

**RAPPORT PRELIMINAIRE**  
**DE LA MISSION PEDOLOGIQUE DANS LE GOURMA DU MALI**  
**NOVEMBRE 1975**

**J.C. L E P R U N**  
**Maître de Recherche ORSTOM**

A.c.c. - D.G.R.S.T. Lutte contre l'aridité  
"Etude de l'évolution d'un système  
d'exploitation sahélien au Mali"  
Volet "Pâturages"

Mars 1976

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE DAKAR



Mars 1976

R A P P O R T P R E L I M I N A I R E  
DE LA MISSION PEDOLOGIQUE DANS LE GOURMA DU MALI  
NOVEMBRE 1975

-----

A.c.c. - D.G.R.S.T. Lutte contre l'aridité

"Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali"

Volt "Pâturages"

LEPRUN J.-C.  
Maître de Recherche : ORSTOM

ORSTOM Fonds Documentaire

N° :

4201/1/1/1

Cote  
Cote

4

RAPPORT PRELIMINAIRE DE LA MISSION PEDOLOGIQUE  
DANS LE GOURMA DU MALI  
NOVEMBRE 1975

---

La réalisation du volet "pâturages" d'un projet D.G.R.S.T. intitulé : « Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali » a réuni au mois de Novembre 1975 dans le Gourma malien MM. BARKY, CELLES et LACOSTE écologistes et phytosociologues de l'Université de Nice, G. BOUDET agrostologue de l'I.E.M.V.T., M. COULIBALY et M. DJITEY agrostologues maliens du C.N.R.Z. de Sotuba, le Dr. Vétérinaire M. DIALLO directeur du Service Pastoral, et J.C. LEPRUN pédologue O.R.S.T.O.M.

La collaboration du pédologue auprès des agrostologues concernait l'étude des sols steppiques et de leur sensibilité aux érosions.

Dans le détail, élaborée par G. BOUDET et l'I.E.M.V.T., cette étude devait être particulièrement orientée vers :

1°) la fragilité des sols

- sous l'action du pâturage
- sous l'action de l'érosion superficielle
- sous l'action de l'érosion éolienne

et les possibilités de régénération des sols dégradés.

2°) la caractérisation des terres de cures salées

3°) la localisation des sites pour l'établissement de réserves d'eau de surface.

Ce dernier point n'a pas été abordé. En effet, il nécessite d'une part des compétences hydrogéologiques qu'un pédologue ne possède pas, et des moyens techniques pour la réalisation de puits profonds, forages, études de perméabilité... que nous n'avions pas.

## I - SITUATION ET ETUDE SUCCINCTE DES FACTEURS DU MILIEU INFLUANT SUR LA PEDOGENESE

La figure 1 indique la délimitation de la zone de travail.

Le Gourma de la boucle du Niger est une entité géographique caractérisée par :

1) - un climat sahélien dont les éléments principaux sont :

- la pluviométrie (Fig. 2) localisée durant une courte période estivale de 1 à 3 mois, inférieure à 500 mm. La pluviométrie annuelle moyenne est de 421 mm à Hombori et de 269 mm à Gao durant la période 1920 ou 1922 à 1970. (GALLAIS 1975). Le nombre moyen de jours de pluie est de 39 à Hombori et de 29 à Gao. Par rapport à l'ensemble du Mali et des pays limitrophes, les isohyètes s'infléchissent vers le SE c'est-à-dire vers le N de la Haute-Volta et Niamey.

A la même latitude (16° par exemple), le Gourma est plus sec que la région du Ferlo au Sénégal mais plus arrosé que les régions correspondantes au Niger et au Tchad.



Les variations interannuelles sont de forte amplitude, BOUDET (1972) cite des coefficients de variations de 30 %. Des cycles d'années de sécheresse, comme celle qui a sévi de 1968 à 1973 se répètent à intervalles plus ou moins réguliers.

- une température élevée de l'ordre de 29 à 30° à Gao et Hombori. La période de Décembre à Février est la plus fraîche, les moyennes des minima descendant à 14°-15°.
- une évaporation moyenne annuelle importante estimée à 3200 mm à Hombori et 4300 mm à Gao (Fig. 2)
- enfin, un régime des vents qui s'inverse avec le déplacement du front inter-tropical (F.I.T.):
  - de Octobre à Avril à Gao les vents soufflent vers le N et l'E avec une préférence vers le NE. Les fréquences, de l'ordre de 30-40 % à la fin de la saison des pluies, diminuent en fin de saison sèche.
  - en Mai, le F.I.T. passe au-dessus de Gao, dès le mois de Juin et jusqu'en Octobre, le vent dominant souffle vers le SO avec des fréquences de 20 à 30 % (données fournies par l'atlas international de l'Ouest Africain O.U.A. 1974).

- 2) - des formations géologiques que REICHELDT (1972) réunit, dans la zone qui nous intéresse, sous le nom de "Groupe d'Ydouban" et qui comprend schématiquement deux grands ensembles de roches : des schistes argileux incluant des grès et des quartzites, et des schistes argileux comprenant les mêmes roches mais aussi des calcaires et dolomies intercalés. La subdivision grossière précédente fait ressortir deux ensembles de roches à peu près comparables se distinguant par le chimisme. Les calcaires et dolomies fournissent des réactions basiques au sol, alors que les schistes sont neutres ou acides.

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 N et occupant la ride N.S. de la piste Baoundo - Gossi (RADIEK 1959).

- 3) - le modelé du Gourma central est celui d'un bas-plateau d'altitude 250 à 300 m dont la monotonie est rompue par les crêtes rocheuses alignées S.S.E.-N.N.W. de grès quartzites et de schistes cuirassés. (Ainsi de part et d'autre de la piste GOSSI-GOURMA-KHAKOUS par exemple) et par de grands alignements dunaires orientés ENE-SSW.

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

- 4) - les formations végétales seront étudiées en détail dans les rapports écologiques, phytosociologiques et agrostologiques. Signalons simplement qu'autour du 16ème parallèle (Gossi) se développent, quand le substratum est recouvert de sable des prairies à Cenchrus biflorus, Schoenefeldia gracilis, Aristida mutabilis.... à strate arbustive constituée d'Acacia laeta, A. raddiana, A. erhenbergiana, Balanites aegyptiaca, Commiphora africanus et Euphorbia balsamifera.

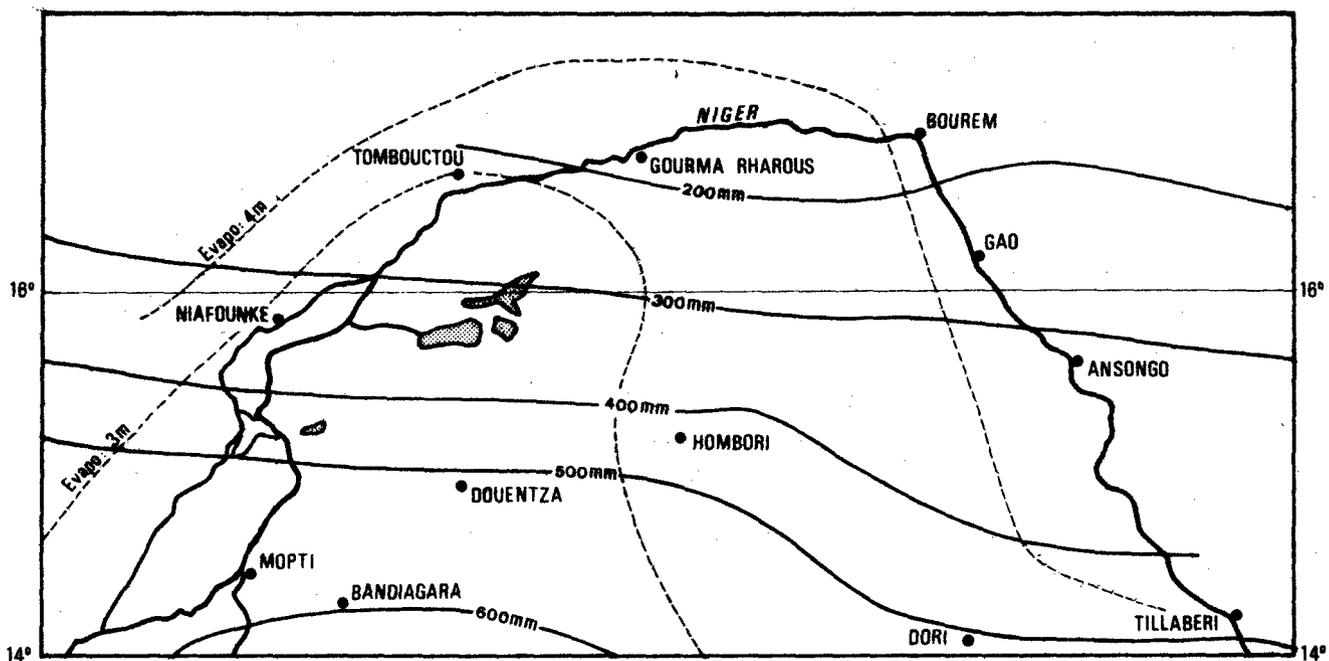


FIG. 2 .- PLUVIOMÉTRIE ET ÉVAPORATION ( Moyennes Annuelles en mm )

D'après DUBIEF 1960 in GALLAIS (1975 )

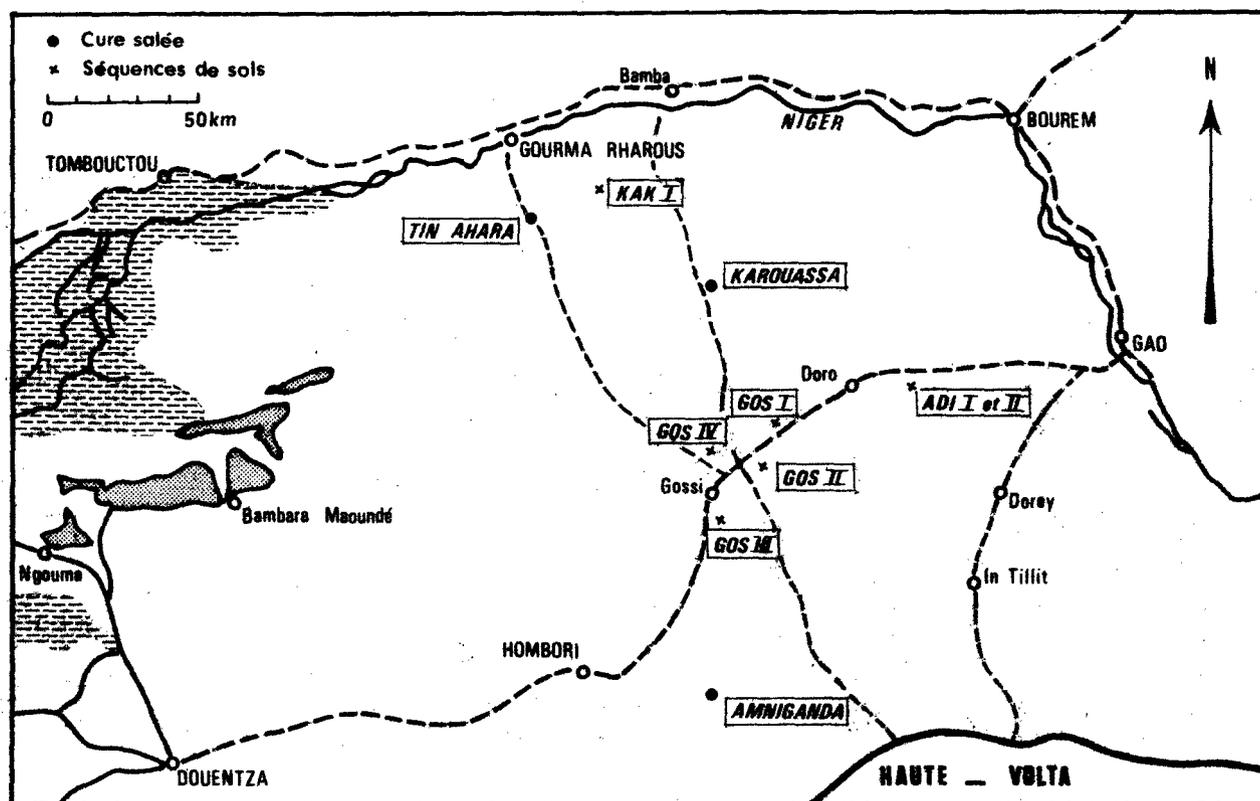


FIG. 3 .- SITUATION DES POINTS D'ÉTUDE

- 5) - les formations pédologiques ont été antérieurement peu ou pas étudiées. Seule, la carte mondiale des sols au 1/5.000.000è, et celle de l'Atlas de l'Ouest Africain à la même échelle (BOULET et al. 1971) portent des indications sur la zone étudiée. Nous avons extrapolé la partie malienne de cette carte à partir de la connaissance et de l'aspect photointerprétatif des sols du Niger, de la Haute-Volta et du Sénégal.

Dominant au N de Gossi, les sols bruns rouges subarides et les sols bruns rouges peu différenciés sur sables éoliens, et au S, les mêmes sols associés à des sols peu évolués gravillonnaires et à des affleurements de cuirasse.

Les observations de terrain confirment la généralité de ces sols avec certaines restrictions et limitations dont nous ferons part ultérieurement, les préoccupations taxonomiques et cartographiques sortant du domaine de cette étude.

## II - PLAN DES DIFFERENTES PARTIES

En un mois de prospection nous avons réalisé plusieurs études de chaînes de sols sur différents modelés dunaires sableux éoliens d'une part, sur des formations de "brousse tigrée" d'autre part, et relevé des observations ponctuelles sur diverses terres de cures salées.

La figure 3 indique la localisation de ces différents points d'étude.

Nous subdiviserons l'exposé de nos observations en trois parties distinctes :

- A. Les formations sableuses
- B. Les terres de cures salées
- C. Les formations de "brousse tigrée".

## A - LES FORMATIONS SABLEUSES

### I - INTRODUCTION

Le Gourma malien est recouvert en grande partie par une couverture sableuse éolienne. Cette couverture est fixée par la végétation mais le sable est remis en mouvement en diverses positions suivant le modelé.

Ce qui frappe en premier l'observateur qui traverse cette région, est la présence fréquente, sur toutes les dunes, de plages isolées, dénudées, de sables battant à surface plane ou faiblement concave de quelques mètres à une dizaine de m<sup>2</sup> d'extension. Déjà en 1959 ROSSETI (1963) avait fait cette observation.

Plusieurs auteurs ont traité des sables dunaires de la boucle du Niger. Citons TRICART (1959 et 1965), BLANCK (1968), GALLAIS (1975).

BLANCK (1968), corrélant ses observations avec celles de GAVAUD (1967) au Niger et de MICHEL (1967) au Sénégal, établit l'existence de deux ergs au quaternaire moyen et récent.

Les travaux de BOULET (1967) en Haute-Volta, de LEPRUN (1969) en Haute-Volta et au Sénégal (1971) établissent l'existence de trois systèmes dunaires distincts appuyés sur des différenciations pédologiques, biologiques et géomorphologiques.

Le plus ancien serait anté-inchirien (plus de 40 000 ans) le second ogolien (18 000 - 20 000 B.P.), le plus jeune aurait entre 7 000 et 5 500 années B.P.

Plutôt que de fournir des descriptions fastidieuses, en l'absence des résultats des analyses en cours de détermination, nous préférons synthétiser les données de terrain sous forme de profils en long des différentes chaînes de sols.

### II - OBSERVATIONS MORPHOLOGIQUES -

Le modelé dunaire n'apparaît pas uniforme entre Gossi et Doro, et sur une transversale N-S Gossi-Gourma-Rharous.

Trois ensembles peuvent être distingués : des cordons élevés à relief juvénile très pentu, des dunes rondes à convexité moyenne, et des ondulations très aplanies. Ces formes, si elles se répartissent quelquefois en entités d'une certaine extension, sont aussi fréquemment enchevêtrées.

Les manifestations des différentes formes d'érosion et la répartition de la végétation étant sensiblement différentes sur ces différents modelés, nous avons réalisé 4 toposéquences comprenant en tout 29 profils de sols. Chaque toposéquence relie par la ligne de plus grande pente, le point le plus haut de la formation sableuse au point le plus bas de l'interdune.

#### A - Caractères des sols et des modelés sableux émoussés

Nous les avons étudiés au lieu dit Tin Adiourof sur la piste de Doro à Gao (localisation : 10°10'30"N - 0°35'30"W), sur les indications de G. BOUDET qui y avait révélé cinq années auparavant, une dégradation importante de la strate herbacée et arborescente.

Environnement : les dunes sont courtes et de faible amplitude. La végétation est pauvre. Elle consiste en plages d'espèces herbacées hautes (Panicum turgidum, Aristida mutabilis, Cenchrus biflorus...) et basse (Heliotropium) en juxtaposition avec des plages d'assez grande étendue (10 à 30 m<sup>2</sup>) entièrement dénudées durcies rouges.

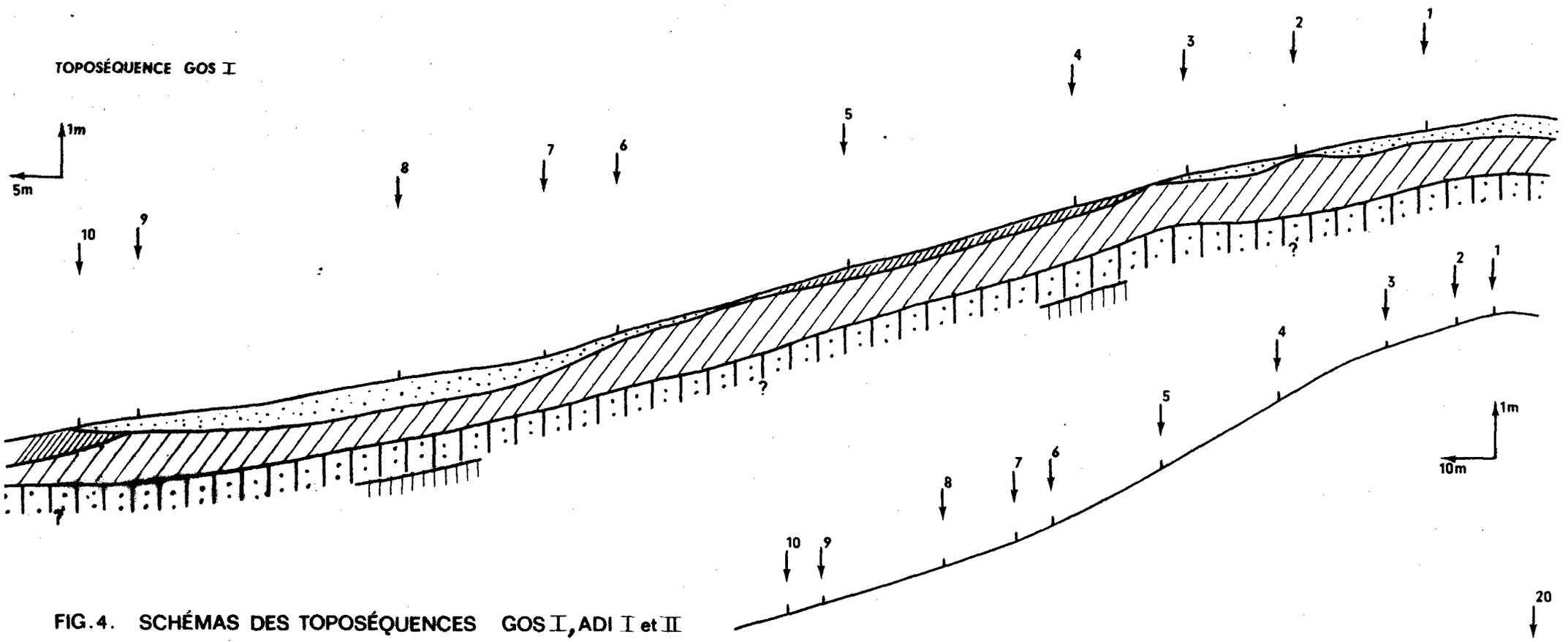
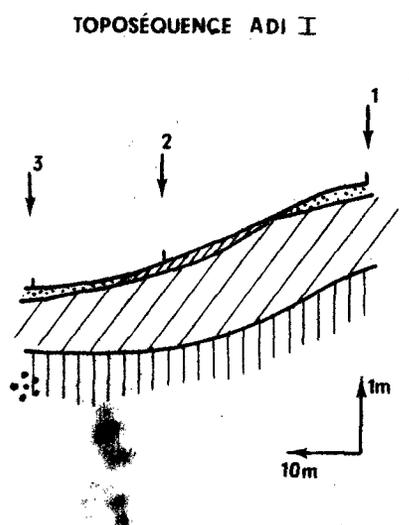
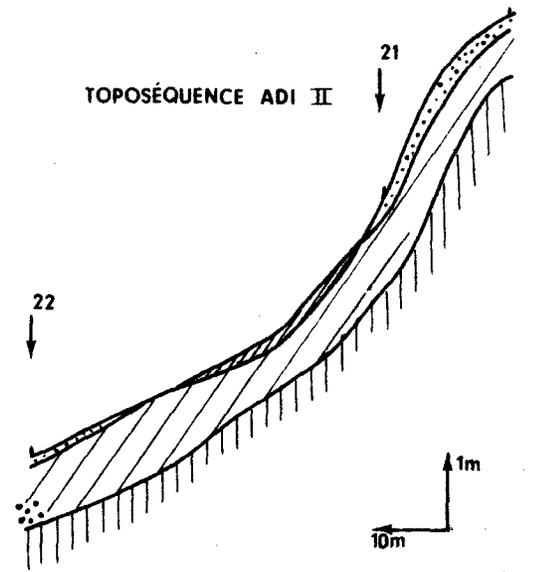


FIG.4. SCHÉMAS DES TOPOSÉQUENCES GOS I, ADI I et II



-  Nodules ferrugineux
-  Dépôts sableux successifs
-  Horizon A intact ou tronqué
-  Horizon (B) brun rouge
-  Horizon C matériau sableux rose
-  Matériau sableux jaune
-  Profil étudié



Le sommet de la toposéquence ADI II révèle les traces récentes de campement d'hivernage de pasteurs. A l'endroit du parcage, le sable piétiné est densément colonisé par des touffes de Genchrus biflorus vivaces.

Cette même séquence présente en bas de pente des Acacia erhenberginia morts et de petits Acacia senegal en repousse.

La figure 4 résume les principales observations pédologiques relevées sur les profils des 2 toposéquences.

Les sols sont du type brun rouge subaride bien différencié à profil A - (B) - (B)C - C. A la limite du (B)C et dans le matériau C s'individualisent des indurations ferrugineuses en digitations qui peuvent localement s'anastomoser et former alors une trame carapacée à allure de grès ferruginisé.

La cohésion des horizons augmente vers le bas de pente. Le schéma de la fig. 4 permet de constater du haut en bas du versant dunaire, la présence :

- en surface, de sables très peu cohésifs, lamellaires, très fragiles, non humifères, en haut et en bas de pente, avec remontées biotiques fréquentes. Ces sables reposent sur un horizon beige rouge de cohésion faible et frais.
- de zones nues cohésives durcies dans la portion médiane de la pente de part et d'autre du point d'inflexion du S du modelé. Ces zones sont caractérisées par un horizon supérieur brun rouge à structure massive et cohésion plus forte que les précédents. La partie superficielle est glacée avec parfois de petites rigoles vers les parties basses.
- d'un matériau jaune (entre 7,5 et 5 YR 6/8 au code Munsell) vers un mètre tout le long de la pente. Les ségrégations ferrugineuses n'imprègnent le sable qu'en bas de pente.

Malgré leur topographie différente, les constatations précédentes sont valables pour les deux toposéquences.

En résumé, les dunes de Tin Adiourof sont peu élevées (entre 3 et 6 m), peu larges (entre 80 et 120 m pour la dune entière) ; les sols bruns rouges sont bien différenciés, le matériau sous-jacent est jaune, à ségrégations ferrugineuses locales. Les plages dénudées sont glacées, compactes, rouges et apparaissent surtout sur la partie médiane du versant.

#### B - Caractères des sols et des modelés moyennement accentués.

Les observations portent sur une toposéquence (GoS I) située sur la piste de Gossi à Doro, à 35 km de Gossi, dont les coordonnées sont : 16°00'40"N - 1°03'30"W (Fig.4).

Environnement : les dunes ne sont pas enchevêtrées mais distinctes, d'amplitude moyenne de 200 à 300 m de diamètre pour 6 à 8 m de hauteur. La végétation est plus fournie que pour la formation sableuse précédente : strate arbustive constituée de quelques Acacia (raddiana, senegal...) sur le sommet et les pentes et de nombreux Balanites aegyptiaca concentrés dans l'interdune ; strate herbacée dense par plages (schoenfeldia, Aristida, Bracharia, Genchrus...) ce dernier devenant très dense vers le bas de pente. Des plages nues roses (7,5 YR 6/5) à microrelief ondulé chagriné de quelques m<sup>2</sup> parsèment les versants. La végétation herbacée y est totalement

absente, les arbustes ont des racines déchaussées (Acacia senegal) certains sont morts (Acacia raddiana).

La végétation herbacée se localise surtout sur des plages sableuses planes ou en forme de petites rides sableuses.

Les sols sont du type brun rouge subaride peu différencié à profil A - (B) - C. Le matériau C est un sable rose homogène, sans ségrégations, qui apparaît vers 80 cm. Dans le replat interdunaire se développe un sol brun subaride épais.

La cohésion des horizons augmente vers le bas de pente. Sous 160 cm en moyenne, on touche localement un sable jaune identique à l'œil à celui des toposéquences précédentes. Le contact avec le sol est plan, très distinct et matérialisé par des débris de poteries.

Le schéma de la fig. 4 synthétise les observations de cette toposéquence et permet de distinguer :

- deux zones à sables lamellaires non humifères très peu cohésifs dont une sommitale, intercalées à deux zones à sables humifères plus cohésifs à structure médiane, dont une formant le fond de l'interdune. Les zones à sables lamellaires supportent un couvert herbacé dense, les plages dénudées étant situées plus particulièrement sur les portions cohésives humifères.
- sous les sables lamellaires on trouve, sans transition, un horizon (B) brun rouge peu épais à cohésion un peu plus forte. Sous les sables à structure massive apparaît en continuité un horizon (B) gris brun épais. Certains niveaux de cet horizon sont frais à humides.

En résumé : sur dune moyennement élevée et large, on peut distinguer une succession de sols bruns rouges peu différenciés et des sections de pentes respectivement sableuses fragiles et sableuses cohésives colonisées différemment par la végétation herbacée et présentant une succession différente d'horizons.

#### C - Les sols des modelés dunaires très accentués -

Deux toposéquences ont été observées : l'une à proximité de la bifurcation de la piste Gossi-Gourma Rharous (coordonnées : 15°56'00"N - 1°16'40"O.), l'autre au SE de Gourma-Rharous (Coordonnées 16°51'00N - 1°37'10"W).

Les modelés dunaires, de formes vives, ont entre 400 et 700 m de large pour 20 à 30 m de dénivellation et se présentent comme des massifs de grands cordons successifs orientés NNE-SSO séparés par des interdunes étroites où se concentre une végétation arbustive haute (Acacia erhenbergiana, Ac. raddiana...)

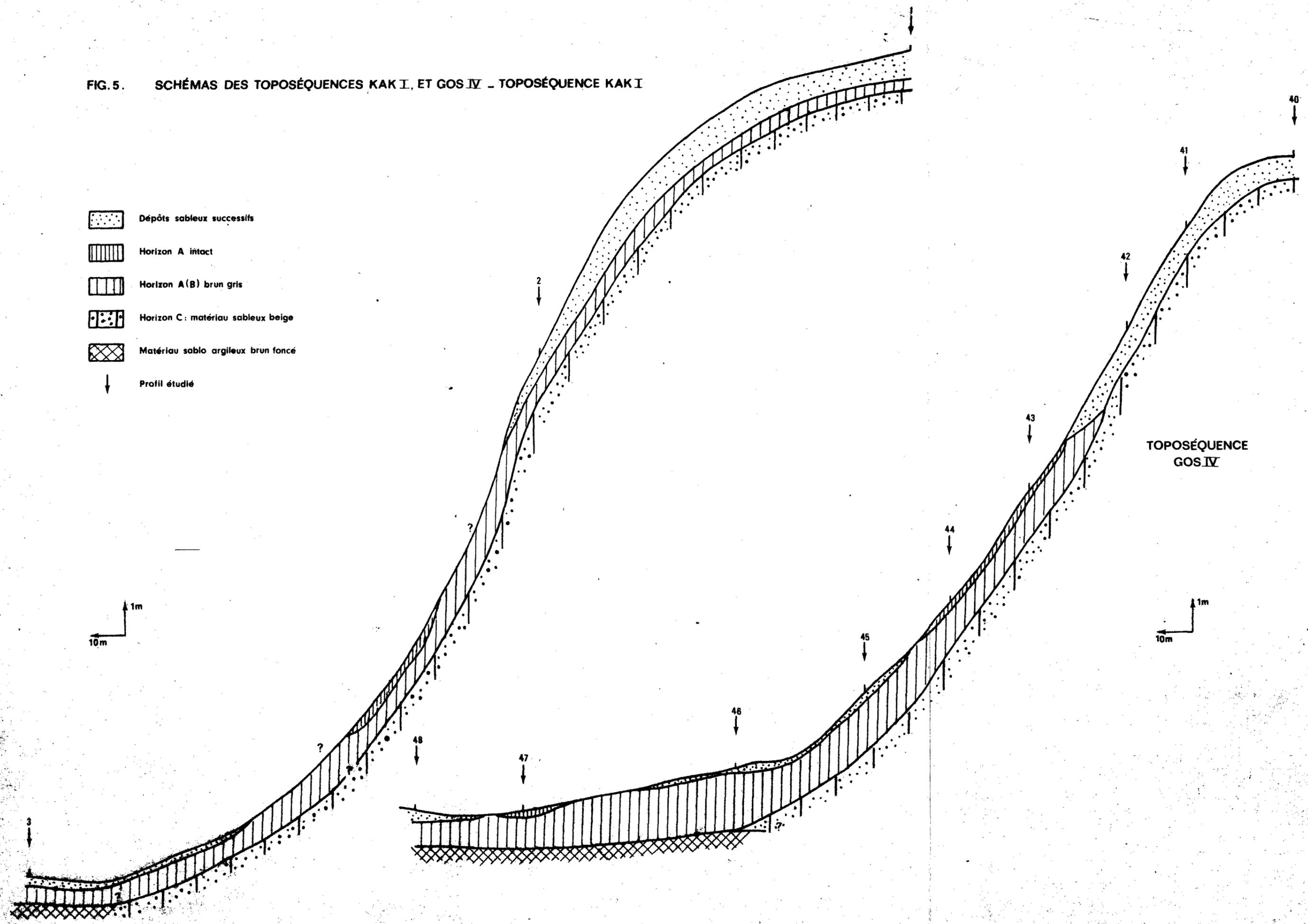
Les versants sont peu exploités par Heliotropium ovalifolium, Zornia glochidiata et Alysicarpus glumaceus.

Au sommet de la dune apparaît généralement des touffes vivaces d'Aristida funiculata et de Panicum turgidum.

Les descriptions des profils et le schéma des toposéquences (fig. 6) indiquent dans les deux cas :

FIG. 5. SCHÉMAS DES TOPOSÉQUENCES KAK I, ET GOS IV - TOPOSÉQUENCE KAK I

-  Dépôts sableux successifs
-  Horizon A intact
-  Horizon A(B) brun gris
-  Horizon C: matériau sableux beige
-  Matériau sablo argileux brun foncé
-  Profil étudié



- des horizons superficiels sableux lamellaires très fragiles, non humifères ou très peu dans trois portions du modelé : au sommet et 3/4 supérieur de pente, sur le 1/4 inférieur et le bas de pente. Les horizons surmontent en discontinuité dans les portions hautes, soit un sable beige jaune pâle sans aucune cohésion, bouillant, soit un horizon brun rosé fragile. En bas de pente ces sables lamellaires recouvrent des horizons bruns foncés à taux d'argile beaucoup plus élevé (10 % et plus).

La végétation herbacée lache est localisée sur ces sables.

- des horizons humifères bruns grisés légèrement compactés, non lamellaires, à structure massive et à débit résistant, sur les portions médianes et en bas de pente. La succession des horizons sous-jacents et leurs caractéristiques indiquent que l'on a affaire à des sols peu évolués à faciès brun rouge subaride de profil A - A(B), C. Les zones sans végétation herbacée et à couverture très faible et basses sont localisées sur ces portions de sols.

En résumé : Les sables lamellaires non humifères des cordons dunaires à relief accusé recouvrent plusieurs parties du modelé dont les secteurs hauts et bas sur des épaisseurs parfois importantes, en haut de dune notamment.

Sur les parties médianes et basses de la pente, on observe des sols dont la succession des horizons est ordonnée et conforme indiquant des sols non tronqués. Les interdunes sont constitués en profondeur d'un matériau sablo-argileux compact. Les sols qui s'y développent sont des sols bruns subarides à faciès structuré.

### III - LES ANALYSES

Sont en cours d'exécution actuellement, sur 96 échantillons d'horizons de sols des toposéquences précédentes, les déterminations suivantes :

Analyse mécanique - Humidité à 105° - pF 3,0 et 4,2 - Porosité - Perméabilité - Granulométrie des sables - Carbone - Azote - Phosphore total - pH - Fer libre et total - Bases échangeables - Capacité d'échange - Analyse de l'humus - soit environ 1200 déterminations physico-chimiques de laboratoire.

Certains horizons intéressants ont été traités pour la détermination diffractométrique aux rayons X des minéraux argileux.

La totalité des résultats nous parviendra dans le courant de l'année 1976 et avant la seconde mission en Octobre 1976.

### IV - LES INTERPRETATIONS

Les observations précédentes qui seront confrontées aux résultats des analyses, conduisent à des premières hypothèses qu'il conviendra de vérifier, étayer ou infirmer ultérieurement.

Nos interprétations principales sont les suivantes :

- 1) - Les formations sableuses dunaires du secteur étudié peuvent se subdiviser en trois ensembles :
  - la formation I à petites dunes à modelé émoussé aplani,
  - la formation II à dunes moyennement ondulées,
  - la formation III à cordons dunaires épais et hauts et sommet raviné.

Les sols de ces trois formations sont différents malgré une parenté climatique et édaphique les groupant autour des sols bruns rouges subarides. On passe des sols les plus différenciés de la formation I aux sols les moins évolués de la formation III.

Les distinctions morphologiques et pédologiques militent en faveur de l'existence de 3 formations sableuses fixées d'âge croissant de I à III. La différenciation en horizons, la cohésion, la présence de ségrégations étant les critères indiquant une plus longue pédogenèse.

- 2) - Les caractères des horizons de surface permettent d'envisager une origine de dépôts éoliens récents actuels pour les plages de sables lamellaires, puisqu'elles ne sont pas humifères et sont très peu cohésives. Ils reposent le plus souvent sur des sols tronqués.

Au contraire, les plages durcies, glacées sont des domaines où les sols sont soit en place non tronqués, soit tronqués, mais non recouverts. Une graduation apparaît dans le niveau d'apparition de cette troncature suivant les différents ensembles dunaires. La formation I présente des plages érodées et battantes qui indiquent une troncature profonde et large des sols jusqu'à l'horizon (B). Dans la formation II la troncature est moins profonde et peut même ne pas exister - le plus souvent une partie de l'horizon A est enlevée.

Dans la formation III, les zones dénudées glacées conservent l'horizon A dans son intégralité.

Les plages entièrement dénudées et érodées se manifesteront différemment sur ces portions durcies différentes.

Par contre, les plages de dépôts sableux recouvrent des niveaux différents selon l'ensemble dunaire considéré.

Sur la formation III (GoS IV et KAK I) les sol sous-jacent au dépôt sableux (amont en particulier) est profondément tronqué. Le matériau dunaire brut peut même être atteint (GoS IV).

Sur l'ensemble dunaire II (GoS I) la troncature sous dépôts sableux est plus haute. Elle dégage l'horizon (B).

Enfin, l'erg I est bien moins rabaissé encore sous les dépôts sableux.

Corrélativement, l'épaisseur des dépôts sableux croît avec la profondeur d'apparition de la troncature.

Les schémas des toposéquences qui ont une échelle verticale semblable (1 cm = 1 mètre) indiquent des épaisseurs de sables lamellaires récents qui augmentent de I à III.

Pour nous résumer nous dirons que les portions où manquent les dépôts sableux sont de moins en moins érodées des formations sableuses I à III, alors que par contre les portions sableuses meubles recouvrent des sols de plus en plus érodés.

Les caractères morphologiques de surface des portions dunaires non recouvertes de sables lamellaires, permettent en première analyse de considérer l'agent érosif dominant de l'erg I comme étant l'eau, ceux de la formation II comme étant le vent et l'eau, et celui de l'erg III comme étant le vent.

Des formations III à I on aurait donc respectivement :

- une déflation éolienne importante
- une déflation éolienne liée à une érosion hydrique diffuse
- une érosion hydrique aréalaire pouvant devenir concentrée et légèrement incisive.

Les facteurs vent et eau restent présents dans tous les cas, mais l'érosion hydrique gagne à mesure qu'un matériau plus ancien, plus cohésif et peut-être un peu plus argileux s'y prête.

Ces érosions respectives manifestées de I à III, respecteraient donc les zones médianes non recouvertes de sables, mais auraient sévi sur les parties sous couverture sableuse lamellaire actuelle.

Ceci pourrait signifier :

- 1) que le vent agent érosif intense sur certaines portions de modelés d'erg récent à sols fragiles (III) serait aussi un agent d'accumulation puissant sur ces mêmes portions mais épargnerait les portions alternes.
- 2) que l'eau serait un agent érosif efficace sur certaines portions de modelé d'erg ancien (I) mais que les sols plus cohérents, plus massifs, s'opposeraient à une déflation éolienne importante.

Il ne faut pas perdre de vue que les observations actuelles ne livrent que la résultante des recurrences arides et humides antérieures quaternaires, durant lesquelles les deux agents érosifs ont dû se succéder et s'associer.

Les plages de sol nu, durci, souvent dépressives, ("coup de cuiller") sans aucune végétation herbacée, peuvent être interprétées comme la conséquence de facteurs érosifs de nature et d'importance différentes selon que l'on s'adresse à telle ou telle formation sableuse.

- . 3) - Sur les sables remobilisés des dépôts éoliens récents, la végétation herbacée est abondante. Sur les plages durcies encroutées non recouvertes des sables précédents la végétation herbacée est faible ou absente. Les plages battantes, durcies, dépressives, ne possèdent pas de strate herbacée.

Ces faits nous semblent liés à plusieurs causes convergentes dont la plus importante est l'alimentation en eau. Le durcissement de l'horizon atteint par l'érosion, son colmatage éventuel (les taux d'éléments fins sont souvent plus importants dans la croûte de surface) empêchent l'eau de pluie de pénétrer. Celle-ci ruisselle et va alimenter les plages sableuses meubles avales. D'autre part, le vent balaie les surfaces nues et évacue les graines qui ne peuvent s'y maintenir. Ces graines se piègent préférentiellement dans les zones sableuses meubles alentour.

Ce sable a une capacité de rétention assez élevée pour l'eau puisqu'il est constitué de sable plus fin préférentiellement déplacé par le vent, et qu'il repose sur un horizon tronqué plus cohésif qui arrête l'eau.

D'autre part, l'évaporation de ces sables est réduite du fait du manque de capillaires fins capables de remonter l'eau jusqu'en surface. Ces sables meubles peuvent être comparés alors à un dépôt de sucre fin sur du sucre en morceau, ce dernier figurant le substrat tronqué durci. L'expérience montre que si l'on dépose le tout dans une soucoupe contenant un liquide coloré celui-ci va monter rapidement dans le sucre en morceau mais très peu à la base du tas meuble supérieur. Piégeant les graines, conservant l'humidité, ces sables meubles permettent la germination.

La végétation arbustive peut se maintenir sur des plages nues. Mais mal, puisque l'eau qui ruisselle est perdue pour l'arbre. Dans des zones septentrionales comme celles de l'étude, où les espèces se trouvent à la limite latitudinale N de leur aire, un déficit hydrique quelconque est préjudiciable au végétal ligneux. Si celui-ci se répète, si l'érosion hydrique du ruissellement ou éolienne déchausse les racines et diminue encore l'alimentation en eau, l'arbuste peut mourir.

Au contraire les graines d'espèces ligneuses dont celle de l'Acacia senegal par exemple qui semble avoir un pouvoir régénérateur important, peuvent germer dans les sables humides. Mais lorsque le sable est dégagé par le vent, les conditions d'alimentation hydrique changent et l'arbuste peut périr. De même le vent sur les sommets des ergs III peut ensevelir sous les sables des arbustes qui ne subsisteront pas.

. 4) - Si l'action du bétail sur la végétation est bien visible autour des mares permanentes, des cures salées, sur les parcours menant à ces sites, l'absence de végétation, herbacée notamment, sur les plages durcies de toutes les formations quelle que soit leur situation géographique, empêche d'attribuer à la surpâturage cette "dégradation".

Les pacages et les trajets du bétail peuvent même présenter une prolifération de certaines graminées, Cenchrus biflorus par exemple.

## V - CONCLUSIONS

Des conclusions provisoires importantes peuvent être dégagées :

- dans le Gourma malien sableux éolien, trois formations dunaires peuvent être distinguées. Elles diffèrent par le modelé et les sols.
- tous les reliefs dunaires présentent des zones à surface durcie, planes ou légèrement affaissées, encroutées à végétation rare, relayant des zones de sables meubles à relief ondulé ou ridé. La position de ces zones respectives est ordonnée sur le modelé en fonction des trois formations distinguées. Les sables recouvrent les parties hautes et basses de la dune, les sols non recouverts occupent la partie médiane.
- les formes d'érosion en "coup de cuiller" dégageant des plages nues, durcies, battantes peuvent se faire aux dépens des deux sortes de section précédentes mais bien plus souvent sur les zones encroutées non recouvertes.
- l'importance des facteurs érosifs est inégale : l'érosion hydrique gagne vers les formations sableuses basses, la déflation éolienne domine sur les cordons juvéniles.
- la végétation herbacée et les repousses arbustives colonisent abondamment les zones sableuses et disparaissent des zones durcies...

Paradoxalement, plus la déflation éolienne de saison sèche, remettant les sables en mouvement est importante, plus la végétation herbacée aura de possibilités de se développer à l'hivernage suivant.

Paradoxe est ici la relation : déplacement de sables vifs → désertification  
→ régénération végétale.

Par contre cette remise en mouvement peut déterminer la mort des arbustes et des arbres.

La régénération des pâturages herbacés est donc favorisée par l'extension des sables vifs peu épais et bloquée par la présence de sols climatiques tronqués ou non.

On a l'impression que les sols en place ne sont plus aptes à supporter la couverture végétale actuelle, ne sont plus "climaciques". Peut-être nous trouvons-nous devant un signe de la péjoration du climat actuel.

Quoi qu'il en soit, après le maintien durant plusieurs années consécutives d'une sévère sécheresse dans tout le sahel, nous avons été agréablement surpris d'observer une aggradation des pâturages du Gourma malien par rapport aux observations des agrostologues faits cinq années auparavant.

Il est possible, et visible dans certains cas, que cette régénération ne soit due qu'à l'abaissement important du nombre de bêtes après la sécheresse. Mais la belle allure des pâturages tout autour des mares permanentes, à Gossi en particulier, interdit de n'envisager que cette cause.

#### VI - ETUDES ULTERIEURES

Après l'exploitation des résultats analytiques, nous envisageons une extension des travaux de prospection dans d'autres secteurs au S de Gossi et vers Gao notamment. L'emploi de résines durcissantes employées sur le terrain permettra l'observation en lames minces micromorphologiques des structures de la croûte durcie des plages dénudées et peut-être d'appréhender le mécanisme de leur genèse.

Une comparaison sera tentée avec les sols et la répartition de la végétation dans le Ferlo sénégalais, zone pastorale située à la même latitude que Gossi où nous avons effectué des observations pédologiques les années précédentes. Cette comparaison peut permettre de dégager des enseignements fructueux.

Enfin, en collaboration avec les autres membres de l'action concertée, la mise en défens de zones convenablement choisies et leur évolution est prévue dès cette année.

## B - LES TERRES DE CURES SALEES

### I - INTRODUCTION

La mission préparatoire au projet D.G.R.S.T. d'Août 1975 prévoyait de préciser les caractéristiques de diverses terres de cures salées dont en particulier celles de Tin Ahara, Karouassa et Amniganda (localisation fig. 3).

Durant les premiers mois de la saison des pluies, en Juin si celles-ci sont précoces, en Juillet et Août et quelquefois en Octobre, l'une des principales activités traditionnelles des éleveurs et du cheptel est la transhumance vers les lieux de cures.

MACHER (in BOUDET et al. 1971) rapporte que l'urgence du déplacement à la cure est signalée par un comportement anormal des animaux qui délaissent alors le fourrage pour les cendres et les débris ménagers des campements.

La première cure serait en général une cure purgative pour cet auteur. GALLAIS (1975) écrit que les séjours aux cures durent une à deux semaines et que le natron purge les animaux et leur redonne de l'appétit.

BOUDET (in BOUDET et al. 1971) réduit l'importance de l'apport en sodium des cures qui en possèdent peu, et avance qu'il semblerait cependant que la pratique des cures salées ne soit que l'indice d'une faim de sodium qui pousse les animaux à lècher les sols légèrement enrichis en minéraux solubles... >>

Les cures salées sont connues et ont été repertoriées depuis de nombreuses années par les différents services d'élevage en Afrique de l'Ouest mais n'ont jamais fait l'objet d'études chimiques et pédologiques précises. Mentionnons entre autres ouvrages ceux de DETRESSOULE (1952) au Mali et de GROSMAIRE (1957) au Sénégal.

Notons que certaines cures sont hydrothérapeutiques et se font alors à partir de l'eau de certains puits dont la charge en sels est élevée, et que les cures d'herbes sont également recherchées par les éleveurs, ainsi celle de Merinaghem au Sud du lac de Guiers au Sénégal, et les abords du lac Tchad.

Les principaux inconvénients de la pratique de ces cures sont la dégradation importante des pâturages le long des parcours traditionnels de transhumance, et celle d'une vaste aire autour des cures.

Les avantages retirés de ces longs périples sont aux dires des éleveurs, un appétit du cheptel recouvré, un nouveau poil plus brillant et plus dru, et certaines autres qualités qu'il conviendrait de préciser.

## II - LES OBSERVATIONS MORPHOLOGIQUES

### a) La cure de Tin Ahara (1°51'50" W - 16°39'30" N)

Située à 30 km au S de Gourma-Rharous, sur la piste menant à Gossi, elle est constituée de petites excavations de faible profondeur situées autour du puits qui culmine à 258 m d'altitude absolue, au sommet d'un relief convexe à pente faible inférieure à 1 %.

La formation géologique environnante, recoupée par le puits est la formation Y III de la carte de REICHELDT (1972) composée de schistes argileux, grès, quartzites, calcaires et dolomies lenticulaires. L'ensemble est attribué au Pré-cambrien supérieur. L'eau du puits atteinte à 59,5 m est légèrement alcaline au goût.

A proximité des excavations exploitées et surmontant celles-ci, un affleurement de cuirasse ferrugineuse à nodules violets, en cours de démantèlement est visible. Plusieurs profils ont été rafraîchis dans les cavités exploitées.

Voici la description de l'un deux :

#### ARA 1 :

- 0 - 6 cm : Brun rouge (5 YR 5/6), sablo-limoneux à argileux. Environ 20 % de terre fine emballant des nodules ferrugineux de 1 à 3 cm, rouille et lie-de-vin. Structure polyédrique fine bien développée à cohésion d'ensemble moyenne. Porosité tubulaire assez faible, bulleuse, localement bien développée.
- 6 - 22 cm : Brun-jaune à ocre (2,5 YR 5/6), même texture un peu plus argileuse. Plus de terre fine à même structure mais cohésion plus faible. Quelques revêtements blanchâtres non effervescents sur les nodules, légèrement salés au goût.
- 22 - 32 cm : Rouge (6,75 Yk 4,5/6) argilo-sableux. Nodules ferrugineux moins durs et éléments ferruginisés lithiques en amas qui, cassés, laissent apercevoir les fantômes de minéraux fins très altérés. Structure polyédrique plus large, peu friable.
- 32 cm : idem, plus argileux. La densité des nodules diminue. Argiles bariolées jaunes, ocres, rouges et grises.

Les niveaux préférentiellement exploités sont ceux de 10 à 30 cm, d'après les éleveurs questionnés sur place. Localement on trouve en surface des débris de croûte calcaire très dure, saumon, incorporant des nodules ferrugineux. Certaines faces de ces débris présentent des structures en nids d'abeille donnant un aspect de meulière. Ces trames en relief ne font pas effervescence à l'acide et semblent être constituées de silice.

### b) La cure de KAROUASSA (approximativement 16°29' N - 1°19' W)

Elle se situe à environ 80 km à vol d'oiseau au SE de Gourma Rharous. Elle s'étend entre deux ensembles dunaires et une grande étendue plane, gravillonnaire, d'où émergent quelques chicots de cuirasse ferrugineuse. La formation géologique est la même que celle de la cure précédente.

Une excavation profonde de 2-3 m permet la description suivante :

- 0 - 15 cm : Brun rouge, sablo-argileux et graveleux. Très perturbé par l'homme et les animaux. Structure prismatique mal développée à massive. Cohésion assez forte. Nodules ferrugineux durs, lie-de-vin.
- 15 - 33 cm : Bariolé de jaune, gris, rouge vermillon, argilo-graveleux. Nodules ferrugineux moins durs, moins nombreux, moins bien individualisés, fortement liés à l'emballage argileux. Structure polyédrique moyennement cohérente.
- 33 - 50 cm : Argiles bariolées à amas ferrugineux rouges lie-de-vin, friables.
- 50 - 250 cm : Succession de bancs de schistes altérés mauves, jaunes, vert-clair, argileux, et de bancs siliceux fins blancs. La schistosité à un pendage moyen de 50° SW. Certains niveaux stratifiés de 3 à 4 cm d'épaisseur, de couleur brun ocre, très argileux, renferment à la cassure des cristaux aciculaires fins, non effervescents à l'acide, de pH 7 à 7,5.

Certains autres niveaux, durs en lamelles de 2 cm, font vivement effervescence à HCl et se présentent comme des enroûtements calcaires gris ou roses. L'ensemble de l'horizon de 50 à 250 cm est frais à humide.

C'est cette dernière couche stratifiée de 2 m d'épaisseur environ qui est exploitée. La surface et les niveaux inférieurs à 250 cm ne sont pas favorables. Les bêtes elles-mêmes vont lécher et mordiller sans distinction les passées argileuses apparemment sans sels et les intercalations salées de cette couche.

c) La cure salée d'AMNIGANDA (15°14' N - 1°10' W)

Elle s'étend en bordure d'un chapelet de mares temporaires entourant en gouttière le massif d'Amniganda constitué des quartzites de la formation d'Hombori-Donentza, à une soixantaine de km au S de Gossi-

Les formations pétrographiques de la cure sont des calcaires, dolomies, schistes argileux et grès intercalés de la série La Irma (REICHEL 1972).

Les cures sont séparées des mares par un relief cuirassé peu élevé sur le versant externe duquel se placent deux séries d'exploitations, l'une en amont, l'autre 300 à 400 m plus en aval.

Observation amont : AMI 1 :

- 0 - 6 cm : Sablo-argileux à nodules ferrugineux violets, durs. Structure massive à cohésion assez forte.
- 6 - 35 cm : Argiles bariolées à nodules ferrugineux violets et amas ferrugineux, lie-de-vin moins durs. Structure polyédrique centimétrique et sous-structure millimétrique moyennement développée. Cohésion d'ensemble moyenne à faible.

Au-delà de 35 cm : Argiles bariolées rouges, ocres, safran, grises à bancs plus ou moins indurés ou nodulaires ferrugineux rouges et revêtements de cristaux blancs aciculaires et recourbés faisant en partie effervescence à l'acide. Ph variables de 6 à 8 selon le point de prélèvement.

Observation avale : AMI 2 :

- 0 - 1 cm : Gris brun, limoneux, lamellaire, fragile.
- 1 - 7 cm : Brun foncé à reticulum rouge, argileux, structure en colonnettes à sommet arrondi. Cohésion très forte à excessive.

- 7 - 20 cm : Brun, argileux, structure cubique fine, très bien développée, efflorescences de cristaux aciculaires en amas ne faisant pas effervescence. pH 7,5 à 8. Cohésion d'ensemble plus faible.

Au-delà de 20 cm : Brun beige - argileux, massif, très compact.

Les niveaux consommés sont ceux sous 35 cm dans le premier cas et de 10 à 20 cm dans le second.

## II - LES ANALYSES

12 horizons des cures salées précédentes font actuellement l'objet d'analyses pédo-  
logiques physiques et chimiques complètes.

Outre ces analyses, certains de ces échantillons ont déjà fait l'objet de déter-  
minations diffractométriques aux rayons X sur un appareil RIGAKU équipé d'une  
auticathode de cuivre.

Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

## IV - LES INTERPRETATIONS

Les observations morphologiques précédentes et l'examen des résultats du tableau 1  
appellent les commentaires suivants :

- les cures étudiées se situent toutes dans des formations géologiques schisteuses  
comprenant des intercalations dolomitiques
- le contexte géomorphologique et pédologique est dans tous les cas celui d'un  
cuirassement ayant affecté le sommet des altérations des formations pétrogra-  
phiques partiellement dolomitique sous-jacentes, et dont la cuirasse largement  
démantelée ne subsiste plus que sous forme de lambeaux de certains points hauts.  
Les "gravillons" et les nodules ferrugineux de surface diminuent alors en pro-  
fondeur à mesure que l'on pénètre dans les niveaux d'altération argileux bario-  
lés.

Les stratifications et la schistosité permettent dans les meilleurs cas, lorsque  
les fosses sont profondes, de constater que les altérations sous cuirasse se sont  
faites dans un matériel lithologique en place.

- les efflorescences et les revêtements de cristaux généralement aciculaires sont  
situés dans des niveaux peu épais, à distance relativement faible de la surface  
topographique. L'effervescence à l'acide est rare.
- les déterminations diffractométriques indiquent :
  - une quasi dominance de minéraux argileux de type kaolinite et une faible  
proportion d'illite ou de micas.
  - une présence constante de gypse (sulfate de Ca) et quelquefois la présence  
de calcite (carbonate de Ca) et une absence totale de sels de Na décelables.

Des constatations qui précèdent, nous interprétons ainsi la formation de ces cures  
salées :

La différenciation d'une cuirasse ferrugineuse se fait par l'intermédiaire d'ho-  
rizons d'altération à structure conservée de la roche de départ, où la filiation  
des nodules ferrugineux aboutissant à la cuirasse peut-être suivie (LEPRUN 1972).

L'altération latéritique ou ferrallitique responsable durant de longues durées  
géologiques de cette différenciation conduit à une accumulation relative de fer

	Montmo- rillonite	Chlo- rite	Illite ou mica	Kaoli- nite	Gypse	Calcite	Quartz
ARA 2 1		tr.	2	8	Non	d é t e r m i n é	
2			1	9	+	+	+
3			0,5	9,5	+		+
3 20	tr.		1	9		n o n	
4 20			1	9		d é t e r m i n é	
KARA 1 1			0,5	9,5	+		+
2			0,5	9,5	+		+
3			0,5	9,5		+	+
1 argiles tach.			0,5	9,5			
1 schistes			0,5	9,5	Non	d é t e r m i n é	
AMI 1 1a			0,5	9,5	+		+
1b			0,5	9,5	+		+
2 2	0,5		1	8,5	+		+

Tableau 1 : DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

et à l'élimination hors des profils des alcalins et alcalinoterreux (Ca, Mg, K, Na...) et de la silice. Elle aboutit à des argiles kaoliniques sous et à l'intérieur de la cuirasse.

Dans le cas de roches à intercalations dolomitiques, la structure schisteuse fine empêche l'exportation totale des ions basiques des bancs calcaro-magnésiens.

Lorsque la cuirasse se démantèle, phénomène omni-présent actuellement, la destruction des niveaux indurés supérieurs libèrent des nodules et donnent aux eaux pluviales l'accès aux altérations argileuses sous-jacentes. L'altération météorique des niveaux dolomitiques non totalement altéré peu alors se faire.

Le climat sub-arides et la faible quantité de précipitations ne permettent pas l'évacuation des ions basiques par le drainage interne. Ces derniers, du fait de l'évaporation intense qui suit les pluies, remontent en surface dans les niveaux poreux gravillonnaires où ils cristallisent.

Enfin, comme le montre la dernière observation à Anniganda (AMI 2), les sels peuvent se trouver en cristallisations dans un sol solonetzique développé à partir de matériaux d'altération sous cuirasse et d'apports de ruissellement.

## V - CONCLUSIONS

Si l'on restreint le terme salé à l'usage des sels de sodium (Cl Na) et du natron, comme c'est le plus souvent le cas dans l'esprit de ceux qui l'emploient, les cures étudiées précédemment ne peuvent être appelées « salées ».

En effet, ce sont alors des cures de sulfates et de carbonates de calcium. Les deux analyses chimiques effectuées par BOUDET et al. (1971 p. 93) sur un échantillon de la cure de Karouassa, indiquent par ailleurs, des teneurs en sodium très faibles, mais des taux assez élevés de sulfates. La comparaison analytique avec le natron du Tchad est d'ailleurs tout à fait probante.

Il apparaît donc évident que la fréquentation de ces cures annuellement par les troupeaux n'a pas, au moins pour les trois cures étudiées, pour conséquence, un apport substantiel en sodium capable de réduire le déficit des rations de saison sèche.

Plusieurs raisons, entre autres, peuvent alors expliquer cette fréquentation assidue, certaines pouvant évidemment s'associer :

- des raisons sociales et historiques qui poussent l'éleveur à un périple annuel qui lui permettra de prendre contact avec d'autres éleveurs venus d'autres régions dans une période de vie facile qu'est l'hivernage.
- un besoin de purge ressenti par le bétail après la longue saison sèche. L'ingestion de sulfate peut aboutir à ce résultat.
- l'ingestion d'argiles pourrait constituer un pansement digestif, ou simplement le symptôme d'un pica allotriophagique
- des raisons physiologiques non évidentes pouvant provoquer, favorisé par le goût "salé" des sulfates, le besoin d'ingérer du calcium facilement assimilable (22 % du  $SO_4Ca$  l'est) ou des oligoéléments indispensables.

La géophagie est un phénomène fréquent chez les mammifères en général et les ruminants en particulier.

Un grand nombre de publications traite des carences en oligoéléments, métalliques le plus souvent, chez les ruminants. Ainsi LAMAND (1970) diagnostique par des dosages les carences en cuivre, cobalt, manifestées par la coexistence de la perte d'appétit, du pica, du poil piqué, de la maigreur... Le symptôme de l'anémie serait, de même, lié à une carence en fer, et celui du trouble du pelage à la carence en zinc.

Ceci nous remet en mémoire les avantages attendus par les éleveurs transhumants.

Il faut remarquer alors, que tous ces éléments en traces, sont fortement représentés dans les cuirasses et les niveaux argileux sous-jacents. En effet, l'altération latéritique qui a éliminé les bases et la silice, a concentré non seulement le fer et l'aluminium (celui-ci est stoqué en partie dans le réseau des kaolinites), mais aussi les cations métalliques Cu, Co, Mn, Ti, Zn... et d'autres oligoéléments moins étudiés comme le vanadium.

En résumé, la faim des terres de cures "salées" pourrait donc, favorisée par la saveur "salée" de certains niveaux du sol, apporter au bétail :

- du calcium assimilable dans un contexte de sables qui en possèdent peu
- des oligoéléments indispensables
- et l'effet bienfaisant d'une purge sulfatée.

#### VI - ETUDES COMPLEMENTAIRES ENVISAGEES

Des analyses chimiques des principaux éléments en traces doivent être effectuées à l'I.N.R.A. à la station centrale de nutrition du C.N.R.Z. de Jony en Josas.

Elles permettront de faire ressortir les analogies possibles dans ce domaine, entre les différentes cures "salées".

L'élaboration d'un questionnaire détaillé destiné aux éleveurs, concernant les symptômes du bétail avant la cure et les améliorations apparentes après la cure va être tentée avec l'aide du Dr. FERNEY, directeur de l'Institut des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar.

Il est prévu en 1976 la réalisation de fosses profondes dans certaines cures et la visite d'autres cures importantes (Tin Asseyfi et Drougama).

Enfin, il serait souhaitable, mais la réalisation d'un tel programme pose des problèmes techniques ardues, de pouvoir effectuer des analyses sérologiques des animaux avant et après la cure de manière à cerner de façon directe, la nature et l'importance de l'apport de la cure.

## C - LES FORMATIONS DE BROUSSE TIGREE

### I - INTRODUCTION

Ce terme a été créé par CLOS-ARCEUDUC (1956) pour traduire l'aspect singulier sur photo-aériennes de formations végétales concentrées en bandes parallèles sombres alternant avec des bandes dénudées claires évoquant 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. Citons en Afrique de l'Ouest ceux de AUDRY et ROSSETI (1962) en Mauritanie, de BOULET, GAVAUD, BOCQUIER (1964) au Niger Central, de GAVAUD (1965) au Niger Occidental, de GALAIS (1967) au Mali, de WHITE au Niger (1970), de BOUDET (1972) au Mali...

Ailleurs en Afrique, les anglo-saxons décrivent des « végétations patterns » dans toute la zone sahélienne et sahélo-saharienne : WORRAL au Soudan en 1959, BOALEK et HODGE (1962) en Somalie, suivi de HEMMING (1965), WICKENS et COLLIER (1971) au Soudan...

Différentes causes ont été reconnues responsables de la formation de ces bandes de végétation alternée. On a successivement incriminé l'activité termitique, le dessèchement progressif de la zone sahélienne, le surpâturage, le drainage, les conditions édaphiques...

Ces formations végétales se suivent de Timbedra en Mauritanie du S.E. jusqu'au Niger Oriental avec un maximum au Niger Occidental.

Dans la boucle du Niger, les photos aériennes et les cartes I.G.N. au 1/200.000° indiquent une extension importante de la brousse tigrée dans une bande latitudinale située entre le 16° et le 14° N.

Les témoins les plus septentrionaux se trouvent à proximité de Gossi. C'est là que nous avons étudié les sols qu'ils recouvrent grâce à deux toposéquences, l'une GoS II à 17,5 km de Gossi vers Doro, l'autre GoS III à 2,6 km de Gossi, vers Hombori (situations respectives : 15°56'10"N - 1°10'40"W et 15°49'N - 1°17'10"W).

### II - OBSERVATIONS MORPHOLOGIQUES

Elles sont résumées dans les figures 6 et 7. nous y avons joint la répartition de la végétation pour rendre plus explicites ces schémas.

• La séquence GoS II est située sur les formations géologiques Y II de REICHELDT (1972) qui sont constituées de schistes argileux multicolores souvent zonés, pendant d'environ 40° vers le S.W.

Elle est orientée NE-SW et comprend :

- une microdune sableuse alignée en cordon qui forme le relief dominant
- un haut de versant sablo-limoneux à sablo-argileux à sols peu évolués à faciès brun subaride
- une zone basse formant collature à matériau limono-sableux à argilo-sableux développant des sols peu évolués à faciès hydromorphe et même des microsolonetz.

L'ensemble est 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.

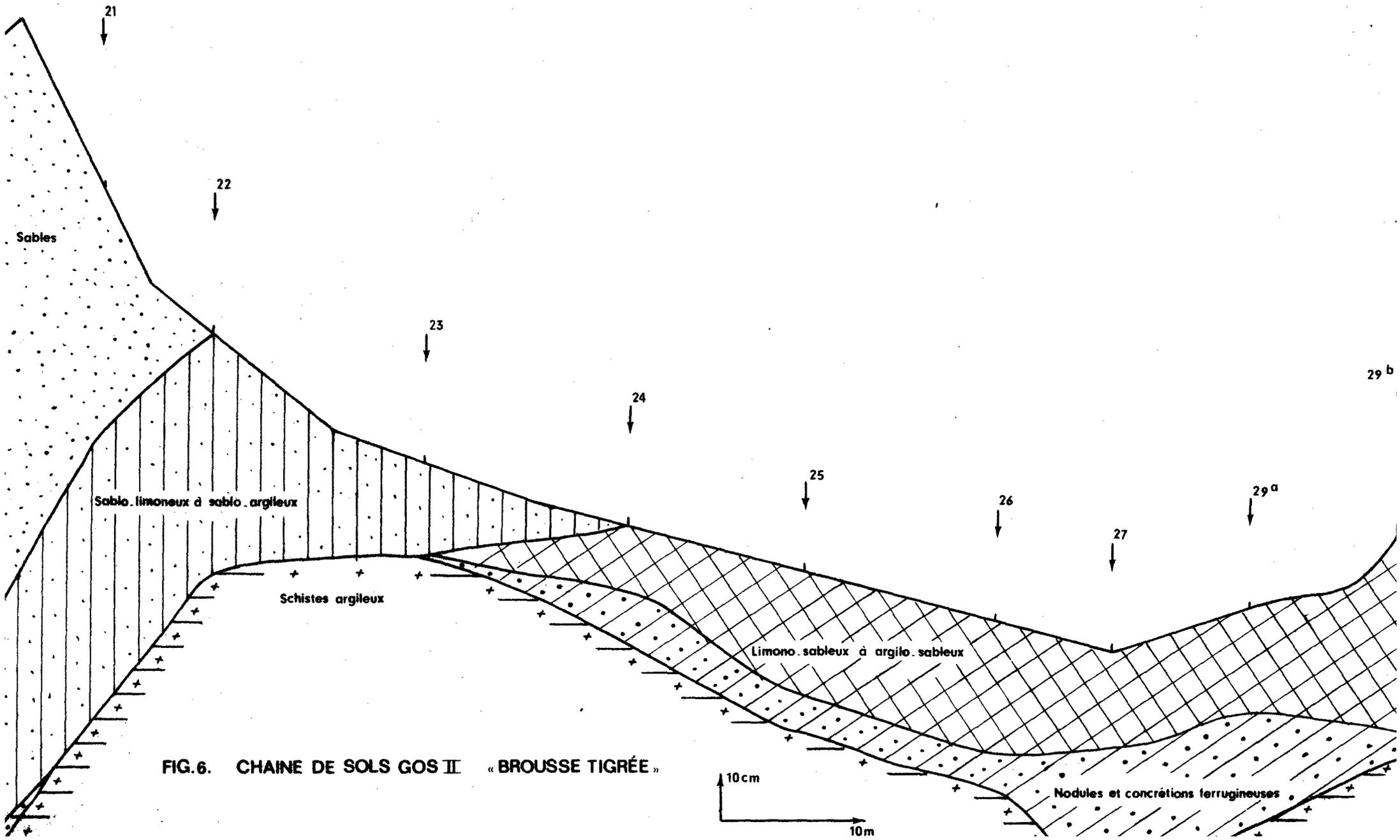
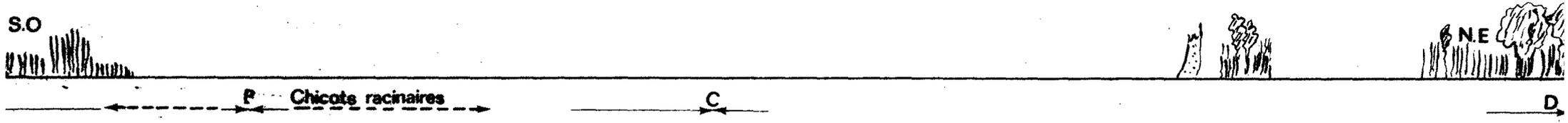


FIG.6. CHAINE DE SOLS GOS II « BROUSSE TIGRÉE »

Les nodules et concrétions ferrugineuses se forment dans l'altération peu épaisse des schistes mais incorporent la frange inférieure du matériau partiellement sableux sus-jacent.

Si l'on subdivise la séquence en 3 parties, on peut avancer, d'après l'examen morpho-pédologique, que la portion AB est formée uniquement de sables éoliens très récents, aucune différenciation en horizons ne se manifestant dans ce matériau dont on distingue par contre bien les apports lamellaires successifs de sables.

La partie BC est constituée d'un matériau dont la texture sableuse dominante et la discontinuité avec les schistes durs sans l'intermédiaire d'une zone d'altération, suggèrent une zone de colmatage provenant pour partie des sables éoliens et pour partie d'éléments fins déplacés.

La partie CD dont les sols sont bien différenciés et structurés comporte un taux d'éléments fins élevé (argile + limons) et semble en grande partie dériver de l'altération des schistes. La ride sableuse est colonisée par une végétation de graminées éphémères.

Toute la partie BC et la première moitié de la portion CD est entièrement nue, gravillonnaire, puis glacée à croûte blanche limoneuse.

La bande de végétation dense orientée perpendiculairement à la direction de la toposéquence, occupe une partie de la zone basse et le bas du versant opposé au cordon sableux.

Elle est composée de graminées dont Panicum laetum, Schoenfeldia gracilis et Andropogon gayanus et d'arbustes hauts : Acacia erhenbergiana, Grewia bicolor, Acacia ataxacantha, Boscia senegalensis...

Il faut remarquer que cette zone boisée correspond à l'approfondissement maximum de la roche, et que des profils 24 à 27 on observe des rigoles de chenaux peu marqués d'écoulement hydrique.

Plus en amont de cette manifestation érosive, sur la zone nue précédant la ride sableuse, les fosses et les observations de surface montrent les traces d'une ancienne et intense activité biologique végétale et termitique (vieilles racines, nids de termites...).

. La séquence GoS III se répartit sur la formation Y 1b de REICHELTL qui comprend des schistes argileux, des quartzites et grès lenticulaires. Cette formation plonge d'environ 30° vers le NE. La séquence est orientée NNE-SSW.

Très aplanie, elle joint deux " points hauts " qui sont des crêtes rocheuses imprégnées par le fer, comprend deux zones basses sablo-argileuses à argilo-sableuses à sols peu évolués bien structurés séparées par un cordon sableux sans différenciation pédologique.

La végétation arbustive dense (Acacia erhenbergiana, Ac. senegal, Grewia flavescens...) et herbacée (Panicum laetum, Aristida funiculata...) se localise dans la partie dépressive du versant sous le vent de la microdune.

Le sommet des sables et le versant au vent regardant vers le NE de la ride sableuse supportent des graminées annuelles (Schoenfeldia gracilis, Aristida funiculata...) et quelques rares repousses d'Acacia senegal.

Des vestiges de racines et de termitières dont il apparaît quelquefois en surface des chicots ou de petits dômes arrasés argileux sont observables dans la portion DE, c'est-à-dire dans la seconde zone dépressive argilo-sableuse à surface entièrement dénudée gravillonnaire ou blanchâtre encroûtée.

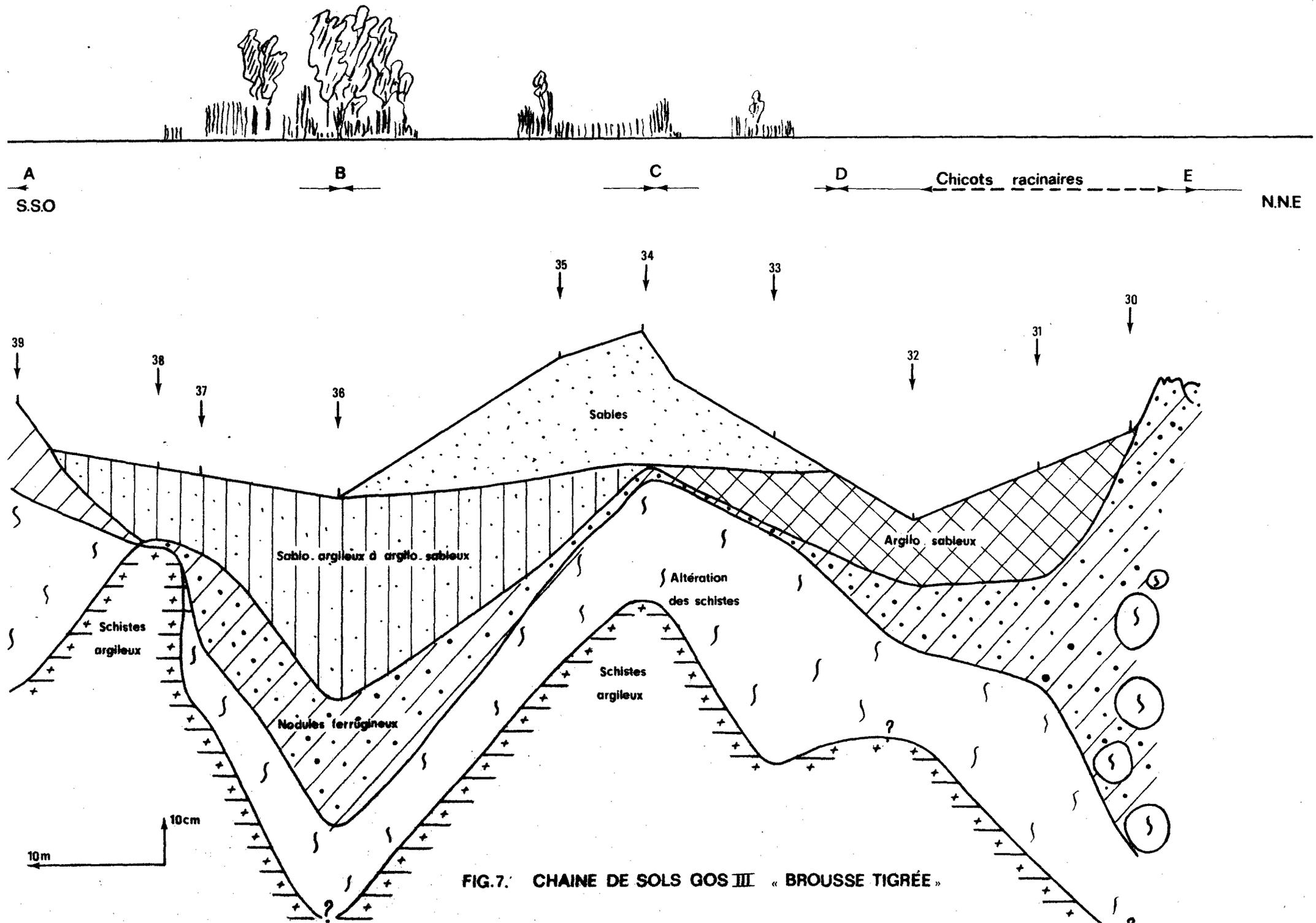


FIG.7. CHAÎNE DE SOLS GOS III « BROUSSE TIGRÉE »

### III - LES ANALYSES

29 horizons de sol sont en cours d'analyse. Les principales déterminations physico-chimiques pédologiques ont été demandées, ainsi que certaines déterminations de minéraux argileux.

### IV - LES INTERPRETATIONS

La comparaison des deux séquences de sols orientées NE - SW, sur schistes argileux, à l'aide des éléments donnés précédemment et des schémas des fig. 6 et 7 permet de dégager un certain nombre d'analogies et de différences, si l'on prend soin de comparer la portion AD de la séquence II au segment CE de la séquence III. Dans les deux cas on examine alors la partie du cordon sableux située au vent, la zone dépressive et sa remontée.

Sont mis en évidence :

- une similitude de la topographie, de la succession des sols et des matériaux, du modelé du front des schistes durs et de celui de l'horizon nodulaire ferrugineux.

Ainsi, avec un léger décalage possible vers le SW, à la verticale du dépôt de la ride sableuse, correspond une remontée du substratum schisteux.

Plus exactement, un môle rocheux, sépare dans les deux cas les dépôts superficiels sableux aux matériaux argilo ou limono-sableux de la dépression.

De même, ce sont les mêmes portions de front schisteux qui sont ourlées d'individualisations ferrugineuses.

La composition floristique est à peu près le même.

Les bandes nues sont gravillonnaires en amont, glacées à encroûtement fin à l'aval. Des traces d'érosion hydrique semblables marquent les zones dénudées qui présentent enterrés des vestiges racinaires et biotiques intenses.

- une différence dans la répartition de la bande de végétation dense. Alors que pour GoS II celle-ci se trouve éloignée du cordon sableux édifié, pour GoS III, elle apparaît en contre-bas du versant doux de la microdune. Il y a un décalage des zones boisées actuelles. Curieusement, ce décalage s'observe aussi pour les zones boisées et biologiques anciennes dont il ne reste que des traces. Il y a substitution terme à terme, c'est-à-dire que la végétation concentrée actuelle d'une toposéquence se situe topographiquement et édaphiquement à l'endroit de localisation de la zone boisée ancienne de l'autre toposéquence et inversement. En outre, les largeurs des bandes nues et boisées sont différentes dans les deux chaînes de sol.

Les apports superficiels juvéniles de sables lités du cordon sableux, la composition floristique de graminées éphémères, les signes évidents de l'érosion en nappe du glacis au vent supportant les sables, la présence de bandes anciennes de végétation et d'activité termitique, la position apparemment opposée de la végétation arbustive concentrée, nous font opter pour les interprétations suivantes :

- sous l'action des vents de saison sèche soufflant du NE, le matériau meuble issu de l'érosion hydrique des zones dénudées, est remis en mouvement et alimente le cordon sableux qui gagne alors vers le SW. Il comble ainsi, peu à peu, la dépression, modifie le régime hydrique des sols et détermine la mort de la frange arbustive dense. Cette mort est suivie d'une prolifération des Termites lignivores ou champignonistes (nous avons récolté plusieurs individus qui, déterminés, se sont révélés être des *Bellicositermes bellicosus*).

La destruction des termitières, lorsque la nourriture devient insuffisante et les conditions hydriques et édaphiques trop sévères, alimentent en matériaux fins le glacis dénudé.

La bande arbustive dense suit donc le mouvement dans la dépression qui se déplace en avant du versant sous le vent du cordon sableux.

L'approfondissement des sols et des altérations sur les zones dépressives et la présence dans les deux chaînes de sols de l'amas sableux au-dessus de la remontée des schistes, pourraient constituer les premières preuves d'un déplacement rapide de la végétation d'une zone dépressive à l'autre, les sables avançant rapidement sur la surface glacée des sols à texture fine mais se bloquant sur les crêtes rocheuses saillantes.

Cette hypothèse expliquerait à la fois l'orientation rigoureusement parallèle sur le terrain à la fois du cordon sableux, des alignements des crêtes rocheuses et des bandes de végétation.

Elles expliquerait aussi la présence des vestiges de bandes boisées en un seul endroit et non sur toute l'étendue des bandes dénudées. Elle expliquerait enfin la disposition inversée des bandes boisées vivantes et mortes dans les deux toposéquences étudiées.

Une partie de nos observations sont en accord avec celles avancées par nos prédécesseurs : AUDRY et KOSSETI (1962), GAVAUD (1965), BOUDET (1972).

Cependant, n'ont jamais été mis en évidence avec précision et démontrés :

- la dynamique du phénomène
- le rôle des sols, du modelé interne du front rocheux, du pendage de la roche.

X D'autre part, les causes initiales du déclenchement de la formation des bandes alternées aboutissant à la "brousse tigrée" ne sont pas satisfaisantes, que l'on fasse intervenir de manière trop abusive, l'action des Termites, le volume de prospection des racines, la sécheresse ou le surpâturage.

X La sécheresse ou le surpâturage ne nous semblent pas avoir transformé des régions entièrement boisées en brousse tigrée. Mais ils sont certainement à l'origine des changements floristiques, arbustif notamment.

L'examen de certaines photos aériennes entrepris actuellement et les travaux complémentaires sur le terrain apporteront peut-être des éléments de réponse.

## V - CONCLUSIONS

X Il nous semble donc en première analyse, et en l'absence des déterminations physico-chimiques, que la «brousse tigrée» autour de Gossi est une formation végétale à dynamique de transformation relativement rapide, située hors des zones dunaires, planes dans l'ensemble, à substratum rocheux proche et à microrelief ondulé de crêtes sableuses, rocheuses et de dépressions à texture fine.

Trois éléments importants sont à rapprocher : la direction des vents dominants de saison sèche, l'orientation des crêtes rocheuses affleurantes, l'orientation des cordons sableux et des bandes boisées.

Les analogies de modelés de surface, des matériaux, des sols, des directions des bandes, des topographies internes des schistes argileux des deux toposéquences, nous paraissent constituer des éléments nouveaux intéressants, susceptibles après des études complémentaires d'aboutir à une explication cohérente de la dynamique de ces formations végétales typiquement sahéliennes.

## VI - TRAVAUX ULTERIEURS ENVISAGES

La toposéquence de GoS II doit être prolongée à ces deux extrémités pour pouvoir la comparer plus fructueusement à celle de GoS III. Certaines fosses complémentaires doivent être creusées pour préciser les schémas obtenus.

Nous envisagerons en outre d'étudier des séquences de « brousse tigrée » :

- sur d'autres formations géologiques
- sur des formations identiques mais à pendage et direction d'alignement différents
- sous d'autres latitudes, notamment dans des zones plus méridionales.

B I B L I O G R A P H I E  
commune aux trois parties

---

- AUDRY P., ROSSETI Ch. (1962) - 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 24067/F/1. Rome.
- BOALER S.B., HODGE C.A.H. (1962) - Végétation stripes in Somaliland. J. Ecol., 50, p. 465-474.
- BLANCK J.P. (1968) - Schéma d'évolution géomorphologique de la vallée du Niger entre Tombouctou et Labbezanga (Rep. du Mali) - Bull. Ass. Sénég. Et. Quatern. O. Afric., Dakar, n° 19-20 p. 17-26, 2 fig.
- BOUDET G., CORTIN, MACHEK H. (1971) - Esquisse pastorale et esquisse de transhumance de la région du Gourma. Rapport multigr. Diwi, Essen, 283 p.
- BOUDET G. (1972) - Désertification de l'Afrique Tropicale sèche - Adansonia, ser.2, 12, (4), p. 505-524.
- BOULET R., GAVAUD M., BOCQUIER G. (1964) - Etude pédologique du Niger Central - Rapp. ronéo O.R.S.T.O.M. multigr. Dakar, 211 p.
- BOULET R. (1967) - 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. 6° Congr. Panafr. Préhist. Et. Quatern., Dakar, 5 p. multigr., 2 fig.
- BOULET R., FAUCK R., KALOGA B., LEPRUN J.C., VIEILLEFON J., RIQUIER J. (1971) - Carte pédologique au 1/5.000.000ème de l'Afrique de l'Ouest avec notice - Atlas intern. O. Afric. Comm. 6ème Techn. Rech. O.U.A.
- DOUTRESSOULLE C. (1952) - L'élevage au Soudan Français. Son économie - Imbert Ed. Alger, 374 p.
- GALLAIS J. (1967) - Le delta intérieur du Niger et ses bordures. Etude morphologique. Mém. et docum. Centre Rech. et docum. Carto. et Géogr. C.N.R.S., vol. 3, 153 p. cartes.
- GALLAIS J. (1972) - Pasteurs et paysans du Gourma. La condition sahélienne. Mém. Centre Et. Géogr. Trop. du C.N.R.S. Paris, 239 p. Cartes h.t.
- GAVAUD M. (1965) - Etude pédologique du Niger Occid. Monographie des sols. Rapp. Off. Rech. Sci. Tech. O-Mer, Dakar, 513 p. multigr.
- GAVAUD M. (1967) - Esquisse de l'histoire des sols du Niger Centre et Ouest Méridional. Bull. Ass. Sénég. Et. Quatern. O. Afric., Dakar, n° 14-15, p. 24-27.
- GROSMIRE (1957) - Eléments de politique sylvo-pastorale au Sahel sénégalais. II° partie. Les conditions du milieu. Fasc. 13, titre V. Les animaux du Sahel sénégalais, 59 p. Serv. des Eaux et Forêts.
- HEMMING C.F. (1965) - Végétation arcs in Somaliland - J. Ecol., 53, p. 57-67.
- LAMAND M. (1970) - Carences en oligoéléments chez les ruminants. Les Cah. de Med. Vétér., n° 2, p. 1-16.

- LEPRUN J.-C. (1969) - Evolution géomorphologique de la vallée du Sourou et de ses bordures voltaïques. Trav. Et. Rech. Maitr. Géogr. Fac. Lett. Sci. hum., Univ. Dakar, 50 p. multigr. 7 fig., 2 cartes h.t.
- LEPRUN J.-C. (1971) - Nouvelles observations sur les formations dunaires sableuses fixées du Ferlo nord occidental (Sénégal) - Ass. sénég. Et. Quater. O.Afric., Bull. Liaison, n° 31, p. 69-78.
- LEPRUN J.-C. (1971) - Cuirasses ferrugineuses autochtones et modelé des bas reliefs des pays cristallins de Haute-Volta orientale - C.R. Acad. Sci., D, Fr., t. 275, p. 1207-1210.
- MICHEL P. (1967) - Les dépôts du Quaternaire récent dans la basse vallée du Sénégal - Bull. Inst. fond. Afr. Noire, A, Sénégal, t. 29, n° 2, p. 853-860, 4 fig.
- RADIER H. (1959) - Contribution à l'étude géologique du Soudan Oriental (A.O.F.). Thèse Sc. Nancy, Bull. Serv. Géol. Prosp. Min. Afr. Occ. Fr., Dakar, n° 26, 2t., 550 p., 33 fig.
- REICHELT (1972) - Géologie du Gourma (Afrique Occidentale). Un seuil et un bassin du Précambrien supérieur. Mém. B.R.G.M., n° 53, 213 p. carte h.t. 1/500.000ème.
- TRICART J. (1959) - Géomorphologie dynamique de la moyenne vallée du Niger - Ann. Géogr., Fr., n° 368, p. 333-343.
- TRICART J. (1965) - Rapport de la mission de reconnaissance géomorphologique de la vallée moyenne du Niger. Mém. Inst. Fr. Afr. Noire, Sénégal, n° 72, 196 p., 23 fig., 5 cartes.
- WHITE (1970) - Brousse tigrée patterns in Southern Niger. Journ. Ecol. 58, p. 549-553.
- WORRAL G.A. (1959) - The butana grass patterns - J. Soil-Sci. - 10, p. 34-53.
- WICKENS G.E., COLLIER F.W. (1971) - Some vegetation patterns in the republic of Sudan - Geoderma, 6, pp. 43-59.