toutefois, pour la consommation de *Cenchrus biflorus* en saison humide, dont il favorise l'accès aux bovins, afin d'accroître la production laitière.

²² Cette information procurée par des éleveurs du Gourma est contredite catégoriquement par les agrostologues qui la considèrent comme une plante toxique.

Il existe une forme de rotation ou de permutation des différentes catégories de bétail dans la consommation des pâturages dunaires et de ceux des vallées. Mais cette pratique résulte des espèces appréciées. En effet, le gros bétail ne consomme pas toutes les espèces, il a tendance à délaissier certaines espèces non appréciées au profit du petit bétail. Il apparaît donc que l'opposition pâturages dunaires/pâturages de brousse tigrée à laquelle correspond l'opposition petit bétail/gros bétail n'est pertinente qu'en saison humide. Au-delà de cette saison et de ses effets, le critère qui intervient réside dans le degré d'appétibilité des espèces et dans l'existence des points d'eau.

2. Contraintes techniques

Le chapitre précédent consacré aux contraintes écologiques incluait les contraintes techniques et l'intervention des facteurs sociologiques. Les interactions sont permanentes. Dans ces conditions, on se limitera à mentionner ici certaines contraintes techniques particulières.

Les contraintes techniques se manifestent essentiellement au niveau du rapport homme/troupeau révélant certaines méthodes, certains procédés de production. Ces techniques font partie des forces productives ; elles expriment la manière dont les producteurs agissent sur les moyens de production (le bétail et par son intermédiaire, la nature) en vue de les transformer en valeurs d'usage. Elles impliquent une certaine connaissance, une certaine expérience du producteur et constituent une des trois composantes des forces productives humaines, les deux autres étant les moyens de production (ici, d'une manière dominante, le bétail) et la force de travail.

Les techniques se manifestent notamment :

- a) dans la composition des troupeaux et leur répartition spatiale (utilisation de l'espace) cf. le chapitre précédent, et à travers les oppositions unités domestiques/unités de production, pâturages dunaires/pâturages des vallées.
- b) dans les techniques des cures salées (Ahara)

L'exploitation des terres salées traduit une spécialisation non achevée qui intervient au niveau même de la production/reproduction du bétail.

Les principaux points de cure salée se trouvent à Ameniganda, Dimamu, Karwasa, In Aseyfi, Alembu, Tin Ahara, Ufar, Tivedjut, Inseghe-ren, Tidjajiwin, Emeserere, Kimaru, Pinturu, Niangey, In Tafuk.

La cure salée est nécessaire à la production animale ; selon les éleveurs les plus compétents, elle assure trois fonctions majeures dans ses relations avec les catégories de bétail (gros bétail ou petits ruminants) et la nature des minéraux :

- fonction de lactation (Asetfas ou Tisaret ou El Baraka) notamment à Ufar, Alembu pour toutes les catégories de bétail. Ce banco salé présente l'avantage d'être une terre natronneuse, donc plus acide.
- fonction d'engraissement (Tanahala), les propriétés intrinsèques de ce banco salé se trouvent à :
 - . Karwasa, notamment pour les bovins. Lorsque ces derniers ont pu consommer les pâturages de Karwasa pendant l'hivernage, ils emmagasinent des valeurs calorigènes libérées par ces pâturages, favorisant des réserves énergétiques constituant un "isolant" contre le froid.

. Tin Ahara

. In Aseyfi : cette terre a la particularité de guérir la streptothricose (Afuri) ou dermatophilose, maladie bactérienne de la peau qui s'étend de la base de la queue jusqu'à proximité de la bosse. La terre d'In Aseyfi favoriserait la guérison des lésions cutanées. Toutefois, les spécialistes soulignent qu'en fait il s'agit plutôt d'une question de sapidité et que, par ailleurs, la dermatophilose apparaît plus fréquemment dans les pâturages sur Burgu (*Echinochloa stagnina*). Ces Burgu favorisent également les maladies parasitaires telles que la distomatose due à la douve du foie (inaghrum ou hausa : le foie) exprimée par les Tamacheq par "le foie est brûlé" ; la coccidiose, laquelle atteint surtout les jeunes veaux et se manifeste par des diarrhées sanguinolentes (tarchemt) provoquées par la présence de coccidies dans l'intestin terminal ; l'échinococcose (tibiyagh : signifiant l'outré) se matérialisant par un ou plusieurs kystes liquidiens.

- fonction de reproduction, notamment à Ameniganda, Dimamu, Ikarkaraten, In Aseyfi. L'absorption de cette terre nécessite souvent une remontée vers les pâturages du fleuve, notamment pour le gros bétail. Cette fonction de reproduction est confirmée par le fait que certains éleveurs, tels que les Kel Séréré (et bien sûr les Peul) détenteurs d'unités de production (Isedjan) ne vont au fleuve qu'avec les animaux laitiers, laissant les autres animaux dans les Isedjan à Bambu. Cependant, ces troupeaux des Isedjan vont au fleuve en septembre, octobre et novembre, puis remontent à Bambu (cure salée) où ils restent jusqu'à l'assèchement de la mare. Cette pratique dénote une tendance à la spécialisation et à l'importance attribuée à la production laitière, donc à la reproduction.

Ces trois fonctions ne sont pas caractérisées par des propriétés spécifiques systématiques contenues dans la terre salée. Cependant, l'empirisme (ou l'illusion ?) des nomades tendent à accentuer les propriétés particulières intrinsèques à certaines terres salées. Par ailleurs, en supposant que ces propriétés existent, elles ne peuvent agir qu'en complémentarité avec la composition des pâturages environnants consommés.

Quoiqu'il en soit, et c'est là une contrainte majeure qu'il faut savoir reconnaître et admettre, ce type de stratégie est contenu implicitement, sans être érigé en système, dans le mode d'utilisation (donc de compétition, voire de concurrence) de l'espace. Cette stratégie s'inscrit également dans l'accès aux pâturages dont la composition herbacée est réputée favorable à la production laitière.

Ce type de stratégie est contenu implicitement, sans être systématisé, dans le mode de compétition, voire de concurrence, dans l'accès aux pâturages dont la composition herbacée est réputée favorable à la production laitière.

Ce serait une erreur majeure que de vouloir accélérer ce processus de spécialisation dans l'utilisation des niches écologiques, spécialisation qui déboucherait sur une augmentation de la production laitière. En effet, développer ce processus pour intégrer la production laitière dans les circuits de commercialisation reviendrait à créer les conditions d'une plus grande compétition dans l'accès aux ressources naturelles, favorisant la transformation de la compétition en concurrence impliquant ainsi le développement des rapports de dépendance et des rapports de classe.

Cette transformation de la compétition en concurrence provoquerait simultanément une surcharge inévitable des pâturages sélectionnés (donc une dégradation irréversible), modifierait profondément les formes d'appropriation des ressources naturelles privilégiant les éleveurs qui sont dans un rapport de force qui leur est favorable, transformerait les itinéraires utilisés sur les terrains de parcours.

Au plan socio-politique, une telle transformation placerait les éleveurs dans des situations conflictuelles, voire antagoniques.

Nous reviendrons dans le prochain chapitre sur ces systèmes de compétition et de concurrence.

Les techniques se manifestent également :

c) dans les techniques de castration

Les Kel Tamacheq distinguent deux types de castration pour les bovins :

- Anakad (couper) : la castration sanglante, dont l'inconvénient majeur réside dans la difficulté de juguler la saignée ;
- Udich (écraser) : dont la technique consiste à écraser le cordon testiculaire avec un bâton.

Le premier procédé (Anakad) est bien antérieur et bien plus généralisé que le second (Udich). L'âge à la castration varie en fonction des catégories sociales et des buts à atteindre, soulignant ainsi la manière dont le bétail est utilisé (finalité de la production).

Ainsi, les tributaires guerriers pratiquent la castration sur des mâles âgés de 5 à 10 mois. Cette précocité se fonde et se justifie par la recherche d'obtenir des animaux socialement (ou réellement ?) perçus comme ayant une valeur esthétique. Ces tributaires autrefois guerriers pratiquent la castration sanguine sur de jeunes animaux, car le jeune âge paraît-il, préserve des hémorragies.

L'argument esthétique est pertinent. En effet, ces tributaires ont un rapport au troupeau, qui consiste à accumuler du bétail dont l'utilisation est destinée à mettre en oeuvre les règles traditionnelles (dons, prêts, système de transmission du troupeau, pertinence des règles successorales religieuses des biens (Ebetikh). Autrement dit, le bétail tend à être moins commercialisé (au sens capitaliste du terme) que dans les autres catégories sociales composant la population du Gourma.

Par contre, les anciens esclaves (Bella), les Ibogheliten (fractions socialement mixtes) les Kel Antassar (maraboutiques el Faqiten) et les Kel Agays (maraboutiques) castrant les animaux âgés de 2 à 3 ans, et ce dans le but de leur faire prendre du poids dénotant une certaine orientation vers la commercialisation, notamment chez les Kel Antassar, lesquels vendent les boeufs dès l'âge de 4 ou 5 ans.

Ces techniques, loin d'être exhaustives, ne sont qu'indicatives.

3. Contraintes sociologiques

Ecrire que les sociétés nomades subissent des contraintes écologiques et techniques spécifiques est un lieu commun. Il s'agit néanmoins de les repérer, puis de les resituer dans leur contexte historique, afin de déterminer leur influence dans l'installation des rapports sociaux de production.

La précarité et la rareté relative des ressources naturelles entraînent une compétition entre pasteurs d'une part, entre agriculteurs et pasteurs d'autre part, notamment là où les imbrications ethniques existent comme dans le Gourma (Twareg, Peul, Maure, Songhay).

Par ailleurs, les activités productives, tant pastorales qu'agricoles, y sont plus diversifiées et mettent en jeu des intérêts contradictoires.

Comme j'ai essayé de le montrer dans les paragraphes précédents, l'utilisation de l'espace s'inscrit fondamentalement dans la réalisation du procès de production et intervient simultanément comme un des éléments de la structure de ce processus qui prend forme à travers l'organisation sociale (BOURGEOT, 1979).

Cette relative rareté des ressources entraîne deux types de stratégies développées pour accéder aux ressources naturelles. Le système économique et les niveaux sociaux auxquels se réalise le procès de travail, déterminent ces stratégies qui se manifestent à travers la compétition et la concurrence.

On peut prendre comme niveau social significatif celui du groupe de descendance au sein duquel intervient la compétition. Lorsque les groupes domestiques composant les unités résidentielles (ou unités de nomadisation) exploitent simultanément des niches écologiques différentes ou successivement les mêmes pâturages, il s'engage alors une compétition permanente entre les pasteurs d'un même groupe de descendance pâturant sur un même terrain de parcours.

Dans les sociétés nomades où les agriculteurs occupent une place de dépendants (par exemple les Harratin chez les Maures du Gourma) évoluant sous la tutelle politique et économique des pasteurs, les relations nouées entre pasteurs et agriculteurs impliquent une compétition interne et seconde caractérisée par la dominance de la production pastorale. Dans ces conditions, l'insertion des agriculteurs dans l'espace pastoral n'entraîne pas de rivalités conflictuelles, car elle est régulée par les rapports sociaux de production.

Le système compétitif se fonde sur une coexistence pacifique facilitée par les relations de parenté et d'alliance entretenues dans les groupes de descendance. Il s'inscrit par ailleurs au sein d'une coopération renforcée par une idéologie unitaire lorsqu'il s'agit d'une même ethnie face à une autre ou bien d'un groupe de descendance face à d'autres. Ce système fonctionne selon le modèle lignager segmentaire condensé dans le proverbe suivant : "moi d'abord, moi contre mon frère ; moi et mon frère contre mon cousin ; moi, mon frère et mon cousin contre mon cousin au second degré, etc.."

La compétition intervient notamment dès les premières pluies de l'hivernage engendrant de jeunes pousses aux qualités nutritives exceptionnelles et recherchées par toutes les catégories de bétail. Ce type de compétition tend à définir l'espace par sa productivité.

Le système compétitif s'inscrit également dans les différentes activités de la production pastorale (pastoralisme, axes empruntés pour les échanges commerciaux de toute nature, etc.), ce qui recoupe l'occupation des écosystèmes et l'exploitation du producteur primaire par les différentes catégories de bétail.

La seconde stratégie se situe dans la transformation de la compétition en concurrence (cf. le chapitre précédent).

Comme dans la quasi-totalité des sociétés pastorales, le producteur primaire (le tapis végétal) appartient au domaine public et constitue une appropriation collective, inaliénable et non dévolue. Cependant, les conditions d'utilisation des niches écologiques reposent sur des bases inégalitaires. En effet, les groupes dominants, notamment les anciens guerriers (aristocrates ou tributaires) exercent une prééminence dans l'utilisation et dans l'accès aux ressources naturelles, leur permettant ainsi de détenir la maîtrise globale du procès de production. Actuellement, compte tenu des transformations sociales survenues au moment de l'Indépendance, la nature du rapport s'est modifiée sans pour autant être éliminée.

Il s'ensuit que l'inscription territoriale, qui correspond aux terrains de parcours sillonnés par les groupes de descendance, n'est pas rigide. Cette absence de rigidité est déterminée par la nature spécifique du système technique pastoral et par la nature de sa production qui exigent une flexibilité et une fluidité des aires de nomadisation ou délimitées cependant par des zones d'influence politique.

L'utilisation de noms de plantes pour désigner certaines années souligne que le descripteur végétal est en même temps un descripteur spatial qui renvoie à un espace physique et à des conditions géographiques précises.

L'accès et l'exploitation du tapis végétal étant significatifs, discriminatoires dans sa jouissance (bien qu'il n'y ait pas d'appropriation privative des pâturages), cette inégalité caractérise deux choses :

- l'inégalité dans la distribution du cheptel, tant dans le type de bétail (gros bétail : bovins et camelins, petit bétail : caprins, ovins) que dans la dimension du troupeau (plus on a de bétail, plus on occupe de pâturages) ;
- l'existence de rapports de dépendance jetant les bases de la formation de rapports de classes (BOURGEOT, 1975).

La prééminence foncière, l'inégalité dans l'utilisation des pâturages assurent simultanément la reproduction élargie et la reproduction des rapports de domination. En d'autres termes, l'espace de production correspond à l'espace de reproduction politique, ce qui implique un maintien et une persistance des rapports de production dominants.

L'organisation économique et *a fortiori* le système politique fournissent la structure dominante du système territorial en matérialisant l'espace et en limitant l'accès aux ressources naturelles. Le problème de l'utilisation de l'espace souligne la manière par laquelle les écosystèmes pâturés sont exploités et révèle l'organisation spatiale déterminée par le système social dont les effets engendrent la conception que se fait la société de son espace.

La ségrégation spatiale répond aux conditions du contrôle de l'espace par les groupes les plus puissants et trouve une de ses explications dans la nécessité de contrôler politiquement et économiquement les plus faibles, ce qui renvoie en définitive à une forme d'appropriation de l'espace dont l'expression politique en est le rapport de dépendance s'exprimant sous des formes multiples (rapports de parenté, rapports contractuels fondés sur les valeurs traditionnelles, rapports salariaux). Il apparaît ainsi que l'organisation spatiale se structure en fonction du procès de production, mais également en fonction de la forme que prennent les rapports de production à un moment donné pour réaliser le prélèvement et l'accaparement du surplus.

Dans ces conditions, il semble que l'organisation de l'espace corresponde moins (au niveau d'un processus tendanciel) aux besoins de la société dans sa globalité qu'à ceux exigés par les groupes dominants.

L'accaparement du surplus se révèle par l'accumulation en bétail (stockage des moyens de production) et en produits alimentaires issus de la production pastorale ou agricole permettant le maintien et la reproduction des rapports de dépendance, voire des rapports d'exploitation.

La production, l'accaparement et la redistribution éventuelle du surplus empruntent les réseaux déterminés par l'organisation économique liée au système politico-parental. Ceci fournit les bases de l'élaboration d'un système territorial déterminant une forme spécifique d'organisation spatiale. Le mode d'utilisation de l'espace apparaît comme la sphère où se réalise l'ordre social plus ou moins imposé par les groupes les plus puissants.

Dans ces conditions, l'espace, dans sa perception et dans son utilisation est conditionné par les rapports sociaux de production, par la place que le nomade occupe dans la réalisation des procès de production. C'est en ce sens qu'il semble fondé de considérer l'espace comme un produit social. A cet égard, GALLAIS (1976) souligne le fait suivant : "... j'en reviens à examiner comment la hiérarchie socio-politique entre groupes peut modeler la perception de l'espace de chacun d'eux" et "je retrouve le rapport de force politique dans le second fait, qui est le seuil d'inutilisation du milieu naturel, lequel varie en fonction des catégories sociales d'éleveurs".

III - TRANSFORMATION ET GESTION DE L'ESPACE PASTORAL : PROPOSITIONS D'ACTION

Les chapitres précédents tendent à montrer qu'une rationalité certaine existe dans l'utilisation de l'espace. Cette structure organique, cohérente, ne permet pas pour autant d'en conclure à la nécessité de maintenir le Gourma dans son état actuel. Notre objectif était de souligner une gestion non-anarchique de l'espace, l'existence des règles sociales pertinentes. Cependant, ce ne peut être au détriment d'un certain nombre de contradictions, ni au détriment de la mise en oeuvre de certaines réalisations, au demeurant urgentes.

La mise en place d'une ou plusieurs unités pastorales rencontre une série d'obstacles liés à l'inscription territoriale usuelle des nomades, aux formes d'appropriation présidant aux modes d'utilisation de l'espace en fonction de la diversité des activités économiques et, enfin, aux découpages des circonscriptions administratives. Dans ces conditions, quels critères peut-on utiliser pour définir une unité pastorale ? La réalité du Gourma met en évidence l'impossibilité d'avancer un critère qui satisfasse, en tant que noyau invariant regroupant des éléments communs, le recouvrement des trois facteurs précédemment cités. Il n'existe pas de correspondance (d'équivalence) structurelle entre la notion de territorialité^{**} chez les nomades et les découpages administratifs. Par ailleurs, sur un même "territoire", nomadisent des populations socialement non homogènes, relevant de statuts politiques différents et appartenant à des réseaux de parenté et d'alliance sans liens communs. Cependant, sur des bases techniques, dans une perspective expérimentale (un "flot pilote") localisée, la mise en place d'une unité pastorale peut se révéler bénéfique à condition de l'articuler avec un code pastoral.

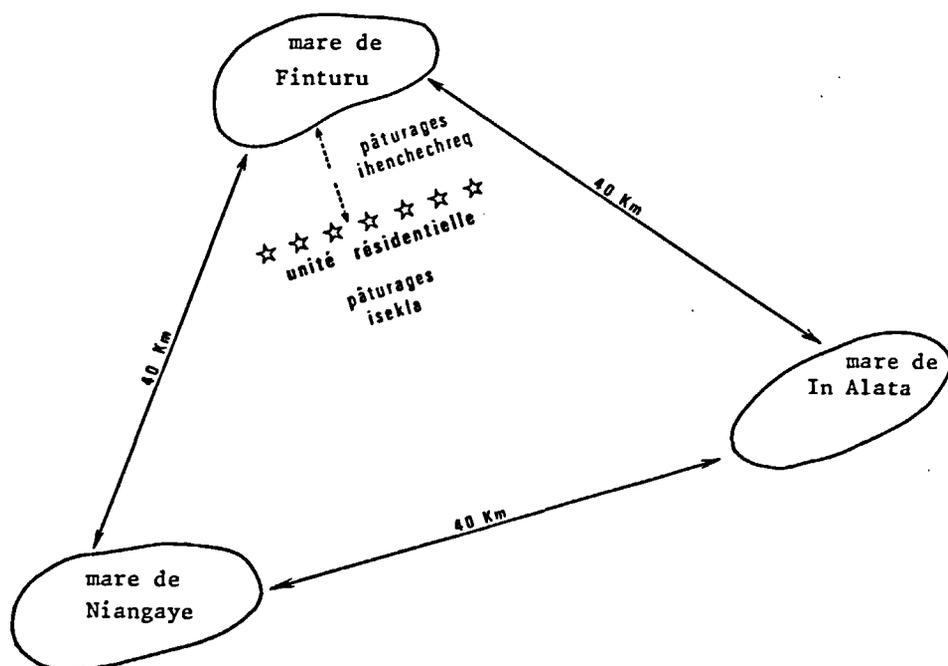
Compte tenu des études menées d'une part sur les modes d'utilisation et d'organisation de l'espace et, d'autre part, sur son contrôle social (structure socio-politique), il semble opportun de proposer, au niveau des principes, l'élaboration d'un code pastoral spécifique aux populations du Gourma central. Le contenu juridique de ce code devrait faire l'objet d'une étude particulière. Cependant, d'ores et déjà, il est possible de suggérer des propositions à deux niveaux induits par ce code.

Il s'agit de lui donner un contenu visant à la prise en charge de l'espace pastoral par les éleveurs eux-mêmes, d'organiser les aménagements nécessaires de leur espace et, par ailleurs, d'instaurer un ou plusieurs cadres institutionnels d'interventions (aménagement, gestion, sanctions, etc...).

Cette conception se fonde sur la volonté de redonner aux communautés pastorales les capacités, dont elles ont été dessaisies au cours de l'évolution historique, de reprendre en main leur propre destin^{***}. Elle vise par ailleurs à ne pas réduire un code pastoral à sa seule dimension juridique.

** Nous définissons la notion de territorialité en tant qu'espace géographique nécessaire à la réalisation du procès de production pastorale se déroulant annuellement.

*** BOURGEOT *et al* in UNESCO, 1979.



Le surcreusement des mares ne modifie pas les axes de trans-humance mais au contraire permet de les stabiliser. Cependant, une mauvaise gestion peut entraîner des phénomènes de surcharge conséquents à ce surcreusement.

En résumé, des avantages : stabilisation, décongestionnement et mise en défens naturelle de certains pâturages.

Par ailleurs, une politique de surcreusement des mares peut se réaliser par des techniques simples mises en oeuvre par les populations nomades elles-mêmes. Cette dimension technique provoque une participation active et directe des pasteurs du Gourma nomadisant ensemble. Cependant, il ne s'agit pas pour autant de rejeter catégoriquement et systématiquement l'éventualité du creusement de puits. Cette politique ne doit pas se fonder sur des bases techniques, mais sur des bases socio-économiques qui relèvent simultanément du mode d'utilisation de l'espace et des techniques de la production pastorale (exhaure, gardiennage, fonio, cure salée, etc...) spécifique à ces nomades.

b) Mise en défens

Loin d'être une panacée, un système de mise en défens se heurte à une série de trois obstacles réels ou potentiels :

- opposition d'ordre idéologico-religieuse ;

- effets négatifs issus de décisions bureaucratiques émanant des services techniques et non appropriées aux conditions de la production pastorale ;
- risques certains de corruption utilisée par les riches éleveurs.

En effet, l'idéologie véhiculée par les fractions maraboutiques dont il ne faut pas minimiser le poids et l'impact politiques, affirme qu'une mise en défens est, d'une part suivie de période de sécheresse, de dégradation et que, d'autre part, elle crée les conditions d'un processus d'appropriation privative des pâturages. Ce second point est d'autant plus intéressant qu'il renvoie au troisième obstacle mentionné ci-devant. En effet, les riches éleveurs sont tout à fait prêts à soudoyer quelques représentants de l'autorité administrative moyennant quelques génisses destinées à accorder le droit de pâture sur l'espace mis en défens. Au-delà de cette corruption, il existe également la tentation permanente de faire paître les troupeaux de ces représentants sur les pâturages mis en réserve : l'abus de pouvoir appartenant à la réalité quotidienne, c'est donc un facteur objectif que l'on doit intégrer dans l'analyse.

Quant au second obstacle, il concerne la mise en défens du fleuve Niger sur une bande de 45 km de part et d'autre du fleuve et sur une longueur de 200 km²². Quelles que soient les dates et la durée (que nous ignorons) de cette mise en défens, cette décision risque d'asphyxier les activités pastorales, s'expose à l'apparition d'antagonismes dommageables et peut provoquer une concentration de certaines fractions au Sud de cette bande horizontale, entraînant une surcharge et une dégradation du tapis végétal.

Cette décision soulignant le souci légitime de préserver les abords du fleuve, pourrait se matérialiser en l'assortissant d'une certaine souplesse qui correspond à la flexibilité de la conception et du mode de vie nomade. Il s'agirait alors de créer des couloirs d'accès au fleuve dont l'eau apparaît aux nomades comme nécessaire à la cure des animaux du Gourma central. Ces couloirs, dont l'accès serait autorisé à un certain nombre de fractions permettraient de réguler partiellement la concentration des nomades provoquée par cette décision. Il s'avère que l'élaboration d'un calendrier assorti d'un système de rotation permettrait de résoudre le problème. Par ailleurs, ce découpage, ou en terme imagé, cet "entrelardage" dans la mise en défens ne perturbera pas la composition sociale des fractions dans leurs aires de transhumance.

En définitive, une mise en défens de pâturages ne peut être décrétée ni régulièrement, ni localisée systématiquement, mais adaptée aux conditions locales des ressources en eau et du mode d'utilisation de l'espace.

Les conditions de sa réalisation résident dans le fait qu'à mi-hivernage, il s'agirait de faire le point des ressources, puis, en fin d'hivernage (septembre) de prendre les décisions de mise en défens en fonction des endroits. Ceci procède d'une conception des réalisations

²² Note de service du 1.09.79, n°11, émanant du cercle de Charus.

fondée sur la souplesse et la participation active de toutes les parties concernées : éleveurs, administration et services techniques.

2. Les cadres institutionnels des interventions

Il ne s'agit pas de proposer un programme d'aménagement technique et institutionnel s'appuyant sur les nomades et/ou avec leur assentiment, mais de leur donner les moyens de prendre en main leurs affaires économiques et institutionnelles fondés sur leur structure communautaire en collaboration avec les autres instances étatiques.

a) Structure communautaire : le conseil de transhumance

Actuellement, l'organisation en fractions, issue de décisions politico-administratives, l'existence d'une structure communautaire sont socialement pertinentes : c'est par elles que passent les réseaux de décision et de résolution des conflits de toute nature, ainsi que le respect des axes de transhumance traditionnels.

Plusieurs fractions ayant pour habitude, par "usage social", de nomadiser ensemble, la gestion de ces "aires de nomadisation" pourrait s'appuyer sur des "conseils de transhumance". Ceux-ci seraient composés d'éleveurs élus, représentant les fractions qui nomadisent ensemble. En terme d'espace géographique, ces conseils prendraient en charge la gestion, y compris l'amélioration, des aires de transhumance communautaires sur lesquelles nomadisent ces fractions.

La mise en place de "conseil de transhumance" se situe dans le prolongement de l'intervention active et directe que les éleveurs opéreraient sur la biocénose (conditions naturelles de la production : eaux, pâturage, minéraux), ainsi que sur les améliorations à apporter.

Au niveau de la consommation et de la circulation du bétail, il faudrait trouver une articulation entre les coopératives et les éleveurs. Cependant, il existe une équivalence structurelle entre les coopératives et les arrondissements administratifs, tandis que la composition des "conseils de transhumance" recoupe, de fait, plusieurs arrondissements. L'articulation pourrait néanmoins se faire à travers la fonction de commercialisation attribuée aux coopératives.

La mise en oeuvre de ces "conseils de transhumance" répondrait à la notion "d'investissement humain" avancée par les autorités gouvernementales et, par ailleurs, à la notion autochtone dont l'expression linguistique en Tamacheq est "siasa-n-tamazug" qui répond à un code moral de comportement relevant d'un consensus social.

Par fidélité aux réalités sociales et humaines du Gourma, il faut insister sur les potentialités humaines qui y existent et sur la disponibilité des éleveurs à entreprendre, à exécuter ce qu'on leur dira de faire à condition que l'initiative soit suscitée par le pouvoir central. Il s'agit donc fondamentalement de montrer une volonté politique de réaliser quelque chose dans cette région.

Un type de pâturage "rationné" en saison sèche est déjà pratiquement respecté traditionnellement par la mise en repos des pâturages situés entre le point d'abreuvement et les campements qui s'en éloignent progressivement, tout en restant alignés et assez séparés les uns des autres.

Dans le cadre des conseils de transhumance, il y a possibilité de mettre en place des travaux collectifs d'aménagements de l'espace pastoral.

Cette pratique permettrait de revivifier des notions, des concepts, des pratiques issues des catégories de pensée et des pratiques autochtones, lesquelles pour des raisons historiques, politiques et sociales d'origines diverses ont été épurées de leur contenu. Une telle conception réintroduirait une dynamique inhérente aux mécanismes de fonctionnement de cette société. Elle renforcerait par ailleurs une cohésion sociale qui tend à s'effriter. Cette conception tend à considérer ces nomades comme des agents actifs de leur propre développement et non plus comme des sujets passifs dudit développement. Elle permet d'engendrer un processus d'adaptation-transformation de l'utilisation des ressources naturelles dans les conditions actuelles de la production. Le dynamisme économique d'une société se manifeste dans et par le fonctionnement d'institutions et d'instance qui leur sont spécifiques. Enfin, une telle conception permet de créer les conditions d'une articulation entre les instances traditionnelles, leurs valeurs spécifiques et les instances administratives représentant les autorités gouvernementales.

L'application de cette démarche pourrait se faire selon le schéma suivant :

- l'administration suscite la réunion du "conseil de transhumance" ;
- ce conseil fait des propositions (mise en défens, lieux, dates et pourquoi, etc.) ;
- l'administration décide ;
- administration et éleveurs se chargent de contrôler l'application des décisions.

b) "Points forts", espace et conseil intercommunautaires

Certaines portions territoriales (lieux de cure salée, mares, champs de fonio, etc.) particulièrement dégradées sont l'enjeu de fractions issues de plusieurs conseils de transhumance, c'est-à-dire de multiples aires de nomadisation. Ces "points forts de la production pastorale" (l'expression de J. Gallais, 1975) nécessitent une réglementation sociale destinée à réguler l'accès à ces ressources. Dans le même esprit qui préside à l'instauration d'un code moral (la siasa-n-tamazuq), il s'agirait de créer un "conseil intercommunautaire" : composé d'éleveurs élus par

 ** Il n'existe pas, semble-t-il, d'expression Tamacheq caractérisant ce conseil, lequel relève du même esprit que le conseil de transhumance.

les conseils de transhumance. Cette représentation élective permet de maintenir les formes d'appropriation collectives ; en revanche, elle transforme les conditions de l'utilisation et de la gestion de ces "points forts" placés sous le contrôle social des pasteurs nomades. Une autre conception risquerait, à terme, d'entraîner un processus d'appropriation privative sectorielle, source de conflits. Il s'agit donc de "codifier" socialement l'accès à ces points forts.

c) Espaces non pâturés : leur gestion

Là comme ailleurs, il existe dans le Gourma des espaces pastoraux non pâturés pour diverses raisons, notamment par l'absence de points d'eau. Dans le cas où une politique de surcreusement de mares et de creusement de puits permettrait l'ouverture de pâturages non encore exploités, se poserait alors le problème suivant : par qui et comment se réaliserait cette nouvelle exploitation ? Cette question pose le problème de la nature du régime foncier et l'affectation de ces nouveaux pâturages. Deux solutions sont alors offertes :

- ces terrains de parcours potentiels sont considérés comme biens collectifs indivis, ce qui relève fondamentalement des formes d'appropriation collective en exercice chez les nomades ;
- ou bien on les décrète "patrimoine domanial" dont les éleveurs auraient l'usufruit. Mais sous quelles formes ?

La première solution semble devoir satisfaire davantage les pasteurs. De surcroît, elle est compatible avec le développement d'une stratégie de gestion des écosystèmes pâturés telle qu'elle est présentée dans les paragraphes précédents. L'affectation de ces espaces pastoraux à des collectivités responsables de leur gestion correspond fondamentalement à la volonté de transformer les éleveurs en sujets actifs de leur propre développement, afin de les sortir de leur situation de spectateurs passifs dans laquelle ils sont cantonnés.

Quant à la seconde solution, à savoir l'instauration d'un "patrimoine domanial", elle participe déjà à une modification des rapports de propriété et tend à déposséder les nomades d'une partie des pâturages sur lesquels ils n'ont pas encore accès. Pourtant, ces espaces, non pâturés, relèvent de leur contrôle social. Par ailleurs, une juridiction domaniale sanctionnant une nouvelle forme de propriété, risque, à terme, de provoquer des oppositions entre fractions. A cet égard, l'exemple de la steppe algérienne est particulièrement éclairante et révélatrice. En effet, au XIXe siècle, la transformation des formes de propriété sur la steppe, notamment la mise en place de territoires domaniaux, a engendré une réglementation stricte des aires de transhumance amputées de leur amplitude traditionnelle en fixant les nomades dans des couloirs de migration (::). Par ailleurs, la création d'un patrimoine domanial contient le risque de déposséder les nomades de pâturages potentiels au profit d'un type d'exploitation autre que le pastoralisme.

Dans le meilleur des cas, l'utilisation de celui-ci à des fins pastorales risque d'être le lieu d'une dégradation d'un surpâturage conséquent à l'absence d'un contrôle social. La solution qui consisterait à créer une taxe permettant aux éleveurs l'accès aux pâturages domaniaux revient en fait à favoriser les éleveurs les plus riches et à renforcer leur richesse accélérant ainsi les inégalités sociales. Dans l'intérêt des populations du Gourma, dans l'intérêt du développement intégré de cette région, une appropriation réelle de ces pâturages doit être maintenue entre les mains des pasteurs.

PRINCIPES DE GESTION DES PARCOURS

J.P. BARRY et Col. ont parfaitement esquissé en 1979 (tableau n°13) le processus méthodologique à respecter pour établir des bases rationnelles d'aménagement et de gestion d'un écosystème pastoral sahélien.

L'approche pluridisciplinaire réalisée dans le projet LAT. où sont intervenus pédologue, biogéographes, botanistes, agropastoralistes et anthropologue devrait donc faciliter la tâche des responsables du développement du Sahel. Cependant, de simples réflexions sur la gestion des parcours et les moyens de l'améliorer soulèvent de nombreuses difficultés et démontrent combien il est délicat de s'immiscer dans la vie d'autrui.

Les potentialités en pâturages et en eau d'abreuvement résultant du complexe climat-sol-plante permettent théoriquement d'établir des normes de gestion "rationnelle" du terroir pastoral sahélien, tenant compte des us et coutumes des populations :

- charge optimale en bétail
- techniques de gestion appropriées des pâturages
- production escomptée et perspectives d'avenir des populations sahéliennes.

1 - POTENTIALITES ET PLAN DE CHARGE DU TERROIR

A partir des travaux des anthropologues et des géographes sur les déplacements des éleveurs et leurs techniques d'utilisation des parcours, la délimitation d'unités pastorales peut être envisagée. Ces unités pastorales pourront inclure les pâturages, les points d'eau et les cures salées fréquentées tout au long d'une année par les éleveurs.

C'est ainsi que les Kel Gossi se déplacent habituellement à l'intérieur d'un polygone rejoignant les mares de Doro, N'daki, Gossi et la cure salée d'Amniganda (cf carte des territoires pastoraux du Gourma central d'après J. GALLAIS, 1975 - figure n°16). Cependant, selon les années et la répartition des pluies, ils pourront transhumier vers la cure salée de Dimanou ou celle de Karouassa. Pour être viable, l'unité pastorale des Kel Gossi devrait donc englober ces deux cures salées complémentaires ainsi que la mare de Fintrou, soit une superficie d'un million et demi d'hectares. Mais les Igouaderen de Gourma-Rharous viennent jusqu'à Gossi en saison des pluies pendant que les peuls Gelgodji de Ndaki remontent jusqu'au fleuve en suivant la progression des pluies.

Tableau n°13

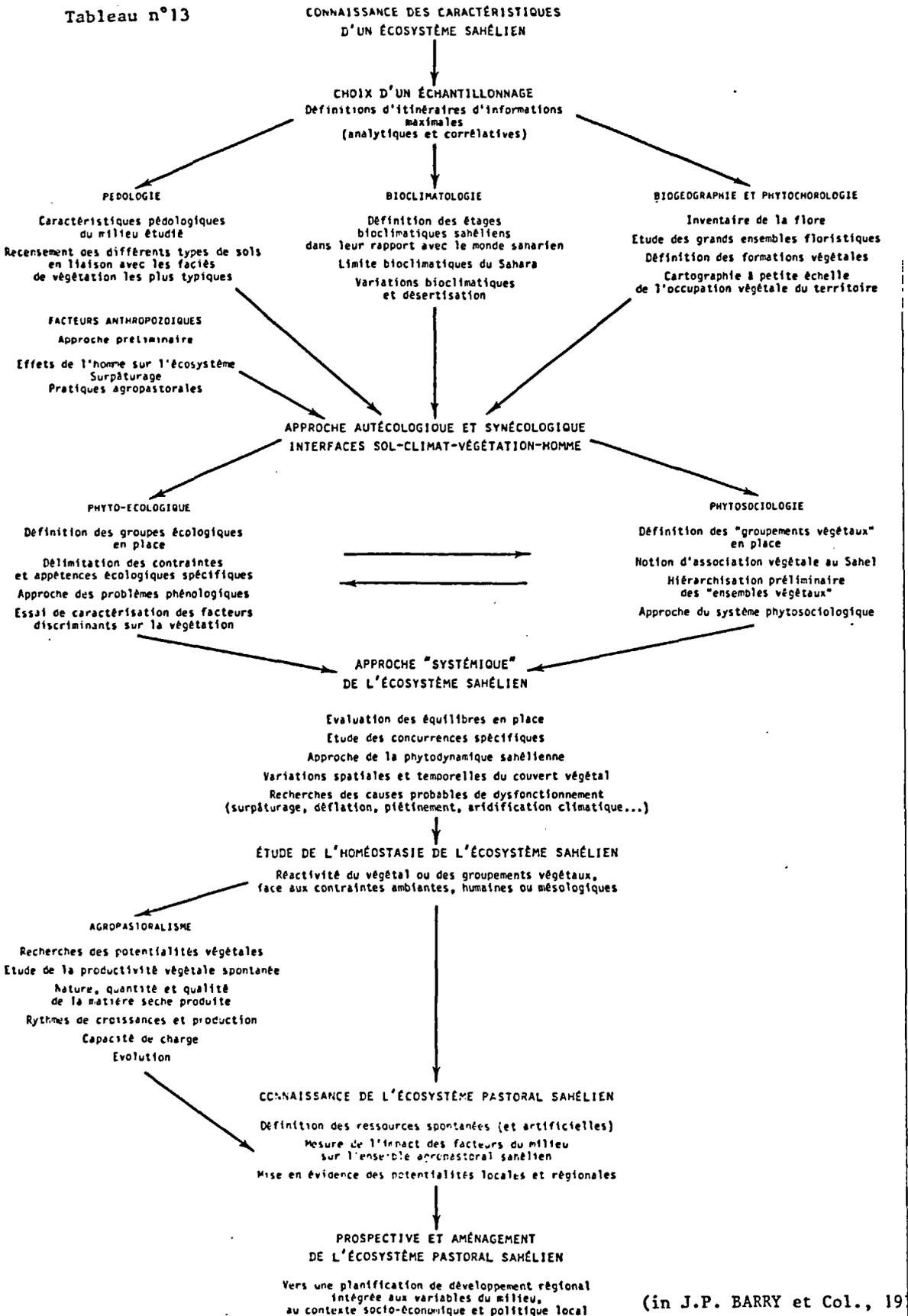
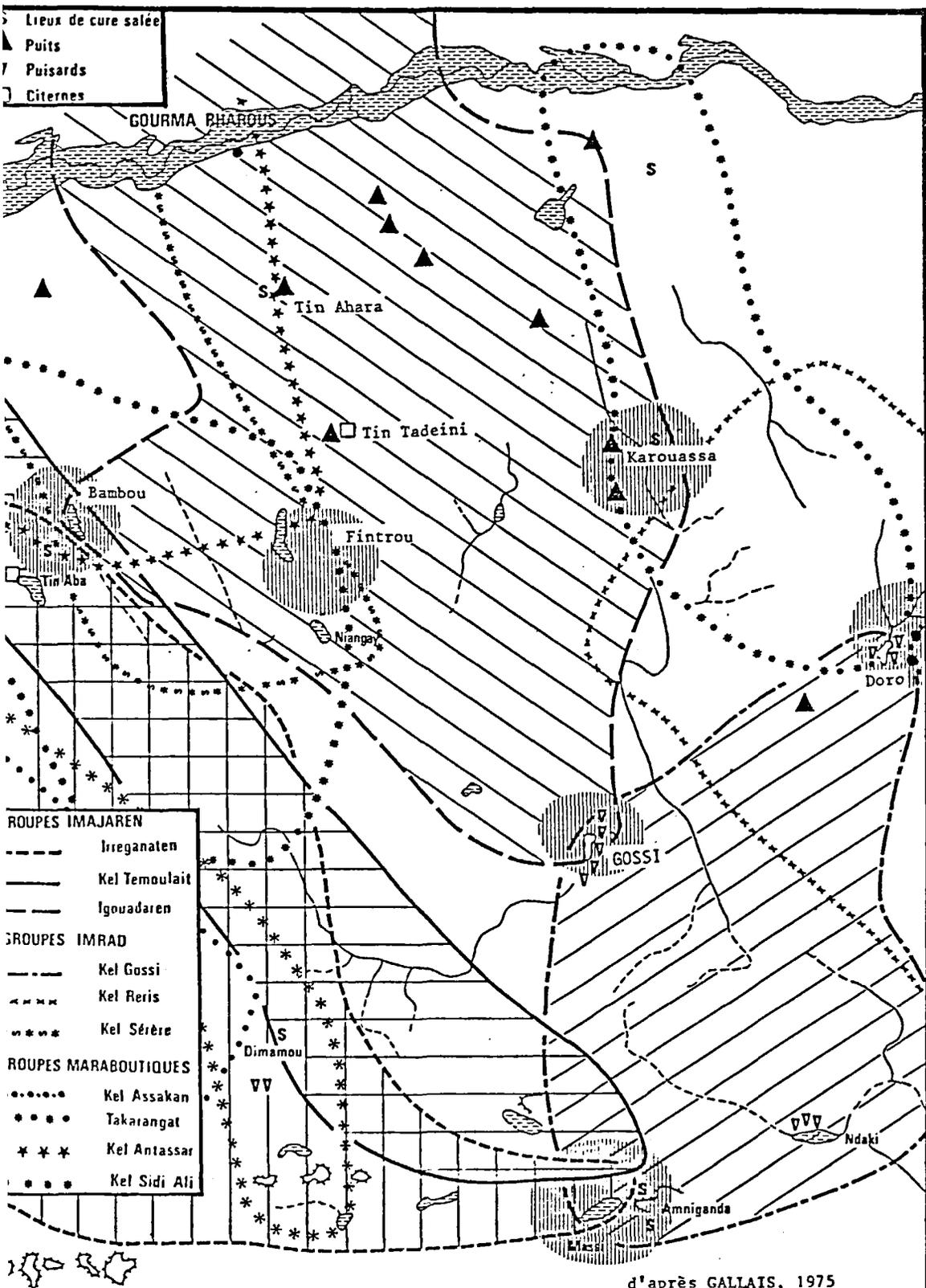


Figure n°16 - Les territoires pastoraux du Gourma central



C'est pourquoi il semble difficile d'isoler une unité pastorale centrée sur Gossi sans y intégrer le secteur du fleuve, soit une superficie de plus de 2 millions d'hectares dont la capacité de charge peut être estimée à 245.000 UBT environ alors que l'effectif des bovins, ovins, caprins, camelins et asins atteignait 200.000 UBT en 1970 pour les 3 divisions administratives concernées (Gourma-Rharous, Ouinarden, Gossi).

Tableau n°14 - Capacité de charge de l'aire pastorale

Parcours	Nb. jours pâturage/ha	ha/UBT	Superficie en ha	Nb. UBT/an
Terrains sablonneux				
E	40	9,1	72 600	7.980
O	50	7,3	256.590	32.400
Os	85	4,3	106.680	24.840
P	95	3,8	89.860	23.650
Pn	40	9,1	41.560	4.570
d	50	7,3	89.030	12.200
B	60	6,1	444.925	72.940
Rocheux (R)	15	24,3	703.830	28.960
Brousse tigrée (bT)	15	24,3	215.555	8.940
Colluvions (C)	30	12,2	197.660	16.200
Bourgou	365	1	12.620	12.620
			2.230.910	245.300

La capacité de charge théorique était donc pratiquement atteinte avant la sécheresse. Mais il faut estimer les surfaces réellement exploitées aux 2/3 du territoire géographique, compte-tenu de la répartition inégale des points d'eau. La charge réelle devient donc supérieure aux possibilités qui sont réduites à 165 000 UBT. Avec la reconstitution du cheptel réalisée depuis 1973, il est d'ailleurs probable que ce seuil soit de nouveau atteint, d'autant plus qu'aucune réserve n'est prévue pour les années déficitaires.

2 - PRINCIPES DE GESTION DES PARCOURS

Si la notion de superficie de parcours circonscrite dans un périmètre est utile pour la gestion d'un centre d'élevage clôturé et équipé en points d'abreuvement, il est évident qu'une autre unité d'évaluation est nécessaire en élevage traditionnel : l'unité pastorale de transhumance.

Cette unité pastorale pourrait être définie comme l'ensemble des cures salées, points d'eau et pâturages desservis, fréquentés par un ensemble de fractions qui nomadisent ensemble.

2.1 - Inscription territoriale des unités pastorales

Dans ce contexte, l'enquête près des éleveurs devient un préalable indispensable à tout projet de développement.

Qui transhume avec qui ?

Quels sont les points d'eau fréquentés et les pâturages desservis au fil des jours ?

Ainsi pourrait s'élaborer une carte d'unités pastorales avec les points d'eau fréquentés, la durée et l'intensité de fréquentation ainsi que les transhumances exceptionnelles en années déficitaires. Ceci permettrait d'estimer l'aire des pâturages desservis et exploités (de l'ordre de 5 km de rayon en saison des pluies et de 10 à 20 km en saison sèche selon le nombre de campements), et de délimiter avec suffisamment de précision l'impact géographique des unités pastorales.

Ces unités pastorales se superposeraient d'ailleurs sur les points forts de l'espace (grosses mares et cures salées) et les unités pastorales peuls plus diluées recouperaient inévitablement de nombreuses unités tamacheq.

2.2 - Gestion des unités pastorales

Chaque ensemble de fractions nomadisant ensemble pourrait se faire représenter par un conseil de transhumance (cf. chapitre facteur humain) dont les membres pourraient être soit élus, soit nommés mais confirmés par l'autorité administrative compétente.

Le terroir des unités pastorales se divise nécessairement selon 2 régimes d'exploitation distincts liés aux points d'eau, car qui contrôle un point d'eau contrôle les pâturages desservis :

- des points d'eau avec leurs pâturages desservis qui ne sont fréquentés que par tout ou partie de l'ensemble des fractions de l'unité pastorale. Ces territoires devraient être considérés comme "territoires communautaires" et gérés directement par le conseil de communauté :

- . distinction des catégories d'usage : pâturages, terres de culture, terres de cueillettes (fonio sauvage), pâturages en réserves...
- . plan de charge en bétail et périodicité d'exploitation.
- . règlement à l'amiable des différends survenus entre membres de la communauté.
- . demande de jugement près du chef d'arrondissement pour des différends survenant sur ces terrains avec des membres d'autres communautés.

- des points d'eau des cures salées et les pâturages qui en dépendent où plusieurs communautés se retrouvent soit en même temps, soit de façon échelonnée au cours de l'année. Ces territoires ainsi que les pâturages fréquentés exceptionnellement en années déficitaires devraient être considérés comme "territoires intercommunautaires" et gérés par un conseil intercommunautaire. Ce conseil serait constitué par des représentants de chaque communauté exploitante et l'arbitrage de l'Etat devrait être important mais non prépondérant.

D'ailleurs, au niveau régional du Gourma, un conseil régional des communautés devrait regrouper les représentants de chaque conseil de transhumance afin de délibérer sur les problèmes à caractères régionaux et arbitrer certains conflits intercommunautaires, en particulier entre ethnies dont les principes traditionnels de gestion du terroir peuvent être antagonistes.

2.3 - Gestion des espaces vides

La localisation des unités pastorales et de leur aire de pacage fera apparaître de vastes espaces "vides" par suite de la faible valeur pastorale des formations végétales ou surtout de l'absence de points d'abreuvement.

Quel peut être le devenir de ces espaces ?

Les techniques modernes de prospection, de forage et de creusement permettront peut-être de créer des points d'abreuvement à partir d'eaux souterraines ou de surface. Ces espaces pourront alors être fréquentés par des troupeaux et la gestion de ces terroirs pourra alors être confiée soit directement aux conseils de transhumance à qui ils seront attribués soit à un service technique de l'Etat qui sera le gestionnaire de ce "territoire domanial" et qui fera respecter un cahier des charges aux éleveurs utilisateurs. S'il n'y a pas de ressources en eau, l'espace vide pourra être classé en domaine forestier en vue d'une gestion contrôlée du gibier et de la forêt (ranch domanial de faune par exemple).

Le choix du mode de gestion est d'abord un choix politique mais aussi un choix économique. L'investissement nécessaire à la création d'un point d'eau peut être important et justifier que l'Etat puisse en surveiller l'utilisation grâce à la création d'un territoire domanial. Le déficit en pâturages peut également inciter à cette décision car il est alors plus facile de sélectionner les bénéficiaires (au profit des unités

pastorales les plus démunies), en particulier si l'on en fait un territoire domanial de déstockage annuel pour les unités pastorales frappées exceptionnellement par la sécheresse. Enfin, l'aménagement d'un espace vide peut permettre de mettre en défens pour régénération un territoire communautaire surchargé et dégradé. Dans ces deux derniers cas, une communauté sera autorisée à exploiter le territoire domanial à titre exceptionnel soit pour une saison en cas de sécheresse localisée, soit à titre temporaire pour la durée de la mise en défens dans le cas d'un besoin de restauration d'une partie d'un territoire communautaire.

Le classement des espaces vides en territoires domaniaux doit être de toute façon souple et susceptible de déclassement au profit d'une communauté voisine.

2.4 - Promulgation d'un code pastoral

Inscription territoriale des unités pastorales et gestion de l'espace pastoral doivent être envisagées selon des principes de base qui constituent le cadre d'un code pastoral.

En effet, le régime foncier des territoires pastoraux est régi par une législation qui ne peut être que difficilement remise en cause.

A l'exception de quelques biens dont le titre foncier de propriété est obtenu sous le régime de l'immatriculation, le régime foncier des états sahéliens est dit de droit foncier coutumier et depuis l'indépendance des Etats, la plupart des terres non immatriculées sont incorporées au domaine de l'Etat, à l'exception des terres cultivées par des individus ou des collectivités. Au Mali, en particulier, tous les terrains, à l'exception des défrichements, appartiennent au domaine forestier (protégé ou classé) de l'Etat et sont régis par le code forestier (loi 68-8 AN-RM du 17.2.68). Tout l'espace pastoral est donc domaine forestier protégé de l'Etat où les droits d'usage portant sur le pâturage des animaux domestiques s'exercent librement sous réserve de se pratiquer en conformité avec la réglementation forestière (en particulier, interdits sur les feux et l'émondage en zone sahélienne).

Légalement, tous les parcours sont donc soumis au code forestier et une législation complémentaire devrait être promulguée pour la gestion de ces parcours sous forme d'un code pastoral qui refléterait un choix politique de société, définirait un type d'organisation de la société rurale des éleveurs et agro-éleveurs et réglerait la gestion de l'espace agro-sylvo-pastoral.

Un code pastoral doit donc proposer des lignes directrices générales concernant :

- l'organisation des populations en vue d'améliorer leurs conditions de travail et de production : constitution de communautés pastorales et agro-pastorales, organes de représentation et de décision, ayant des capacités juridiques suffisantes.

- l'organisation du territoire pastoral et agropastoral : territoires communautaires et intercommunautaires gérés par des communautés, territoires domaniaux gérés par des services techniques de l'Etat (élevage, forêts, pastoralisme).

- l'aménagement, la gestion et la restauration de l'espace agro-pastoral : plan d'utilisation des terrains (pâturages, cultures, forêts) plan de charge en bétail, plan d'exploitation des pâturages et de mise en réserve ; plan de lutte contre les feux, plan de gestion des ligneux fourragers et non fourragers.

3 - AMELIORATION DE LA GESTION DES UNITES PASTORALES

Une amélioration de la gestion ne pourra être escomptée qu'à la condition de respecter certains principes de base et de prendre des mesures conservatoires indispensables.

3.1 - 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.

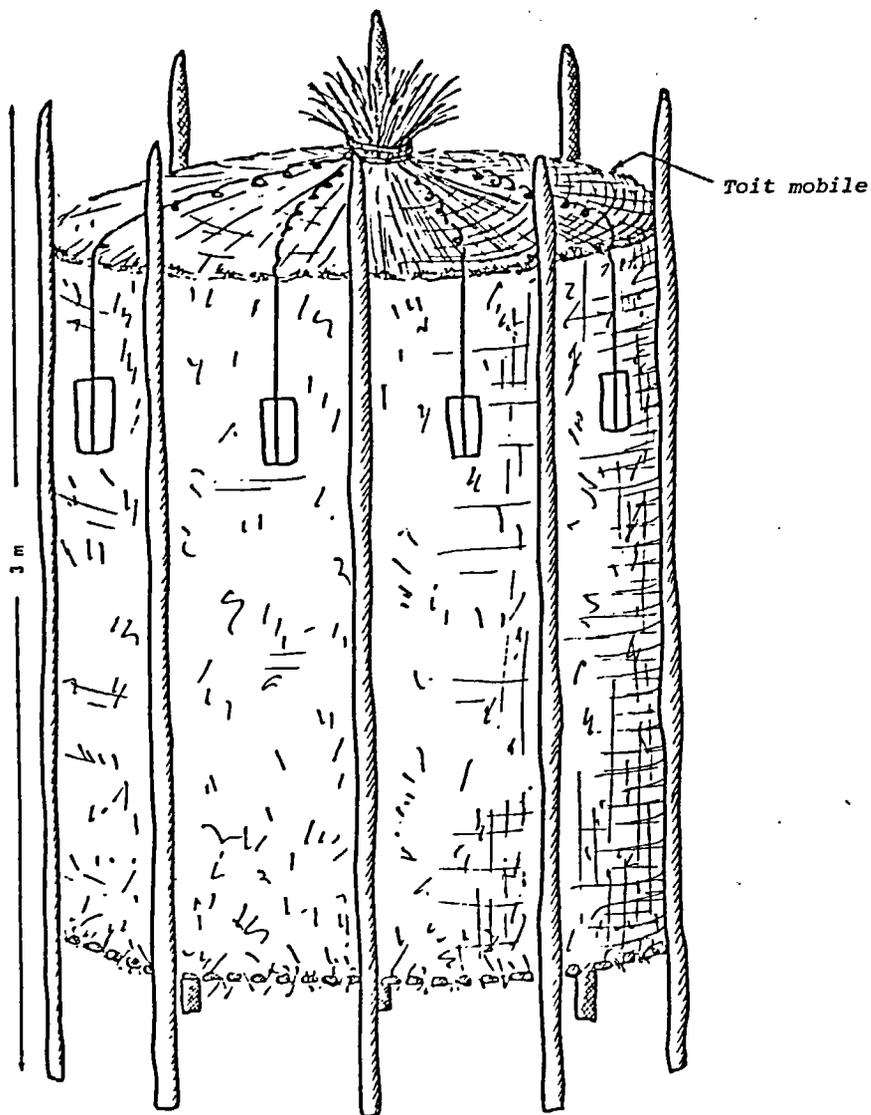
3.2 - Faible charge en bétail

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) et de parcours complémentaires, tels que des couloirs de drainage à *Sarcocofala gracilis* qui sont indispensables en début de saison sèche, ce sont 10 à 20 ha qui sont nécessaires par UBT.

3.3 - 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

Figure n°17 -

**MEULE DE FOIN "australienne"**

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 quatre ou cinq.

3.4 - Modicité des investissements

Pour des unités pastorales s'étendant sur des centaines de kilomètres, les aménagements ne peuvent être que modestes, d'autant que la production escomptée ne peut guère dépasser 10 kg de gain de poids vif à l'hectare pour une charge moyenne annuelle de 15 kg de poids vif à l'hectare :

- 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 :

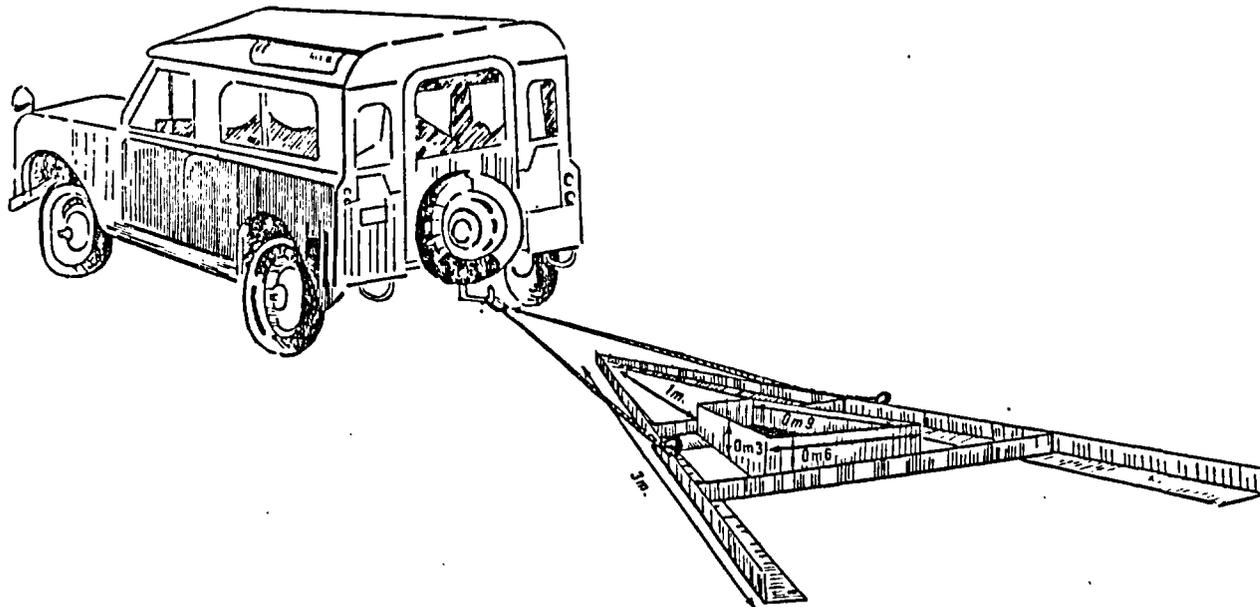
- . cultures de décrue, à situer "sous le vent", pour limiter les risques d'ensablement et à rassembler pour réduire les besoins de clôture en branches d'épineux et limiter les entraves aux déplacements du bétail ;

- . cultures en sec, à localiser sur terrains suffisamment profonds et perméables pour pouvoir bénéficier 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 près des

Figure n°18 - TRINEAU POUR PARE-FEU



centres administratifs. 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 ; un épineux traîné par un chameau pourrait également être utilisé pour préparer la mise en place d'un contre-feu (figure n°18).

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

- contrôle continu des unités pastorales concernant les principaux parcours et l'estimation du cheptel afin de juger du bien fondé de la gestion préconisée.

Le contrôle des parcours pourrait s'effectuer après chaque saison des pluies par les agents d'encadrement (élevage, forêt, pastoralisme) sur quelques sites d'observation sélectionnés à l'avance et des fiches d'observation d'itinéraires seraient rédigées au moment de l'observation de phénomènes accidentels (feux, réduction ou inexistence du couvert herbacé...)

L'estimation des effectifs du cheptel serait réalisée à l'occasion des campagnes de vaccination mais des sondages complémentaires pourraient être exécutés occasionnellement par des vols à basse altitude en avion léger.

BIBLIOGRAPHIE

- AUDRY (P.) et ROSSETTI (Ch.) - Observations sur les sols et la végétation en Mauritanie du Sud-Est et sur la bordure adjacente du Mali (1959 à 1961). - Rapp. multigr. FAO, 1962, 24067/F/1 Rome.
- BARRY (J.P.) - La frontière méridionale du Sahara entre l'Adrar des Iforas et Tombouctou. *Ecologia Mediterranea* Tome VIII (3), 1982 : 99-124.
- BARRY (J.P.), CELLES (J.C.) et MANIERE (R.) - Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. Note II. Le Sahara central et le Sahara méridional. - *Nat. Monspel.*, sér. bot., 1976, 26 : 211-42.
- BARRY (J.P.), CELLES (J.C.) et MANIERE (R.) - Etude bioclimatique et phytogéographique de l'Adrar des Iforas. Rapport 1978, in : Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali, 1979, 18 p., 1 vol. multigr.
- BARRY (J.P.), CELLES (J.C.) et MANIERE (R.) - Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques du Sahara algérien - Note III - Analyse de la végétation de la région d'In Salah et de Tamanrasset, 1981, *Nat. Monspel.*, sér. bot., 44 : 1-48.
- BONTE (P.), BOURGEOT (A.), DIGARD (J.P.), LEFEBURE (Cl.) - Human occupation : pastoral economies and societies. in : Tropical grazing land ecosystems, a state of knowledge. UNESCO-UNEP-FAO, Natural Resources Research XVI, 1979 : 655 p. (chap. 8 part. I).
- BOUDET (G.) - Désertification de l'Afrique tropicale sèche. *Adansonia*, 1972, ser. 2, 12 (4) : 505-24.
- BOUDET (G.) - Etudes régionales et propositions de développement : le Mali. in : RAPP (A.), LE HOUEROU (H.N.), LUNDHOLM (B.) - Peut-on arrêter l'extension des déserts ? une étude plus particulièrement axée sur l'Afrique. Stockholm, Swedish natural Science Research Council ; *Ecological bulletins* n° 24, 1976 : 143-58.
- BOUDET (G.) - Les pâturages sahéliens ; les dangers de dégradation et les possibilités de régénération, principes de gestion améliorée des parcours sahéliens. in : Les systèmes pastoraux sahéliens. Rome FAO, 1977 ; Etude FAO, production végétale et protection des plantes n° 5, annexe 4 : 159-222.
- BOUDET (G.) - Désertification ou remontée biologique au Sahel. - *Cah. ORSTOM* sér. biol. XII (4) ; 1977 : 293-300.
- BOUDET (G.) - Quelques observations sur les fluctuations du couvert végétal sahélien au Gourma malien et leurs conséquences pour une stratégie de gestion sylvo-pastorale. - *Bois et Forêts des Tropiques*, 1979, n° 184 : 31-44.

- BOUDET (G.), CORTIN (A.), MACHER (H.) - Esquisse pastorale et esquisse de transhumance de la région du Gourma (République du Mali).- Essen, DIWI Gesellschaft für ingenieurberatung ; Maisons-Alfort IEMVT, Trav.Agr. n° 9, 1971 : 283 p., 1 atlas.
- BOUDET (G.), GILLET (H.) - Les recherches à poursuivre et à entreprendre en vue de l'amélioration de l'économie pastorale du Sahel. in : Le Sahel, bases écologiques de l'aménagement. Paris, Presses de l'Unesco, 1974 (Notes techniques du MAB) : 35-40.
- BOULET (R.) - Nouveaux arguments en faveur de l'existence de deux ergs rubéfiés d'âges différents dans la zone sahélienne de l'Afrique occidentale (Haute-Volta).- Comm. 6e Congr. Panafr. Préhist. Et. Quatern., Dakar, 1967 : 5 p., multigr., 2 fig.
- BOULET (R.), GAVAUD (M.) et BOCQUIER (G.) - Etude pédologique du Niger central.- Rapp. ronéo ORSTOM, 1964, multigr. Dakar : 211 p.
- BOURGEOU (A.) - Structure de classe, pouvoir politique et organisation de l'espace en pays touareg. in : Pastoral Production and Society. Maison des Sciences de l'Homme, Cambridge University Press, 1979 : 141-54.
- BOURGEOU (A.) - La formation des classes sociales chez les Touareg de l'Ahaggar. in : Etudes sur les Sociétés de pasteurs nomades, classes sociales et Etat dans les sociétés.- Cahiers du CERM n° 121, 1975 : 19-41.
- BRUNEAU DE MIRE (P.) et GILLET (H.) - Contribution à l'étude de la flore du massif de l'Air.- J. Agric. Trop. Bot. appl., 1956, VIII (5-12) : 221-47 ; 422-38 ; 701-59 ; 857-86.
- CELLES (J.C.), MANIERE (R.) - Remarques sur la distribution en Afrique nord-occidentale d'*Acacia seyal* Delile et d'*Acacia ehrenbergiana* Hayne. 1980, Candelloa 35 : 183-200.
- CLOS-ARCEDEC (M.) - Etude sur photographies aériennes d'une formation végétale sahélienne : la brousse tigrée.- Bull. IFAN 18 (3), 1956 : 677-84.
- COULIBALY (M.) - Approche phyto-écologique et phytosociologique de pâturages sahéliens au Mali (région du Gourma).- Thèse Doct. Spéc., Univ. Nice, 1979 : 140 p.
- DAGET (P.), POISSONNET (J.) - Méthode d'analyse de la végétation des pâturages. Critères d'application.- Ann. Agron., 1971, 22 : 5-41.
- DORIZE (L.) - L'oscillation pluviométrique récente sur le bassin du Lac Tchad et la circulation atmosphérique générale. - Rev. Géogr. phys. et Géol. dynam. (2), 16 (3), 1974 : 393-420.
- DORIZE (L.) - L'oscillation climatique actuelle au Sahara. - Rev. Géogr. phys. et Géol. dynam. (2), 18 (2-3), 1976 : 217-28.
- DUBIEF (J.) - Le climat du Sahara.- Mém. Inst.Rech.sahar., Algérie, 1959, 1 : 312 p.
- DUBIEF (J.) - Le climat du Sahara.- Mém. Inst. Rech. sahar., Algérie, 1963, 2 : 275 p.

- EIG (A.) - Quelques traits de la phytogéographie palestinienne précédés par des remarques sur les notions phytogéographiques.- Bull. Soc. bot. France, 78, 1931 : 297-305.
- EIG (A.) - Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore palestinienne. - Verlag des Repertoriums, Fabeckstr., 49. Dahlem bei Berlin, 1931 : 201 p., 121 tab.
- GALLAIS (J.) - Pasteurs et paysans du Gourma. La condition sahélienne. - Mém. Centre Et. Géogr. Trop. du CNRS, Paris, 1975 : 239 p., Cartes h.t.
- GALLAIS (J.) - Contribution à la connaissance de la perception spatiale chez les pasteurs du Sahel.- Paris, Doin, 1976.in : L'espace géographique n° 1 : 33-8.
- GALLAIS (J.), BOUDET (G.) - Projet de Code pastoral concernant plus spécialement la région du Delta Central du Niger au Mali.- Paris IEMVT, 1980 : 142 p.
- HOCHREUTINER (B.P.) - Le sud oranais. Etudes floristiques et phytogéographiques.- Ann. Conserv. et Jard. bot. Genève, 7-8, 1903-1904 : 22-276.
- KARPOFF (R.) - La géologie de l'Adrar des Iforas (Sahara central).- Gap, Imprim. Louis Jean. Bull. Serv. Géol. et de Prospection minière n° 30, 1960 : 273 p.
- LEBRUN (J.) - La végétation de la plaine alluviale au sud du Lac Edouard.- Inst.Parcs nat., Congo Belge, Bruxelles, 1947 : 2 vol. : 800 p.
- LEPRUN (J.C.) - Evolution géomorphologique de la vallée du Sourou et de ses bordures voltaïques.- Trav. Et.Rech.Maîtr. Géogr. Fac. Lett. Sci. hum., Univ. Dakar, 1969 : 50 p., multigr., 7 fig., 2 cartes h.t.
- LEPRUN (J.C.) - Nouvelles observations sur les formations dunaires sableuses fixées du Ferlo nord occidental (Sénégal).- Ass. Sénég. Et. Quatern. O. Afric., 1971, Bull. Liaison n° 31 : 69-78.
- LEPRUN (J.C.) - Rapport préliminaire de la mission pédologique dans le Gourma du Mali.- ACC-DGRST : Lutte contre l'aridité en milieu tropical.- Rap. ronéo, multigr., ORSTOM Dakar, 1976 : 25 p.
- LEPRUN (J.C.) - Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali. Compte-rendu de fin d'études sur les sols et leur susceptibilité à l'érosion, les terres de cures salées, les formations de "brousse tigrée" dans le Gourma.- Rapp. multigr., ORSTOM Paris, 1978 : 45 p.
- MAIRE (R.) - Mission du Hoggar. Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central.- Mém. Soc.Hist.nat. Afr. N, n° 3, 1933 (part. I et II) ; 1940 (part. III).
- MONOD (T.) - Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique (rapport présenté à la réunion de spécialistes sur la phytogéographie).- Yangambi, 29 juillet - 8 août 1956. Conseil Scientifique pour l'Afrique du Nord, le Sahara. C.S.A. Londres, 1957, publ. n° 24 : 147.

O.U.A. - Atlas international de l'ouest africain, 1968.

PETERSON (D.F.) et al. - Expansion des ressources en eau dans les zones arides, techniques prometteuses et possibilités de recherches.- Washington, national Academy of Sciences, 1977 : 156.

QUEZEL (P.) - La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie.- Paris, Masson, 1965, 1 vol.

RADIER (H.) - Contribution à l'étude géologique du Soudan oriental (A.O.F.).- Thèse Sc. Nancy. Bull. Serv.Géol.Prosp. Min. Afr. Occ.Fr., Dakar, 1959 n° 26, 2 t. : 550 p., 33 fig.

REICHELT (R.) - Géologie du Gourma (Afrique occidentale). Un seuil et bassin du Précambrien supérieur. Mém. BRGM, 1972 n° 53 : 213 p., carte h.t. au 1/500 000e.

REICHELT (R.) - Sur les aménagements hydrauliques anciens et récents dans le Gourma, Sahel tropical, République du Mali. Strasbourg, Sci. Géol. Bull., 1977, 30 (1) : 19-31.

RENAUD (M.) - Pastoralisme et désertification de la steppe algérienne. in Bull. Production pastorale et Société, Supplément information M.S.H. n° 6, 1980 (à paraître).

ROBERTY (G.) - Contribution à l'étude phytogéographique de l'Afrique occidentale française.- Genève, Candollea n° 8, 1940 : 83-137.

TROCHAIN (J.L.) - Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal.- Paris Larose, Mém. de l'Institut Français d'Afrique Noire, 1940 n° 2 : 433 p., XXX pl. h.t.

WHITE (L.P.) - Brousse tigrée patterns in Southern Niger.- Journ. Ecol., 1970, 58 : 549-53.

TABLE DES MATIERES

	<i>Pages</i>
NOTE DE PRESENTATION	1
FACTEURS DE MILIEU	3
Cadre physique	3
Géologie	6
Climatologie	8
Biogéographie	14
LES SOLS	19
Introduction	19
A. Les sols du secteur subdésertiques	19
B. Les sols du secteur sahélien	22
C. Les sols du secteur sud-sahélien	28
Conclusion	30
LA VEGETATION	31
Secteur subdésertique	31
Secteur sahélien	36
Secteur sud-sahélien	42
LES RELATIONS SOL/VEGETATION	43
Introduction	43
A. Analyse de quelques toposéquences	43
B. Importance des relations sol-végétation	51
C. Dynamique du couple sol/végétation	53
DYNAMIQUE DE LA PRODUCTION VEGETALE	57
En secteur sahélien	57
En secteur sud-sahélien	63
FACTEUR HUMAIN	65
Introduction	65
I. Nomenclature et recensement des populations nomades du Gourma	66
II. Organisation et utilisation de l'espace pastoral	68
1. Contraintes écologiques	69
2. Contraintes techniques	81
3. Contraintes sociologiques	85

III. Transformation et gestion de l'espace pastoral - Propositions d'action	88
1. Amélioration des conditions naturelles	89
2. Les cadres institutionnels des interventions	92

PRINCIPES DE GESTION DES PARCOURS

I. Potentialités et plan de charge du terroir	97
II. Principes de gestion des parcours	102
III. Amélioration de la gestion des unités pastorales	105

BIBLIOGRAPHIE	111
---------------	-----

ISBN 2-85985-072-4