

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE  
ET DE L'INDUSTRIE

DÉPARTEMENT RECHERCHE  
ET TECHNOLOGIE  
DANS LES ZONES  
TROPICALES ET ARIDES

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SECRETARIAT D'ETAT A LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

I. S. R. A

Institut Sénégalais  
de Recherches Agricoles

Centre National  
de Recherches Forestières  
de Hann

Laboratoire National  
d'Elevage et de Recherches  
Vétérinaires de Hann

...

O. R. A. N. A

Dakar

...

D. C. C. G. E

Centre Muraz

...

G. E. R. D. A. T

Groupement  
d'Etudes et de Recherches  
pour le Développement  
de l'Agronomie Tropicale

Institut d'Elevage  
et de Médecine Vétérinaire  
des Pays Tropicaux

Centre Technique Forestier  
Tropical

...

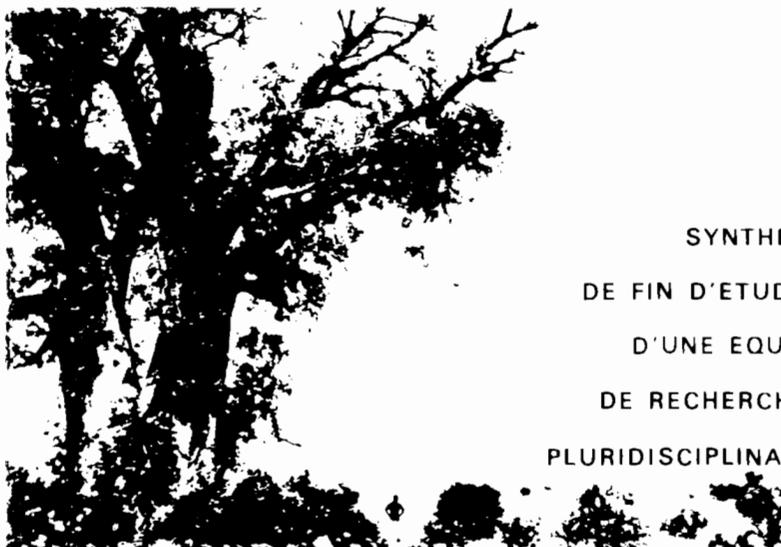
O. R. S. T. O. M

Office de la Recherche  
Scientifique et Technique  
Outre-Mer

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

Groupe de Recherches Interdisciplinaires en Zones Arides

SYSTEMES DE PRODUCTION D'ELEVAGE AU SÉNÉGAL  
DANS LA REGION DU FERLO



SYNTHESE  
DE FIN D'ETUDES  
D'UNE EQUIPE  
DE RECHERCHES  
PLURIDISCIPLINAIRE

par :

BARRAL H., BENEFICE E., BOUDET G., DENIS J.P.  
DE WISPELAERE G., DIAITE I., DIAW O.T., DIEYE K.,  
DOUTRE M.P., MEYER J.F., NOEL J., PARENT G.  
PIOT J., PLANCHENAUT D., SANTOIR C.  
VALENTIN C., VALENZA J., VASSILIADIS G.

SYSTEMES DE PRODUCTION D'ELEVAGE AU SENEGAL  
DANS LA REGION DU FERLO

(Synthèse de fin d'études d'une équipe de  
recherches pluridisciplinaire)

par

BARRAL (H.), BENEFICE (E.), BOUDET (G.),  
DENIS (J.P.), DE WISPELAERE (G.), DIAITE (I.)  
DIAW (O.T.), DIEYE (K.), DOUTRE (M.P.),  
MEYER (J.F.), NOEL (J.), PARENT (G.) PIOT (J.),  
PLANCHENAUULT (D.), SANTOIR (C.), VALENTIN (C.),  
VALENZA (J.), VASSILIADES (G.)

© Ministère de la Recherche et de l'Industrie  
GERDAT-ORSTOM, 1983

Tous droits de traduction, de reproduction par tous procédés,  
de diffusion et de cession réservés pour tous pays -

ISBN 2-85985-080-5

Ce rapport rassemble les résultats de recherche d'une équipe pluridisciplinaire ayant participé à l'élaboration et l'exécution d'une action de recherches coordonnées du groupe de recherches interdisciplinaires pour les zones arides (GRIZA) de la DGRST dans le cadre d'une action "Lutte contre l'aridité en milieu tropical (LAT)".

Ce programme de recherches s'est poursuivi pendant trois années (1979 à 1981) au Sénégal avec une étroite collaboration entre des chercheurs expatriés du GERDAT et de l'ORSTOM avec des chercheurs de l'ISRA.

L'objet des recherches était l'évaluation d'un système de production pastoral fortement aménagé, avec détermination des axes d'évolution par comparaison avec les données antérieures aux aménagements et particulièrement pour le couvert herbacé et ligneux, la gestion des parcours, le cheptel et les fonctions économiques du troupeau, les populations et leur devenir.

Pour cela les recherches devaient :

- esquisser la dynamique des parcours, à partir de données recueillies sur des emplacements précis et des informations de télédétection obtenues par comparaison des photographies aériennes anciennes et récentes, ainsi que par divers traitements de données satellites.
- préciser l'évolution de la production herbacée année par année ainsi que celle du couvert ligneux.
- analyser l'incidence des aménagements réalisés sur le cheptel et l'exploitation des troupeaux : composition par espèces des troupeaux, paramètres zoo-économiques, pathologie, dynamique des parcours.
- étudier les populations et la gestion de l'espace, les risques de bilharziose et de malnutrition protéino-énergétique.

Le rapport de synthèse sur les systèmes de production d'élevage au Sénégal rend compte des travaux effectués au Ferlo, avec successivement :

- L'environnement abiotique
  - . Les ressources en eau par H.BARRAL (ORSTOM), G.DE WISPELAERE (GERDAT-IEMVT)
  - . Les ressources en sol par C.VALENTIN (ORSTOM)
- L'environnement biotique
  - . L'évolution du couvert herbacé par G.BOUDET (GERDAT-IEMVT), K.DIEYE, J.VALENZA (ISRA)
  - . L'évolution du couvert ligneux par J.PIOT (GERDAT-CTFT), I.DIAITE (ISRA)
  - . L'évolution du couvert végétal étudié par télédétection par G. DE WISPELAERE (GERDAT-IEMVT), J.NOEL (ORSTOM).

- L'environnement anthropique

- . La population et la gestion de l'espace par H.BARRAL (ORSTOM)
  - . L'alimentation et la nutrition humaine par E.BENEFICE (ORANA-ORSTOM)
  - . La santé humaine par G. PARENT (OCGE-ORSTOM)
  - . Le cheptel et ses potentialités par D.PLANCHENAU, J.F. MEYER (GERDAT-IEMVT), J.P.DENIS (ISRA)
  - . Les maladies du cheptel par O.T.DIAW, M.P.DOUTRE, G.VASSILIADES (ISRA)
  - . Les pasteurs et leur cheptel par C.SANTOIR (ORSTOM)
-

SOMMAIRE

<u>ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE</u>	Pages :
<b>RESSOURCES EN EAU</b>	9
. Le problème de l'eau	9
1. Sources d'information	9
2. Le problème de l'eau et la politique de l'Administration coloniale avant les forages	9
3. Les contraintes d'abreuvement, antérieurement aux forages	9
4. La découverte de la nappe du Maëstrichtien et mise en exploitation	10
. Les ressources en eau de pluie	11
<b>RESSOURCES EN SOL</b>	19
. Méthodologie	19
. Résultats	21
1. Caractères de la surface des sols dans les zones témoins	21
2. Evolution de la surface du sol dans les zones perturbées	22
Ferlo sableux	22
Ferlo cuirassé	26
. Discussion	27
1. Evolution du couvert végétal	27
2. Compaction des sols	27
3. Encroûtement superficiel des sols	27
4. Erosion éolienne	30
5. Erosion hydrique	30
. Conclusion	31
 <u>ENVIRONNEMENT BIOTIQUE</u>	
 LE MILIEU NATUREL, VEGETATION ET FAUNE	 35
<b>LE COUVERT HERBACE</b>	37
. Conduite des recherches et méthodologie	37
1. Mise en place du réseau de surveillance	37
2. Mesures du couvert herbacé	37
3. Traitement des données	39

. Interprétation des résultats	47
1. Evolution du couvert ligneux	47
2. Evolution du couvert herbacé	48
3. Estimation de la production et recherche de corrélation	55
. Conclusion	62

## **LE COUVERT LIGNEUX**

. Préambule	63
. Généralités	64
1. Importance de l'élément ligneux dans l'étude	64
2. Méthodologie	64
3. Dépouillement des données	65
. Localisation et caractéristiques des stations	65
. Evolution globale de la végétation ligneuse en trois ans	67
1. Méthode d'étude	67
2. Evolution des stations en général	68
3. Evolution des stations à 2 et 5 km	69
4. Evolution par types de faciès (sols)	69
. Structures dimensionnelles de végétation	70
. Conclusion	71

## **LE COUVERT VEGETAL ETUDIE PAR TELEDETECTION AERO-SPATIALE**

. Evolution physiologique de la végétation entre 1954 et 1980 Analyse comparative des photographies aériennes	79
1. Méthodologie	79
2. Bilan de l'évolution physiologique de la végétation entre 1954 et 1980	79
3. Discussion des facteurs de l'évolution	96
. Télédétection spatiale	97
1. Les méthodes	97
2. Résultats thématiques	102
. Conclusion	109

ENVIRONNEMENT ANTHROPIQUE

<b>LA POPULATION ET LA GESTION DE L'ESPACE</b>	113
. Avant les forages	113
1. Population et cheptel au début du siècle	113
2. La gestion ancienne des parcours	113
3. Espace pastoral et droit coutumier avant les forages	115
4. Le Ferlo d'avant les forages	115
. Après les forages	116
1. Les conséquences de la découverte de la nappe maestrichtienne	116
2. Les changements induits par les forages	116
3. La gestion actuelle des parcours	121
 <b>LE BIEN-ETRE DES POPULATIONS</b>	 123
. Alimentation et nutrition	123
1. Matériel et méthodes	123
2. Résultats	125
. La santé et les maladies	134
Epidémiologie de la bilharziose urinaire et étude aéro-épidémiologique du paludisme et des tréponématoses	134
1. Méthodologie	134
2. Résultats	135
3. Discussion	136
 <b>L'ECONOMIE DU PASTORAT</b>	 138
. Le cheptel et ses potentialités	138
1. Cadre et objectifs	138
2. Déroulement et conduite de la recherche	138
3. Interprétation des résultats	139
4. Conclusion	148
. La pathologie du cheptel du Ferlo	149
1. Le Botulisme	149
2. Les Trématodoses	149
3. Le parasitisme gastro-digestif chez les bovins	150
. Les pasteurs et leur cheptel	151
1. Le troupeau familial	151
2. Les achats de céréales	157
 <b>BIBLIOGRAPHIE</b>	 163



## ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE



## RESSOURCES EN EAU

### . Le problème de l'eau

#### 1. Sources d'information

Les sources écrites sur la région étudiée remontant au siècle dernier, sont très fragmentaires et concernent surtout la partie Sud de celle-ci c'est-à-dire la Vallée du Ferlo et ses abords.

A partir du début du siècle, par contre, les documents se font plus abondants : les rapports d'Administrateurs et des différents services techniques (Hydraulique, Elevage, Eaux et Forêts, etc...) en constituent l'essentiel.

Enfin et surtout, il a été largement fait appel à la tradition orale au moyen d'enquêtes rétrospectives menées auprès d'une vingtaine de notables Peuls, le but recherché étant, en effet, la collecte d'informations relatives à la gestion de l'espace par les Peuls avant la mise en service des forages en remontant aussi loin que possible dans le passé.

#### 2. Le problème de l'eau et la politique de l'Administration coloniale avant les forages

Cependant, et malgré l'existence çà et là de puits traditionnels et de "céanes" (puisards de nappes alluviales) notamment dans les lits des affluents de la vallée du Ferlo, la plus grande partie de la population et du cheptel devait abandonner le Ferlo dans le courant de la saison sèche et, très vite, il apparut nécessaire aux yeux de l'Administration coloniale, de remédier à cet état de choses.

En 1901, il est confié au Capitaine FRIRY, du Corps du Génie des Troupes de Marine, la mission de constituer une "Brigade des Puits", et entre 1901 et 1912, un total de 675 puits sont creusés ou en construction dans l'ensemble du Sénégal, mais dont une faible partie seulement dans le Ferlo. Entre temps, le Capitaine FRIRY meurt à la tâche en 1911.

La première guerre mondiale interrompt les travaux. Entre les deux guerres, différentes missions de "prospection hydraulique" et de reconnaissance de nappes sont menées notamment dans le Ferlo (mission HUBERT 1925) mais finalement jusqu'à la deuxième guerre mondiale, la situation ne va évoluer que fort lentement.

#### 3. Les contraintes d'abreuvement, antérieurement aux forages

Il semble bien, d'après les rapports d'Administrateurs et de voyageurs du début du siècle, que la période d'abreuvement dans le Ferlo était plus longue qu'à l'époque actuelle et s'étendait de juin à décembre.

Cependant, et malgré l'utilisation des puits traditionnels et des "céanes" en quelques points privilégiés, passé cette date, la majorité de la population et du cheptel étaient contraints de se déplacer pour s'abreuver au Fleuve Sénégal, ce qui entraînait un mouvement général de transhumance du bétail et de nomadisation de la population, du Ferlo vers sa périphérie Nord et Est.

#### 4. La découverte de la nappe du Maëstrichtien et mise en exploitation

La nappe du Maëstrichtien a été découverte de façon fortuite en 1938, à l'occasion d'un forage effectué à Kaolack, et ses caractéristiques son mode d'alimentation et son extension ont été établis ensuite par le B.R.G.M.

C'est la technique pétrolière du sondage au rotary, mise au point aux U.S.A., qui avait permis d'atteindre cette nappe, inaccessible jusqu'alors par les procédés classiques.

La découverte de cette nappe, d'une superficie de 150 000 km<sup>2</sup> devait donc modifier considérablement les conditions d'exploitation des parcours du Ferlo, mais seulement après la deuxième guerre mondiale, le premier forage pastoral à exhaure mécanique à être entré en service étant celui de Dodji en 1950.

Entre 1950 et 1957, 35 forages étaient mis en service et l'effort devait se poursuivre après l'accession du Sénégal à l'indépendance, 8 autres forages mécanisés étant mis en service dans la seule zone qui nous intéresse ici, entre 1963 et 1969.

## . Les ressources en eau de pluie

Les pluies alimentent les mares temporaires qui ont été et sont toujours les points d'abreuvement privilégiés de saison des pluies. Elles sont également déterminantes pour le réveil de la végétation herbacée et ligneuse et le stock de fourrages produit sera d'autant plus important que la pluviométrie de l'année sera importante.

Cette pluviométrie subit des variations interannuelles importantes qui se traduisent parfois par des sécheresses catastrophiques, comme en 1970-1973.

Cinq stations pluviométriques encadrent la zone d'étude (fig.1) et enregistrent les données depuis une cinquantaine d'années (Dagana, Podor, Matam, Dahra, Linguère. L'analyse des pluviosités annuelles et des diagrammes pluviométriques (fig.2) met en évidence les tendances évolutives moyennes des précipitations de 1920 à nos jours.

On constate qu'il y a toujours eu dans le passé, des années dont la pluviosité était inférieure de 25 à 30 p.100 à la moyenne générale (Podor 1923, 1924, 1931, 1942, 1948, 1954, 1962, 1968 - Linguère 1941, 1956, 1962, 1968..). Mais ces années étaient isolées dans des séries d'années où la pluviosité demeurait généralement supérieure à la moyenne.

Depuis 1970, on constate une succession d'années déficitaires, entrecoupées d'années se rapprochant à peine de la moyenne (tableaux 1 et 2).

Cette constance du déficit pluviométrique depuis 1970 permet de séparer d'une part une phase "humide" de l'origine des données à 1969 avec des alternances d'années sèches et d'années pluvieuses et d'autre part, une phase "sèche" qui dure maintenant dans cette région depuis 12 ans.

Si l'on compare les moyennes 1970-1981 aux moyennes 1920-1969, on constate une diminution pour toutes les stations de 31 à 42 p.100 (tableau 1).

A l'intérieur de la zone d'étude, la pluviométrie a été relevée pendant la durée de l'ACC près des principaux forages. Ces pluies sont répertoriées dans le tableau 3 ainsi que les principales caractéristiques qui en découlent : évaporation, drainage..(cf. traitement des données pluviométriques dans l'étude du couvert herbacé).





Figure 2 - DIAGRAMMES PLUVIOMETRIQUES

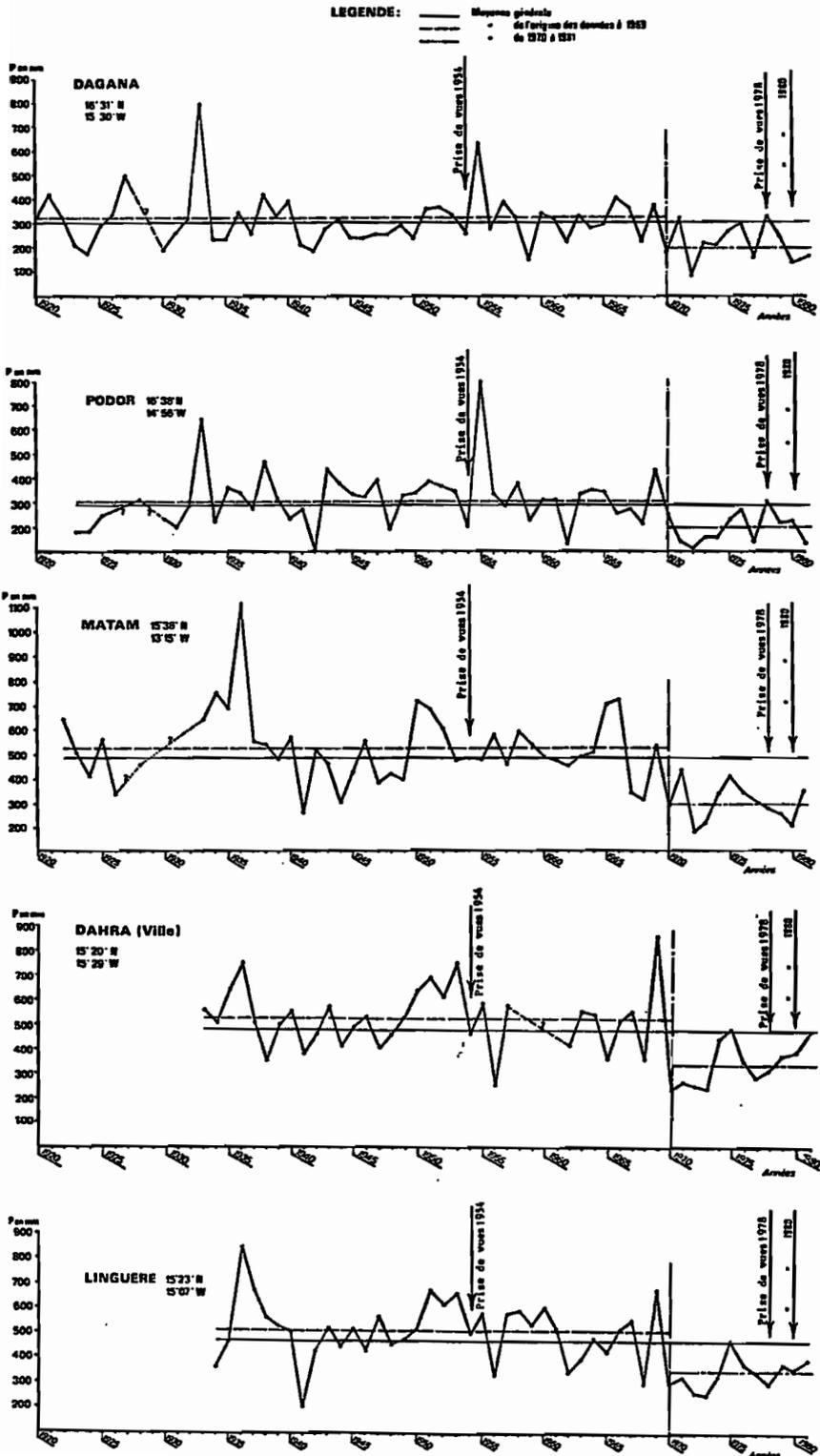


Tableau n° 1 - Pluviométrie comparée des phases humide et sèche

Stations	Période	Nombre d'années de mesures	Moyennes (m/m)	Coeff. de variation (1)	Période	Nombre d'années de mesures	Moyennes (m/m)	Coeff. de variation (1)	Evolution comparée 1970-1981/1910-1969 (p.100)
Dagana	1920-1969	48	318,3 ± 31,5	35	1970-1981	12	218,1 ± 46,6	34	- 31,5
Podor	1923-1969	44	313,0 ± 35,7	39	1970-1981	12	191,7 ± 39,3	33	- 38,7
Matam	1923-1969	42	519,6 ± 45,5	29	1970-1981	11	301,5 ± 57,6	29	- 41,9
Dahra	1934-1969	33	525,8 ± 42,9	24	1970-1981	12	342,1 ± 57,7	27	- 34,9
Linguère	1934-1969	36	517,4 ± 42,1	24	1970-1981	12	339,4 ± 38,6	18	- 34,4

Tableau n° 2 - Moyennes pluviométriques générales

Stations	Période	Nombre d'années de mesures	Moyennes (m/m)	Coeff. de variation (1)
Dagana	1920-1981	60	298,3 ± 28,3	37
Podor	1923-1981	56	287,0 ± 31,8	42
Matam	1923-1981	53	474,3 ± 44,5	35
Dahra	1934-1981	45	476,8 ± 41,6	30
Linguère	1934-1981	48	472,9 ± 38,4	29

$$(1) CV = \frac{S}{x} \times 100$$

**Tableau 3 - Caractéristiques pluviométriques annuelles**

Station	Année	Pluies mm	ETM mm	ETR mm	Drainage (mm)	Indice Pluie Utile	Cycle (jours)
Dagana	1979	183,3	481	183	0	70	82
	1980	157	362	101	15	28	72
	1981	157,8	381	159	68	66	22
Pété Olé	1975	307,2	708	309	0	135	110
	1979	232,2	546	220	12	89	12
	1980	155,5	447	156	0	54	78
	1981	243	418	222	0	118	73
Ganine Erogne	1981	482,1	713	378	84	200	104
Namarel	1980	301,2	496	227	75	104	86
	1981	332,6	748	323	10	139	114
Yaré	1979	319,1	616	283	34	130	99
Lao	1980	317,8	696	318	0	145	109
	1981	334	488	261	73	140	85
Téssékéré	1980	383,5	483	221	119	101	81
	1981	274,5	457	240	35	126	81
Lagbar	1979	198,8	300	154	43	79	59
	1980	322,4	485	259	33	138	64
	1981	407,7	750	380	29	192	114
Révane	1980	341,5	719	321	22	143	114
	1981	391,7	640	384	33	230	99
Dahra	1975	483,4	741	439	27	260	115
	1976	312,9	491	265	9	143	87
	1977	292	539	247	45	137	97
	1978	397	1010	347	0	119	137
	1979	371,3	858	348	13	141	134
	1980	370,7	482	289	81	150	93
	1981	325,1	549	309	14	174	93
	1981	325,1	549	309	14	174	93
N'Doli	1975	644,2	750	541	81	390	116
	1979	404,0	873	404	0	187	143
	1980	327,2	552	310	0	174	91
	1981	446	797	420	26	221	120



## RESSOURCES EN SOL

Il est possible de distinguer deux grandes unités naturelles au sein de la région d'étude, qui couvre environ 10 000 km<sup>2</sup>.

- Le Ferlo sableux : il s'agit de la partie Nord et Ouest du Ferlo, couverte de dunes fossiles de l'ère quaternaire, au relief peu accusé. Des sols ferrugineux profonds se sont développés sur ces anciens ergs.

- Le Ferlo cuirassé : c'est la région située au Sud-Est, dont le relief est nettement plus marqué. Une cuirasse en partie démantelée recouvre des grès tertiaires.

Les sols ferrugineux sont gravillonnaires et peu profonds. La présence de nombreuses taches nues pelliculaires contribue à la très faible productivité du couvert herbacé discontinu.

### Méthodologie

Trois forages ont été sélectionnés le long d'un axe Nord-Ouest Sud-Est, qui correspond au gradient climatique (du plus sec au plus humide). Les deux premiers (Tatki et Tessekré) appartiennent au Ferlo sableux, le troisième au Ferlo cuirassé (Révane). La texture des matériaux superficiels (prélevés dans les zones non perturbées) varie du "sable" à Tessékré, à sableux à Tatki et sablo-limoneux à Révane (figure 3 ).

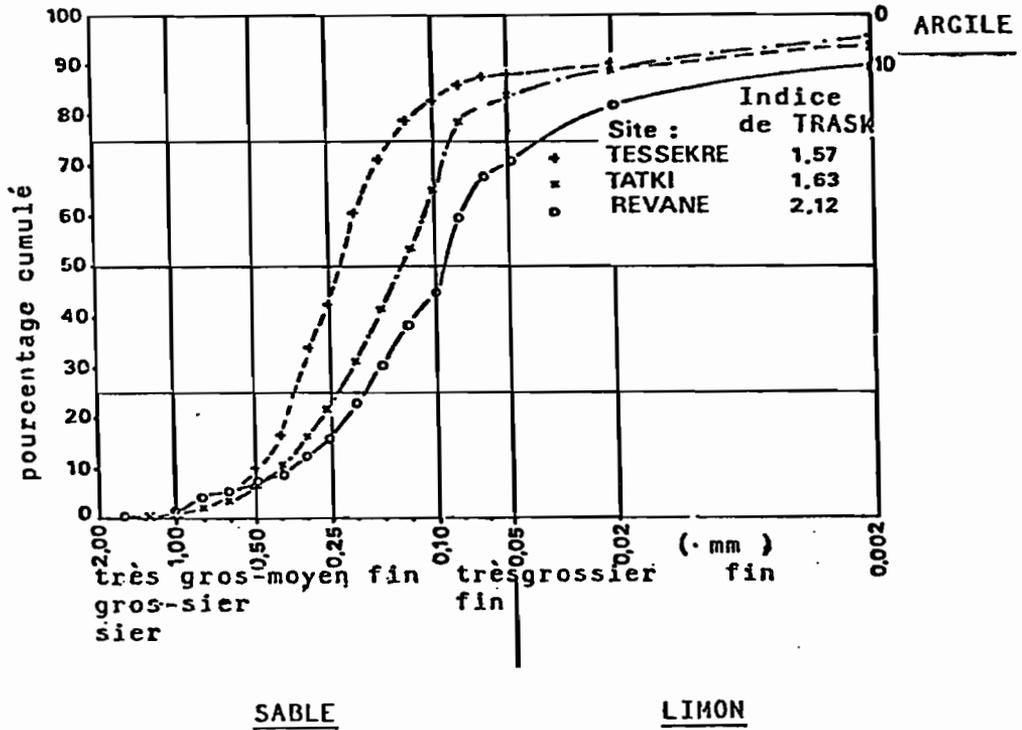
Comme l'intensité du pâturage et du piétinement décroissent en même temps qu'augmente la distance au forage, il a été possible de délimiter plusieurs cercles concentriques centrés sur les points d'eau. Deux grandes zones peuvent en premier lieu être définies :

- La zone perturbée qui s'étend des abords immédiats des abreuvoirs jusqu'à une distance qui varie selon les forages de 5 à 7 km. C'est l'aurole au sein de laquelle l'action du bétail est la plus perceptible.

- La zone témoin, au-delà de cette limite, est peu exploitée par les troupeaux (peu ou pas de traces de piétinement, peu ou pas de bouses). Elle est utilisée, lors de cette étude, comme référence naturelle pour estimer l'évolution de la zone perturbée.

Deux grands types d'approches ont été suivis :

- La description des organisations de surface, caractéristiques de processus (pellicules, micro-dunes, griffes d'érosion, etc..), étudiées à la fois dans le temps (avant et après une saison des pluies) et dans l'espace (en fonction de la distance aux forages).



**Figure 3** : Distribution granulométrique et indice de tri (TRASK) des matériaux superficiels (0-5 cm) des trois sites d'étude (échantillons prélevés dans les zones non perturbées par le piétinement du bétail).

- La détermination quantitative de plusieurs paramètres pédologiques. La densité apparente de l'horizon directement sous-jacent au matériau bouillant superficiel a ainsi été systématiquement mesurée le long de rayons (trois répétitions) centrés sur les points d'abreuvement, en vue de relier l'éventuelle compaction du sol au piétinement du bétail.

De même, des échantillons de sol ont été prélevés afin de mettre en évidence d'éventuelles modifications du taux de matière organique et de la composition granulométrique.

## Résultats

### 1. Caractères de la surface des sols dans les zones témoins

Bien que ce fait puisse surprendre, c'est dans les zones les plus éloignées des forages que les taches pelliculaires sont les plus abondantes. Cependant l'importance de ce phénomène varie considérablement d'un site à l'autre (tableau 4).

La plupart des taches nues et indurées d'une dizaine de mètres de diamètre qui peuvent être observées dans la région de Tessékéré, peuvent aisément être attribuées à la présence d'anciennes termitières. L'ouverture de longues tranchées qui recourent les zones dépourvues de végétation et les micro-buttes sableuses qui les bordent, a révélé cependant d'autres origines possibles. Ainsi, il n'est pas rare d'observer dans le Ferlo sableux l'existence de dômes calcaires qui apparaissent directement sous les surfaces pelliculaires. De même à Révane, dans le Ferlo cuirassé, les taches nues circulaires semblent se développer préférentiellement là où l'horizon gravillonnaire est le plus proche de la surface. Ainsi, l'hétérogénéité de surface peut être induite par les variations latérales du matériau pédologique sous-jacent.

TABLEAU 4 : Surface et diamètre moyen des taches nues pelliculaires des zones témoins - Comparaison des trois sites

	SITE		
	TESSEKRE	TATKI	REVANE
Distance au forage ( km )	7	5	8
Pourcentage de surfaces nues et pelliculaires	8	49	52
Diamètre moyen ( m )	2	11	12

L'examen minutieux des micro-horizons qui constituent les micro-buttes sableuses, ainsi que les analyses granulométriques, démontrent que leurs processus de formation ne s'apparente pas à celui de buttes-témoins, épargnées par l'érosion. Ces micro-buttes résultent au contraire d'apports éoliens successifs. Lorsque la pluviométrie redevient à peu près "normale" comme en 1981, le ruissellement qui apparaît sur les versants de ces micro-buttes entraîne des sables fins qui recouvrent alors les zones nues pelliculaires. Il en résulte une diminution importante des surfaces occupées par ces pellicules.

## 2. Evolution de la surface du sol dans les zones perturbées

### FERLO SABLEUX (figure 4)

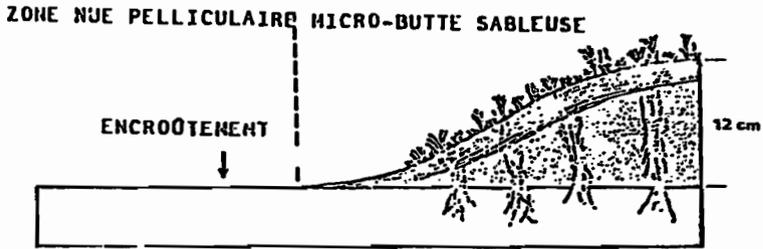
Lorsque l'on approche des forages, les sentes de bétail deviennent à la fois plus marquées et plus nombreuses.

L'ensemble de la surface se trouve peu à peu couverte d'un horizon sableux et boulang, sous l'effet du piétinement du bétail qui détruit les micro-buttes et en épand les matériaux sur les surfaces pelliculaires. Dans une couronne comprise entre 0,5 km et 2,0 km à partir des forages, l'action du vent est soulignée par l'apparition de nombreuses micro-dunes en surface (ripples). L'analyse granulométrique confirme l'intensité de la déflation dans cette zone (figure 5).

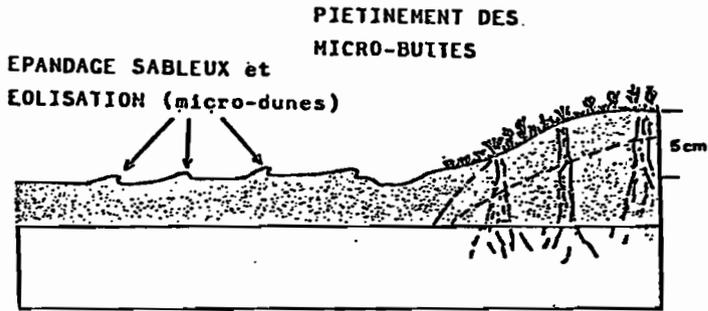
La densité apparente de l'horizon directement sous-jacent au couvert sableux boulang augmente de manière significative lorsque la distance au point d'abreuvement diminue (figure 6).

Les taux de matière organique, déjà très faibles dans la zone témoin, diminuent nettement dans la couronne exploitée par le bétail, avant d'atteindre de très fortes valeurs à proximité des abreuvoirs (figure 7). Ces valeurs traduisent l'effet de récolte (pâturage) dans la zone exploitée et de restitutions préférentielles dans la zone de pacage (points d'eau) sous forme de déjections.

De nombreux clichés pris avant et après la saison des pluies démontrent combien l'aspect désolé des abords des forages peut être trompeur quant à leur productivité. Un couvert herbacé continu couvre en effet en fin de saison des pluies ce qui en fin de saison sèche ne ressemble qu'à un champ de sable stérile.



km 10 : ZONE NON PERTURBEE



km 2 : ZONE PIETINEE ET PATUREE



km 0 : POINT D'ABREUVEMENT ET DE PACAGE

Figure 4 : Evolution de la surface du sol en fonction de la distance au forage (FERLO SABLEUX)



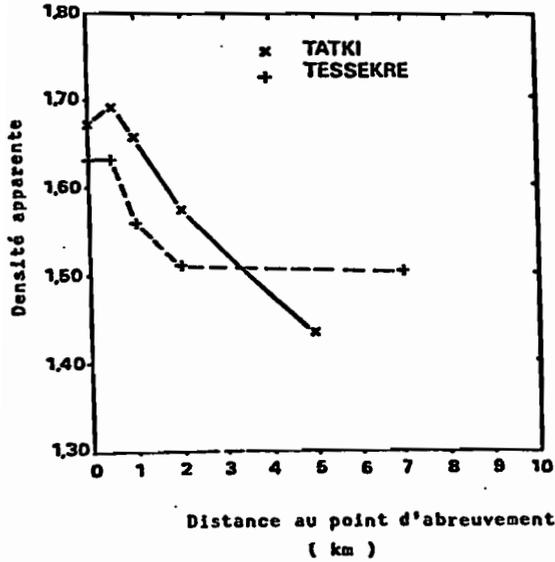


FIGURE 6 : Effet de l'intensité du piétinement (évaluée en fonction de la distance au point d'abreuvement) sur la densité apparente de l'horizon situé directement sous le matériau sableux piétiné

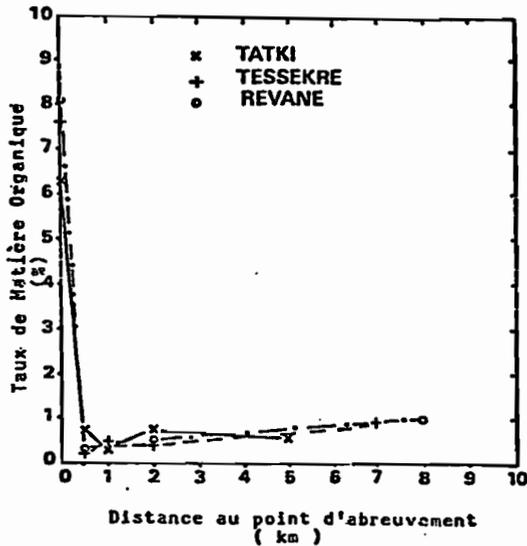


FIGURE 7 : Evolution du taux de matière organique en fonction de la distance aux trois forages étudiés

FERLO CUIRASSE

Contrairement à la région précédente, le Ferlo cuirassé est soumis à une érosion hydrique très sérieuse.

De plus, les peuplements végétaux ont considérablement souffert de la sécheresse et du surpâturage, sans laisser beaucoup d'espoir quant à leur possibilité de régénération (tableau 5).

En approchant du forage de Révane, les marques de dégradation se font de plus en plus nombreuses. Le ruissellement qui apparaît sur les zones nues provoque une érosion en nappe perceptible à de nombreux indices (micro-falaises, micro-cheminée de fées, etc...). Une étape plus grave est atteinte lorsque ces eaux de ruissellement se concentrent et provoquent l'installation d'une érosion linéaire d'autant plus sérieuse qu'elle est favorisée par les sentes orientées dans le sens de la pente. Le micro-relief se trouve considérablement accentué : d'une part, les griffes deviennent rigoles qui mettent à nu l'horizon gravillonnaire et même par endroit la cuirasse (une ravine a vu sa profondeur augmenter de 50 cm au cours d'une seule saison des pluies), d'autre part, le vent entraîne une accumulation de sable de plus en plus marquée sur les micro-buttes encore couvertes de végétation. Cette action combinée de l'eau et du vent entraîne une dégradation qui semble irrémédiable.

TABLEAU 5 : Nombre d'arbres par hectare, en fonction de leur taille et de la distance au forage de Révane

Distance au forage		CLASSES DE HAUTEUR ( m )				TOTAL
		0,0-0,5	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5 et +	
km 8,0		128	127	160	140	555
km 6,0		133	67	67	73	340
km 1,5		83	53	7	7	150

## . Discussion

### 1. Evolution du couvert végétal

Deux causes peuvent être invoquées pour justifier l'augmentation de production mesurée à proximité des forages du Ferlo sableux :

- Les caractéristiques du matériau superficiel, à l'intérieur de la zone perturbée par le bétail, en font un véritable mulch sableux qui favorise l'infiltration tout en limitant l'évaporation (les stocks d'eau, mesurés sur une profondeur de deux mètres correspondent, en fin de saison sèche, à plus de la moitié de la pluviométrie de l'année précédente). Ce matériau qui, en outre, est enrichi en azote et en matière organique, constitue un meilleur lit de semence que les organisations superficielles des zones non perturbées.

- Les troupeaux continuent à être conduits pendant la saison des pluies vers les mares naturelles. Ce délai semble suffisant pour permettre à la végétation des abords des forages d'atteindre le stade de production de graines (BARRAL 1982).

Par contre, dans le Ferlo cuirassé, la comparaison de photographies aériennes prises en 1954 et en 1978, ainsi que l'analyse d'images de satellite, conduit à relier, sans contester les marques de dégradation à la présence de campements (DE WISPELAERE, 1980 b). De nombreux indices révèlent qu'aux effets de la sécheresse se sont ajoutés les conséquences de l'ébranchage et un réel surpâturage.

### 2. Compaction des sols

Comme l'ont déjà mentionné THOMPSON (1968), BECKMAN et SMITH (1973) et LAGOCKI (1978), le piétinement du bétail provoque une compaction des sols. Un tel effet a pu être mis en évidence lors de cette étude sous la forme d'une nette augmentation de la densité apparente (figure 6) à proximité des forages du Ferlo sableux. Cette diminution de la porosité ne semble pas cependant préjudiciable à la production végétale. Il est très probable au contraire qu'elle entraîne un ralentissement de l'infiltration, permettant ainsi une meilleure imbibition du lit de semences. Ce tassement serait donc lui aussi à relier à la forte productivité des abords des points d'abreuvement.

### 3. Encroûtement superficiel des sols

Contrairement aux observations de MOTT, BRIDGE et ARNDT (1979) en Australie et de BOUDET (1977), BREMAN & al (1980) au Mali, l'encroûtement superficiel des sols ne peut pas être attribué, dans le Ferlo sableux, aux effets du pâturage et du piétinement.

C'est en effet dans les zones les plus éloignées des forages et même dans une réserve clôturée depuis 1969 (Pété Olé) que les organisations

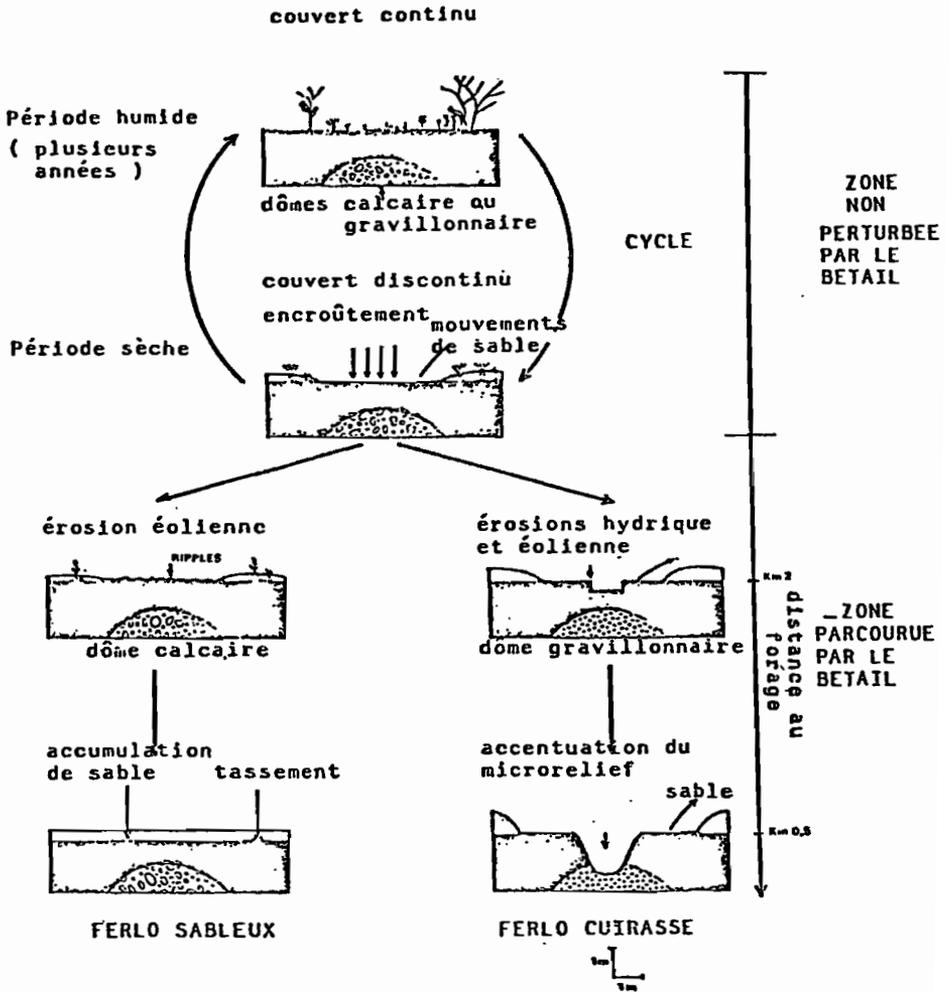
pelliculaires superficielles se développent le plus. Elles doivent principalement être attribuées à des facteurs naturels. Citons en premier lieu la granulométrie du matériau superficiel : en rapprochant le tableau 4 de la figure 3, il apparaît que les textures les plus grossières sont les moins favorables à l'apparition des taches nues pelliculaires. L'étude d'une séquence en limite de dune et de dépression interdunaire, située en zone non perturbée dans la région de Tarki, a largement confirmé la relation entre la nature du matériau et sa susceptibilité à l'encroûtement superficiel.

Les différentes observations tendent à montrer que les mécanismes de formation de ces organisations pelliculaires s'inscrivent dans un cycle qui peut se schématiser comme suit (figure 8) :

- Lors des périodes de déficit pluviométrique prolongé (comme la décennie 70 par exemple), la résistance à la sécheresse des plantes est tributaire des stocks hydriques des différents horizons. Les plantes qui se développent sur des sols à faibles réserves sont les premières à souffrir de la sécheresse et à disparaître. Tel peut être le cas des graminées qui se trouvent à l'aplomb de dômes calcaires, ou d'horizons fortement gravillonnaires peu profonds. Une fois nus, ces sols très pauvres en matières organiques sont sujets à l'encroûtement superficiel. Les organisations pelliculaires se forment en effet même pour de faibles quantités de pluie (VALENTIN 1981). La ségrégation verticale entre plasma (pellicule) et squelette, plus ou moins lâche au-dessus, favorise une ségrégation latérale : alors que les particules fines constituent des pellicules cohérentes, les sables fins sont aisément détachés et transportés sur de courtes distances par le vent, puis piégés par les graminées qui subsistent. C'est ainsi que se développent, au-dessus des points où le stock hydrique est le plus élevé, les micro-buttes sableuses. Ce processus s'accélère puisque les graines qui se déposent sur les pellicules sont elles-mêmes entraînées par le vent jusqu'aux micro-buttes, où l'infiltration est elle-même mieux assurée (couvert végétal, texture sableuse). Ainsi les processus qui mènent d'un couvert continu à une hétérogénéité de surface (zones nues battues et micro-buttes sableuses) semblent combiner des facteurs édaphiques (hétérogénéité du sol), climatique (sécheresse prolongée) et végétal (absence ou présence de couvert).

- Pendant les périodes où la pluviométrie est voisine ou supérieure à la moyenne, les micro-buttes, peu couvertes lors des premières averses, subissent une érosion hydrique qui provoque l'apport de sédiments sableux sur les zones nues. Des repères au sol, matérialisés par des clous, ont permis de mettre en évidence de tels phénomènes au cours d'une saison des pluies à pluviométrie "normale" (1981). Ces épandages sableux piègent suffisamment de graines pour favoriser une recolonisation en îlots, des surfaces nues. Ce mécanisme déjà décrit par LEPRUN (1979) au Mali, permettrait, à condition de se répéter pendant un nombre suffisant d'années humides, d'atténuer peu à peu l'hétérogénéité superficielle et la discontinuité du couvert.

L'existence d'un tel cycle, cohérent avec l'ensemble de nos observations, permettrait également d'expliquer pourquoi des taches nues n'ont pas été signalées par les pédologues qui ont étudié le Ferlo avant la grande sécheresse des années 1970 (MAIGNIEN, LEPRUN, communications orales).



**FIGURE 8 :** Evolution des caractères de surface :

- . dans le temps (cycle dans les zones non perturbées)
- . dans l'espace, en fonction de la distance au forage. Comparaison des Ferlo sableux et cuirassé

#### 4. Erosion éolienne

Il est difficile de déceler les effets morphologiques de l'érosion éolienne, surtout lorsque la déflation est encore limitée. L'analyse granulométrique est alors un outil intéressant. La figure 3 illustre la réaction de trois grandes classes granulométriques à l'action du piétinement et du vent. Comme l'ont déjà signalé de nombreux auteurs (AUBERT & MAIGNIEN, 1948 ; DELWAULLE, 1973 ; BOUGERE, 1979), le piétinement du bétail favorise la déflation en zone sahélienne. Celle-ci est surtout marquée pour les particules dont le diamètre est inférieur à 50 $\mu$ .

A cette exportation des éléments fins, correspond une accumulation relative des sables dont le diamètre est supérieur à 250 $\mu$ . Cet ensablement est particulièrement sensible dans la couronne comprise entre les km 1 et km 2 à partir des forages, zone où les véhicules ont quelques difficultés à circuler. C'est également dans cette couronne que l'érosion des sables fins et très fins est la plus marquée (ripples - figures 4 et 5). Cette zone est à la fois celle où convergent toutes les sentes de bétail et où les taux de matière organique sont les plus faibles (figure 5). Il est à noter par contre que cette érosion éolienne des sables fins et très fins est limitée, voire nulle, aux abords immédiats des forages. Ce résultat confirme le rôle protecteur assuré par la fumure animale quant à l'érosion éolienne des sols à texture légère (CHANDRA & DE, 1982).

#### 5. Erosion hydrique

L'érosion hydrique n'est réellement sensible que dans le Ferlo cuirassé où elle peut être attribuée à une série de facteurs :

- Les données du milieu : texture facilement érodible, sols peu profonds à faible infiltrabilité, pentes longues et plus marquées que dans le Ferlo sableux, végétation chétive et très discontinue.

- Sécheresse : le déficit hydrique entraîne une réduction du couvert végétal qui n'assure plus ainsi une protection suffisante du sol. Les organisations pelliculaires dont la formation est ainsi favorisée, limitent à leur tour l'infiltration, ce qui accélère la dégradation du couvert.

- Exploitation pastorale : le surpâturage accentue la dénudation du sol. Le piétinement, le long de sentes orientées dans le sens de la pente, favorise, de plus, la concentration du ruissellement et donc l'apparition de griffes rigoles et ravineaux.

C'est ainsi qu'en moins de trois décennies, certaines zones du Ferlo cuirassé ont subi une dégradation très poussée.

## Conclusion

Il n'est pas contestable que le piétinement et le surpâturage contribuent à la dégradation des sols sahéliens. Il est néanmoins nécessaire de nuancer cette affirmation en fonction des types de milieux :

- dans le Ferlo sableux, la dégradation intervient surtout sous forme du tassement et de l'érosion éolienne provoqués par le piétinement. Il faut noter cependant que ces effets n'entraînent pas, au contraire, de conséquences fâcheuses quant à la production fourragère.

- dans le Ferlo cuirassé, la conjonction des effets de la sécheresse et du surpâturage a provoqué par contre une érosion hydrique très sévère mais limitée aux abords de certains forages.

Il est également important de retenir de cette étude que certaines formes de dégradation, comme l'apparition de surfaces nues couvertes d'organisations pelliculaires, ne résultent pas systématiquement des effets négatifs du piétinement et du pâturage. D'autres causes, comme la sécheresse et l'hétérogénéité des sols-pères, doivent être invoquées, indépendamment de toute intervention du bétail.

Enfin, il n'est pas douteux que ce sont les Peuls du Ferlo sableux qui, en maintenant un nomadisme limité vers les mares naturelles pendant la saison des pluies, assurent eux-mêmes une certaine conservation de l'environnement.



ENVIRONNEMENT BIOTIQUE

## LE MILIEU NATUREL, VEGETATION ET FAUNE

Les descriptions que donnent les voyageurs du siècle dernier et les Administrateurs du début de ce siècle, de la végétation et de la faune du Ferlo, manquent généralement de précision. Cependant, il s'en dégage, de même que de la tradition orale, l'image d'un pays fortement boisé, présentant l'aspect d'une savane soudano-sahélienne où les graminées vivaces, comme *Andropogon gayanus* se rencontraient en peuplements denses, et qui hébergeait une faune sauvage abondante : girafes, grandes antilopes (hippo-tragues ou damalisques, cobes onctueux, etc...), prédateurs comme le lion, le léopard et la hyène tachetée, autruches et même, dans le Sud, les éléphants.



## LE COUVERT HERBACE

### .Conduite des recherches et méthodologie

L'estimation même grossière du stock fourrager produit en fin des pluies est un des besoins prioritaires des responsables de la production animale en région sahélienne et les recherches entreprises devraient aboutir à l'esquisse d'une méthode d'estimation à partir des données faciles à collecter. Pour atteindre ces objectifs, les recherches ont été conduites de façon à :

- mettre en place un réseau de surveillance aussi satisfaisant que possible,
- procéder à des mesures de composition floristique et de production de "fourrage" statistiquement acceptables,
- traiter les données par des méthodes de calcul permettant de réduire les erreurs d'échantillonnage, et d'estimer la précision des résultats,
- présenter les résultats sous une forme didactique.

#### 1. Mise en place du réseau de surveillance

Les placeaux de surveillance ont été disposés à 2 et 5 kilomètres des forages sur un site préalablement repéré sur photo aérienne récente (1979) et toujours éloigné d'une certaine distance des pistes (200 à 700 m), l'accès étant signalé par un alignement d'arbres marqués à 1,50 m par un trait de peinture rouge.

Le placeau proprement dit est un quadrilatère de 100 à 300 mètres de côté situé sur une toposéquence caractéristique du paysage, incluant à ses extrémités (sauf terrain parfaitement plat) un ensellement et un vallon.

Le centre du dispositif est repéré par 4 arbres marqués à la peinture (rouge et jaune) et matérialisé chaque année par un piquet de bois au moment des mesures. Les 4 extrémités du placeau sont également localisées par un arbre marqué (en jaune). 34 placeaux ont ainsi été matérialisés sur le terrain.

#### 2. Mesures du couvert herbacé

Ces placeaux ont servi de calage aux observations sur le couvert ligneux et le couvert herbacé.

Le couvert herbacé était estimé par trois observations complémentaires :

- Estimation de la composition floristique et du pourcentage de sol nu par la méthode des points quadrats alignés.

100 mesures étaient effectuées le long d'un double décamètre (20 cm entre les mesures). A chaque point de mesure, les espèces en contact avec une baguette effilée étaient notées en présence-absence et la mesure était considérée comme "sol nu" s'il n'y avait pas de contact avec une plante. Ces observations étaient effectuées pratiquement au même endroit chaque année, les lignes de mesures étant alignées entre le centre du dispositif et les quatre balises de limites du placeau.

- 2 au centre : du centre vers la balise vallon et du centre vers la balise de droite
- 2 aux balises à niveau avec le centre (droite et gauche par rapport au vallon)
- 1 à la balise du vallon (bas de pente)
- 1 à la balise de l'ensellement (haut de pente)

Pour chaque balise de limites de placeau, la ligne de points était installée au-delà de l'arbuste balisé et de son ombre portée, la ligne étant disposée dans l'alignement piquet central-balise.

- Estimation de la production de "fourrage"

Les mesures étaient effectuées après dessiccation du couvert herbacé et perte d'une partie de la production de saison des pluies (partie des infrutescences et limbes foliaires de bas de tiges, le tout mêlé aux éléments mobiles de l'horizon superficiel du sol). Les données sont inférieures à la production de biomasse herbacée estimée au stade floraison-fructification, mais sans doute plus conformes au stock fourrager réellement disponible pour les troupeaux au cours de la saison sèche. Il y a en effet une forte diminution du stock de fourrage sur pied (standing crop), non pâturé au cours de la saison sèche (Boudet et al. 1961, Bille 1976).

L'estimation du fourrage était effectuée par coupe au ras du sol des pailles de graminées et des tiges des autres espèces herbacées dans 30 carrés d'1 m<sup>2</sup> délimités par un cadre de bois, 30 répétitions étant suffisantes pour réduire l'erreur d'échantillonnage au niveau d'un placeau (Levang, Grouzis, 1980).

La récolte était collectée dans un grand sachet plastique avec pesées cumulatives au peson jusqu'à 1,5 kg pour réduire les erreurs dues aux pesées d'échantillons trop légers (poids exprimé en pailles à environ 95 p.100 de MS)<sup>\*\*</sup>. Le cadre de prélèvement était disposé, au hasard, par le manoeuvre, 5 fois de suite parallèlement aux 6 lignes de points quadrats.

---

<sup>\*\*</sup> MS = Matières sèches

### - Estimation du couvert herbacé apparent du plateau

Le fourrage récolté au mètre carré étant proportionnel à la densité et à la longueur des pailles, une qualification grossière du couvert apparent peut être réalisée au cours de la récolte des 30 échantillons: couvert nul, très clair, clair, moyen, dense ; un ou plusieurs éléments de cette classification pouvant manifestement ne pas exister sur le plateau.

Après relevé des points quadrats et récolte des 30 carrés de prélèvements, un arpentage au toprofil est effectué sur les 2 axes reliant 2 à 2 les balises limites de plateau et l'occupation linéaire de chaque classe de couvert est enregistrée.

### 3. Traitement des données

#### 3.1 - Traitement des mesures de production

Parmi les données récoltées, seules les mesures de production devaient être enregistrées avec leur degré de précision.

Pour chaque plateau, les prélèvements effectués près du centre et près des balises à niveau sont traités ensemble (les deux autres balises sont incluses en cas de terrain plat).

La moyenne des 20 prélèvements (ou des 30 en terrain plat) est complétée par une fourchette de précision correspondant à l'intervalle de confiance à 5 p.100 (I.C.) :

$$m \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \quad \text{où :}$$

t = 2 plutôt que 1.96 pour des effectifs voisins de 20

s = écart-type estimé de l'échantillon

n = effectif de l'échantillon

Cette notion de précision est affinée par P (taux de précision), qui est un pourcentage exprimant le rapport :

$$P = \frac{IC \times 100}{m} \quad \text{ou} \quad \frac{2s}{m \sqrt{n}} \times 100$$

Mais ces calculs statistiques ne peuvent s'appliquer qu'à un échantillonnage dont les éléments sont distribués "normalement" selon une courbe en cloche symétrique. La production des placeaux est parfois répartie selon cette loi lorsque la végétation est relativement homogène, mais le plus souvent les histogrammes de production sont dissymétriques et il est nécessaire de normaliser les données par l'artifice d'un changement de variable. Compte-tenu de l'abondance des placeaux dénudés à production nulle, il est nécessaire d'ajouter une unité à la variable et la transformation  $x' = \sqrt{x + 1}$  donne d'excellents résultats pour une végétation hétérogène et elle est également satisfaisante pour une végétation homogène.

La transformation  $x' = \sqrt{x + 1}$  a donc été adoptée pour l'exploitation des données de production de la végétation sahélienne trop hétérogène. La transformation entraînant une diminution de la valeur des moyennes, il est nécessaire de compenser les résultats obtenus par une correction :

$$x = x'^2 - 1 + \frac{n-1}{n} s'^2$$

qui est la meilleure correction pour la transformation  $x' = \sqrt{x + 1}$

### 3.2 - Traitement des données de la pluviométrie

Les pluies constituent le facteur limitant majeur de la production des parcours et leur distribution joue également, par l'élimination de certaines espèces, sur la composition floristique du couvert herbacé produit au cours de la saison des pluies.

Les pluies trop précoces (mai) sont inefficaces car suivies d'interruptions importantes qui entraînent la disparition rapide des plantules formées. Les pluies tardives sont également néfastes (à partir de la mi-octobre) car elles provoquent la dégradation d'une partie parfois importante du stock de paille par développement de moisissures.

Il serait donc possible, à proximité d'un pluviomètre, de rechercher une corrélation entre la production de fourrage d'un périmètre de 5 à 10 km de rayon et la pluie saisonnière obtenue en totalisant les pluies journalières entre le 1er juin et le 15 octobre.

A partir des données de ce pluviomètre, serait-il également possible d'estimer le devenir et l'utilisation de l'eau de pluie en extrapolant des résultats régionaux d'expérimentation et d'agroclimatologie ? A partir des travaux de Dancette à Bambey (1976-78) et des travaux de Cornet (1981), Eagleman (1971), Forest (1974) et Sicot, Grouzis (1981), un traitement des données pluviométriques a été entrepris dans ce sens en vue de prévoir (ici de confirmer) la composition floristique et d'estimer la production des principaux types de terrain.

Le principe est d'établir un bilan hydrique cumulé par période de 5 jours prenant en considération (tableau 6).

- la pluie reçue pendant les 5 jours ou 6 à 7 si la première pluie est intervenue au milieu de la pentade précédente (Pmm). Une pluie d'au moins 6 mm est nécessaire pour démarrer le cycle (début de germination). De plus, les plantules ont besoin de 2 mm d'eau par jour pendant les dix premiers jours sinon le cycle est stoppé.

- L'eau utile totale (Eu), c'est-à-dire la pluie reçue s'ajoute à l'eau stockée (Rmm) dans la couche de sol explorée par les racines (ici 40 mm correspondant au stockage maximal de 60 cm de sol sableux).

- L'évapotranspiration maximale journalière du couvert herbacé en millimètres d'eau (ETMj). Cette valeur est le produit de l'évaporation journalière d'un bac normalisé classe "A" (Ev Bac) et d'un coefficient (K') variable avec l'état du couvert herbacé.

- L'évaporation du bac diminue du début des pluies (juin) jusqu'à la mi-septembre pour remonter brutalement ensuite.

- Le coefficient K' est celui qui a été obtenu par expérimentation sur une jachère d'herbe. Il augmente progressivement avec le développement des plantules, pour se stabiliser à 50 jours à 0,95. Cependant si les jeunes plants meurent, la valeur du coefficient repart de l'origine avec le nouveau cycle de végétation.

- L'évapotranspiration maximale pour la pentade (ETMp), c'est-à-dire le produit de ETMj, calculé comme ci-dessus par le nombre de jours considérés.

- L'évapotranspiration réelle pour la période (ETRp). La valeur de cette ETRp sera celle de l'ETMp correspondante s'il y a suffisamment d'eau. Sinon l'ETRp correspondra à l'eau disponible (Eu).

- L'évapotranspiration réelle journalière (ETRj) ou  $\frac{ETRp}{nb\ j}$  et l'évapotranspiration potentielle journalière (ETMj).

Ces deux valeurs sont comparées sur l'abaque d'Eagleman pour établir l'indice d'humidité (I.H.) de la pentade.

Si  $ETRj = ETMj$ , le rapport est de 1, sinon il peut descendre jusqu'à 0.

Si cet indice d'humidité est inférieur à 0,1 pendant plus d'une décade, le cycle de végétation est supposé interrompu et un nouveau cycle pourra s'installer après une pluie d'au moins 6 mm.

- Le drainage en mm (Dr) est la quantité d'eau qui percole en profondeur. C'est la quantité d'eau excédant à la fois les besoins de l'ETM et le stockage maximum en réserve (R) qui est de 40 mm :  $Dr = EU - (ETMp + 40)$

- Lorsque la différence entre EU et ETM est inférieure à 40, cette quantité est inscrite en R.

Tableau 6 - Bilan hydrique de Dahra en 1979 (IPu = 141)

Dates	Nb de jours	P	R mm	Eu	EV Bac	K'	ETM j	ETM P	ETR P	ETR j	I.H.	Dr mm
25-31.5	7	15,8		16	11,5	0,54	6,2	43	16	2,3	0,3	
1-5.6	5				11,5	0,62	7,1	36			0	
6-10.6	5										0::	
11-15.6	5	14,6		15	10,8	0,54	5,8	29	15	3,0	0,4	
16-20.6	5				10,7	0,62	6,6	33			0	
21-25.6	5										0::	
26-30.6	5										0	
1-5.7	5	6,4		6	10,0	0,54	5,4	27	6	1,2	0,1::	
6-10.7	5										0	
11-15.7	5	14,5		15	9,0	0,54	4,9	24	15	3,0	0,4	
16-20.7	5	37,5		38	8,6	0,62	5,3	27	27		1,0	
21-25.7	5		11	11	8,2	0,68	5,6	28	11	2,2	0,2	
26-31.7	6				7,8	0,74	5,8	35	0		0	
1-5.8	5	1,8		2	7,5	0,82	6,2	31	0		0	
6-10.8	5	2,4		2	7,4	0,86	6,4	32	0		0::	
11-15.8	5	4,0		4	7,3	0,89	6,5	32	0		0	
16-20.8	5			0	7,2	0,92	6,6	33	0		0	
21-25.8	5	20,0		20	6,9	0,94	6,5	33	20	4	0,5	
26-31.8	6	70,8		71	6,8	0,95	6,5	39	39		1	
1-5.9	5	53,0	32	85	6,8	0,95	6,5	32	32		1	13
6-10.9	5		40	40	6,7	0,95	6,4	32	32		1	
11-15.9	5	16,9	8	25	6,6	0,95	6,3	31	25	5	0,7	
16-20.9	5	44,5		45	6,5	0,95	6,2	31	31		1	
21-25.9	5	61,4	14	75	6,6	0,95	6,3	31	31		1	4
26-30.9	5		40	40	7,0	0,95	6,7	33	33		1	
1-5.10	5		7	7	7,5	0,95	7,1	36	7	1,4	0,2	
6-10.10	5			0	7,7	0,95	7,3	37	0		0	
11-15.10	5			0	7,7		7,3	37	0		0	
16-20.10	5	7,7		8	7,8	0,95	7,4	37	8	1,6	0,2	
21-25.10	5				7,9	0,95	7,5	38			0	
Totaux		371						858	348			

:: Interruption de cycle de végétation

Le total des pluies enregistrées pendant la période représente la pluie saisonnière et le cycle de croissance de l'année correspond à la période d'enregistrement, déduction faite des pentades d'interruption de cycles de végétation.

La somme des ETMp (ETMt) et des ETRp (ETRt) permet de calculer un indice de pluie utile (IPu) qui pourra être mis en corrélation avec la production de fourrage

$$IPu = \frac{ETRt}{ETMt} \times ETRt$$

### 3.3 - Traitement des données floristiques

Parmi les nombreuses espèces herbacées présentes sur les sites d'observation, certaines sont de bonnes fourragères alors que d'autres sont toujours délaissées par le bétail.

Il est tentant de coter ces espèces et ceci a été souvent pratiqué en Europe. De Vries (1950,59) avait attribué une valeur de 0 à 10 aux espèces prairiales et il établissait ensuite un spectre de composition et de valeur relative des prairies pour l'ensemble d'une région, Delpech (1960) a simplifié la cotation dans une échelle de 1 à 5 et adapte la méthode au contrôle interannuel de la composition floristique des prairies. Daget et Poissonet ont appliqué la méthode à l'inventaire floristique effectué au point quadrat (1969) tel qu'il est utilisé dans le suivi du couvert herbacé du Ferlo.

Une valeur pastorale (VP) des espèces sahéliennes du Ferlo a été établie avec une échelle réduite de cotation de 1 à 3. Cette valeur pastorale prend en compte la période d'appétabilité de la plante, le degré d'appétabilité lié à l'anatomie et la morphologie des feuilles et tiges, la valeur fourragère...

Les espèces dénombrées dans les relevés sont en conséquence classées en premier ordre selon leur valeur pastorale et en deuxième ordre selon leur résistance à la sécheresse:

#### Graminées bonnes (G<sub>3</sub> - cote 3)

taille moyenne, tallage moyen à bon, bonne consommation en vert et en sec (à l'exception parfois du stade fructification) :

*Andropogon gayanus*  
*Andropogon pinguipes*  
*Brachiaria lata*  
*Brachiaria xantholeuca*  
*Cenchrus biflorus*  
*Cenchrus prieurii*  
*Chloris pilosa*  
*Chloris prieurii*  
*Diheteropogon hagerupii*  
*Echinochloa colona*

*Eragrostis cilianensis*  
*Eragrostis lingulata*  
*Eragrostis pilosa*  
*Eragrostis tremula*  
*Hackelochloa granularis*  
*Panicum laetum*  
*Pennisetum pedicellatum*  
*Schoenefeldia gracilis*  
*Setaria pallidifusca*

Graminées moyennes (G<sub>2</sub> = cote 2)

taille moyenne ou petite, tiges fines mais assez dures, bien appréciées en vert, consommation moyenne à faible en sec :

*Andropogon pseudapricus*  
*Aristida adscensionis*  
*Aristida fusciculata*  
*Aristida mutabilis*  
*Brachiaria distichophylla*

*Dactyloctenium aegyptium*  
*Digitaria horizontalis*  
*Eragrostis aegyptiaca*  
*Tetrapogon cenchriformis*  
*Trichoneura mollis*

Graminées médiocres (G<sub>1</sub> = cote 1)

petite taille, tiges dures, peu de feuilles :

*Aristida sieberana*  
*Aristida stipoides*  
*Ctenium elegans*  
*Eragrostis ciliaris*  
*Elionurus elegans*

*Loudetia togoensis*  
*Schizachyrium exile*  
*Sporobolus pectinellus*  
*Tragus berteronianus*

Légumineuses moyennes (L<sub>2</sub> = cote 2)

taille moyenne et petite, consommé en sec et souvent en vert :

*Aeschynomene indica*  
*Alysicarpus ovalifolius*  
*Cassia mimosoides*  
*Indigofera aspera*  
*Indigofera pilosa*  
*Tephrosia purpurea*  
*Zornia glochidiata* (météorisant)

Légumineuses médiocres (L<sub>1</sub> = cote 1)

taille petite ou prostré ou peu consommé :

*Cassia obtusifolia*  
*Indigofera astragalina*  
*Indigofera senegalensis*

Diverses moyennes (D<sub>2</sub> = cote 2)

moyennement consommé, surtout en vert ou fruits :

*Blepharis linariifolia*  
*Citrullus lanatus*  
*Commelina forskalei*  
*Cyperus esculentus*  
*Ipomoea coscinosperma*  
*Merremia pinnata*  
*Merremia tridentata*  
*Tribulus terrestris*

Diverses médiocres (D<sub>1</sub> = cote 1)

ou petite taille, ou tige dure ; faible consommation, infrutescence :

*Achyranthes aspera*  
*Boerhavia repens*  
*Borreria stachydea*  
*Cleome tenella*  
*Corchorus tridens*  
*Cyperus iria*  
*Fimbristylis hispida*

*Gisekia pharnaceoides*  
*Hibiscus diversifolius*  
*Jacquemontia tannifolia*  
*Lineum diffusum*  
*Lineum pterocarpum*  
*Sida cordifolia*

Inconsommables (cote 0)

*Borreria chaetocephala*  
*Borreria radiata*  
*Ceratothera sesamoides*  
*Cleome viscosa*  
*Corchorus depressus*  
*Euphorbia aegyptiaca*  
*Neliotropium strigosum*  
*Nyctrophia senegalensis*  
*Lineum viscosum*

*Mollugo cerviana*  
*Mollugo nudicaulis*  
*Monsonia senegalensis*  
*Polycarpea linearifolia*  
*Polygala erioptera*  
*Portulaca foliosa*  
*Pycneus macrostachyos*  
*Tripogon minimus*  
*Urginea indica*  
*Waltheria indica*

Compte-tenu du pourcentage des différentes espèces présentes dans chaque site, une valeur pastorale du pâturage notée sur 100 peut être obtenue :

$$VP = \frac{\sum \text{Classe } i \text{ (p.100)} \times VP_i}{3}$$
 de sorte que  $VP = 100$  si toutes les plantes présentes sont de classe 3 ( $100 \text{ p.100} \times \frac{3}{3}$ ).

Cette valeur pastorale (VP) se situe théoriquement entre 0 et 100 p.100 et peut être appliquée à la biomasse herbacée produite pour qualifier le fourrage produit. Ainsi, pour Gm 32 en 1979, la biomasse de 1082 kg/ha de MS, avec une VP de 73 p.100 (0.73) n'équivaut qu'à 790 kg de fourrage "qualifié". Par contre, pour Y1 15, la même année, la biomasse de 1120 kg avec une VP de 0.82 équivaut à 918 kg de fourrage "qualifié". Cette pondération "qualité" du fourrage améliore l'estimation de la charge possible en bétail car la part de fourrage inutilisée peut alors être réduite à 50 p.100 (pertes biologiques au cours de la saison sèche, pertes par prédateurs autres que le bétail, pertes par piétinement...).

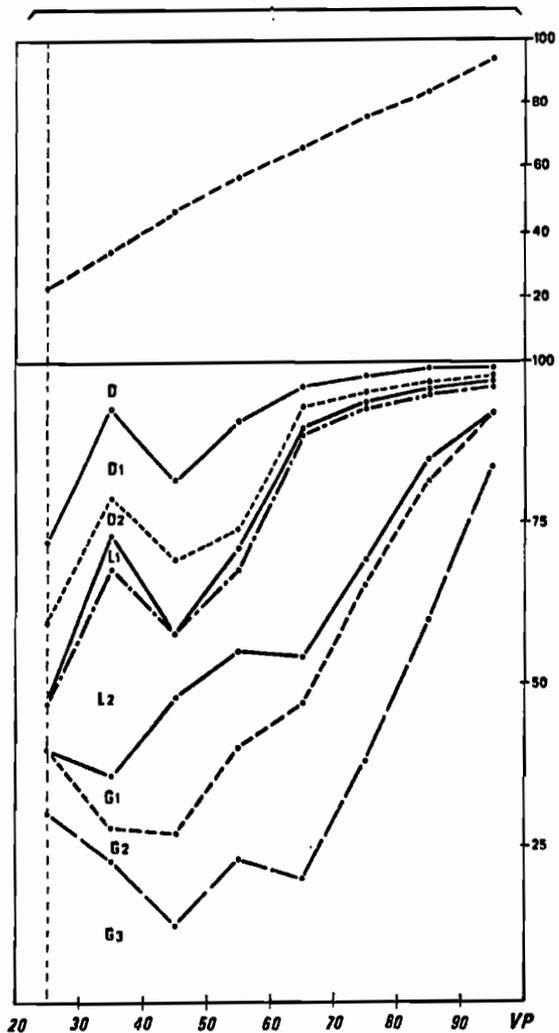
Les valeurs pastorales des sites étudiés (VPs) peuvent être comparées entre elles à l'échelle d'une région et reportées sur un spectre fourrager représentatif de la région. Ce spectre dit de De Vries est établi en portant en ordonnée, le pourcentage cumulé des divers groupes d'espèces présentes par classe de valeur pastorale et en abscisse, les classes présentes dans la région (de 10 en 10). La moyenne des valeurs pastorales de chaque classe est figurée au-dessus du spectre proprement dit. Les différentes valeurs de VP ainsi que les divers pourcentages de classes d'espèces herbacées sont reliées par des courbes caractérisant la région concernée (figure 9).

Valeurs pastorales et composition par espèces peuvent être également comparées pour chaque site, année par année par des spectres évolutifs. Les sites suivis par l'ORSTOM depuis 1975 ont été testés, à titre d'exemples : Dahra, Pété Olé, Dolli. L'expression des résultats de suivi des pâturages par l'établissement de spectres évolutifs facilite la comparaison des sites entre eux et permet de les classer chaque année dans l'échelle moyenne que représente le spectre fourrager régional.

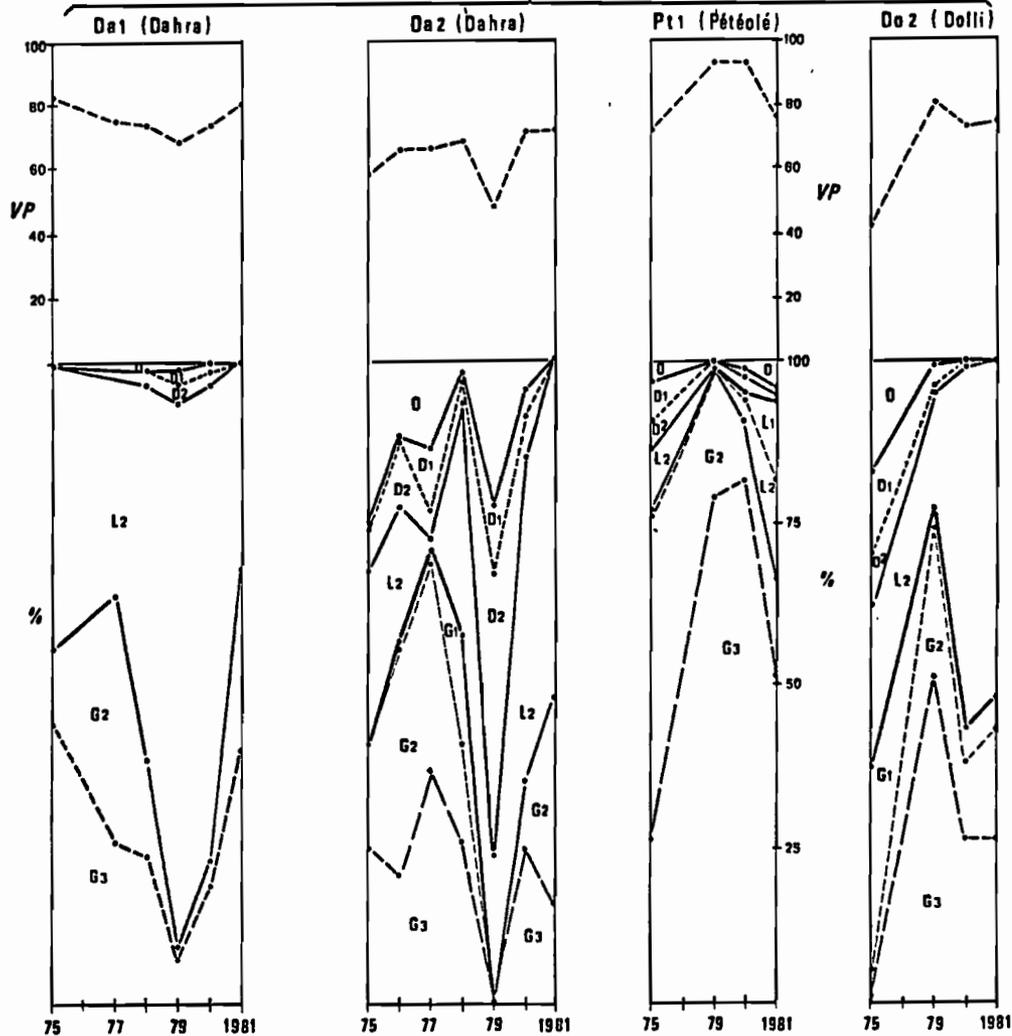
Figure 9 -

SPECTRES FOURRAGERS

SPECTRE DE DEVRIES



SPECTRES EVOLUTIFS



## . Interprétation des résultats

L'évolution du couvert végétal peut être abordée dans son ensemble ou plus précisément par des relevés détaillés sur sites d'observations.

### 1. Evolution du couvert ligneux

Après la sécheresse de 1973 et la mort de nombreux arbres et arbustes, il était à craindre que de grandes modifications soient intervenues dans les formations. Pourtant les modifications restent minimes et limitées à quelques espèces bien qu'il y ait une tendance certaine à la concentration des espèces ligneuses vers les points bas.

Elles peuvent être cependant spectaculaires par suite de la disparition de quelques espèces qui n'existaient auparavant qu'à l'état de spécimens isolés :

- *Terminalia avicennioides* sur dunes à relief accusé
- *Sterculia setigera*, toujours rare, mais qui a disparu sur nappage sableux sur gravillons
- *Sclerocarya birrea* dont la répartition s'est maintenue mais qui a régressé en nombre dans les couloirs interdunaires
- *Combretum glutinosum* s'est maintenu mais il a fortement régressé sur sols à cuirasse et certaines dunes à relief accusé.

D'autres espèces sont plutôt en extension :

- *Acacia senegal* qui devient relativement abondant sur sols à gravillons et cuirasse sableuse, tout en se maintenant ailleurs et de préférence en bas de pente et dépressions interdunaires.
- *Boscia senegalensis* qui s'est maintenu partout où il était abondant et qui s'est multiplié sur ensellements dunaires ainsi que sur couloirs interdunaires argileux et même sablonneux.

Par contre, les comparaisons entre 1972 et 1979 témoignent d'une grande stabilité du *Balanites aegyptiaca*. Il serait cependant plus abondant sur des éléments aplanis des systèmes dunaires avec beaucoup d'individus jeunes.

## 2. Evolution du couvert herbacé

### 2.1 - Evolution d'ensemble

Des espèces à affinités soudaniennes semblent avoir nettement régressé comme :

- *Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis* et *Schizachyrium exile* sur gravillons,
- *Elionurus elegans*, *Ctenium elegans*, *Diheteropogon hagerupii* sur gravillons et sables,
- *Blepharis linariifolia* et *Borreria radiata* sur système dunaire à relief accentué.

Cependant certaines de ces espèces se sont réfugiées dans des niches écologiques plus favorables et pourraient recoloniser le terrain perdu:

- *Andropogon gayanus* rencontré en cuvettes interdunaires,
- *Diheteropogon hagerupii* sur gravillons ainsi que sur sables,
- *Elionurus elegans* sur sommets dunaires ainsi que sur pentes dunaires,
- *Blepharis linariifolia* n'a été repéré que sur dunes remaniées aplanies.

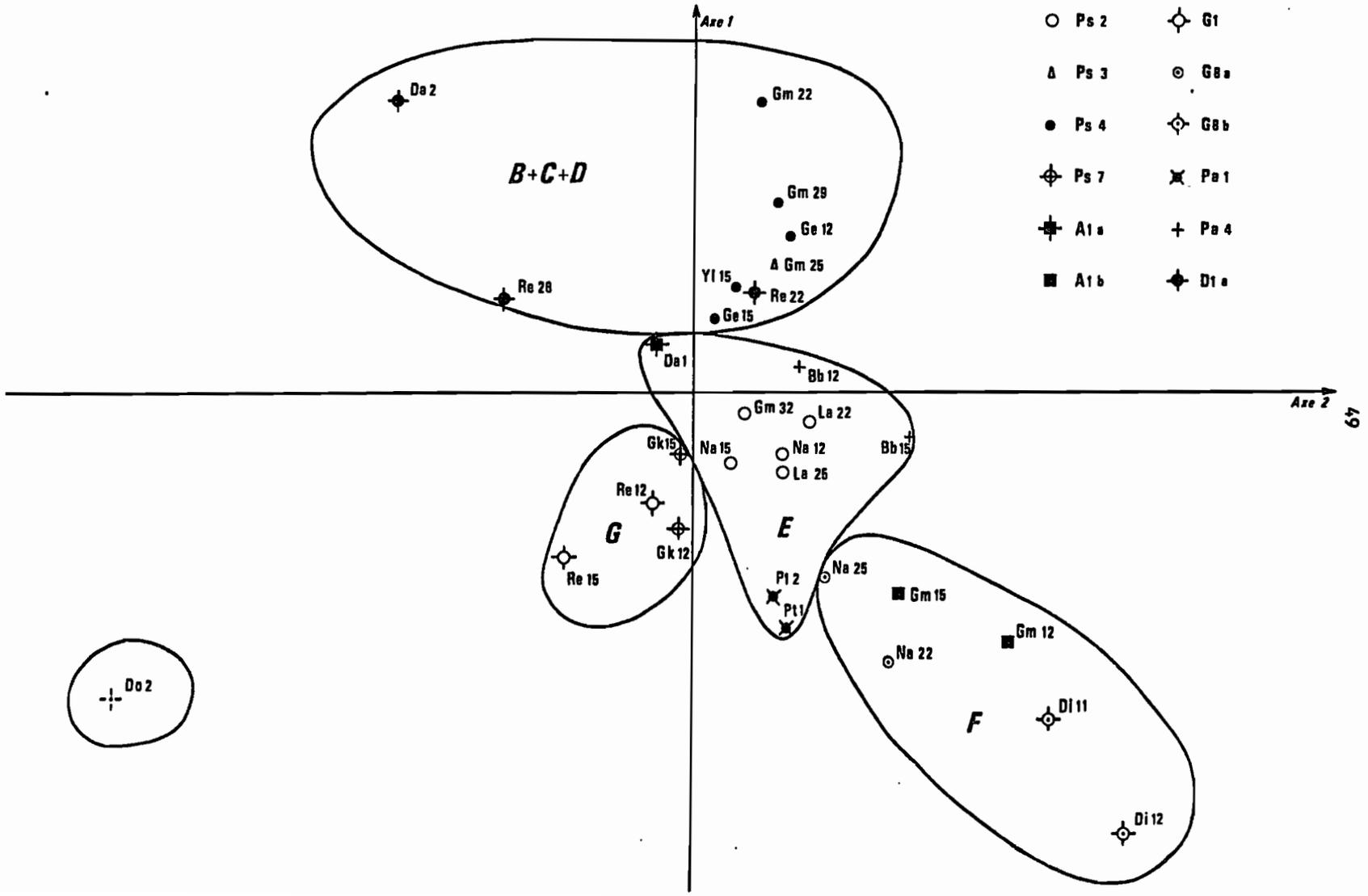
D'autres espèces plutôt saharo-sahéliennes semblent avoir profité de la sécheresse :

- *Mollugo nudicaulis* sur dunes remaniées,
- *Tragus berteronianus* sur dunes accentuées et remaniées ainsi qu'en couloirs interdunaires,
- *Heliotropium strigosum* sur dunes et nappages,
- *Fimbristylis hispidula* sur nappages sableux et couloirs interdunaires.

### 2.2. - Examen détaillé de l'évolution du couvert herbacé

Les 34 placeaux permanents d'observation ont été répartis sur différents faciès individualisés par Valenza et al (1972) et qui peuvent se répartir phytosociologiquement selon la classification élaborée par Dieye en 1981, l'axe 1 de l'analyse factorielle des correspondances étant le plus significatif (figure 10).

fig. n° 10 - Interprétation de l'analyse factorielle des relevés phytosociologiques (d'après Knassoum Dreye-1961)



Pour synthétiser les données de composition floristique, les espèces ont été regroupées par classes de valeur pastorale et les espèces rares regroupées. L'importance du couvert herbacé est exprimée par le nombre de contacts pour 100 mesures de quadrats alignés et l'importance de chaque espèce ou groupe d'espèces est exprimé en pourcentage de contacts (contribution spécifique de l'espèce considérée).

Ces compositions floristiques pondérées par leur valeur pastorale ont permis d'établir des spectres évolutifs pour les sites suivis précédemment par l'ORSTOM.

En comparant les bilans hydriques des forages équipés de pluviomètres, un commentaire sur la composition floristique a été esquissé en adoptant les informations sur la vitesse relative de germination des espèces établie par Penning de Vries et al. (1982) :

- Espèces à germination rapide, qui germent dès les premières pluies mais peuvent se dessécher et disparaître du couvert en cas d'interruption de pluies :

Graminées :

*Aristida mutabilis*  
*Cenchrus biflorus*  
*Chloris prierii*

Diverses :

*Blepharis linariifolia*  
*Tribulus terrestris*

- Espèces à germination plus lente qui peuvent donc succéder aux précédentes après une interruption de pluies :

Graminées :

*Andropogon pseudapricus*  
*Dactyloctenium aegyptium*  
*Diheteropogon hagerupii*  
*Echinochloa colona*  
*Loudetia togoensis*  
*Panicum laetum*  
*Pennisetum pedicellatum*  
*Schoenefeldia gracilis*

Légumineuses :

*Cassia mimosoides*

- Espèces produisant simultanément des graines tendres à germination rapide et des graines dures à germination lente, ces espèces étant les mieux adaptées contre les aléas pluviométriques :

Légumineuses :

*Alysicarpus ovalifolius*  
*Cassia tora*  
*Indigofera astragalina*  
*Indigofera prieuriana*  
*Zornia glochidiata*

- Espèces ne produisant que des graines dures à germination lente, exigeant de nombreuses pluies pour la levée de plantules (espèces concurrencées en année à pluies régulières et favorisées en année à pluies tardives précédées de pluies irrégulières) :

Graminées :

*Elionurus elegans*  
*Eragrostis tremula*

Diverses :

*Borreria chaetocephala*  
*Borreria radiata*  
*Borreria stachydea*

A Dahra, pour le groupe BCD des systèmes dunaires, les compositions floristiques relevées de 1979 à 1981, peuvent être comparées à celles de l'ORSTOM effectuées depuis 1975 (Cornet 1981) et rassemblées dans un spectre évolutif (figure n°9). La pluie saisonnière est faible en 1977, forte en 1975, moyenne les autres années. Des interruptions interviennent une fois en 1976 (début Août), trois fois en 1977 (fin juin et deux fois en juillet), quatre fois en 1979 (deux en juin, une en juillet, une en août), une fois en 1980 (mi-juillet), une fois en 1981 (fin juillet). Il en résulte une forte proportion de *Dactyloctenium aegyptium* en 1976, 1977 et 1981, une dominance de *Zornia glochidiata* en 1980 et 1981 et une abondance d'espèces diverses à graines probablement dures en 1979 : *Merremia pinnata*, *Ceratotheca sesamoides*.

Ceci se traduit dans le spectre évolutif par une chute de la valeur pastorale en 1979 avec régression très nette des graminées.

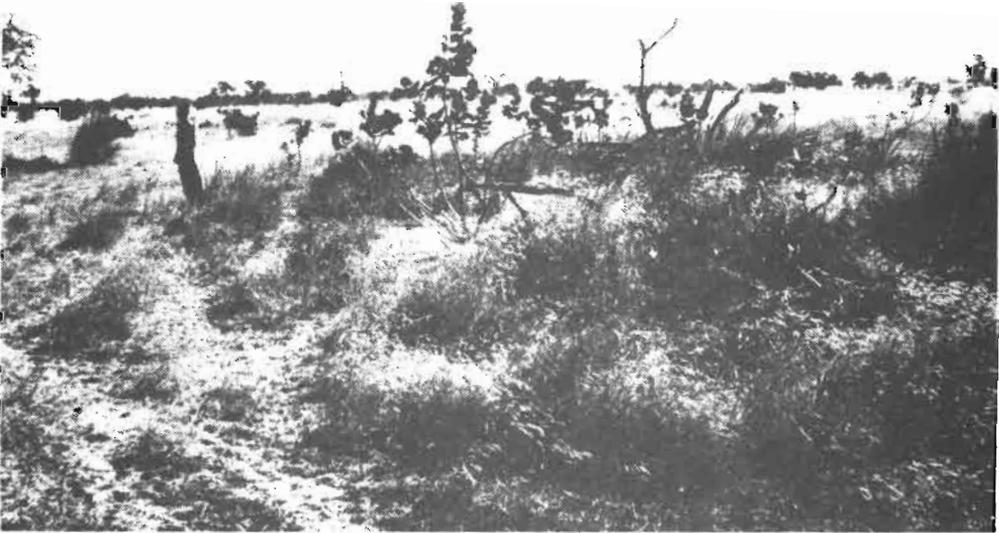
A Pété Olé, pour le groupe E des vallons et couloirs interdunaires, la pluviosité est faible en 1980 et forte en 1975. Il y a une interruption de 10 jours au début août 1979 et une autre de 20 jours à la mi-juillet 1980. Il en résulte une forte augmentation de *Schoenefeldia gracilis*. Le spectre évolutif fait apparaître une amélioration constante de la valeur pastorale de ce plateau en défens jusqu'en 1980 puis une légère chute en 1981, correspondant toutefois à une VP de près de 80 p.100.



SUIVI AU SOL DU COUVERT VEGETAL  
 (cas de Te 21 ; 1 km Est du forage de Tessekré)



1979 - Environ 150 mm de pluie -  
 Sol nu, ripple marks, ligneux morts ou moribonds



1981 - Régénération sous 275 mm de pluie -  
 Strate herbacée à *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr.  
 et *Cenchrus biflorus* Roxb. - Invasion par la "Pomme  
 de Sodome", *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f



A Dahra, les nombreuses interruptions de 1977 et 1979 entraînent (groupe E) une augmentation de *Digitaria horizontalis* en 1977 et une très forte dominance de *Zornia* en 1979. Le diagramme évolutif accuse une forte diminution de valeur pastorale en 1979, avec récupération progressive les années suivantes.

Le spectre évolutif de Dolli pour la steppe sahélo-soudanienne, met en évidence l'augmentation des bonnes graminées en 1979 puis l'extension de *Zornia* les années suivantes.

### 3. Estimation de la production et recherche de corrélation

Les 30 données de production collectées par plateau permanent ont permis de calculer la production des sites à niveau avec une fourchette de précision et la production des ensellements et des vallons. La production moyenne des 30 carrés de prélèvements exprime sensiblement la production géographique de la formation.

#### 3.1 - Corrélation pluie utile - production

En répartissant sur un graphique (figure n°11), les productions à niveau avec l'indice de pluie utile du lieu, en abscisse et la production en ordonnée, le nuage de points peut être réparti en trois groupes déterminant trois courbes de classes de potentialités, courbes représentant le début d'une courbe en S, la production dépendant presque exclusivement à ce stade, de l'eau disponible.

##### A .Potentialité faible

12 données se rattachent à cette courbe :

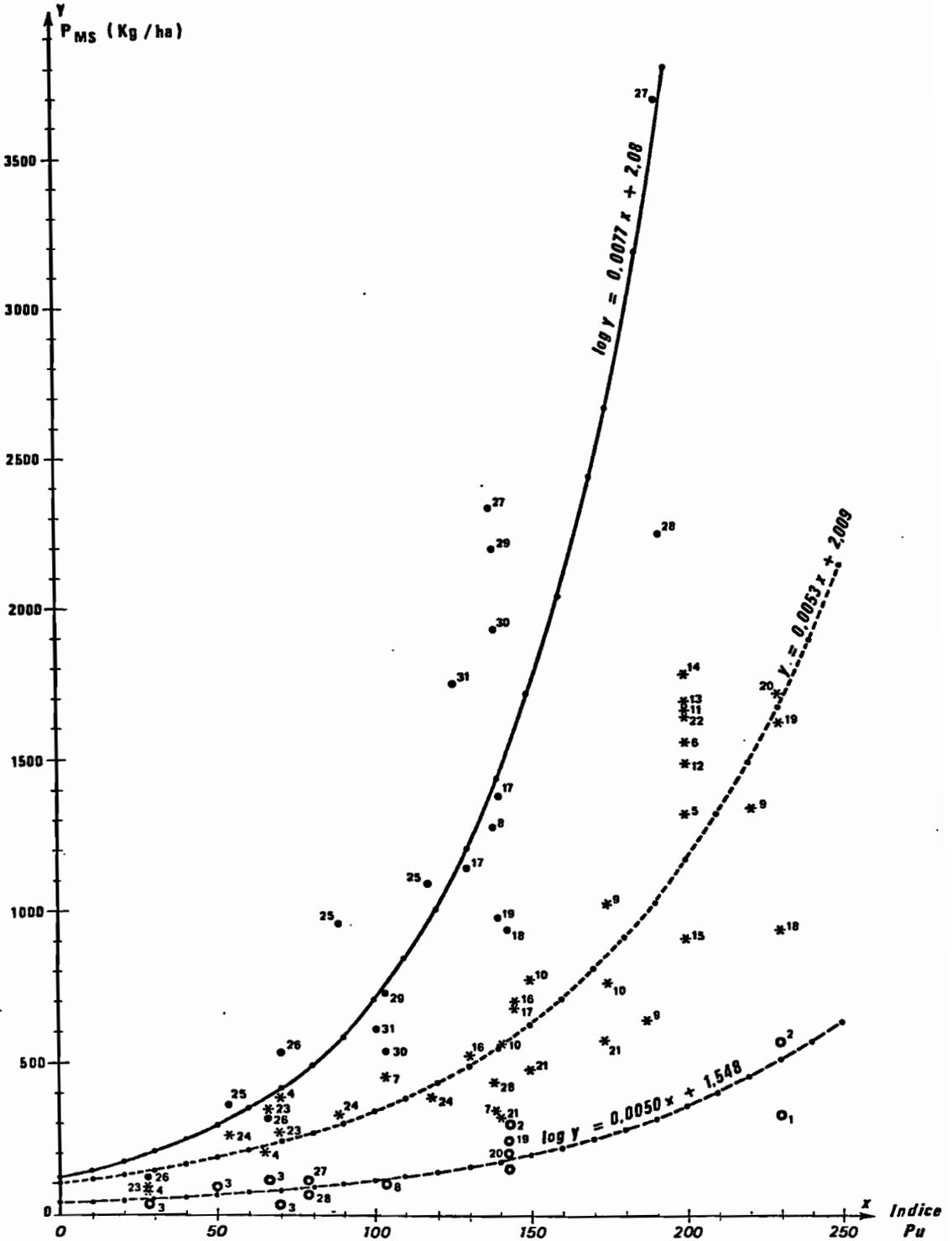
$$\log y = 0,0050 x + 1,548$$

où y = production en kg/ha  
x = indice de pluie utile (IPu)

avec R = 0,896 pour 10 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de l'p.100 (> 0,70).

Ce groupe de parcours à faible potentialité est celui du groupe G des sols à cuirasse, certaines productions du groupe F des sols colmatés sur cuirasse et des faciès temporairement dégradés des groupes B C D des systèmes dunaires et du groupe E des vallons et couloirs interdunaires.

fig. n°11-CORRÉLATIONS PRODUCTION - PLUIES UTILES



### B. Potentialité moyenne

35 données se rattachent à cette courbe :

$$\log y = 0,0053x + 2,009$$

où y = production en kg/ha  
x = indice de pluie utile

avec R = 0,922 pour 33 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 ( $> 0,42$ ).

Dans ce groupe de parcours à potentialité moyenne se retrouvent :

- la plupart des données du groupe F des sols colmatés sur cuirasse.
- la presque totalité du groupe B C D des systèmes dunaires
- les faciès faiblement dégradés du groupe E des vallons et couloirs interdunaires.

### C. Potentialité forte

20 données se rattachent à cette courbe :

$$\log y = 0,0077x + 2,08$$

où y = production en kg/ha  
x = indice de pluie utile

avec R = 0,91 pour 18 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 ( $> 0,56$ ).

Dans ce type de parcours à forte potentialité se retrouvent :

- la presque totalité du groupe E des vallons et couloirs interdunaires
- quelques données du groupe B C D et une seule du groupe F représentant des faciès en flambée de production après mise en défens (Re 20) ou autres incidents d'exploitation.

### 3.2 - Corrélation pluie saisonnière - production géographique

Le report sur un graphique (figure n° 12) des données de production moyenne des placeaux permanents, en reportant la pluie saisonnière en abscisse et la production en ordonnée, permet de tracer une droite de régression encadrée par 2 droites représentant une fourchette de précision à deux écart-types des constantes a et b de la formule  $y = bx + a$

$$y = 3,77 x - 299,77$$

où y = production en kg/ha

x = pluie saisonnière en millimètres

avec R = 0,575 pour 65 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 (> 0,31).

écart type de a = 69,59 ; 2 Sa = 139,18

écart type de b = 0,666 ; 2 Sb = 1,33

donnant les courbes d'encadrement

$$y = 5,10x - 160,59$$

et

$$y = 2,44x - 438,95$$

Sicot et Grouzis (1981) trouvent pour le bassin de la mare d'Oursi au Nord de la Haute-Volta, une corrélation voisine :  $y = 0,216 P_m + 13,5$

avec  $P_m$  = pluie moyenne des pluviomètres du bassin en mm

y = biomasse herbacée en g/m<sup>2</sup>

### 3.3 - Corrélation aspect du couvert et production

En principe, le pourcentage de 5 niveaux de couvert est estimé au topofil sur les 2 axes reliant 2 à 2 les balises délimitant le placeau permanent.

Ces niveaux de couvert ont été définis en tenant compte de la distribution des données de production collectées au cours des trois années d'observation.

Outre la classe de sol nu (sans production), les autres données ont été réparties en quatre groupes égaux (méthode des quantiles) aboutissant aux limites de classes :

- 0
- 5 - 50 grammes
- 60 - 120 grammes
- 130 - 190 grammes
- plus de 200 grammes

et les moyennes de classe étaient respectivement 28,1 - 89,2 - 156,5 - 275,6.

fig. n°12 - Corrélation pluie saisonnière - production à l'ha géographique

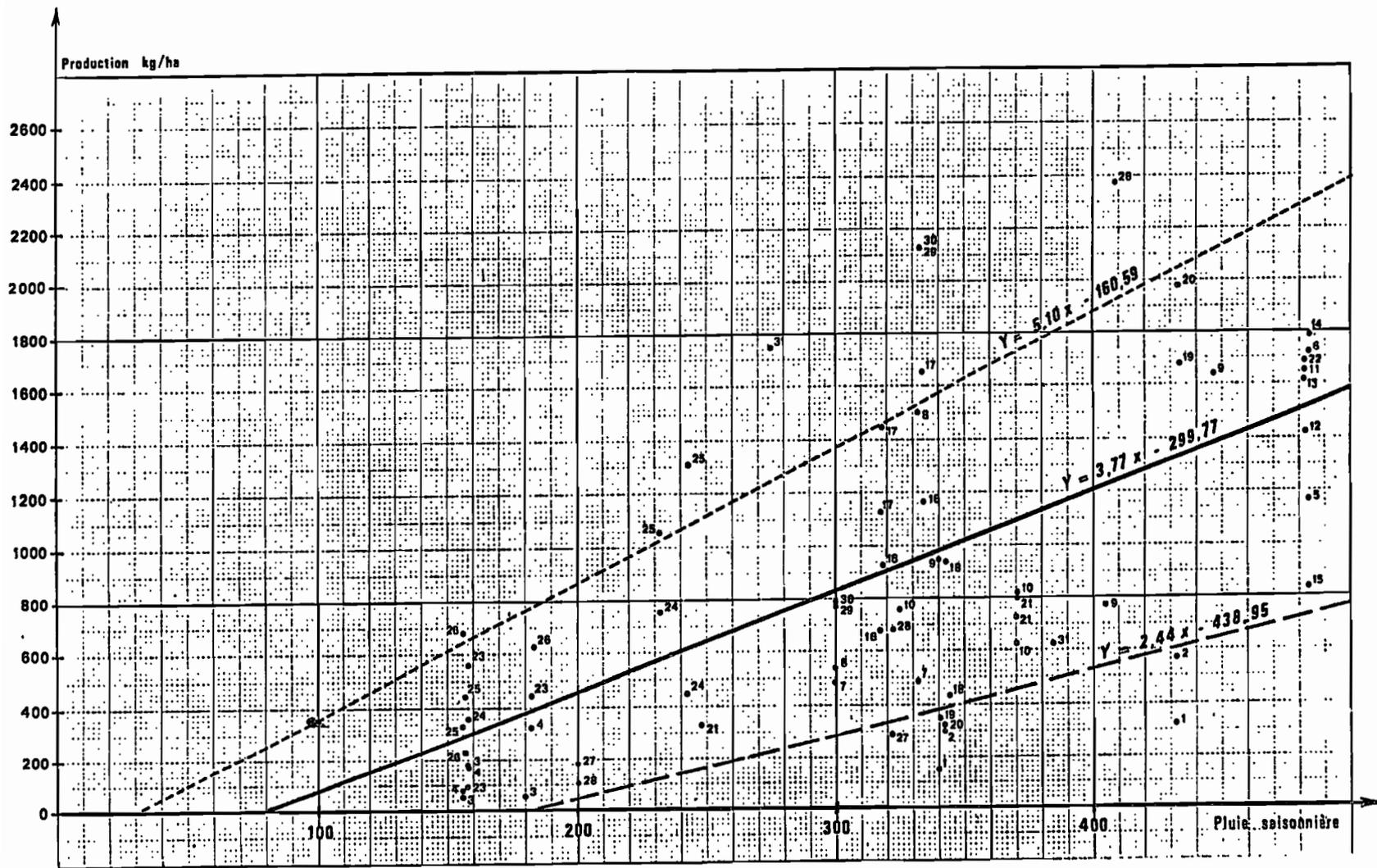
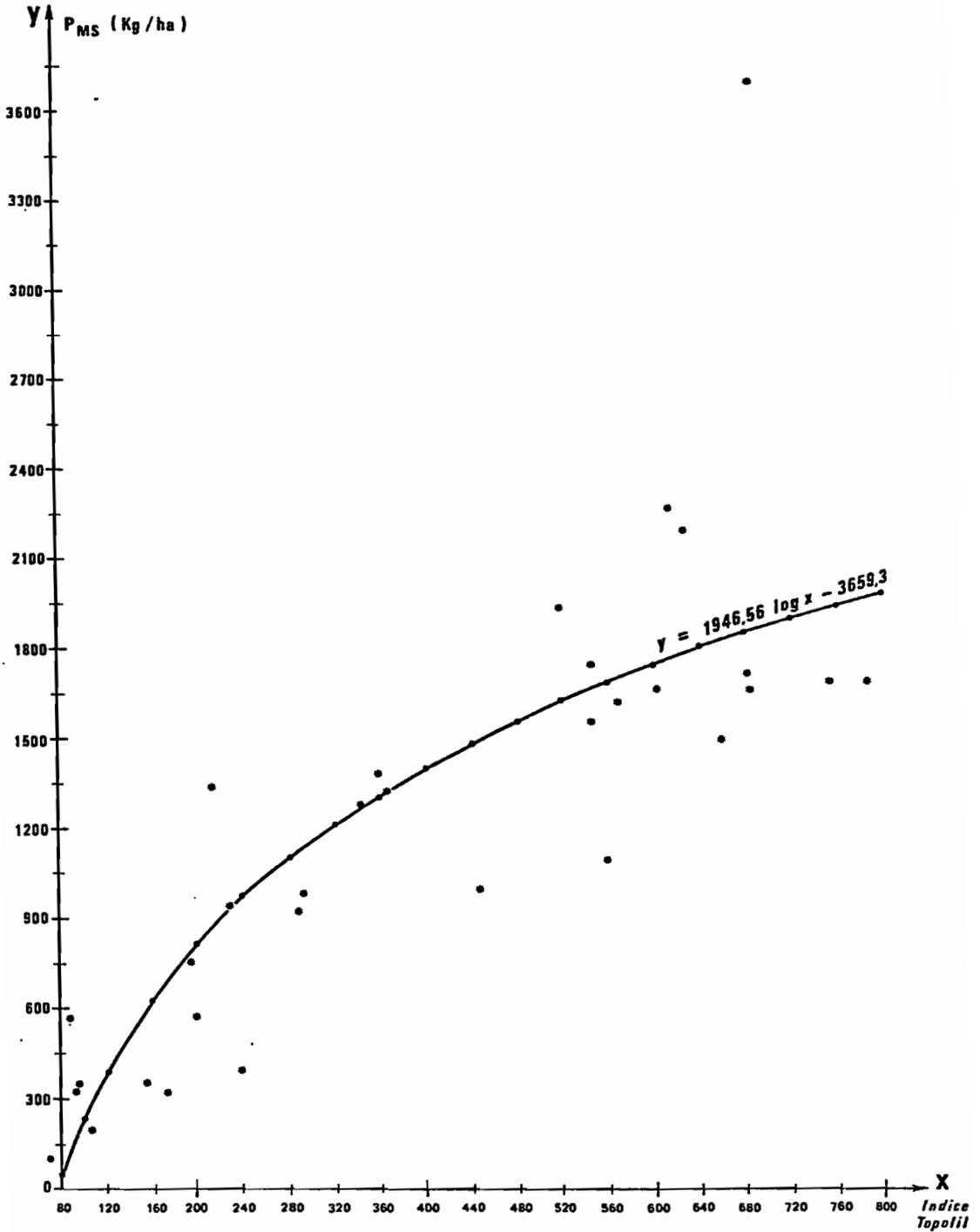


fig. n°13- CORRÉLATION PRODUCTION - TOPOFIL



Ces moyennes de classes ont par ailleurs permis de pondérer les valeurs de pourcentage de chaque classe afin de calculer un "indice topofil" pouvant raisonnablement corrélérer avec la production :

$(\% \text{ sol nu} \times 0) + (\% \text{ couvert très clair} \times 28,1) + (\% \text{ clair} \times 89,2) + (\% \text{ moyen} \times 156,5) + (\% \text{ dense} \times 275,6) = \text{indice Topofil}$

ou :  $0 + \% \text{ Très clair} + \% \text{ clair} \times \frac{89,2}{28,1} + \% \text{ moyen} \times \frac{156,5}{28,1} + \% \text{ dense} \times \frac{275,6}{28,1}$

soit :  $\% \text{ Très clair} + \% \text{ clair} \times 3,17 + \% \text{ moyen} \times 5,57 + \% \text{ dense} \times 9,80$

arrondi à :  $\boxed{\text{Très clair} + 3 \times \text{clair} + 6 \text{ moyen} + 10 \text{ dense}} = \text{indice topofil}$

ex : Re 12 - 1981 :  $52 \times 0 + 28 \times 1 + 18 \times 3 + 2 \times 6 + 0 \times 10 = 94$

Le report des données de production "à niveau" de 1981 sur un graphique (figure n° 13) en portant l'indice topofil en abscisse et la production en ordonnée, aboutit au calcul de la courbe :

$$y = 1\,946,56 \log x - 3\,659,3$$

où  $y = \text{production en kg/ha}$   
 $x = \text{indice topofil}$

avec  $R = 0,816$  pour 31 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 ( $> 0,441$ ).

## Conclusion

Le traitement des données collectées sur le terrain au cours de cette A.C.C. met en évidence l'intérêt de comparer analyses floristiques et production du couvert herbacé (biomasse épigée) au relevé par pentade d'un pluviomètre voisin. Cette approche permet d'expliciter la composition du couvert herbacé en fin de saison active et même de prévoir sans trop d'erreur, la composition présumée du couvert herbacé des terrains sablonneux.

La production du couvert herbacé peut être également estimée avec une précision acceptable pour certains types de terrain :

- courbe de potentialité faible pour le groupe G de sols de cuirasse,
- courbe de potentialité moyenne pour le groupe BCD des systèmes dunaires,
- courbe de potentialité forte pour le groupe E des vallons et couloirs interdunaires.

Les observations effectuées par l'ISRA (Valenza 1983), au niveau des pâturages desservis par les forages de Tatqui, Labgar et Tessekré à 2 et 5 km de ceux-ci, ont montré et confirmé le rôle prépondérant et essentiel de la pluviométrie sur les différentes caractéristiques de ces pâturages (composition botanique, densité et production).

Par contre, sur Ferlo sableux, l'action du bétail peut estomper celle des pluies en améliorant la production aux abords immédiats des forages (500 m) ou au niveau des zones à forte exploitation pastorale.

Pour un suivi permanent du Ferlo, le réseau de surveillance pourrait être allégé.

L'extension du suivi pourrait être envisagée par l'utilisation du topofil sur des sites déjà matérialisés ou des sites complémentaires à répartition randomisée à travers le territoire du Ferlo.

Pour une généralisation de la surveillance continue des parcours sahéliens, la corrélation pluie saisonnière - production peut être un atout favorable et une estimation de probabilités de production et de charges possibles en UBT pour être effectuée en se basant sur l'abaque de probabilités des pluies sahéliennes en Afrique de l'Ouest (Cochemé et Franquin 1967).

## LE COUVERT LIGNEUX

### . Préambule

L'étude des ligneux a eu modestement comme but de fournir aux pastoralistes associés au projet les structures de végétations ligneuses de chacun de leurs types de parcours étudiés du point de vue numérique et dimensionnel.

L'aspect évolutif de ces structures en 3 ans a été dégagé en général et pour différents critères.

En particulier, l'éloignement plus ou moins grand des stations d'étude par rapport aux points critiques de concentrations animales et humaines (en général les points d'eau permanents) a été considéré.

De même des regroupements par types de sols ou plutôt par types de faciès ont été étudiés. Ces faciès ont été individualisés sur la base de la carte des pâturages de G. De Wispelaere de l'IEMVT de juin 1978, alors qu'en 1983 quelques ajustements de détail ont été opérés mais sont relativement peu importants.

Un dernier chapitre important a été étudié : l'aspect dimensionnel des structures de végétation ligneuse et leur évolution dans le temps en rappelant que 3 années d'étude restent un bien modeste délai surtout lorsqu'il s'agit de ligneux.

A ce dernier point de vue, la perspective que l'ISRA pourra poursuivre les observations et mensurations plusieurs années encore est un fait très positif.

Il sera donc extrêmement utile de poursuivre quelques années les relevés de terrain pour bien cerner les signes d'évolution des formations tant dans leurs parties ligneuses qu'herbacées.

Par ailleurs, on possède dès maintenant un ensemble de relevés très riches dont on pourra tirer des estimations de biomasse ligneuse et même foliaire (appetible ou non) au prix d'un travail d'échantillonnage simple qui peut être également poursuivi au niveau de l'ISRA. On complètera ainsi les mesures de productivité du tapis herbacé.

D'autres aspects ont été également envisagés comme :

- La recherche d'une corrélation entre la variation des ligneux et les variations des pluies "voisines".
- La recherche d'une corrélation entre la pluviométrie toujours et la biomasse ligneuse produite.

Ces aspects intéressants ne nous semblent pas pouvoir être abordés avec suffisamment de rigueur dans l'état actuel des relevés pluviométriques disponibles.

Les études de l'ACC/LAT de la Mare d'Oursi en Haute-Volta ont en effet montré, entre autres choses, la considérable variation spatiotemporelle de la pluie dans ces zones sahéliennes.

En ce qui concerne la biomasse, les données sont également insuffisantes étant entendu que les ligneux réagissent en partie (début de végétation) à la pluviométrie de la saison des pluies précédente et donc des réserves plus ou moins importantes que cette pluviométrie leur a permis de constituer.

## . Généralités

### 1. Importance de l'élément ligneux dans l'étude

La contribution du "pâturage aérien" dans l'alimentation du bétail en zone sahélienne peut varier de 2 à 60 % de la ration énergétique suivant l'espèce animale en cause et l'abondance du brouet donc de l'époque de prélèvement.

Du point de vue protéinique l'apport peut être plus important encore.

L'agropastoralisme ne peut donc ignorer cette partie intégrante des parcours qui, par ailleurs, représente un facteur essentiel de la conservation du milieu physique dans les phénomènes d'érosion par exemple.

Enfin l'arbre représente pour les populations un élément tout à fait essentiel de leur existence (aspects énergétiques) et de leurs qualités de vie (usages multiples alimentaires, artisanaux, etc...).

Apprécier l'état à un moment déterminé du couvert ligneux, en suivre l'évolution représentent un élément capital de l'étude de ce fragile milieu sahélien.

### 2. Méthodologie

Sur le centre des sites étudiés par les agrostologues un cercle de 56,42 m a été tracé chaque année.

Des câbles tirés radialement ont permis de déterminer des secteurs où les comptages et mensurations ont été effectués. Ces secteurs facilitent simplement le travail de relevé en étant plus étroit là où la végétation est plus dense.

Chaque sujet est répertorié par son espèce, sa circonférence à 10 cm du collet ou juste au-dessus d'un empatement éventuel et par son état végétatif où l'on distingue les semis (moins de 2,5 cm) des vivants, des agonisants et des morts (debouts ou couchés sont différenciés).

Pour les espèces multicaules, seul le plus gros brin est mesuré, mais le nombre de brins de la cépée est mentionné.

### 3. Dépouillement des données

A partir des fiches de relevés de terrain plusieurs récapitulations ont été effectuées pour chaque année.

En premier lieu, pour chaque espèce, le nombre d'individus vivants, agonisants ou morts a été relevé par classes de 5 en 5 cm de circonférence au collet avec une classe de 0 à 2,5 cm dite de semis jamais multicaules.

Les mêmes catégories (sauf semis) sont également récapitulées dans une série dite "rejets" qui inclut le nombre des brins des cépées dans la catégorie de dimension du brin principal.

L'ensemble de ces fiches par espèces est regroupé par station et par année en une fiche où les totaux (semis, vivants, etc...) par espèces apparaissent ainsi que le total de toutes les espèces.

### . Localisation et caractéristiques des stations

Les stations étudiées sont exactement les mêmes que celles des agropastoralistes (I.E.M.V.T. et I.S.R.A.)

Nous donnons malgré tout un tableau associant faciès, stations et types de sols correspondant, selon une nomenclature actualisée par rapport à celle du rapport final.

**Tableau n° 7 - Définition des faciès classés sur des critères phytosociologiques**

Dieye 1981 (analyse factorielle)

Faciès (Valenza 72)	Stations correspondantes étudiées	Pentes en % respectivement	Localisation	Types de sols
G1	Revane 12 et 15 (Re 12-Re 15)	1 et 0	2 km et 5 km du pare-feu Revane/Gueye-Kadar	Sols à cuirasse proche de la surface (Niargo des Peuls)
G8a	Namarel 22 et 25 (Na 22-Na 25)	1 et 1	2 km et 5 km de Yaré Lao	Sols colmatés sur gravillons (Babdiol sur Niargo des Peuls)
G8b	Diali 11 et 12 (Di 11-Di 12)	1 et 1	2 km de Diali/Tiangaye Ouest et Est du pare-feu	Sols colmatés sur cuirasse
Ala	Dahra 1 (Da 1)	1	Piste du milieu parcelle C	Vallons et couloirs interdunaires (erg ancien)
Alb	Ganine Maoudou 12 et 15 (Gm 12-Gm 15)	1 et 1	2 km carrefour Ganine Maoudou et 5 km carrefour Tatki	Dépression argileuse interdunaire (mare de Ganine Maoudou)
Pal	Peté Olé 1 et 2 (Pt1-Pt2)	3 et 3	Parcelle ORSTOM clôturée et hors clôture	Vallons et couloirs interdunaires (erg ancien du Nord Ferlo)
Pa4	Belel Boguel 12 et 15 (Bb 12-Bb 15)	1,5 et 3	2 et 5 km du forage Belel Gaoude	Vallons et couloirs interdunaires (plateau de l'erg moyen)
Ps2	Labgar 22 et 25 (La 22-La 25)	1 et 1	2 et 5 km pare-feu Labgar/Namarel	Vallons et couloirs interdunaires (piémonts dunaires de l'erg ancien)
	Namarel 12 et 15 (Na 12-Na 15)	4 et 3	2 et 5 km Namarel/Ndioum	
	Ganine Maoudou 32 (Gm 32)	3	2 km carrefour Tessekré	
	Tessekré 21 (Te 21)	1	1 km pare-feu Tessekré/Labgar	
Ps3	Ganine Maoudou 25 (Gm 25)	1	5 km carrefour Tessekré	Pentes dunaires de l'erg ancien)
Ps4	Yaré Lao 12 et 15 (Y1 12-Y1 15)	1 et 3	2 km Yaré Lao/Belel Bara et 5 km Yaré Lao/Namarel	Sommets aplanis de l'erg ancien
	Ganine Erogne 12 et 15 (Ge 12-Ge 15)	1 et 1	2 et 5 km forage côté Nord-Est	
	Ganine Maoudou 22 et 29 (Gm 22-Gm 29)	3 et 2	2 km carrefour Tatki & 5 km carref. Tessekré	
Ps7	Gueye Kadar 12 & 15 (Gk 12-Gk 15)	1 et 2	2 et 6 km pare-feu G.K./Yaré Lao	Sols à cuirasse

Tableau n° 7 (suite)

Faciès (Valenza 72)	Stations correspondantes étudiées	Pentes en % respectivement	Localisation	Types de sols
D1a	Revane 22 et 26 (Re 22 - Re 26)  Dahra 2  (Da 2)	4 et 6  3	2 et 6 km de Revane/ Tiam  Est parcelle 1 Sud clôturé	Dunes à relief accusé

Au tableau devraient être rajoutées 7 stations de l'ISRA, soit :

- en Ps2 : Labgar 13 et 15 ; et Tessekré 2 et 5
- en Pal : Tatki 2 et 5
- en Ps4 : Ganine Maoudou 22b

## Evolution globale de la végétation ligneuse en trois ans

### 1. Méthode d'étude

C'est par comparaison des effectifs relevés par station (toutes espèces confondues) que l'approche de cette question est effectuée.

Toutefois, il est apparu très vite que les effectifs morts étaient trop variables d'une année sur l'autre car c'est la catégorie sur laquelle les prélèvements humains sont les plus faibles, les plus nécessaires donc les plus importants.

De plus ce "ramassage de bois morts" peut ne pas toucher du tout une station une année mais s'y pratiquer intensivement une autre année.

Nous comparons donc plus particulièrement les effectifs totaux des vivants (semis + vivants + agonisants).

## 2. Evolution des stations en général

Il apparait incontestablement une diminution des effectifs de la 1ère à la 3ème année passant de 438,6 à 420,9 puis 376,4 pour les densités d'individus à l'hectare.

Ces diminutions concernent la majorité des stations cependant que quelques unes font exception avec :

- Dahra 2, Yaré Lao 12 et 15, et Peté Olé 1 qui conservent des effectifs à peu près constants,
- Belel Boguel 15 et Tatki 5 (densité très faible) montrent pour leur part une certaine progression assez régulière sur les 3 années,
- enfin 3 stations n'ont pas une évolution régulière :

1°) Namarel 22 a une grosse baisse d'effectifs en seconde année et une reprise en troisième. Cela correspond à l'existence la 1ère année d'un très gros effectif de semis de Boscia et de Guiera (549 et 130) qui diminue fortement en 2ème année (234 et 9) et même en 3ème année pour le Boscia (167).

Parallèlement un passage important s'effectue dans les classes immédiatement supérieures qui pour 79-80 et 81 respectivement passent de 259 à 317 puis 367 pour le Boscia et 79 - 68 et 134 pour le Guiera.

A noter dans la série des rejets de Guiera une baisse de 345 à 296 puis une explosion à 781, de jeunes brins surtout, ce qui traduit un passage évident en coupe entre la 1ère et la 2ème année.

2°) Labgar 22 et Labgar 25 : sur ces 2 stations les effectifs de seconde année progressent (193 à 230 et 220 à 343 respectivement) pour redescendre à 146 et 148 en 3ème année

On constate que cela correspond à l'apparition de 47 semis de Boscia pour Labgar 22 et 120 pour Labgar 25 en seconde année.

Ces semis ont alimenté un certain passage en classe 5 la 3ème année mais ont surtout massivement disparus avec en plus, dans les autres classes et espèces, des prélèvements humains.

L'analyse de ces trois stations est tout à fait instructive en montrant l'importance du Boscia et du Guiera dans le rajeunissement des formations mais également en soulignant dans le temps la soudaineté et la possible brièveté de "l'évènement" régénération naturelle.

### 3. Evolution des stations à 2 et 5 km

Il apparaît globalement que la densité à l'hectare diminue dans les 2 cas comme précédemment de 79 à 81.

Toutefois, on peut considérer comme constant le niveau des ligneux vivants dans la zone des 5 km entre la 1ère et 2ème année (cf. Labgar 25).

Malgré une densité de départ comparable (Révane exclu) la zone à 2 km s'appauvrit plus vite que la zone plus éloignée des fortes concentrations animales ce qui était probable.

En ce qui concerne les stations de Révane, il est nécessaire de considérer à part ces seuls représentants des formations gravillonnaires à *Pterocarpus lucens* situés par surcroît aux environs d'un village assez important qui opère des prélèvements ligneux non négligeables.

La différence d'effectifs entre la zone à 2 km et celle à 5 km est là très importante dès la première année allant de plus du simple au double.

Dans cet ensemble les brins de petits diamètres sont très nombreux couvrant de 87 % à 88 % suivant les années du total pour Révane 15 et de 80 % à 89 % pour Révane 12.

Cet aspect se retrouve sur les autres forages mais en général, la distance de 2 km par rapport à celle de 5 km est à peine suffisante pour marquer une différence très nette aux comptages.

Par contre, lorsque la communauté humaine est importante, l'exploitation s'éloigne un peu plus chaque année.

Malgré tout, dans la zone très exploitée et malgré le passage animal intense, la formation reste vigoureuse avec une classe de régénération importante.

### 4. Evolution par types de faciès (sols)

Sauf dans le cas de Révane ci-dessus étudié, nous n'aborderons pas la question en détail car il paraît difficile d'éliminer des cas d'espèces dans la majeure partie des sols représentés par un seul couple de stations déjà différentes entre elles.

## Structures dimensionnelles de végétation

Pour la détermination de la structure de végétation nous avons appliqué ce principe de dendrométrie : "Tout peuplement inéquienne en équilibre, c'est-à-dire tel que le jeu des dépérissements (maladies, coupes) et de la régénération continue puisse maintenir sa composition constante, se dessine par un arc régulier tel que les nombres de tiges décroissent, d'une catégorie à l'autre, suivant un rapport constant".

On a généralement appliqué ce principe à des peuplements monospécifiques mais il reste valable en taillis sous futaies par exemple et, pour nos conditions sahéliennes, à la steppe ou savane mélangée toutes espèces confondues.

Les espèces pionnières basses souvent (Guiera, Boscia) garnissent les classes de faibles diamètres de la régénération. Elles abriteront, lorsque les circonstances leur seront favorables, les régénérations des espèces moins abondantes des étages dominants. Il est illusoire de chercher une structure par espèce dominante, compte tenu de l'évènement relativement rare que constitue leur régénération naturelle. On ne pourrait que constater la déficience et même l'absence de certaines classes de dimension.

D'un autre point de vue, il ne nous a pas semblé utile de réaliser cette étude station par station. Avec un seul hectare on ne peut prétendre avoir à coup sûr un échantillon moyen de cette station. Néanmoins cela est tout à fait possible.

Pour certains types de "sols" représentés également par 2 stations seulement (en général une à 5 km et une à 2 km du forage) l'établissement d'une structure détaillée de la végétation ligneuse ne semble pas fondamental.

Nous avons donc déterminé les structures pour 4 groupes de sols et pour le type sur sol gravillonnaire nous avons présenté une courbe par station, la différence entre la station à 5 km et à 2 km étant relativement très importante

Après saisie des données sur cartes perforées, on a cumulé les effectifs pour certains groupes de stations :

- Groupe I : (sol gravillonnaire), stations Re12 et Re15
- Groupe II : stations Di11, Di12 + Gk12 + Gk15 + La22 + La25.  
+ Na22 + Na25.
- Groupe III : stations Da2 + Gm29 + Re22 + Re26 + Te21
- Groupe IV : stations Bb12 + Bb15 + Da1 + Gm12 + Gm15
- Groupe V : stations Ge12 + Ge15 + Gm22 + Gm22 bis + Gm32 + La 13  
+ La15 + Na12 + Na 15 + Gm25 + Pt1 + Pt2 + Tatki 2  
+ Tatki 5 + Te2 + Te5 + Y112 + Y115

Les observations suivantes résultent de cette étude :

- Faciès Rel2: pas d'évolution nette de la structure au niveau des tiges. Fléchissement du pourcentage des semis : non alarmant, mais prononcé. Ce qui laisse prévoir un vieillissement en 1982.
- Faciès Rel5: Après un rajeunissement du peuplement en 1980, on observe un vieillissement en 1981, ce qui ramène la structure dans l'état de celle de 79. Le pourcentage de semis, après une spectaculaire chute, amorce une remontée.
- Groupe 2 : Vieillissement prononcé entre 1979 et 1980 puis stabilisation de la structure en 80-81. On observe une chute brutale du pourcentage de semis entre 80 et 81. Les semis de 80 se sont probablement bien développés mais n'ont pas été renouvelés.
- Groupe 3 : Pas d'évolution nette au niveau des tiges. Par contre, d'un pourcentage de semis médiocre en 79, on aboutit à un pourcentage alarmant en 1981.
- Groupe 4 : entre 79 et 80 : les très jeunes tiges sont en régression, toutes les autres en progression.  
entre 80 et 81 : vieillissement général du peuplement, accompagné d'une diminution importante (15 %) de l'effectif total. Cependant l'évolution du pourcentage de semis donne à espérer une reprise, ou au moins une conservation de la structure acquise en 1981.
- Groupe 5 : Vieillissement entre 79 et 80 puis stabilisation du profil. Chute du pourcentage de semis entre 80 et 81 ce qui laisse prévoir un vieillissement à terme.

### Conclusion

Seuls, le groupe 3 et le faciès Rel2 sont équilibrés. Pour les autres, il y aura lieu de préciser les critères de déséquilibre : absence de certaines classes de circonférence, faiblesse de la régénération, etc...

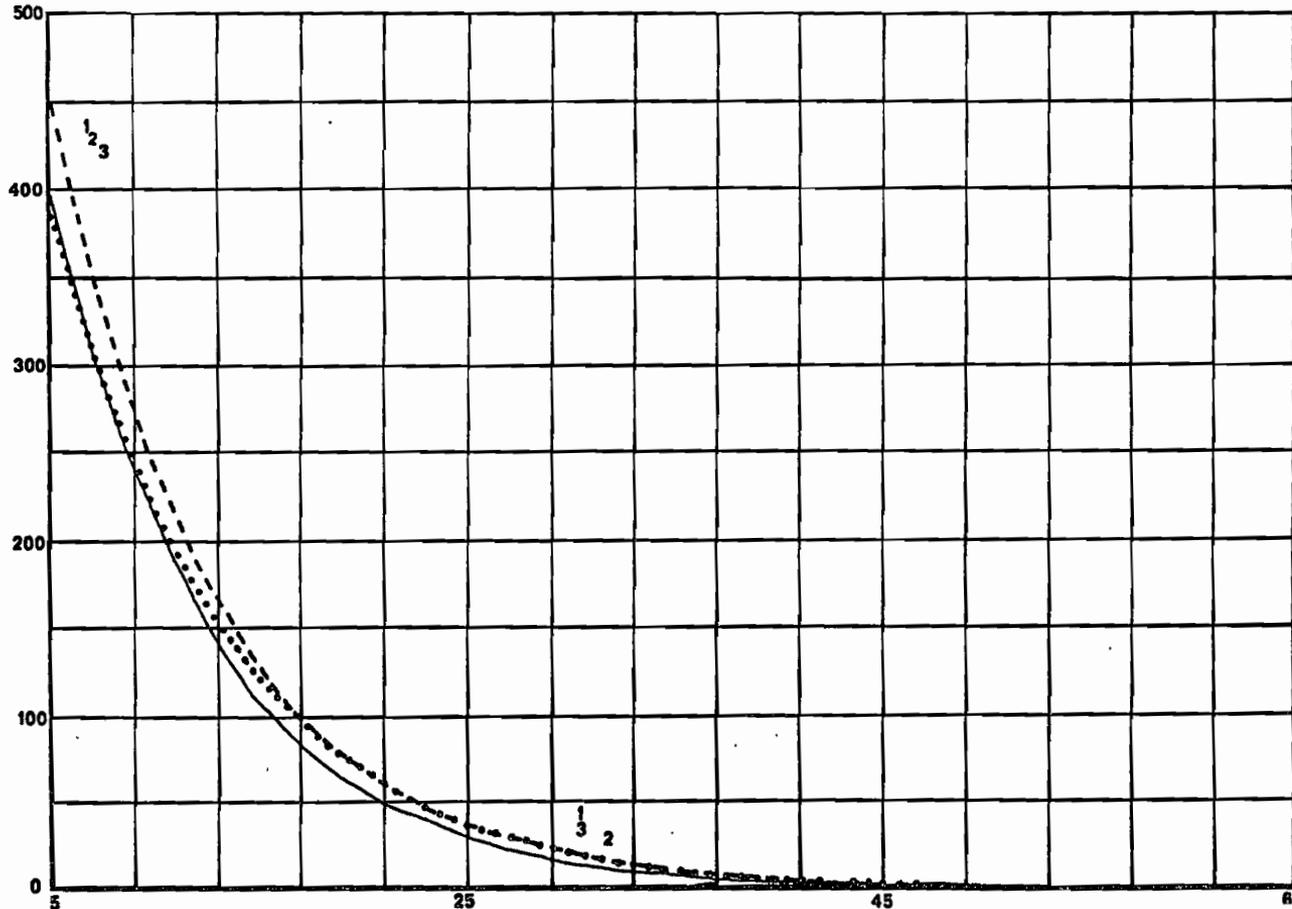
Les causes de ces déséquilibres (parcours excessif, action humaine, sécheresse, etc...) demeurent hypothétiques.

x<sup>2</sup>

79/80	80/81	79/81	ddl	5 %	1 %
11,040	8,240	16,937	9	16,919	21,666

Figure 14 - COMPARAISON DE PARCOURS - Station Rel2

Nombre d'individus



79 ----- 1  
 80 \_\_\_\_\_ 2  
 81 ..... 3

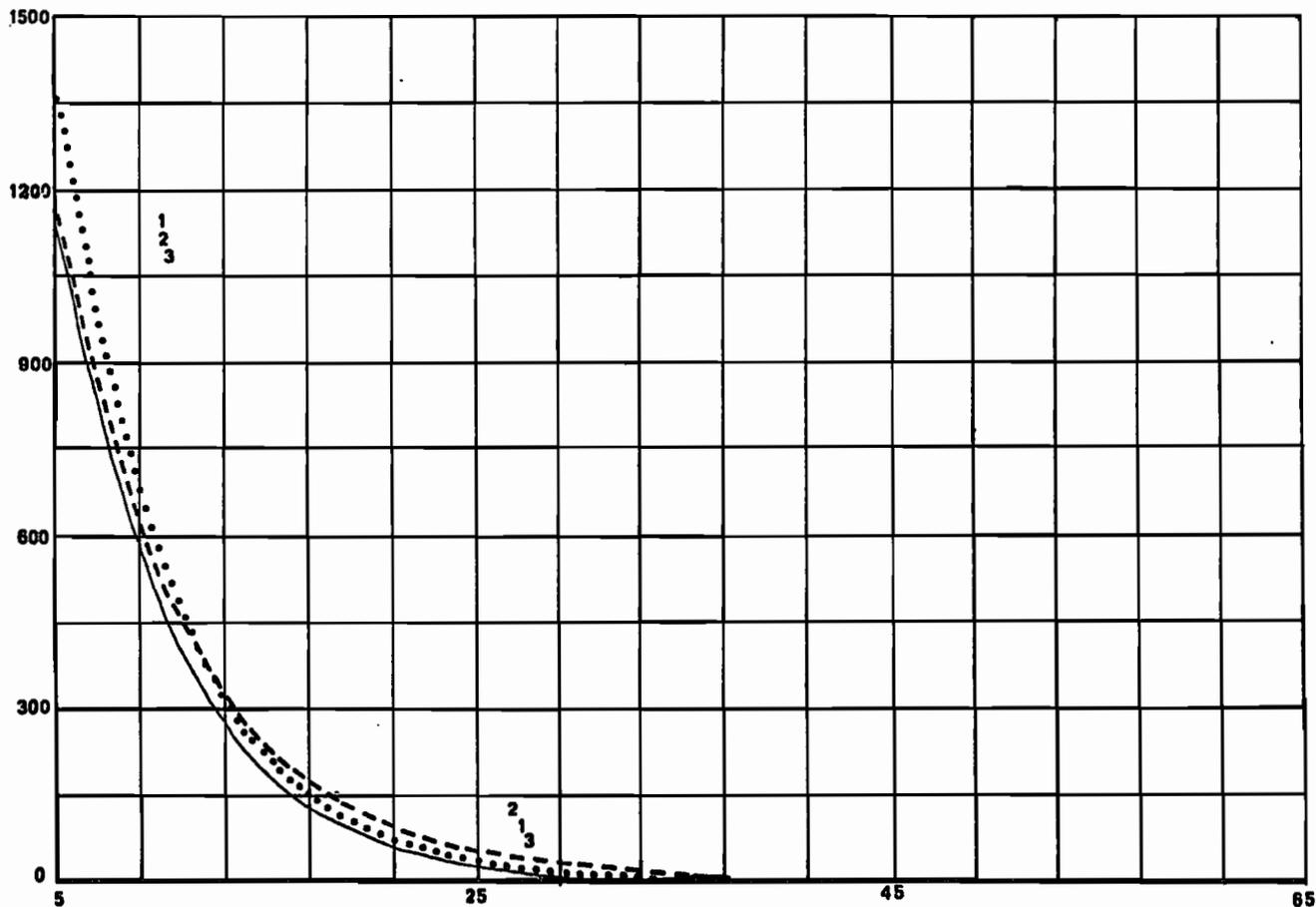
1979	317	1 145	27,7
1980	254	1 119	22,7
1981	143	1 096	13,1
	Semis	Total	%

Classes de diamètre

Figure 15 - COMPARAISON DE PARCOURS - Station Re15

	79/80	80/81	79/81	ddl	5 %	1 %
$\chi^2$	27,824	25,373	13,689	11	19,675	24,725
	*					

Nombre d'individus



80 ..... 1  
 81 - - - - - 2  
 79 \_\_\_\_\_ 3

1979	790	2 774	28,5
1980	324	2 627	12,3
1981	405	2 508	16,2
	Semis	Total	%

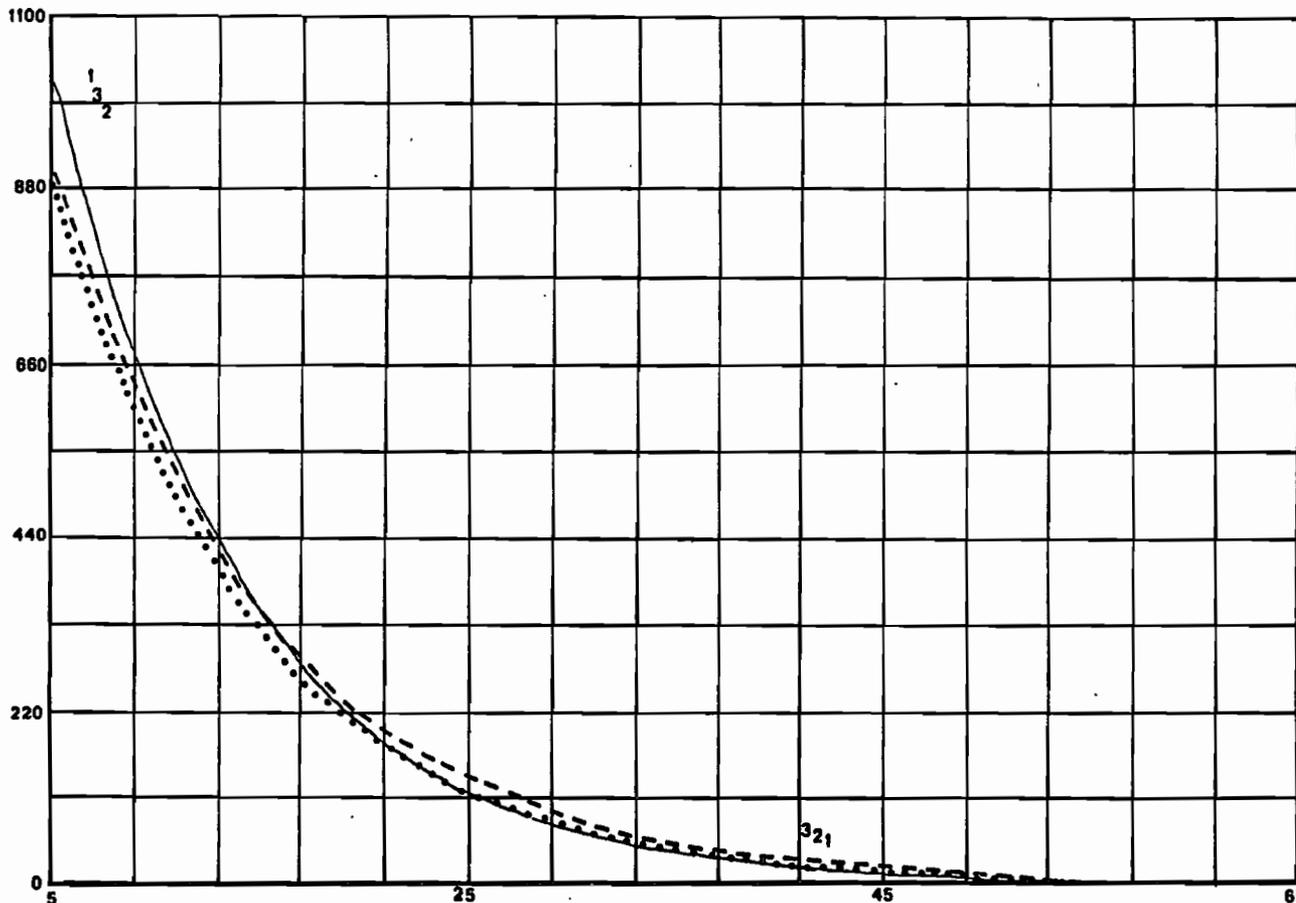
Classes de diamètre

79/80	80/81	79/81	ddl	5 %	1 %
37,483*	11,027	36,245	18	28,869	34,805

$\chi^2$

Nombre d'individus

Figure 16 - COMPARAISON DE PARCOURS - Groupe 2



79 ————— 1

80 ..... 2

81 - - - - - 3

1979	1 675	4 353	38,5
1980	1 501	3 924	38,3
1981	770	3 333	23,1
	Semis	Total	%

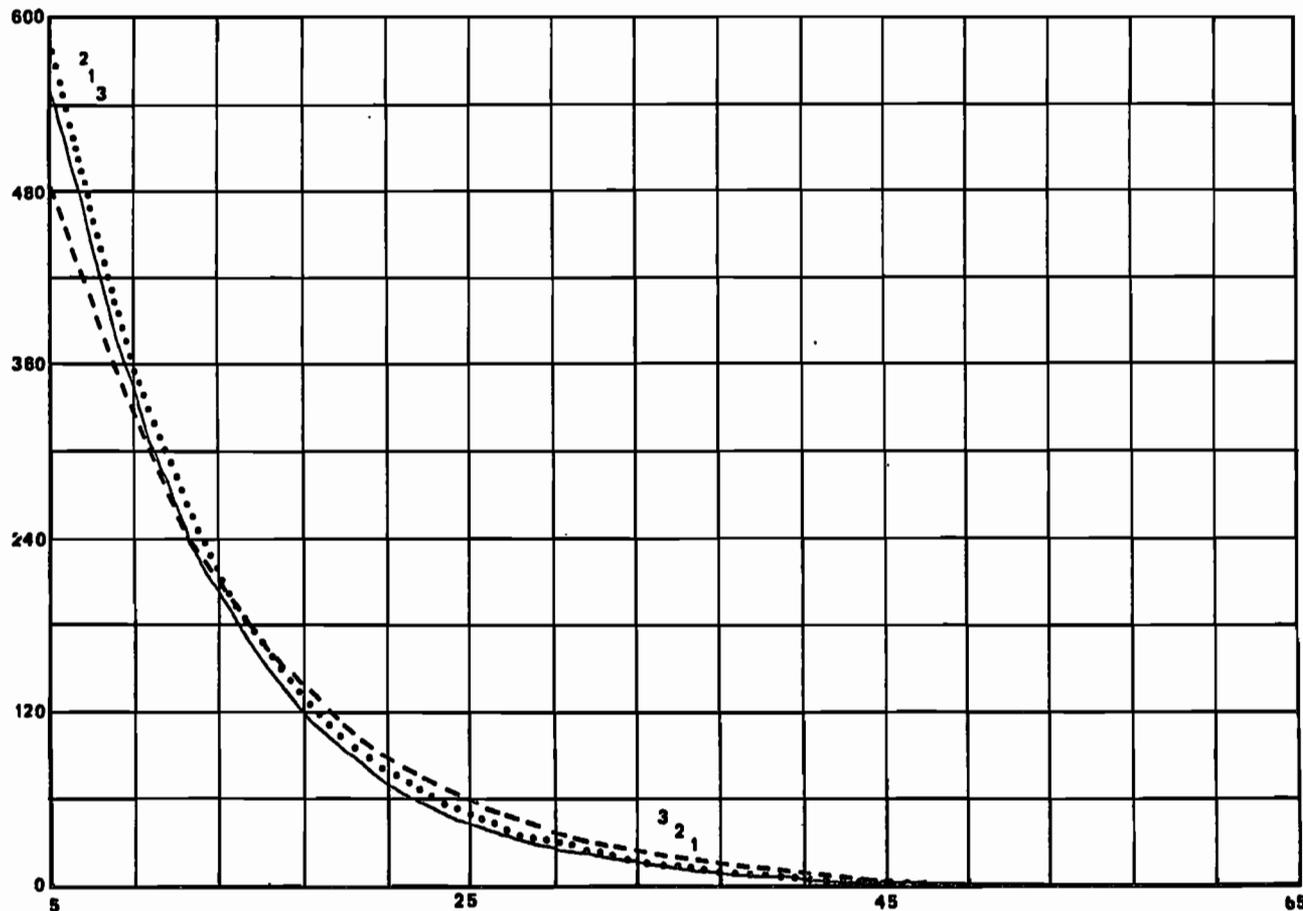
Classes de diamètre

Figure 17 - COMPARAISON DE PARCOURS - Groupe 3

79/80	80/81	79/81	ddl	5 %	1 %
17,132	19,724	28,812*	14	23,685	29,141

x<sup>2</sup>

Nombre d'individus



79 ————— 1  
 80 ..... 2  
 81 - - - - - 3

1979	223	1 438	15,5
1980	117	1 380	8,5
1981	17	1 193	1,4
	Semis	Total	%

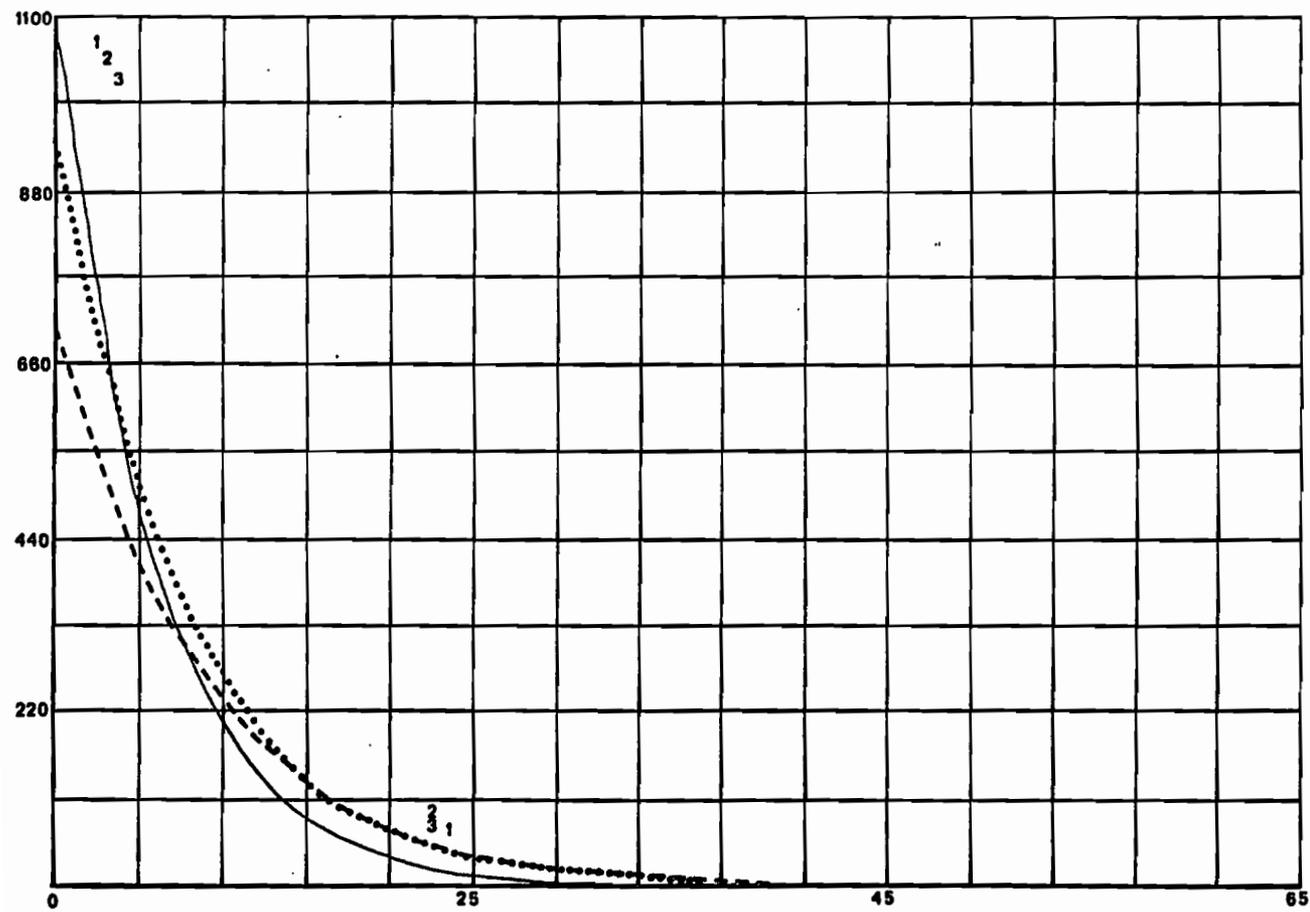
Classes de diamètre

79/80	80/81	79/81	ddl	5 %	1 %
35,443 *	46,070	47,927	16	26,296	32,000

$\chi^2$

Nombre d'individus

Figure 18- COMPARAISON DE PARCOURS - Groupe 4



79 ————— 1  
 80 ..... 2  
 81 - - - - - 3

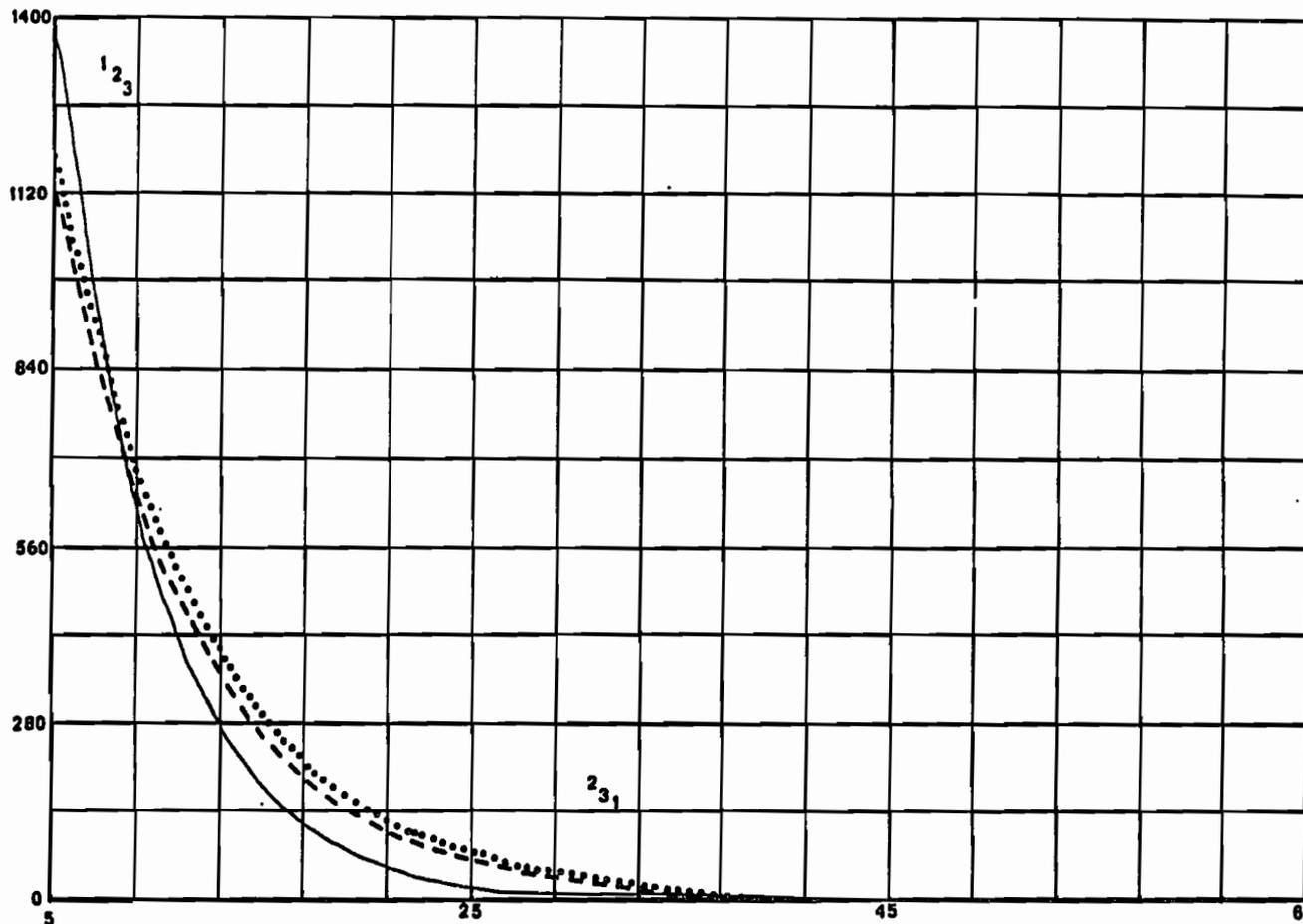
1979	1 069	3 015	35,5
1980	1 061	2 947	36
1981	1 004	2 607	38,5
	Semis	Total	%

Classes de diamètre

	79/80	80/81	79/81	ddl	5 %	1 %
x <sup>2</sup>	77,124 *	11,547	58,905	20	31,410	37,566

Nombre d'individus

Figure 19 - COMPARAISON DE PARCOURS - Groupe 5



79 ————— 1  
 80 ..... 2  
 81 - - - - - 3

1979	708	3 229	21,9
1980	751	3 286	22,9
1981	434	2 830	15,3
	Semis	Total	%

Classes de diamètre



## LE COUVERT VEGETAL ETUDIE PAR TELEDETECTION AERO-SPATIALE

### . Evolution physionomique de la végétation entre 1954 et 1980 Analyse comparative des photographies aériennes

#### 1. Méthodologie

Les travaux de recherche du présent programme ont permis de développer une méthode d'étude de l'évolution physionomique historique de la végétation sahélienne, à l'aide d'une analyse comparative de photographies aériennes à 1/50 000, de plus de 25 ans d'intervalle.

Cette méthode repose sur une double évaluation (une par année de prise de vues) :

- des différents types de végétation présents,
- de la proportion des surfaces nues pelliculaires et érodées qui constituent l'autre "variable" de l'évolution.

L'évaluation de ces "caractères variables" s'effectue à l'intérieur d'unités géomorphopédologiques (géotype) dont les limites peuvent être considérées comme pérennes à cette échelle temporelle (DE WISPELAERE-TOUTAIN 1976 1981).

Chaque variable ainsi que les unités de base, sont décrites par référence à une nomenclature établie spécialement à partir des nombreuses informations récoltées sur le terrain durant les campagnes de prospection (tableaux 8 à 10 et exemples).

Cependant, en raison des caractéristiques des photographies aériennes utilisées (échelle, émulsion, date de prise de vues), l'évolution constatée demeure relative. En outre et malgré toutes les précautions prises, l'analyse comporte une part de subjectivité inévitable due à l'opérateur.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus peuvent témoigner de l'intérêt d'une telle démarche pour la compréhension de la dynamique des paysages d'un milieu soumis à de fortes contraintes anthropiques et climatiques, comme la zone sahélienne du Ferlo. Cette connaissance constitue un élément essentiel pour une gestion équilibrée des ressources naturelles renouvelables.

#### 2. Bilan de l'évolution physionomique de la végétation entre 1954 et 1980

##### 2.1 - Le couvert herbacé

Ainsi que nous l'avons montré, il n'est pas possible dans la majorité des cas, de faire la distinction d'une manière fiable sur une photographie

aérienne (à 1/50 000 et sur émulsion panchromatique) entre un couvert herbacé sur sol sableux clair produisant moins de 500 kg de MS/ha et un sol nu meuble lorsque la prise de vue est réalisée en saison sèche alors que toute la strate herbacée se trouve à l'état de paille. A cette période, seules les surfaces nues pelliculaires (VALENTIN 1981) sont identifiables (effet miroir).

Il en est autrement si la prise de vue se situe alors que la strate herbacée est encore verte. Il semble, mais cela serait à confirmer, qu'il soit alors possible de discriminer les zones de végétation herbacée, les surfaces stériles (surfaces nues pelliculaires), les zones de pâturages clairsemées, du fait d'un "manque" de précipitations.

Cependant, force est de constater un décalage important entre le niveau de gris des clichés de 1954, de 1978 et de 1980. Bien qu'une partie du "décalage" puisse être imputée aux traitements photographiques, ceux-ci n'expliquent pas tout et l'on peut se demander si cela ne résulte pas d'une différence très importante du taux de recouvrement herbacé d'une part, d'une production élevée due à des précipitations abondantes, d'autre part et enfin à la faible exploitation, faute de points d'abreuvement.

Les enquêtes effectuées auprès de la population par H.BARRAL 1982, font état d'un paysage autrefois très différent de ce qu'il est maintenant. L'hypothèse d'une telle évolution de la strate herbacée est donc plausible.

## 2.2 - Dynamique des paysages

L'évolution, telle qu'elle peut être perçue à travers l'interprétation de photographies aériennes, se traduit par la modification temporelle de deux variables parfois interdépendantes, densité ligneuse d'une part et proportion de surfaces stériles, d'autre part, puisque nous venons de voir que l'évolution du couvert herbacé ne peut être appréhendée de manière fiable par cette méthode.

Sur sols sableux, la dépendance entre la pluie utile d'une année et la phytomasse herbacée (G. BOUDET 1983) rend l'évolution temporelle de la strate herbeuse, temporaire et strictement limitée à l'année de prise de vues.

Inversement, lorsque l'analyse comparative montre une diminution importante de la densité ligneuse, accompagnée ou non d'extension de surfaces stériles, alors l'évolution est significative et traduit une "aridification" ou une dégradation du milieu.

Dans l'ensemble de la zone d'étude, il est incontestable que les paysages se sont transformés depuis 1954. Cette "transformation" ou "évolution physiologique" est différente selon la région, la nature des sols, l'intensité de l'influence humaine. L'évolution peut être localement très importante mais relativement limitée dans l'espace, ou bien faible mais généralisée.

Tableau 8 : TYPES DE VEGETATION

Chaque type de végétation élémentaire est codé de 1 à 6 (en cas d'absence totale de végétation : code 0), étant entendu qu'il est possible d'avoir pour une unité donnée, soit un type de végétation homogène, soit une association de deux types.

- Code 1 - Steppe herbeuse - couvert herbacé composé essentiellement de plantes annuelles  
 - strate ligneuse absente ou très clairsemée, avec un recouvrement ligneux inférieur à 2 p.100 soit, par hectare :  
 . moins de 50 individus de 2 m de diamètre  
 . ou 12 individus de 4 m de diamètre
- Code 2 - Steppe arbustive \* lâche - couvert composé de plantes annuelles avec une strate ligneuse clairsemée offrant un recouvrement compris entre 2 et 7 p.100 soit, par hectare :  
 . entre 50 et 175 individus de 2 m de diamètre  
 . ou 12 à 50 individus de 4 m de diamètre
- Code 3 - Steppe arbustive moyenne et steppe arborée \*\*\* claire  
 - couvert herbacé composé en majorité de plantes annuelles et de rares vivaces avec une strate ligneuse moyennement dense, dont le recouvrement est compris entre 7 et 15 p.100 soit, par hectare :  
 . entre 175 à 375 individus de 2 m de diamètre  
 . ou 50 à 120 individus de 4 m de diamètre
- Code 4 - Steppe arborée et steppe boisée - couvert herbacé composé en majorité de plantes annuelles et de rares vivaces avec une strate ligneuse, arbustive ou arborée, dense dont le recouvrement est compris entre 15 et 20 p.100 soit, par ha :  
 . entre 375 à 625 individus de 2 m de diamètre  
 . ou 120 à 200 individus de 4 m de diamètre
- Code 5 - Forêt basse ouverte - couvert herbacé composé en majorité de plantes annuelles avec une strate arbustive très dense, dont le recouvrement est compris entre 25 et 40 p.100 soit, par ha :  
 . entre 625 à 1 000 individus de 2 m de diamètre  
 . ou 200 à 320 individus de 4 m de diamètre
- Code 6 - Forêt claire - couvert herbacé très réduit, strate arborée et arbustive très dense, dont le recouvrement est supérieur à 40 p.100 soit, par ha :  
 . plus de 320 individus de 4 m de diamètre.

---  
 \* arbuste : ligneux à troncs indifférencés de taille inférieure à 5 m

\*\*\* arbre : ligneux de taille supérieure à 5 m

Tableau n° 9

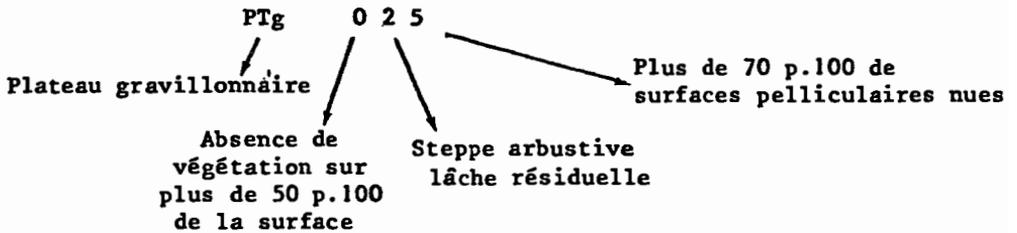
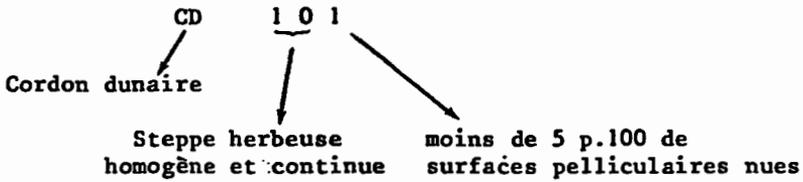
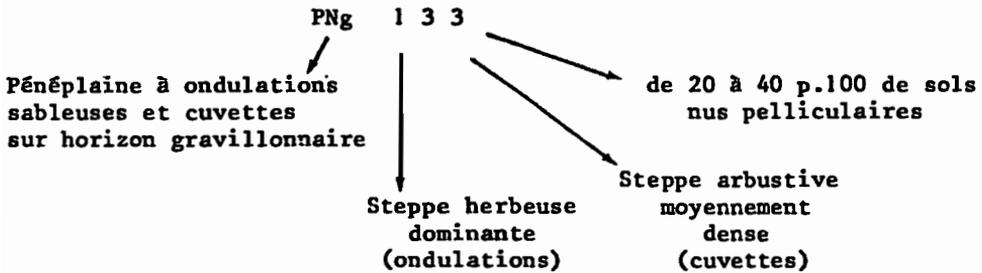
Proportion de surfaces nues pelliculaires (par unité de surface de 100 ha)

Classe 1	Moins de 5 p.100
Classe 2	de 5 à 20 p.100
Classe 3	de 20 à 40 p.100
Classe 4	de 40 à 70 p.100
Classe 5	Plus de 70 p.100

Tableau n° 10

Nomenclature des géotypes

Code	Géotype
CD	Cordon dunaire et placage sableux épais bien marqué
DP	Dune pénéplanée
PNs	Pénéplaine à ondulations sableuses et cuvettes sableuses à sablo-limoneuses
ERg	Ensablement sur relief gravillonnaire
PNg	Pénéplaine à ondulations sableuses faiblement marquées et cuvettes sablo-limoneuses sur un horizon gravillonnaire
PTg	Plateau gravillonnaire à horizon superficiel sablo-limoneux
Vg	Versant à matériaux sablo-limoneux des plateaux gravillonnaires
Dg	Dépressions endoréiques limono à argilo-sableuses sur horizon gravillonnaire peu profond
PLg	Plaine sablo-limoneuse à limono-sableuse sur horizon gravillonnaire ± profond
PB	Plaine basse limono sableuse à sablo-limoneuse à cuvettes et mares argileuses à argilo-sableuses
T	Terrasse colluvio-alluviale sur horizon gravillonnaire
BC	Bas-glacis limono-sableux sur horizon gravillonnaire ± profond
LMg	Lit mineur argileux à argilo-sableux sur horizon gravillonnaire
VLs	Vallée sur sols à matériaux sableux à sablo-limoneux

EXEMPLES DE CODIFICATION : LEGENDE DES INTERPRETATIONS

## L'effet forage

L'intensité de l'évolution à proximité des forages est proportionnelle à leur ancienneté et fonction du type de sol et de la densité ligneuse de 1954.

### Sols sableux :

Sur les sols sableux où sont implantés la majorité des forages, l'évolution se traduit par une diminution plus ou moins intense de la densité ligneuse dans un rayon de 0,5 à 3 km.

Cette diminution s'accompagne d'une modification floristique de la strate herbacée dont la production augmente à proximité immédiate (moins d'un kilomètre) du forage.

De nos jours, la végétation correspond, en général, à une steppe herbeuse à arbustive lâche.

En dehors du forage de Revane, qui constitue un cas particulier, on peut classer les zones d'influence des forages en trois catégories, selon l'intensité de l'évolution de la densité ligneuse.

### A. Diminution importante de la densité ligneuse apparente

Cette évolution se traduit par la transformation d'une steppe arbustive moyenne en 1954 (recouvrement ligneux compris entre 7 et 15 p.100) à une steppe herbeuse en 1980 (recouvrement ligneux inférieur à 2 p.100).

Appartiennent à cette catégorie, les forages de :

- Tatki
- Labgar (figure 20)
- Namarel (figure 21)
- Yaré Lao
- Gueye Kadar

### B. Faible diminution

Elle correspond à la transformation d'une steppe arbustive lâche (recouvrement ligneux compris entre 2 et 7 p.100) en 1954, à une steppe herbeuse en 1980.

Sont concernés, les forages de :

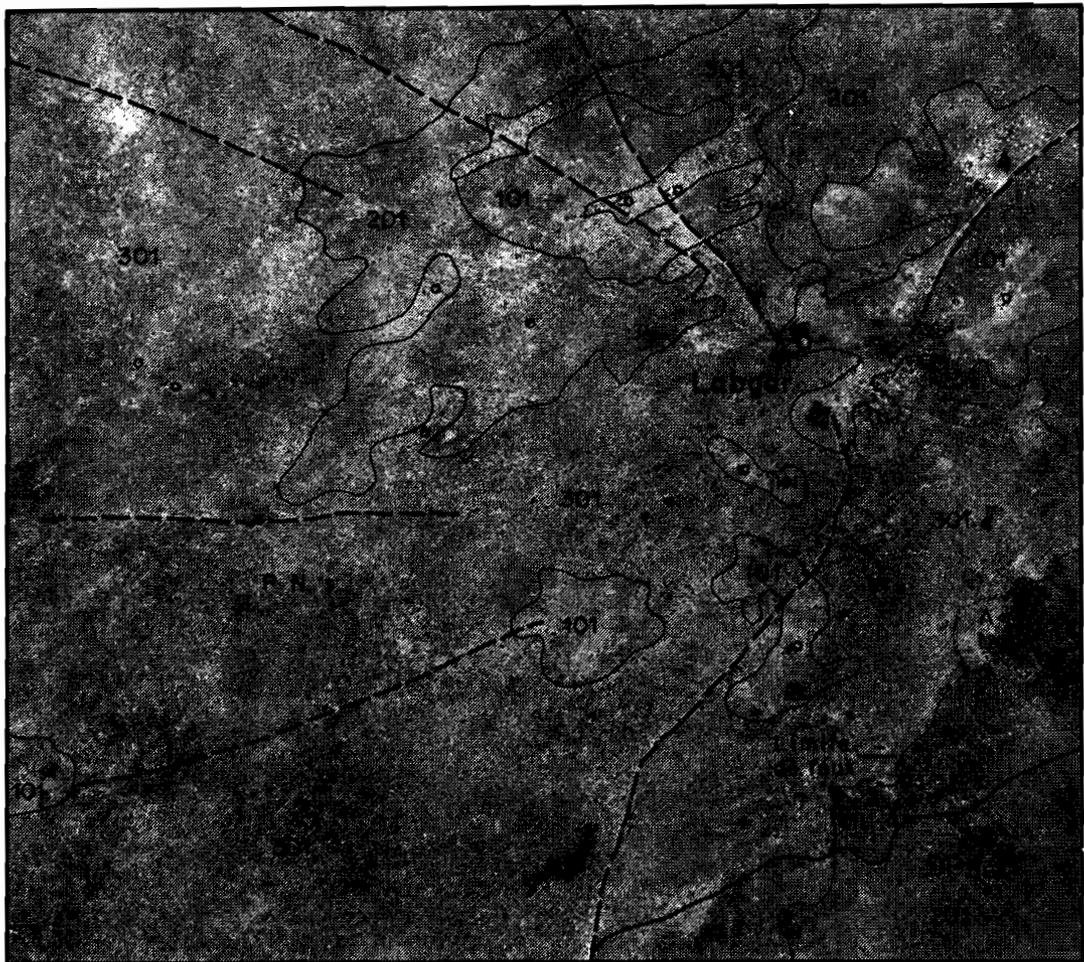
- Ganine Erogne
- Tessekré

### C. Densité ligneuse stable

- pas de différences notables entre 1954 et 1980
- Belel Boguel (1973)

# LABGAR

1954



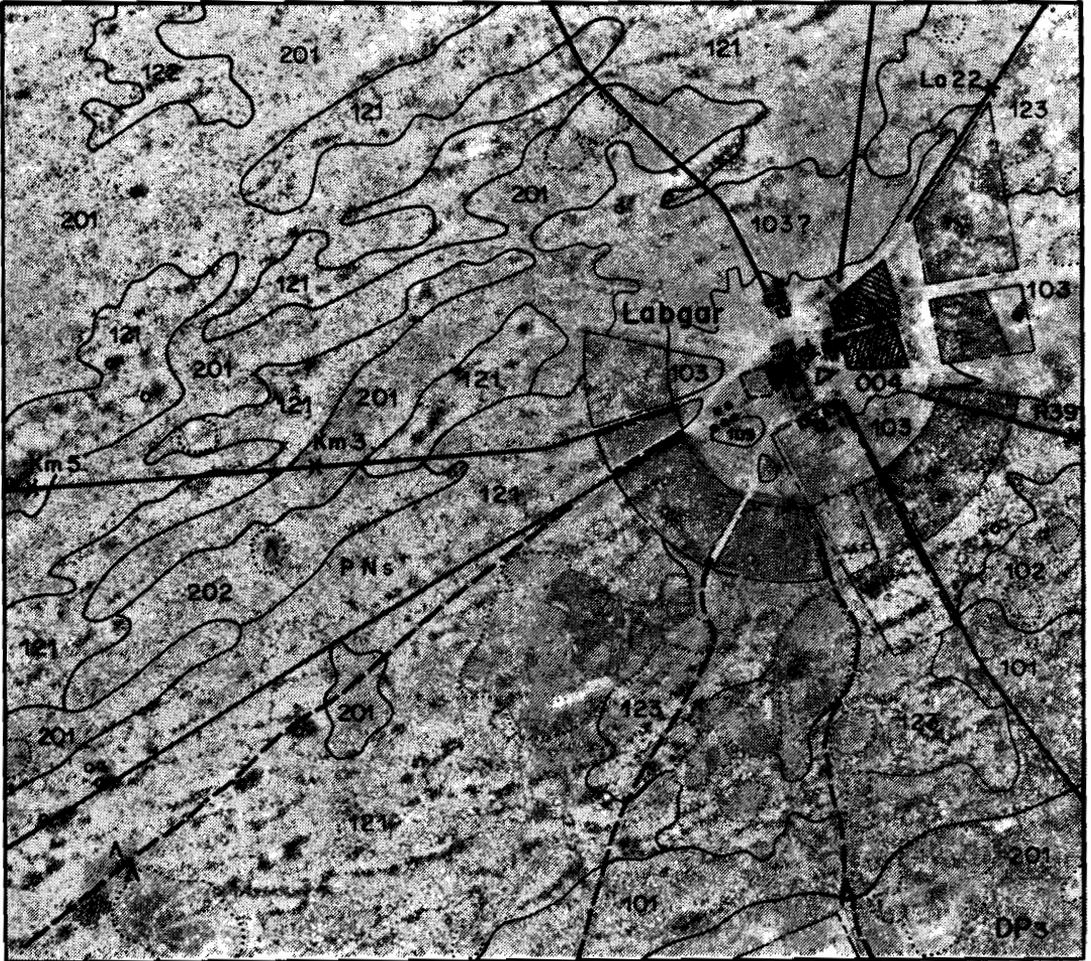
Photographie aérienne I.G.N. Mission A.O.F. 085  
n° 420 échelle 1/50000. 15 Mars 1954

Fig. 20a



# LABGAR

1980

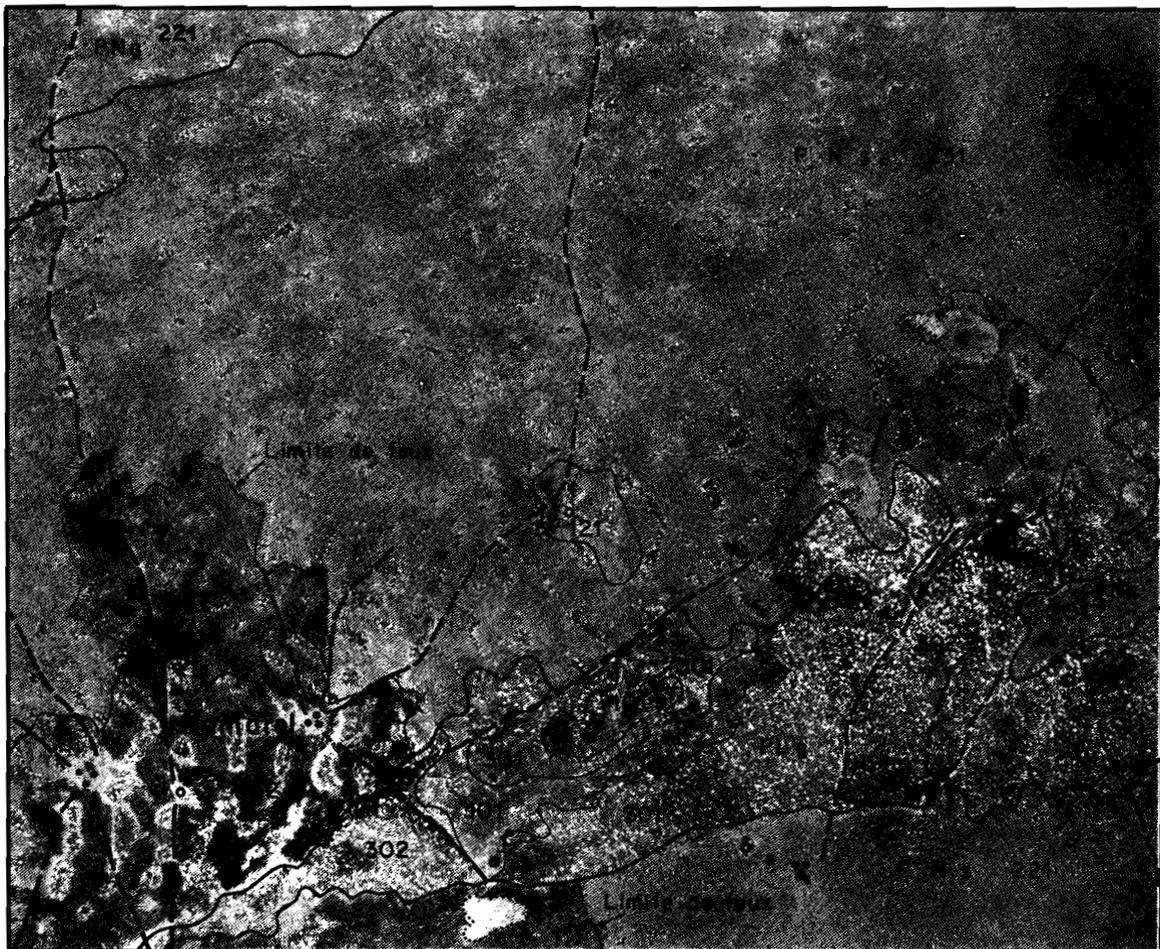


Photographie aérienne I.G.N. Mission 80 SEN 71/500

n°225 échelle 1/50000 9 Décembre 1980

Fig.20 b





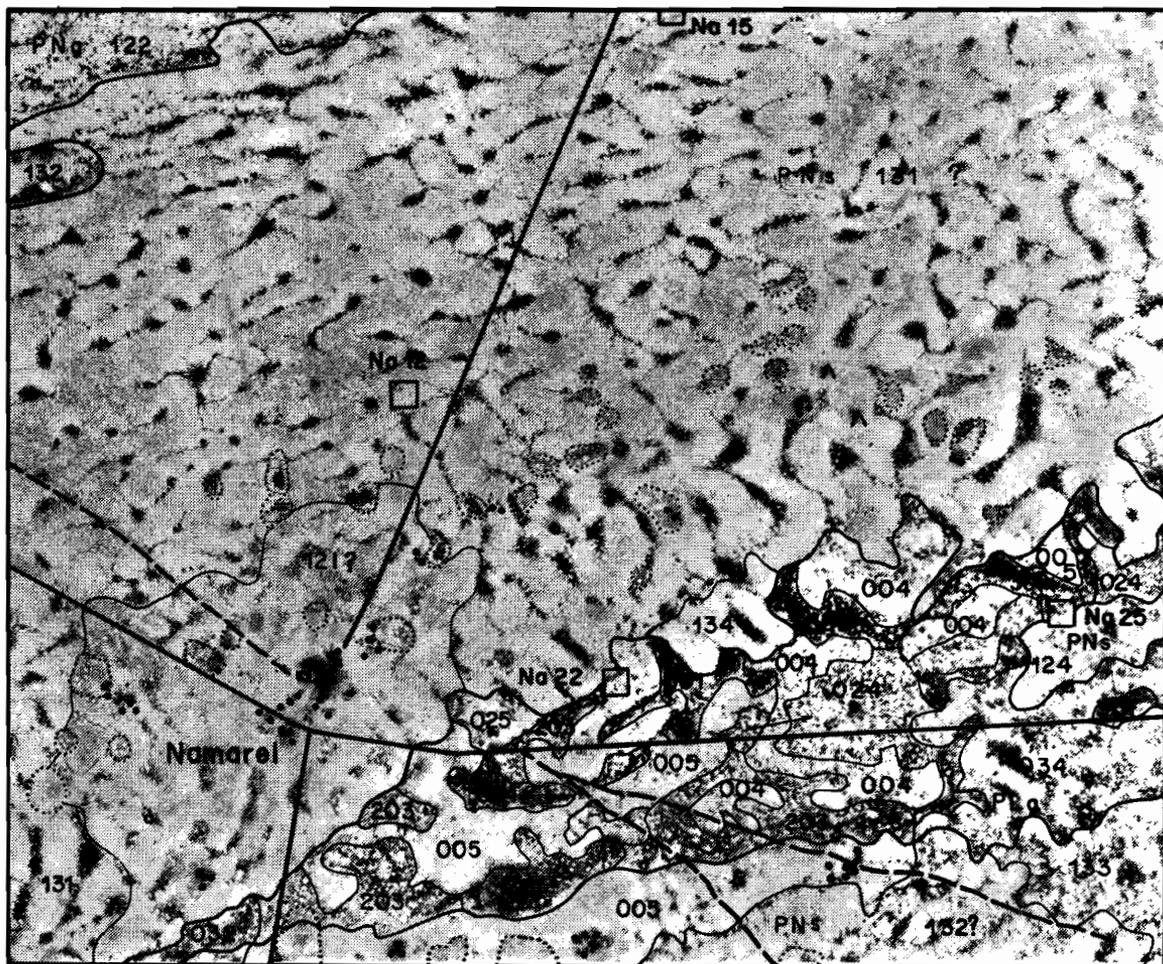
Photographie aérienne I.G.N. Mission A.O.F. 089  
n°495 échelle 1/50000 15 Mars 1954

Fig.21a



# NAMAREL

1980



Photographie aérienne I.G.N. Mission 80 SEN. 71/500  
n°124 échelle 1/50000 9 Décembre 1980

Fig.21 b



# REVANE

1954



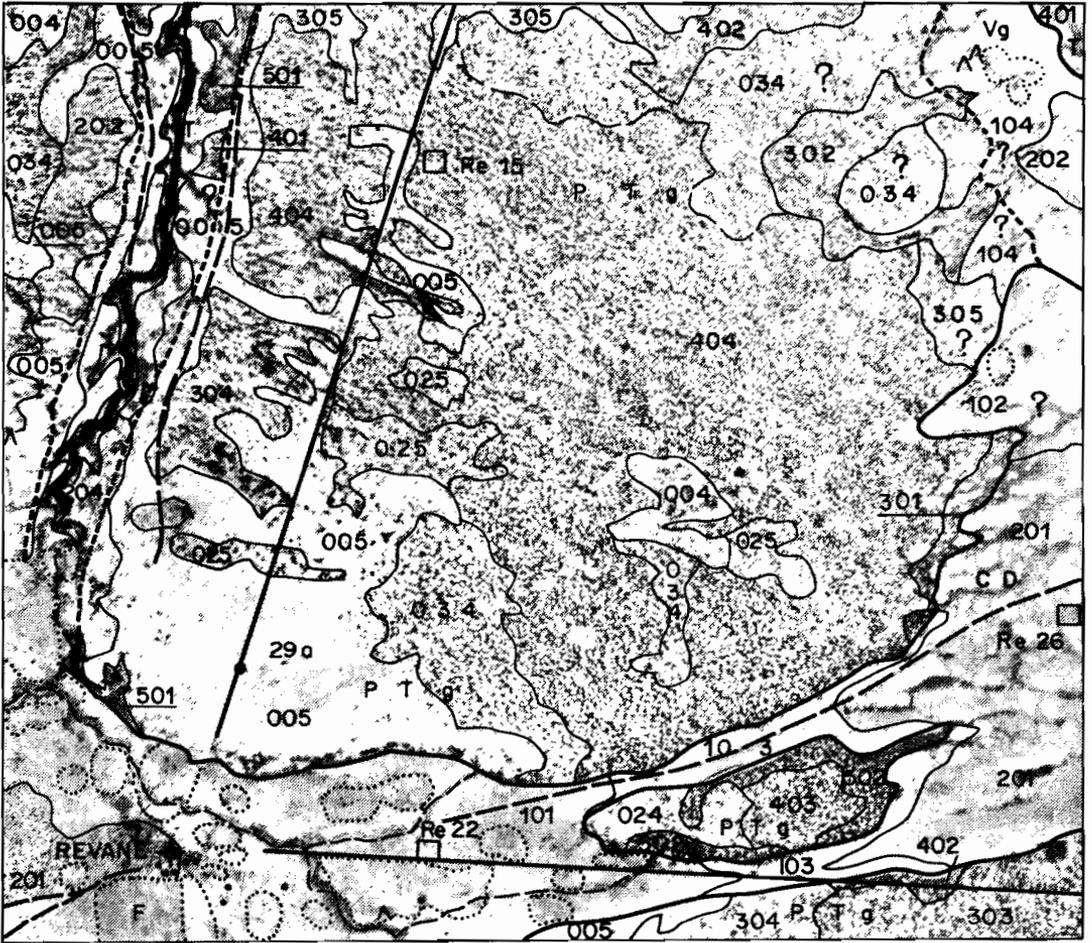
Photographie aérienne I.G.N. Mission A.O.F. 085  
n° 314 échelle 1/50000. 14 Mars 1954

Fig.22 a



# REVANE

1980



Photographie aérienne I.G.N. Mission 80 SEN 71/500

n°271 échelle 1/50000 9 Décembre 1980

Fig.22 b



Sur la dune de Revane, la densité ligneuse, arborée est en net accroissement par rapport à 1954, à l'emplacement même du village. Cette tendance à l'extension d'une steppe arborée se rencontre également à proximité du forage-puits de Sioulèle (aire de Belel Boguel).

### Sols gravillonnaires :

Au Nord du forage de Revane, on passe très rapidement au versant puis au plateau gravillonnaire.

L'évolution du paysage est considérable (fig.22). Elle se traduit à la fois par une disparition quasi totale de la forêt basse ouverte de 1954 et par l'érosion des sols dans un rayon de 1 à 5 km avec érosion en nappe et en ravine. La disposition radiale de ces zones érodées autour du forage et du village, est caractéristique et témoigne du "poids" de l'influence humaine dans cette dégradation du milieu. Nous verrons au chapitre Télédétection spatiale que cette dégradation s'est installée progressivement, qu'elle a débuté avant la sécheresse de 1972-1973 et qu'elle se développe également dans d'autres sites (villages de Yaouldé, de Louguéré Tiolli).

Les forages ont donc une action certaine sur la diminution de la densité ligneuse, jusqu'à 3 km sur sols sableux, plus sur les sols gravillonnaires.

Il ne semble pas y avoir de relations avec l'effectif du cheptel (tableau n° 11).

Il faut également faire un parallèle entre l'évolution dans la zone d'influence du forage et celle qui se manifeste à l'extérieur de ces zones pour déterminer la responsabilité particulière du forage sur l'évolution du couvert ligneux.

Tableau n°11 - Evolution de la végétation des zones d'influence des forages (3 km)

	Evolution	Forages	Année de mise en service	Effectif total du cheptel de l'aire de desserte (MEYER 1979)
Sols sableux	A. Diminution importante de la densité ligneuse	Takti Labgar Namarel Yard Lao Gueye Kadar	1956 1952 1969 1954 1958	8850 10970 3645 10450 5362
	B. Diminution faible	Ganine Erogn Tessekré	1973 1956	3727 7810
	C. Densité stable	Belel Boguel	1973	4980
Sols gravill.	D. Disparition quasi-totale de la strate ligneuse haute. Erosion des sols	Revane	1958	5562

### Evolution globale des paysages (voir tableau n°12)

La nature et l'intensité de l'évolution dépendent essentiellement du géotype et varient faiblement d'une aire de desserte \* à une autre.

- les dunes en cordons C D (Tessekré, Revane) sont stables. La population ligneuse a même localement tendance à devenir plus dense.

- Les dunes pénéplanées D P (Tatki, Ganine Erogne, Tessekré, Labgar) ont une densité ligneuse qui a évolué différemment selon les aires. Stable en majorité, l'éclaircissement est très important dans les aires de Tatki et de Ganine Erogne sur certaines portions des dunes.

- les pénéplaines à ondulations sableuses et cuvettes sablo-limoneuses PNs ont subi une évolution générale importante qui se traduit sur les ondulations sableuses par un éclaircissement faible de la strate ligneuse dans les aires de Tatki et Tessekré, plus important dans celles de Namarel, Yaré Lao et Gueye Kadar. Cette diminution de la densité ligneuse s'accompagne d'un accroissement modéré des surfaces nues pelliculaires dans les aires de Tatki et Tessekré.

Quelle que soit l'aire de desserte, la végétation ligneuse (et herbacée) des cuvettes s'est incontestablement développée ou est demeurée stable.

- les plaines basses P B interdunaires ont eu une évolution constante dans toutes les aires. Elle se caractérise par une forte augmentation des surfaces nues pelliculaires principalement à proximité des mares temporaires importantes. Ce phénomène s'accompagne d'une faible diminution de la densité ligneuse sur les glacis et d'un léger accroissement dans les cuvettes et dépressions.

- les pénéplaines faiblement ondulées à cuvettes sur sols gravillonnaires P Ng (Tatki, Labgar, Yaré Lao, Gueye Kadar) ont subi une évolution modérée. Celle-ci correspond à une légère diminution de la densité ligneuse sur les parties planes accompagnée, en périphérie des cuvettes, d'un accroissement sensible des surfaces nues pelliculaires.

- les plaines sur sols gravillonnaires P Lg (Belel Boguel, Namarel, Yaré Lao, Gueye Kadar) ont évolué avec une intensité différente selon les aires. Cette évolution se caractérise par une augmentation des surfaces nues pelliculaires sur les glacis avec une diminution plus ou moins importante de la densité ligneuse qui tend à se "contracter".

L'intensité est faible pour Belel Boguel, modérée pour Yaré Lao et Gueye Kadar et forte pour Namarel.

A proximité des mares temporaires, l'intensité d'évolution peut être très importante.

---

\* Aire de desserte : Espace géographique pastoral exploité à partir d'un forage  
H. BARRAL - 1982.

Tableau n° 12 - Evolution moyenne des paysages des aires de desserte (en dehors des zones d'influence des forages)

Géotypes dominants	Belel Boguel		Tatki		Ganine Erogne		Tessekré		Labgar		Namarel		Yaré Lao		Gueye Kadar		Revane	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
C D							0										0	+
D P1			---															
D P2			0		---	!	0	0										
D P3								0										
P Na	0		--!	(x)!			--	(x)!	--		---	(x)!	---	(x)!	(---)!	(0)!	(x)!	
P Ng			--	(xx)!				0	(xx)!				--	(xx)	--	(xx)!		
P Tg														0	xx	--	xx	
Vg														(---)!	(xxx)!	(---)!	(xxx)!	
P Lg	--	(xx)!								--	(xxx)!	+-	(xxx)!	0	(xxx)!			
P B			(--)!	(xx)!	(--)!	(xx)!	(--)!	(xx)!	(--)!	(xx)!				(--)!				
T																	0	
B G																	---	xxx
L Mg																	+	

1 : Evolution de la strate ligneuse  
2 : Evolution des surfaces nues

--- diminution importante de la densité ligneuse  
-- diminution moyenne à faible densité ligneuse stable  
+ accroissement de la densité ligneuse  
! évolution localisée

xxx extension importante des surfaces nues pelliculaires  
xx extension modérée des surfaces nues pelliculaires  
x extension faible des surfaces nues pelliculaires

- Les plateaux et versants gravillonnaires (Ptg - Vg) ont faiblement évolué en dehors des zones de forte "pression humaine". Cette évolution se traduit par une certaine stabilité de la densité ligneuse, difficile à estimer dans ce faciès de forêt basse. Mais les surfaces nues pelliculaires sont en nette extension par rapport à 1954.

L'abondance d'arbres morts durant ces 20 dernières années aurait-elle entraîné un développement des populations de termites, dont les termitières souvent disparues aujourd'hui, sont autant de surfaces stériles parfaitement identifiables sur les photographies aériennes récentes ?

Leur aspect photographique actuel n'est pas sans ressemblance avec les "brousses tigrées" du Mali et de la Haute-Volta, étudiées sur photographies aériennes par A. CLOS-ARCEDEC dès 1956 et dont la composition floristique et le contexte écologique sont assez proches (G. BOUDET 1972).

Serions-nous en présence d'une forme évolutive vers la "brousse tigrée" ?

- Les bas-glacis B G des "Tiangol" du domaine gravillonnaire constituent en dehors des zones où s'exerce la pression humaine, l'exemple heureusement d'extension limitée, plus aigu de dégradation dans le périmètre étudié. La végétation a pratiquement disparu totalement et l'érosion en nappe et en ravine atteint des proportions inquiétantes.

### 3. Discussion des facteurs de l'évolution

Les évolutions constatées sont la conséquence des actions conjuguées de la sécheresse, du surpâturage, des prélèvements de bois de feu par les villageois (le village de Yaré Lao consomme journalièrement plus d'une tonne de bois par jour - J. PIOT - I. DIAITE 1983)

Sur les sols sableux, en dehors des zones de "pression humaine", la diminution de la densité ligneuse paraît imputable à la sécheresse.

Les effets "forages et villages" sont des facteurs primordiaux de l'évolution avec dégradation sur les sols gravillonnaires (DE WISPELAERE 1980).

L'extension des surfaces nues pelliculaires principalement dans les systèmes dépressifs à mares temporaires, semble résulter du surpâturage des maigres parcours de ces dix dernières années.

## . Télédétection spatiale

Le bilan des travaux de recherches de ce programme se situe là encore sur deux plans : celui des méthodes d'une part et sur le plan thématique, d'autre part.

### 1. Les méthodes

#### 1.1 - Analyse visuelle de compositions colorées

L'analyse visuelle (photo-interprétation) de compositions colorées d'images LANDSAT peut être utilisée pour dresser une cartographie de reconnaissance des "Unités Ecologiques".

Cette analyse repose sur une méthode de description d'images avec termes de texture, structure et forme et sur une bonne connaissance des réalités "terrain".

Compte-tenu de la structure très hétérogène de la végétation du Ferlo, souvent de types contrastés, en mosaïque et de la résolution actuelle des "pixels" des MSS, LANDSAT, l'échelle optimale se situerait à 1/500 000 (1/250 000 ou 1/200 000 dans certains cas).

L'utilisation de données enregistrées en fin de saison des pluies permet la localisation générale des zones pourvues en pâturages et des zones déficitaires.

Les études diachroniques de la végétation sahélienne à l'aide de compositions colorées d'images satellites successives ne sont pas significatives sur le plan quantitatif. Tout au plus, peuvent-elles fournir des informations qualitatives sur des phénomènes évolutifs de fortes amplitudes (zones dénudées).

#### 1.2 - Analyse numérique des données satellitaires

##### A. Analyse synchrone

En saison sèche, les caractéristiques radiométriques des principales unités écologiques varient en continu, sans limites tranchées depuis les sols nus dégradés vers la forêt claire, en fonction de la proportion de sol nu dans l'unité de surface élémentaire (pixel) et de la densité de végétation.

La cartographie à l'aide de données multispectrales (canaux visibles et infra-rouges) en cette saison, n'apporte que peu de résultats supplémentaires par rapport à une simple classification du canal visible (figures 23 et 24).



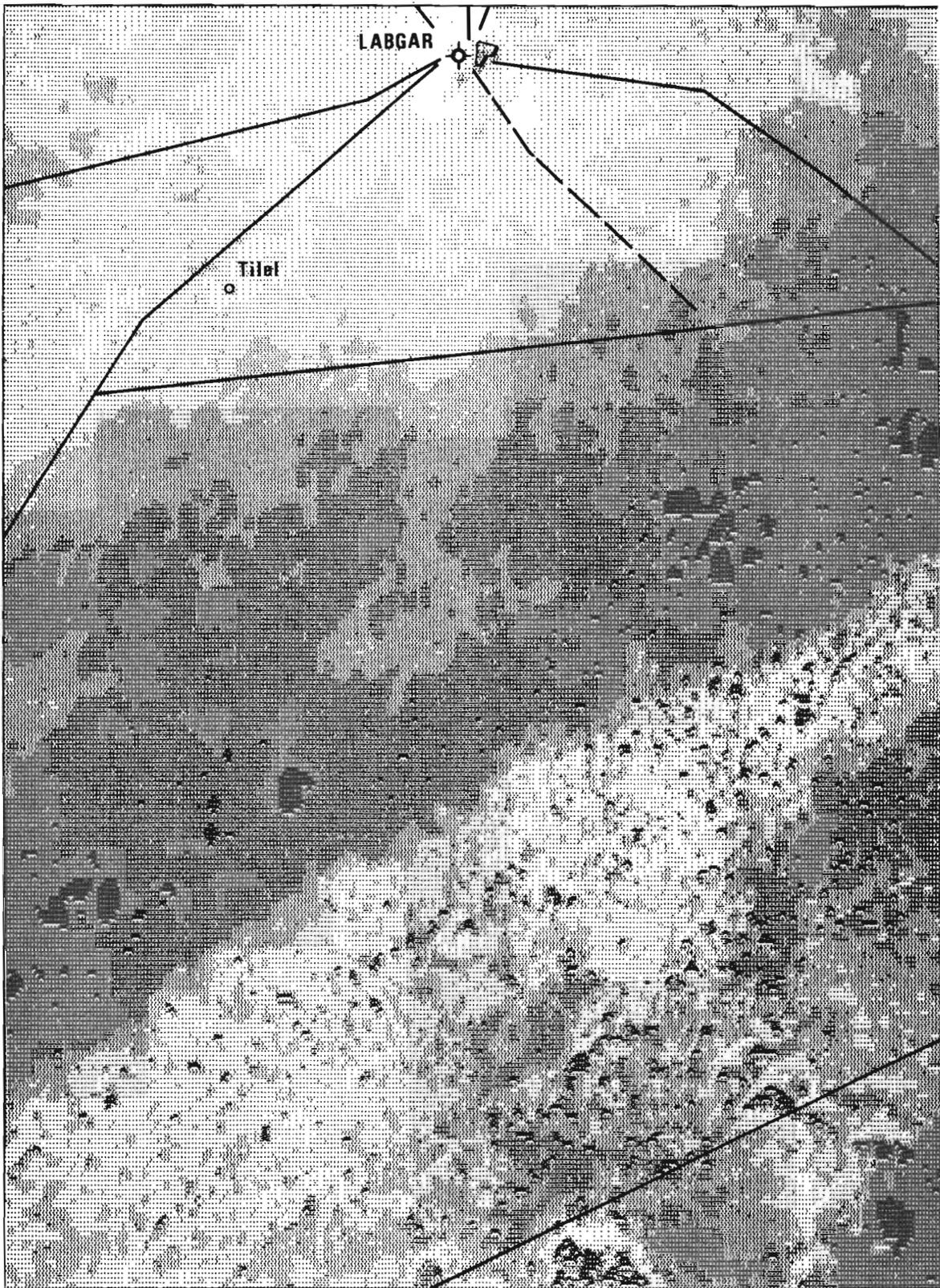
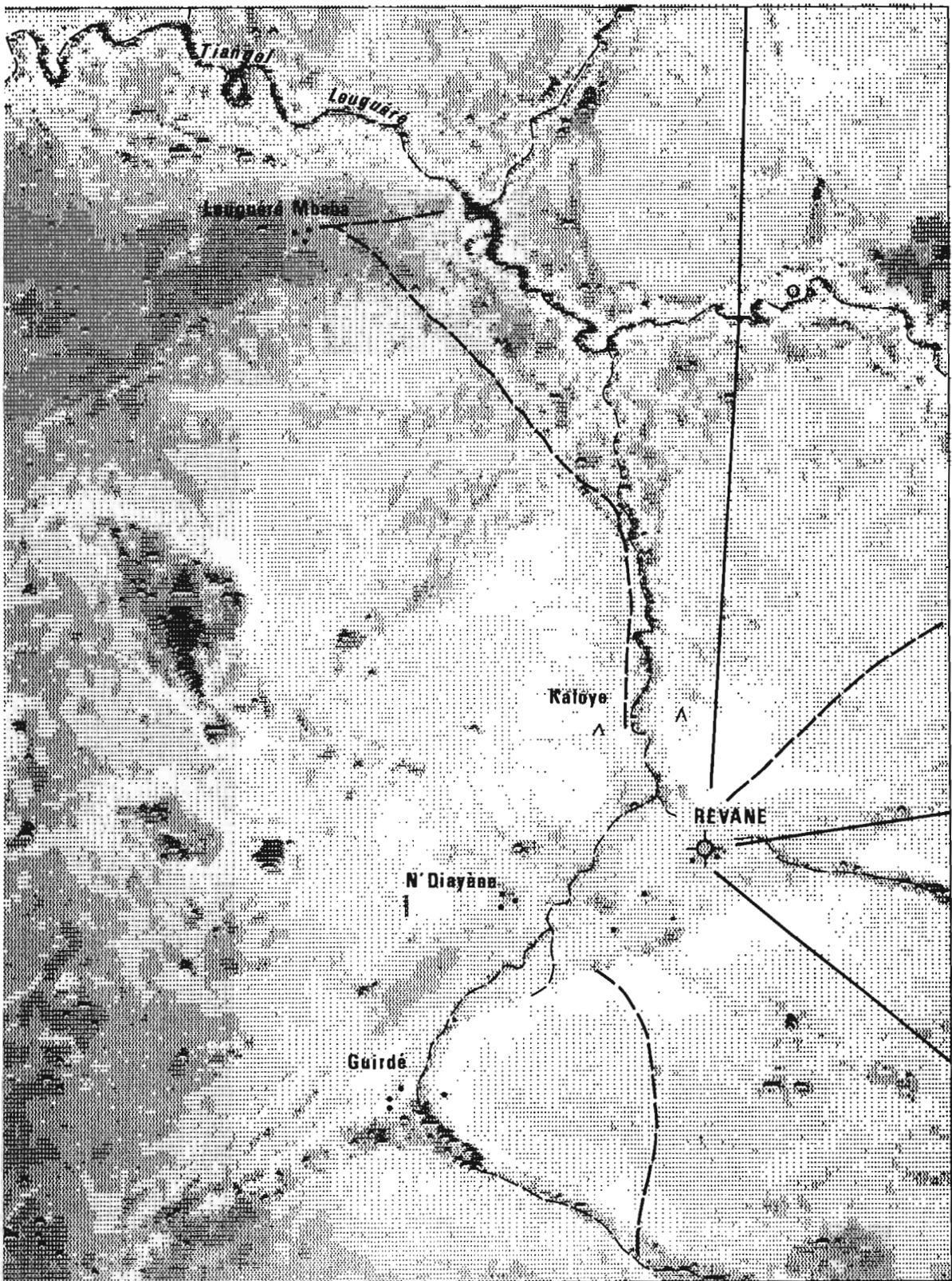


FIG 23 LABGAR - Segmentation canal 5 image Landsat 219-049 2 janvier 1979





1 0 29 2 30 35 3 36 40 4 41 45 5 46 54 6 55 255

FIG 24 REVANE - Segmentation canal 5 image Landsat 219-049 2 janvier 1979



## ANALYSE SCENE LANDSAT 3 219.049

02 janvier 1979

LEGENDE (figures 23 et 24)

- 1 Forêt claire ou steppe boisée des zones hydromorphes.  
(thème non classé sur dune Sud de LABGAR).
- 2 Steppe arbustive dense à forte productivité herbacée sur dune.  
Forêt basse ouverte dense sur sols gravillonnaires (zone de REVANE)
- 3 Steppe arbustive moyenne sur dune.  
Forêt basse ouverte à plages dénudées fréquentes.
- 4 Steppe arbustive lâche sur pénéplaine sableuse à couvert herbacé clairsemé.  
Steppe arbustive en îlots contractés avec de nombreuses plages de sols nus.
- 5 Steppe herbeuse à arbustive lâche sur pénéplaine sableuse à couvert herbacé très réduit.  
Ilôts dispersés de végétation à forte proportion de sol nu sur plateau gravillonnaire.
- 6 Sol nu ou végétation très clairsemée, érosion.

Les meilleurs résultats sont obtenus pour la cartographie des thèmes "sols nus" et "zones à végétation dense".

En fin de saison des pluies (septembre), Les données satellites exploitables, malheureusement très rares en raison de la couverture nuageuse, offrent de bien meilleures possibilités par la nature spécifique de l'information dans l'infra-rouge, en fonction de l'activité chlorophyllienne de la végétation.

L'analyse numérique et la cartographie info-graphique qui résultent des classifications, permettent une évaluation quantitative précise "des taxons radiométriques". L'identification thématique de ces taxons (multi-thèmes) nécessitent une "interprétation" à partir des observations de terrain et de photographies aériennes.

### B. Analyse multitemporelle

La méthode utilisée pour suivre l'évolution des superficies de sols nus sur une zone test entre 1972 et 1979 (4 dates), consiste à classer les données de chaque date en appliquant les mêmes critères, puis à comparer entre elles les classifications obtenues (figures 25 et 26)

La fiabilité des résultats qualitatifs de l'évolution mise en évidence est incertaine. En effet, entre 1972 et 1979, les caractéristiques d'enregistrement et de pré-traitement des données des satellites LANDSAT 1, 2 et 3 ont été modifiées (calibration des détecteurs, corrections radiométriques etc..) et le niveau de comparabilité de ces données est variable.

Le développement d'analyse multitemporelle suppose donc une mise en "comparabilité" des données avant tout traitement de classification.

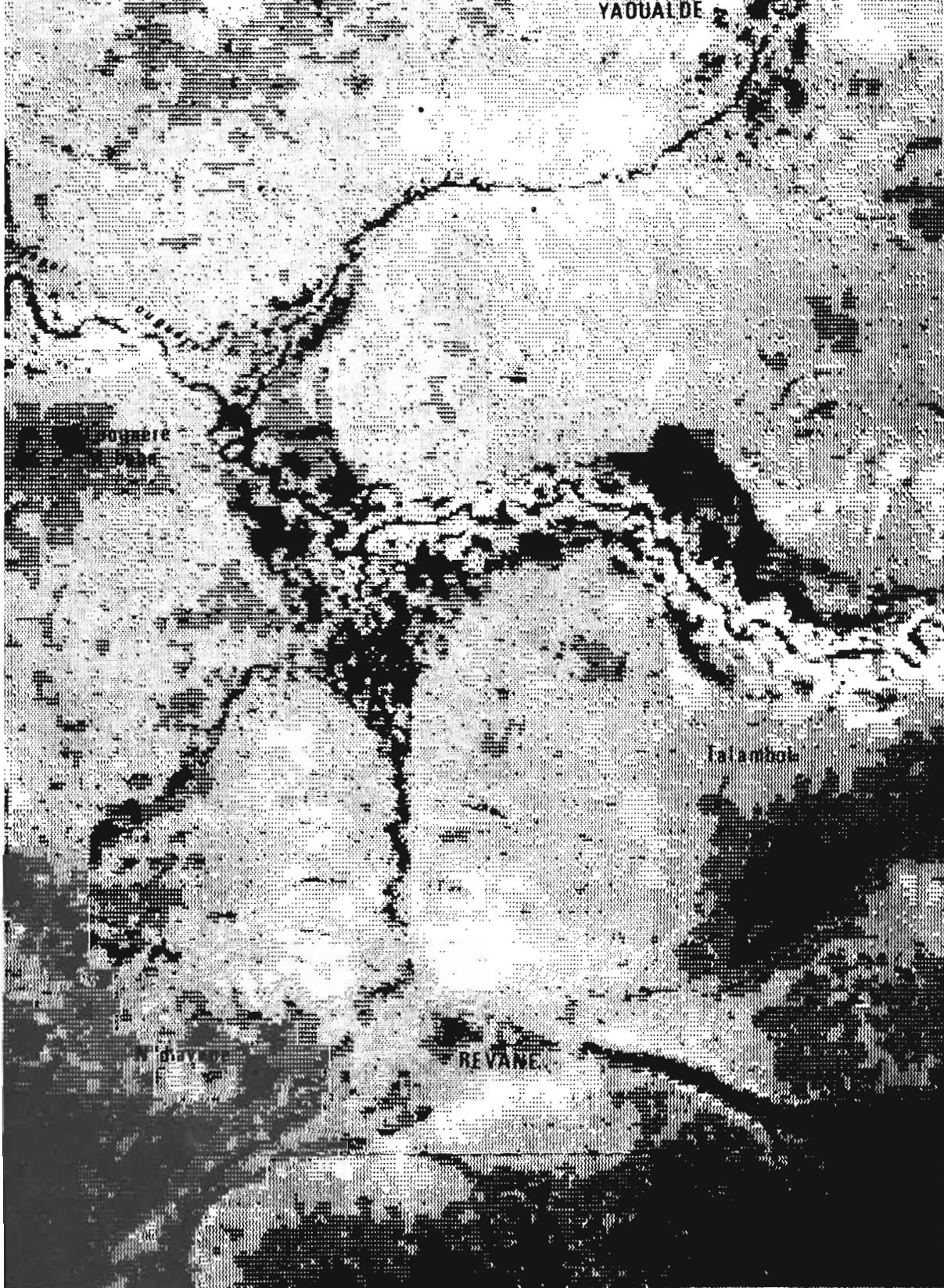
## 2. Résultats thématiques

### 2.1 - Analyse synchronique de l'image du 2 janvier 1979

Quelles que soient les techniques d'analyses utilisées, la cartographie fait apparaître systématiquement sur sols gravillonnaires, un net éclaircissement de la végétation, avec une forte proportion de sols nus autour des zones d'influence humaine (forages, villages, etc.) (classe 6 figure 23).

Sur les sols sableux, le contraste étant plus faible, l'influence humaine est nettement moins évidente et le milieu paraît moins vulnérable (figure 24).

YAQUAL DE



LANDSAT 219.049

4 NOV. 72

Segmentation Canal 5

Echelle approx. 1/100'000

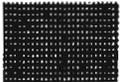
1



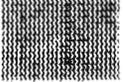
2



3



4



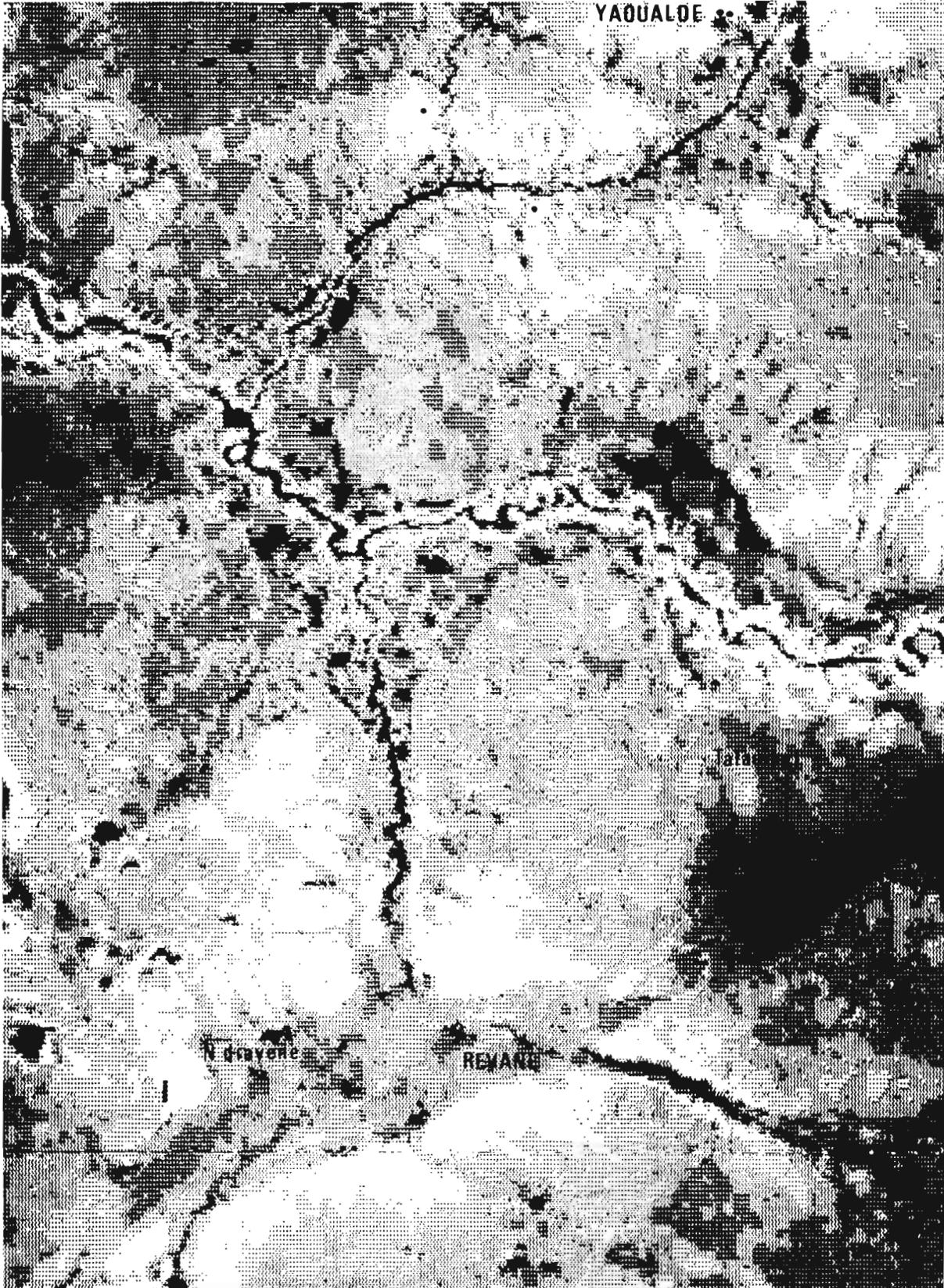
5



6



YAQUALDE



LANDSAT 219.049 2 JAN. 79 Segmentation Canal 5 Echelle approx 1/100 000



FIG. 28



ANALYSE MULTITEMPORELLE SCENE LANDSAT 219.043  
REGION DE REVANE

Classification Canal 5 du 4 novembre 1972 (figure 25)

<u>Classes</u>	<u>Thèmes</u>
1	Forêt claire ou steppe boisée des zones hydromorphes.
2	Steppe arbustive dense des zones hydromorphes (vallée du Tiangol Louguéré). Steppe herbeuse à arbustive lâche sur cordon dunaire (production herbacée estimée abondante ?) Forêt basse dense sur sols gravillonnaires.
3	Steppe herbeuse à arbustive lâche sur cordon dunaire (production herbacée inférieure à celle de la classe 2). Forêt basse sur sols gravillonnaires (densité ligneuse inférieure à celle de la classe 2).
4	Forêt basse ouverte à plages dénudées fréquentes sur sols gravillonnaires. Steppe herbeuse sur cordon dunaire (production herbacée estimée faible).
5	Steppe arbustive ou îlots contractés, plages nues dominantes.
6	Sols nus ou à végétation très clairsemée, érosion.

Classification Canal 5 du 2 janvier 1979 (figure 26)

<u>Classes</u>	<u>Thèmes</u>
1	Forêt claire ou steppe boisée des zones hydromorphes. Steppe herbeuse à arbustive lâche sur cordon dunaire à forte productivité herbacée.
2	Steppe herbeuse à arbustive lâche sur cordon dunaire à production herbacée inférieure à celle de la classe 1 Steppe arbustive dense des zones hydromorphes.
3	Forêt basse sur sols gravillonnaires. Steppe arbustive des zones hydromorphes.
4	Forêt basse ouverte à plages dénudées fréquentes sur sols gravillonnaires. Steppe herbeuse sur cordon dunaire à production herbacée estimée faible.
5	Steppe arbustive en îlots contractés, plages nues dominantes.
6	Sols nus ou à végétation très clairsemée, érosion.

## 2.2 - Analyse multitemporelle de l'évolution des superficies dénudées sur les sols gravillonnaires

Les résultats de l'analyse multitemporelle montrent une double évolution. Globalement, la radiométrie moyenne du canal 5 en 1972 est supérieure à celle de 1979, ce qui est logique puisque "la brillance" dans cette bande spectrale est d'autant plus forte que la végétation est rare et que les sols sont nus.

L'autre évolution concerne la physionomie du paysage. Parmi les principales modifications mises en évidence par les classifications, on constate, dans la région de Révane, sur une zone de 53 088 ha que les superficies des sols nus ou à végétation très réduite, ont doublé (6,3 p.100 en 1972 - 12,5 p.100 en 1979). Cette extension des superficies dénudées s'est principalement développée en périphérie de la dune de Révane et du village de Yaoualdé (figures 25 et 26 : classe 6).

Ce stade ultime de la dégradation s'installe progressivement par un éclaircissement de la densité ligneuse et une extension des plages dénudées. Il se forme ainsi, sur les sols gravillonnaires des "auréoles concentriques" "d'isodensité de dégradation", parfaitement identifiables sur les traitements des données satellites (figures 25 et 26 : classes 5 et 6).

Entre 1972, date à laquelle étaient déjà présentes les zones dégradées en périphérie du forage de Révane (donc antérieures à la sécheresse 1972-1973) et 1979, la progression globale des superficies de sol nu est régulière. Leurs localisations stables sur sols gravillonnaires, se déplacent sur les sols sableux en fonction de la pluviométrie de l'année.

## Conclusion

Les données satellites constituent indéniablement un outil primordial dans les inventaires et le suivi des ressources naturelles renouvelables en zone semi-aride comme le Ferlo.

La cartographie des "Unités Ecologiques" paraît du domaine opérationnel lorsque l'analyse des données satellites s'appuie sur des sites-échantillons représentatifs étudiés à l'aide des méthodes traditionnelles d'inventaire et de cartographie (observations de terrain, photographies aériennes).

Le suivi de l'évolution des ressources naturelles renouvelables dans ces régions exige l'acquisition de données spatiales de fin de saison des pluies (avant fin septembre) et leur traitement dans des délais très courts. Ces délais nécessitent un système de traitement numérique pour aborder les aspects quantitatifs.

Ces traitements devront être réalisés à partir de données "comparables" géométriquement superposables, calés sur un réseau de sites d'observation au sol.

En dehors des résultats acquis sur le plan thématique, la présente recherche constitue une première étape dans l'élaboration d'une méthode d'évaluation des ressources renouvelables en zone sahélienne à l'aide de télédétection spatiale.

Pour atteindre un stade opérationnel, il est nécessaire de poursuivre et d'étendre ce type d'actions de recherches compte tenu des performances qu'offriront dans les prochaines années, les capteurs à haute résolution des satellites LANDSAT 4 (Thematic Mapper) et SPOT.



**ENVIRONNEMENT ANTHROPIQUE.**



## LA POPULATION ET LA GESTION DE L'ESPACE

### . Avant les forages

#### 1. Population et cheptel au début du siècle

Si l'on en croit les rapports des différents administrateurs commandant les cercles de Podor, Dagana et Louga, la population du Ferlo Nord à la veille de la première guerre mondiale était d'environ 50 000 personnes, le cheptel bovin correspondant, d'environ 30 000 têtes et l'effectif de petits ruminants d'environ 100 000 têtes, ceci pour 30 000 km<sup>2</sup> de parcours, soit 1 bovin pour 100 ha.

Par ailleurs, C. SANTOIR note que si entre 1950 et 1975, le cheptel a triplé, en 1950 un bovin disposait dans le Djolof - région voisine du Ferlo de 24 ha de pâturages.

Dans ces conditions, 1 bovin pour 100 ha au début du siècle paraît être un chiffre tout à fait plausible.

Quant à la population, elle était - et est encore - divisée en un grand nombre de tribus ou "Penyol", d'origines géographiques diverses mais regroupées traditionnellement en deux grandes catégories, les Peuls "Walo", ou "Fulbe walwalbe" et les Peuls Diéri ou "Fulbe dierdierbe", les premiers ainsi nommés parce qu'ils pratiquaient traditionnellement l'agriculture de décrue dans les zones inondables de la Vallée du Sénégal, tandis que les seconds ne pratiquaient en principe que la culture dite de "diéri", c'est-à-dire la culture du mil pluvial, en saison humide, dans le Ferlo.

#### 2. La gestion ancienne des parcours

Les principales différences s'observaient entre le mode d'utilisation des parcours des Peuls Walo et celui des Peuls Diéri.

Chez les Peul Walo : le bétail était maintenu pendant la plus grande partie de la saison sèche sur les parcours inondables de la Vallée du Sénégal, et pâturait la végétation aquatique ou celle des zones hydromorphes (parcours à *Echinochloa stagnina*, *Oryza barthii*, *Sporobolus helvolus*, etc...) ainsi que les espèces ligneuses des zones hydromorphes (*Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Ziziphus mauritiana* etc..), ces dernières étant surtout mises à contribution par les caprins dont les Peuls Walo détenaient des effectifs très importants.

En outre, après la récolte du sorgho de décrue au mois d'avril dans la Vallée, le bétail pâturait les tiges et le système foliaire du sorgho, sous forme de fourrage vert, pratique dite du "nyangal".

C'est seulement aux premières pluies que les Peuls Walo et leurs troupeaux abandonnaient la Vallée pour le Ferlo, pour y rejoindre leur "rumano" ou campement d'hivernage à proximité duquel ils semaient le petit mil, tandis que leur bétail pâturait les parcours sur sables éoliens (*Crotalaria* sp., *Merremia pinnata*, *Blepharis linariifolia*, *Schoenefeldia gracilis*, etc..) ou sur sols sablo-argileux de versants et bas-fonds inondables (*Panicum laetum*, *Andropogon gayanus*, etc..).

En règle générale, les Peuls Walo conservaient la totalité de leur cheptel bovin à proximité de leur "rumano" pendant toute la saison des pluies mais faisaient parfois effectuer une transhumance à leurs moutons vers le Djolof.

Grâce à ce système, chez les Peuls Walo, l'abreuvement du bétail était quotidien pratiquement toute l'année : au Fleuve ou dans les mares de décrue du Walo en saison sèche et dans les mares situées à proximité du "rumano" en saison humide dans le Ferlo.

Chez les Peul Diéri : le bétail ne pénétrait pratiquement jamais dans le Walo. A la saison sèche, les Peuls Diéri établissaient leurs campements à la limite du Diéri et du Walo (frange sableuse du Walo appelée "Diediegol") et leurs bovins utilisaient les parcours sur sables éoliens en s'abreuvant un jour sur deux au Fleuve ou dans les mares de décrue. Autrement dit, ils ne pénétraient dans le Walo que pour s'y abreuver en des points bien précis appelés "Toufindé" en Poular. Le jour de l'abreuvement, les animaux pâturaient entre le Toufinde et le campement de saison sèche et le jour où ils ne buvaient pas ils pâturaient au-delà de celui-ci, s'enfonçant dans le Diéri jusqu'à une distance qui pouvait atteindre une vingtaine de kilomètres en fin de saison sèche.

Aux premières pluies, les Peuls Diéri, à l'instar des Peuls Walo, regagnaient leur campement d'hivernage ou rumano, dans le Ferlo, mais à la différence des Peuls Walo, ils envoyaient leurs bovins plus loin vers le Sud en transhumance, vers le Djolof, ne gardant autour du rumano que les vaches laitières. C'est seulement vers la fin de la saison des pluies, au mois de Septembre, que les animaux revenaient de leur transhumance au Djolof et rejoignaient le rumano, un peu avant la récolte du champ de mil pluvial.

En outre, au cours de leur transhumance vers le Sud, les animaux des Peuls Diéri effectuaient une cure salée aux terres salées du "Bounoum", c'est-à-dire la dépression comprise entre Yang-Yang et le Lac de Guiers, qui constitue la basse vallée du Ferlo.

Les Peuls Walo, par contre, considéraient que le pâturage de Walo que consommaient leurs animaux en saison sèche, était suffisamment riche en sel et pour cette raison ne leur faisaient pas effectuer de cure salée d'hivernage.

Ainsi, la mobilité pastorale des Peuls Diéri était-elle plus grande que celle des Peuls Walo et en même temps, ils possédaient plus de bétail bovin, tandis que l'élevage de ces derniers comportait une plus grande proportion de petits ruminants.

Il apparaît donc que le Ferlo avant les forages, était régulièrement parcouru et exploité par les pasteurs Peuls 5 à 6 mois par an, c'est à dire dès l'apparition des mares courant juillet, jusqu'à leur assèchement, qui, dans les bonnes années pouvait n'intervenir qu'en décembre, voire même en janvier ou février.

### 3. Espace pastoral et droit coutumier avant les forages

L'utilisation de l'espace pastoral dans le Ferlo en saison humide était régie par une règle clairement établie qui était celle du respect du "houroum".

Ce vocable Peul qui dérive vraisemblablement de l'Arabe "haram" (interdit, péché, ce qui ne doit pas être transgressé) désignait l'espace compris entre deux rumano.

Les "houroum", selon GROSMATRE 1957, étaient des unités territoriales juxtaposées, dont un ensemble constituait un "dieï" (du verbe Peul signifiant posséder), c'est-à-dire une zone de vie par opposition à la brousse inhabitée.

Chaque "houroum" constituait donc l'espace agropastoral correspondant à un campement d'hivernage et était réservé à l'usage exclusif des habitants et du cheptel du campement considéré. On prenait donc garde à ce que ses animaux n'aillent pas pâturer dans le "houroum" du campement voisin. Les limites entre "houroum" n'étaient naturellement pas matérialisées mais n'en étaient pas moins connues des intéressés. En pratique, le houroum d'un campement déterminé s'étendait à partir de celui-ci et dans la direction opposée au champ de mil pluvial, jusqu'à une distance de 5 ou 6 km, c'est à dire la distance maxima que parcouraient les animaux pour pâturer en saison humide.

### 4. Le ferlo d'avant les forages

En résumé, le Ferlo "d'avant les forages" n'avait donc rien d'un désert géographique comme une terminologie malencontreuse l'a longtemps laissé penser, ni même d'un désert humain (sauf dans sa partie centrale appelée "Koya" mais plus sans doute pour des raisons historiques que géographiques).

Si l'emprise humaine y était faible (1,5 habitant au km<sup>2</sup> 6 mois par an), l'exploitation du milieu naturel n'y était en rien anarchique, mais réglée par les transhumants et par le système du "houroum" qui, comme l'écrivait H. SERRES 1981, à propos d'éleveurs du Tchad - mais cette formule peut très bien s'appliquer ici - permettait d'établir une responsabilité des éleveurs vis-à-vis de leurs parcours".

Très tôt cependant, l'Administration coloniale soucieuse de combler ce vide apparent, entreprend une politique de construction de puits, mais la véritable révolution dans le Ferlo sera la création des forages profonds à fort débit et à exhaure mécanique après la deuxième guerre mondiale.

## . Après les forages

### 1. Les conséquences de la découverte de la nappe maestrichtienne

A partir des témoignages de Marguerite DUPIRE 1957 et de Philippe GRENIER 1957, portant sur les quatre ou cinq premières années suivant l'ouverture des premiers forages à exhaure mécanique, on peut dégager les conclusions suivantes :

1. Le processus d'abandon des transhumances vers le Fleuve et vers le Djolof commence à se dessiner.
2. Le campement d'hivernage ou "rumano" tend à devenir un pôle de peuplement permanent.
3. Paradoxalement, la mobilité pastorale loin de se réduire, s'accroît mais semble revêtir un aspect anarchique et se transformer en une sorte de mouvement brownien entre les forages.
4. Le Peul demeure un pasteur. On n'observe pas de phénomène de sédentarisation ni d'urbanisation des forages.

### 2. Les changements induits par les forages

#### 2.1 - Méthodologie et estimations de la population et du cheptel actuels

Il a été fait appel à 2 modes d'approches différents : la photo-interprétation et l'enquête par questionnaire.

La photo-interprétation (jeu de photographies aériennes au 1/60 000 de 1978) a permis essentiellement l'identification de 644 campements dans la zone d'étude et la population a été estimée à partir des données recueillies lors de l'enquête par questionnaire corrélées avec le nombre de campements repérés sur les photographies aériennes.

L'unité d'enquête retenue a été le "gallé", fraction d'un campement qui peut être définie comme l'unité socio-économique qui vit sur un troupeau.

Au total, 265 gallé ont été enquêtés, répartis entre 210 campements différents, c'est à dire qu'1 campement sur 3 environ a été touché par l'enquête. A ces 265 gallé enquêtés correspond une population totale de 2 621 personnes tandis que le nombre total de gallé existant dans les 210 campements touchés par l'enquête, était de 1 073.

En résumé, les résultats suivants ont été obtenus :

- le nombre moyen de "gallé" par campement est égal à  $\frac{1073}{210}$  soit à 5 environ.
- le nombre moyen d'habitants par "gallé" est égal à  $\frac{2621}{265}$  soit près de 9,9 personnes par "gallé".
- le nombre moyen d'habitants par campement est égal à  $9,9 \times 5$ , soit 49,5 personnes
- la population totale de la zone d'étude est de : 644 campements  $\times$  49,5 soit près de 32 000 personnes

En réalité, trois sous-zones différentes sont apparues :

1. Une zone Nord-Ouest, la plus étendue, avec une moyenne de 37,5 personnes par campement (17 145 personnes pour 456 campements) : forages de Belel Boguel, Tatki, Vidou Tiengoli, Ganine Erogne, Mbidi, Tessekré et Amali.
2. Une zone Sud-Est, où la population moyenne des campements atteint 96 personnes, mais où il s'agit en fait de fractions de villages sédentaires (9 523 personnes pour 99 campements) : forages de Louguéré Tiolo, Gueye Kadar et Revane.
3. Une zone intermédiaire avec une moyenne de 59 personnes par campement (5 251 personnes pour 89 campements) : forages de Namarel, Labgar et Yaré Lao.

Quant au cheptel bovin, en rapprochant les estimations effectuées en 1980 par J.F. MEYER, de nos propres estimations de population pour les 9 forages sur lesquels nos données sont les plus précises (Belel Boguel, Tatki, Ganine Erogne, Tessekré, Labgar, Vidou Tiengoli, Amali, Louguere Tioli et Revane), nous obtenons un effectif de 62 124 têtes de bovins pour 25 600 personnes, soit un rapport bovin/habitant de 2,4 en saison sèche, mais qui en réalité est de 2,7, une partie du bétail transhumant en saison sèche hors de la zone d'étude, comme nous allons le voir.

## 2.2 - Le déclin des transhumances

Il ressort de l'enquête par questionnaires, qu'avant la mise en service des forages, 60 p.100 des éleveurs nomadisaient vers le Walo en saison sèche avec la totalité de leur cheptel. Or, dès la mise en service des forages on constate un rapide tassement de ce phénomène : plus de la moitié (55 p.100) des éleveurs concernés déclarent avoir abandonné la nomadisation vers le Walo au cours de la décennie 1952-1962.

Au fil des années, avec la multiplication des forages, ce processus se poursuit, et aujourd'hui la nomadisation vers le Walo accompagnant la transhumance du bétail, ne concerne plus que 3 p.100 de la totalité des éleveurs et du cheptel de la zone d'étude.

Outre l'influence des forages, l'insuffisance des crues du Sénégal au cours de la décennie écoulée et les aménagements hydro-agricoles de la Vallée ont joué aussi un rôle déterminant dans l'abandon de ces transhumances.

Par contre, les transhumances des Peuls Diéri vers le Djolof en saison sèche se sont mieux maintenues.

Ces transhumances vers la ligne de points d'eau de la vallée du Ferlo s'étaient en effet largement substituées aux transhumances vers le "diédiégo" (limite Walo-Ferlo) avec abreuvement au Fleuve, chez les Peul Diéri entre la première et la deuxième guerre mondiale et à la veille de la mise en service des forages, elles mobilisaient environ 40 p.100 du cheptel existant alors dans la zone d'étude.

A l'heure actuelle, elles concernent encore 10,4 p.100 du cheptel de celle-ci.

Au total, c'est donc 13,4 p.100 du cheptel de la zone d'étude qui effectue une transhumance de saison sèche hors de la région qui nous occupe ici, c'est-à-dire hors du Ferlo septentrional - 3 p.100 vers le Walo et 10,4 p.100 vers le Sud : vallée du Ferlo et Djolof - contre 100 p.100 avant la mise en service des forages.

### 2.3 - Le déclin des cultures de Walo

L'abandon des transhumances vers le Walo n'a cependant pas entraîné un abandon aussi généralisé des cultures de Walo, de la part des Peuls pratiquant traditionnellement celles-ci.

En effet, 21 p.100 de tous les éleveurs enquêtés (Peuls Walo et Peuls Diéri confondus) ont déclaré posséder et exploiter encore des champs de Walo, même si, pour 18 p.100 de ceux-ci, le bétail séjourne désormais toute l'année dans le Ferlo. Dans ce cas, ce sont uniquement des hommes du "gallé" qui se déplacent pour la culture de décrue : aux anciens mouvements de nomadisation, de la population et de transhumance du bétail se sont donc substitués de simples migrations saisonnières agricoles.

Si l'on considère à présent seulement la strate représentée par les Peuls Walo dans la population enquêtée (42 p.100 du total), ce sont 51 p.100 d'entre eux qui continuent à pratiquer régulièrement la culture de Walo, mais en ce qui concerne les 49 p.100 qui ont abandonné ce type de culture, la grande majorité d'entre eux (62 p.100 de ces 49 p.100) y ont renoncé au cours de la période 1973 - 1978, c'est-à-dire à la suite de la sécheresse et des aménagements hydro-agricoles de la SAED.

### 2.4 - L'émiettement de la population et l'abandon du contrôle de l'espace

La carte de distribution de la population figurant dans ce rapport met en évidence le maintien du rôle privilégié des mares comme pôles de peuplement et il est particulièrement intéressant de noter que les forages n'ont

pas davantage polarisé le peuplement Peul qu'en 1957, c'est-à-dire qu'à l'époque des observations de GRENIER.

Par ailleurs, et grâce à des documents ayant servi au recensement de 1976, communiqués par le Service de la Statistique, et par recoupement avec nos propres enquêtes, nous estimons la population totale du Ferlo septentrional vers 1978 à 70 000 personnes environ, soit, pour une superficie d'approximativement 25 000 km<sup>2</sup>, une sensibilité moyenne de 2,8 habitants au km<sup>2</sup>.

Il semble donc que le taux d'accroissement annuel de la population n'ait pas dépassé 0,9 p.100 au cours des 60 dernières années (+ 40 p.100 en tout). Les forages n'ont donc pas eu pour effet un accroissement spectaculaire de la population : moins de 3 habitants au km<sup>2</sup> constituent une densité sensiblement plus faible que celle d'autres régions aux conditions climatiques analogues et pourtant non aménagées, comme l'Oudalan, en Haute-Volta, où la densité de population est de l'ordre de 6 habitants au km<sup>2</sup>.

Par ailleurs, la comparaison des photographies aériennes IGN de 1978, avec celles de 1956 suggère un émiettement de la population, caractérisé par un éclatement des campements. Ceci est confirmé par la tradition orale et les principales explications données par les intéressés sont l'extermination des fauves qui a rendu inutile les grands rassemblements à des fins défensives et l'accroissement du cheptel bovin.

La conséquence de cet émiettement a été l'abandon du système du "houroum" avec ce que ce dernier comportait d'attitude responsable vis-à-vis de l'environnement.

### 2.5 - La nouvelle structuration de l'espace par les forages

Chaque forage est actuellement caractérisé par une aire d'influence ou aire de desserte dont les surfaces varient d'un forage à l'autre.

Ces aires de dessertes se sont substituées en quelque sorte aux anciens "houroum" dans la mesure où l'on peut constater des sentiments de responsabilité et de solidarité entre Peuls usagers habituels d'un même forage, notamment en matière d'usages des parcours (cf. chapitre suivant), de rythmes d'abreuvement etc...

Ces aires de dessertes sont par ailleurs caractérisées par leurs limites en lignes brisées et par le fait que le forage n'en occupe pas nécessairement le centre : ceci s'explique en général par des différences de qualité de pâturages et aussi par la position relative du forage et des principales mares d'hivernage à proximité desquelles sont établis les campements permanents ou "rumano". La présence d'un fort noyau de campements permanents dans une direction donnée par rapport à un forage peut en effet étendre l'aire de desserte de ce forage dans cette direction.

Quant aux inégalités de surfaces entre les aires de dessertes des différents forages, elles sont essentiellement fonction de l'éloignement des forages entre eux.

En ce qui concerne enfin la densité de bovins, à l'intérieur des aires de dessertes des différents forages, celle-ci est d'autant plus faible que le potentiel fourrager est mauvais. C'est ainsi que l'on observe un brusque saut lors du passage du Ferlo sableux ou Ferlo latéritique : d'1 bovin pour 7,5 ha à Belel Boguel, 1 bovin pour 7,8 ha à Tatki, 1 bovin pour 8,3 ha à Mbididi (Ferlo sableux), la densité descend à 1 bovin pour 17,5 ha en moyenne à Gueye Kadar, Louguéré Tioli et Revane (Ferlo latéritique) :

Tableau n° 13 - Densité des bovins au Ferlo

Forages	Surface de l'aire de desserte	Cheptel bovin *	Nombre d'hectares par tête de bovin
Belel Boguel	370 km <sup>2</sup>	4 980 têtes	7,5
Tatki	690	8 850	7,8
Vidou Tiengoli	580	5 885	9,9
Ganine Erogne	450	3 727	12,1
Mbididi	630	7 587	8,3
Amali	760	8 090	9,4
Tessekré	770	7 810	9,9
Labgar	950	10 970	8,7
Namarel	430	3 645	11,9
Yaré Lao	860	10 450	8,2
Louguéré Tioli	1 100	6 250	17,5
Revane	970	5 562	17,5
Gueye Kadar	960	5 362	17,8
Totaux	9 520 km <sup>2</sup>	89 168 têtes	-

\* En saison sèche d'après J.F. MEYER

### 3. La gestion actuelle des parcours

#### 3.1 - Les rythmes saisonniers d'utilisation des parcours autour des forages

A l'exception des transhumances de saison sèche vers le Walo et le Djolof, qui, nous l'avons vu, affectent encore environ 13,5 p.100 du cheptel de la zone d'étude, la majorité de celui-ci (86 p.100) est donc maintenue à présent toute l'année sur les parcours compris à l'intérieur des aires de dessertes des forages.

La gestion actuelle de ces parcours repose en saison humide sur l'exploitation des pâturages situés à faible distance du "rumano" et d'une mare d'hivernage, avec abreuvement quotidien à celle-ci, et en saison sèche sur l'exploitation de pâturages de plus en plus distants du "rumano", ce qui finit par entraîner son abandon temporaire et la nomadisation de ses habitants, la distance des pâturages au forage étant alors comprise entre 10 et 20 km et l'abreuvement s'effectuant un jour sur deux.

Pendant la saison humide et la saison fraîche, la population demeure dans les "rumano" et les animaux pâturent à faible distance de ceux-ci jusqu'à 4 km environ, en s'abreuvant quotidiennement aux mares.

Dès que les mares s'assèchent, les animaux vont boire au forage un jour sur deux et pâturent au-delà du campement le jour où ils ne boivent pas et entre le campement et le forage le jour de l'abreuvement.

A partir du début de la saison chaude (février), les distances qu'ont à parcourir les animaux entre le "rumano" et le pâturage deviennent trop importantes pour permettre aux vaches de rentrer tous les soirs au campement pour la traite et l'allaitement des veaux. Il est donc nécessaire de rapprocher le campement de la zone des pâturages. Le "rumano" étant intransportable, il est alors abandonné, généralement par la totalité de ses habitants et les différents "gallé" qui le composent vont nomadiser, ensemble ou séparément : c'est la pratique du "sédirdé" ou "sedano" (de "Kyedu", saison chaude).

Un "sédano" se compose d'un certain nombre de huttes d'herbe sèche de construction assez sommaire et peut comporter 1 ou plusieurs "gallé" issus du même "rumano".

Le "sédano" peut être déplacé deux à trois fois pendant la saison sèche, rarement davantage, dans des directions et à des distances variables par rapport au forage, selon les disponibilités en pâturage.

Le retour dans le "rumano" s'effectue au début de la saison des pluies, après le remplissage de la mare située à proximité, et généralement après une repousse d'herbe suffisante pour la consommation du bétail.

On se trouve donc bien en présence d'un nomadisme pastoral de faible amplitude, qui affecte pratiquement toute la population de la région étudiée ici, et qui s'apparente globalement à un mouvement de pulsation depuis les zones de pâturages d'hivernage vers les zones de pâturages de saison sèche et vice-versa.

### 3.2 - Typologie des pâturages en fonction de leurs périodes d'utilisation

Il est bien difficile dans le Ferlo de distinguer des parcours à utilisation saisonnière spécifique.

En réalité, l'utilisation saisonnière des parcours y est fonction beaucoup plus de leur distance et de leur position relative par rapport au forage, aux mares d'hivernage et aux campements, que de leur composition floristique.

Dans la pratique, nous distinguerons donc :

- les aires pastorales de saison humide et fraîche situées à proximité des mares et des campements permanents jusqu'à une distance maximale de 5 à 6 km de ceux-ci : période d'utilisation de fin juillet à mi-février.
- les aires pastorales à la périphérie des forages, exploitées par les animaux se rendant au forage les jours d'abreuvement et qui comportent les parcours compris entre le forage et la première ligne de campements périphériques: période d'utilisation de novembre à juillet.
- les zones de nomadisation de saison chaude : période d'utilisation de février à fin juillet en moyenne.

### 3.3 - Les transhumances exceptionnelles

Ce tableau de l'utilisation actuelle de l'écosystème du Ferlo par les Peuls qui l'habitent, ne serait pas complet s'il n'était pas fait mention ici des transhumances exceptionnelles en cas de sécheresse, de destruction des pâturages par les feux de brousse, voire.. de panne prolongée de la pompe d'un forage.

Ces transhumances peuvent entraîner l'abandon momentané d'un ou plusieurs forages par le cheptel et la population et leur déplacement vers les forages voisins ou vers le Djolof.

Tel a été le cas en 1981, à la suite de l'insuffisance des pâturages autour de Belel Boguel et de Tatki, où la population et le cheptel de ces deux forages se sont repliés sur les forages plus méridionaux (Vido Tiengoli, Amali, Labgar, Dodji, Barkedji, etc...).

Ainsi, le maintien de la mobilité pastorale, même de faible amplitude, autour des forages, permet-il aux Peuls de se remobiliser le cas échéant pour des déplacements plus importants lorsque la sauvegarde de leur bétail l'exige.

## LE BIEN-ETRE DES POPULATIONS

### . Alimentation et nutrition

#### 1. Matériel et méthodes

Le travail de terrain s'est déroulé sur 18 mois (janvier 1980 à juin 1981) ; les diverses analyses biologiques et les traitements informatiques des données ont eu lieu au fur et à mesure sur place à Dakar. Nous avons effectué deux enquêtes nutritionnelles avec prélèvement sanguin, une enquête de consommation alimentaire pilote et trois enquêtes de consommation alimentaire avec examen nutritionnel clinique et anthropométrique des sujets sur une même cohorte de quarante familles, soit 495 personnes ; en réalité cet effectif a fluctué au cours de l'étude à la suite des déplacements fréquents de la population.

#### 1.1 - Choix de l'échantillon

La grande dispersion des familles et leur forte mobilité nous interdisait de procéder à un tirage au sort classique. Nous avons préféré, compte tenu de nos moyens matériels, réaliser les enquêtes dans cinq forages disposés selon une diagonale Nord-Ouest Sud-Est traversant la zone : Belel Boguel, Tatki, Vidou Tiengoli, Tessekré et Louguéré Tioli, nous avons ensuite sélectionné par choix raisonné des familles représentatives des différentes situations socio-économiques (gros éleveurs, petits éleveurs, éleveurs encadrés vivant près du forage, loin du forage etc...). Si l'on ne peut prétendre à une représentativité parfaite de la zone, la fraction de sondage qui est de 500 (personnes vues) sur 32 000 (estimation population totale) soit 15 p.100, permet une bonne approximation de la réalité, en tout état de cause, c'est la seule disponible à ce jour.

Au total, notre échantillon de population comportait 35 familles Peul "nobles" (rimbé), 4 familles Peul "captives" (matyoubé), 3 familles Peul "artisans" (laobé), 2 familles Maures "harratine" et 2 familles de "matyoubé" de Toucouleur.

#### 1.2 - Les aliments

Après le pilonnage du mil en matinée, la farine, préparée sous forme de gruau, le "tienglé", est consommée généralement par les personnes présentes au campement à midi ; le "lathiri (couscous) de préparation longue est mangé le soir avec du lait. Enfin, la semoule peut être utilisée pour faire une bouillie claire avec du lait caillé, le "Gossi".

Quand la ménagère est pressée ou plus souvent quand il n'y a plus de mil comme cela arrive en fin de saison sèche et en hivernage, elle remplace le mil par du riz (*Oryza sativa*), qu'elle accommode très simplement avec un peu de poisson séché ("maaro ketiakh") ou exceptionnellement de la viande ("maaro tew").

Les laitages sont un élément essentiel de l'alimentation des éleveurs ; les vaches sont traitées matin et soir par les jeunes femmes ; le lait peut être consommé frais ("Kossam biradame") mais plus souvent on le laisse fermenter à l'ombre pour former du lait caillé ("Kadam"). Le Kadam mouillé avec de l'eau et sucré ("Toufame") constitue le breuvage de choix des Foulbés.

La crème est généralement récupérée par les ménagères après un écrémage délicat pour fabriquer du beurre cru qui est ensuite cuit : "Nebam Sirmé". Ce produit très apprécié par les populations est vendu et l'argent de la vente reste à la ménagère.

Enfin, les produits de cueillette sont accessoirement sollicités : leur consommation est difficile à apprécier : le "lalo" (poudre de feuille de baobab séchée, *Adansonia digitata* est utilisé comme liant dans le couscous ainsi que dans tout le Sénégal d'ailleurs (1)). Les feuilles de casse fétide ("Hako oulo" (2) (*Cassia tora*) sont consommées fraîches en hivernage, séchées et cuites en saison sèche ; les éleveurs consomment également les feuilles de haricot dolique ("Hako niébé") : les fruits les plus appréciés sont les jujubes (baies de *Ziziphus mauritiana*) en début de saison sèche, de "tiéré" (*Sclerocarya birrea*) et de "gidjili" (*Boscia senegalensis*) en fin de saison sèche.

La pulpe du "pain de singe", fruit du baobab (*Adansonia digitata*) est utilisée en infusion à des fins thérapeutiques. On ne peut clore ce paragraphe sans parler du thé. Le thé, d'introduction récente, est apprécié par les éleveurs ; les adultes en prennent trois fois par jour en moyenne, il a un grand rôle social et dans une certaine mesure il peut servir d'indication de niveau économique. Il n'a lui-même aucun intérêt nutritionnel, par contre, le sucre avec lequel il est bu représente 6,5 p.100 des calories d'une ration moyenne, ce qui n'est pas négligeable.

### 1.3 - Méthodologie des enquêtes

La méthodologie des enquêtes nutritionnelles et des enquêtes de consommation alimentaire a été exposée en détail lors d'un séminaire sur l'état nutritionnel de la population rurale du Sahel (3).

Rappelons succinctement que :

1. Les enquêtes de consommation alimentaire sont des enquêtes familiales par pesée : un enquêteur séjournant 5 jours dans une famille va peser tous les aliments consommés, la préparation des plats, les plats finis avant consommation et les restes. Il note également la présence des différents rationnaires aux repas et l'activité physique des sujets de plus de 15 ans. Ces résultats sont ensuite enregistrés sur un support informatique et traités à Dakar.

---

1 : BENEFICE E. et coll. - 1981

2 : TOURY J. et coll. - 1960

3 : CHEVASSUS AGNES S. - 1981

Le calcul de la valeur énergétique de la ration et de la quantité de différents nutriments consommés est effectué par famille, de même, les besoins évalués selon les recommandations des experts FAO/OMS (4) à partir des caractéristiques physiologiques de différents individus.

2. Les enquêtes nutritionnelles : l'approche est également globale - chacun des membres de la famille est examiné médicalement, et subit des mesures anthropométriques (poids, taille, périmètre du bras, pli cutané tricipital, périmètre cranien). Dans deux enquêtes, nous avons effectué en plus, un prélèvement sanguin (à la pulpe du doigt pour les jeunes enfants, veineux pour les autres) et réalisé les analyses biologiques suivantes : hémoglobine, hématocrite, albumine, préalbumine, transferrine, fer sérique.

Les chefs de famille ont été interrogés sur leur situation sociale et économique et les mères sur leurs maternités et la santé des nourrissons.

## 2. Résultats

### 2.1 - Résultats globaux

#### A. Consommation alimentaire :

Le tableau 14 donne les résultats globaux des quatre enquêtes effectuées sur 113 ménages représentant 1452 "unités budgétaires", soit 54 677 rations/jour. Les résultats sont donnés en pourcentage de couverture de besoins (5).

Tableau 14 : Couverture des besoins alimentaires essentiels, par les éleveurs du Ferlo

Calories et Nutriments	% de couverture **
Calories	109
Protides	213
Calcium	19
Fer	241
Retinol	88
Vit. B1	136
Vit. B2	118
Vit. PP	195
Vit. C	113
Folates	37
Vit. B12	269
Zinc	44
Mg	623
Cuivre	136

\*\* % de couverture =  $\frac{\text{apport observé}}{\text{apport recommandé}} \times 100$

4 - FAO, 1970

5 - CHEVASSUS Agnès S, 1981

Le tableau montre que les besoins énergétiques moyens sont couverts (2323 calories - soit 9,72 MJ) bien qu'étant un peu en dessous du seuil recommandé qui est de 110 p.100.

Les besoins moyens ne sont pas couverts en rétinol, en folates et en zinc. Nous verrons qu'ils ne le sont pas toujours en vitamine C.

Si l'on analyse la part prise par les différents aliments dans cette couverture, on voit que :

Les céréales (mils, riz, essentiellement, maïs rarement) apportent 58 p.100 de l'énergie, 45 p.100 de protides et des nutriments importants de la ration (phosphore, fer, vitamine B1, vitamine PP).

Les laitages sont la deuxième catégorie d'aliment par leur importance puisque les quantités moyennes consommées de lait sont de 520 g par jour, ce qui peut signifier la consommation de plus d'un litre par jour par les adultes en certaines périodes, les laitages apportent 18 p.100 des calories, 22 p.100 des protéines et contribuent à améliorer la qualité protéique des repas, ils apportent encore 60 p.100 de la vitamine B2, 40 p.100 de la vitamine A et 68 p.100 du calcium.

Les tubercules et les légumineuses sont très peu consommés.

Légumes et fruits également peu consommés sont une source essentielle de caroténoïdes et de vitamine C (J. TOURY 1960).

Les corps gras sont apportés en petites quantités ; le beurre local est généralement vendu et ne profite pas à la famille ce qui est une perte nutritionnelle car l'écémage du lait lui enlève une grande partie de son rétinol ; heureusement celui-ci est rarement parfait.

Viandes et poissons sont très peu consommés : le poisson est utilisé pratiquement comme condiment dans les sauces ; la viande est mangée lors des fêtes ou lorsqu'une bête doit être abattue. Les familles Maures, marginales dans notre échantillon, sont cependant de grandes consommatrices de viande.

#### B. Enquête nutritionnelle

Nous indiquons succinctement les résultats principaux de l'enquête nutritionnelle de mars 1980 qui a servi de base pour classer les familles :

a) *L'examen clinique* a montré quelques indices de malnutrition protéino-énergétique (MPE) chez les jeunes enfants : 1 cas de chevelure terne, 3 cas de dyspigmentation, 15 cas de fonte musculaire, 4 cas d'hépatomégalie, 18 cas de ballonnements abdominaux très importants ; d'hypovitaminose A : 1 cas de xerodermie, cependant aucune lésion oculaire attribuable à l'hypovitaminose A n'a été relevée ; d'hypovitaminose C : 2 cas de gencives spongieuses, enfin 25 cas d'anémie clinique ont été notés : pâleur conjonctivale avec ou sans signes cardio-vasculaires.

On voit que l'exploration clinique fournit des données assez limitées pour quantifier la malnutrition, cependant c'est un indicateur de gravité de celle-ci ; les signes cliniques apparaissent dans les carences graves, et, pour les avitaminoses, c'est actuellement encore le seul critère utile pour déterminer leur effet réel sur l'homme en l'absence de tests fonctionnels simples et utilisables sur le terrain et dans l'impossibilité de pouvoir réaliser une épreuve thérapeutique.

L'anthropométrie et le laboratoire portatif de "brousse" dans le domaine respectif de la M.P.E. et des anémies permettent d'apprécier la prévalence de ces affections et de les classer.

#### b) La malnutrition protéino-énergétique

Le tableau indique les différents grades de malnutrition en fonction du "poids pour la taille" (écart du poids observé au poids moyen d'une population de même taille) selon les indications de JELLIFFE (1) et WATERLOW (2), la référence choisie est celle de NCHS proposée par l'O.M.S. (3).

Le terme de référence étant dans notre esprit, ainsi que le souligne WATERLOW (4) d'ailleurs, totalement neutre : il n'indique pas un but à atteindre mais permet de classer ces populations à des fins de normalisation et comparaison internationale.

Tableau 15 - Poids pour la taille des enfants

% de P par T	≤ 69	70-79	80-89	≥ 90	Total
Grades	3	2	1	0	
0 - 5 ans G	0	3	13	44	60
0 - 5 ans F	0	1	13	40	54
6 - 9 ans G	1	2	12	8	23
6 - 9 ans F	1	5	12	17	35
10 -14 ans G	0	3	10	8	21
10 -14 ans F	2	8	23	7	40
					(233)
Total %	1,7	9,4	35,6	53,2	(100)

- 
- 1 - in Anonyme 1973
  - 2 - in Oumar BA 1976
  - 3 - in PALES 1951
  - 4 - in TOURY 1961

Dans cette classification, 1,7 p.100 des sujets sont de grade 3 (grave) et 9,4 p.100 de grade 2 (modérée). La prévalence globale de la MPE chez les enfants est donc plutôt faible (10,1 p.100) par contre 35,6 p.100 de ceux-ci sont de grade 1 traduisant une MPE discrète que l'on diffuse à toute la communauté que l'on peut interpréter comme conséquence d'un déficit énergétique chronique.

Les sujets adultes sont considérés comme beaucoup moins sensibles que les enfants à la malnutrition, parce que la mortalité et la morbidité attribuables directement à celle-ci sont très faibles chez eux; on ne peut cependant nier le rôle de leur alimentation sur leur masse corporelle.

Ces populations sont très maigres, les poids moyens allant de  $58,8 \pm 7,3$  kg à 25 ans à  $66 \pm 9,7$  kg à 60 ans en moyenne chez les hommes et de  $54,1 \pm 6,8$  kg à 25 ans à  $58,5 \pm 9,7$  kg chez les femmes à 60 ans (notons que les variations de poids avec l'âge sont inférieures chez les femmes à ce qu'elles sont chez les hommes); les tailles moyennes sont plutôt élevées :  $173,5 \pm 6,5$  cm chez les hommes,  $161,5 \pm 5,7$  cm chez les femmes.

Cette population d'éleveurs correspond bien au type de sahélien maigre et longiligne décrit par les anthropologistes.

### c) Les anémies

On peut établir ainsi la prévalence des anémies selon les valeurs O.M.S. de référence (OMS - 1972).

Tableau 16 : Prévalence des anémies

Age	Nbre de sujets anémiés *	Total
1-5	45	110
6-14	33	115
<u>Hommes</u>	15	102
<u>Femmes</u>		
(non enceintes)	46	139
<u>Total</u>	139	479

Globalement, 29 p.100 de la population totale est anémiée; ce sont les hommes qui sont les moins touchés (14,7 p.100), les femmes (30 p.100) et les enfants 1-5 ans (41 p.100), les plus touchés.

\* Sujets dont la valeur de l'hémoglobine est inférieure aux valeurs O.M.S. (FAO - 1973).

Quelques examens complémentaires permettent de mieux préciser le caractère de ces anémies.

- 22 p.100 de ces anémies sont microcytaires (volume globulaire moyen  $< 80 \mu^3$ )
- 49,5 p.100 de ces anémies sont normocytaires (VGM de 80 à  $100 \mu^3$ )
- 28,5 p.100 de ces anémies sont macrocytaires (VGM  $> 100 \mu^3$ )

Les macrocytaires sont également très fréquentes chez les sujets non anémiés. Elles peuvent être mises en relation avec la carence en folate de l'alimentation représentant la traduction de celle-ci.

Les autres caractères sont les suivants : le fer sérique est abaissé chez les enfants et les femmes anémiées, le pourcentage de saturation de la transferrine toujours très bas est encore significativement abaissé chez les femmes anémiées.

## 2.2 - Etude de facteurs environnementaux associés à la malnutrition

Les facteurs sont : l'impact saisonnier (les fluctuations saisonnières de la situation alimentaire et nutritionnelle étant la traduction biologique palpable de l'emprise du milieu sur l'homme), le type d'élevage pratiqué (qui peut être considéré à la fin comme un indicateur complexe à la fois culturel et économique) et le statut social.

### A. Fluctuations saisonnières

Les différentes enquêtes ont été réparties sur un cycle saisonnier ; il existe deux saisons principales : le D'dungu (saison des pluies ou hivernage) et le Dabbunde (saison sèche) et des saisons intermédiaires ; le dabbundé est en réalité la saison sèche froide (décembre à février) le Ceedu la saison sèche chaude (mars - mai), le Seetto (juin - juillet), la fin de saison sèche ou préhivernage.

Les disponibilités alimentaires, les activités physiques et en conséquence l'état nutritionnel varient au cours de ces saisons.

Le tableau 17 indique les fluctuations saisonnières de l'alimentation.

**Tableau 17:** Taux de couverture (p.100) des besoins par ration/jour (RJ) lors des différentes enquêtes

Période	Juil. 1980	Août 1980	Janvier 1981	Juin 1981
Calories **	100	89	132	114
Protides	181	199	253	189
Calcium	106	198	264	152
Fer	172	122	421	156
Retinol **	32	132	87	60
Vitamine B1	123	102	176	143
Vitamine B2 **	78	115	149	100
Vitamine PP	173	165	238	190
Vitamine C **	13	196	107.	60
Folates **	37	30	45	37
Vitamine B12	174	367	242	193
Zinc **	43	40	50	43
Magnésium	688	399	753	705
Cuivre	142	106	156	148
Nbre U.B. enquêt s	170	373	477	432

On voit que les niveaux de couverture énergétique sont très bas en hivernage, remontant ensuite en saison froide puis s'abaissant à nouveau ; la petite enquête pilote de juillet 1980 est intéressante car elle marque bien la transition. Il existe des variations cycliques pour certains nutriments en particulier le retinol très bas en fin de saison sèche et maximum en hivernage, la vitamine B2 dont les besoins ne sont pas couverts en fin de saison sèche, la vitamine C dont les besoins ne sont pas couverts en fin de saison sèche chaude et fin de saison sèche. Les besoins en folates et zinc comme de juste ne sont jamais couverts.

L'examen détaillé montre que ces fluctuations sont liées à l'utilisation d'aliments différents selon la saison : en saison sèche l'énergie est apportée essentiellement par du mil, en préhivernage et en hivernage, il est remplacé par du riz qui est acheté ; les familles qui n'ont pas un revenu suffisant ne peuvent s'en procurer assez pour compenser leur déficit énergétique. Les couvertures insuffisantes en hivernage concerneront les familles avec peu de ressources monétaires ou ce qui est équivalent dans ce contexte les petits

---

\*\* besoins non couverts

éleveurs, les artisans et les captifs. Les laitages diminuent également au fur et à mesure que la saison sèche s'avance (couverture insuffisante en vitamine B2 en juillet) pour remonter en quantité, en hivernage. Sur le plan alimentaire cela se marque par une baisse de la qualité protéique, de la teneur en vitamine B2, vitamine A et calcium de la ration.

Sur le plan qualitatif, l'hivernage serait au contraire une bonne saison, les niveaux de couverture en rétinoïl et vitamine C y sont à leur maximum, cela est dû ici à l'utilisation de feuilles fraîches (en particulier Hako Oulo), consommées crues mais plus souvent bouillies, ce qui malheureusement entraîne une dégradation de l'acide ascorbique.

Ces fluctuations saisonnières ont une traduction biologique : la situation nutritionnelle des éleveurs varie ; les changements observés sont facilement identifiables par les mesures anthropométriques.

Par souci de simplification, nous présentons les variations de deux paramètres composés : le poids par la taille (P par T) et la circonférence musculaire (CM) calculée selon la formule de JELLIFFE (1)  $CM : PB \times PCT$  (PB : périmètre du bras, PCT : pli cutané tricipital).

**Tableau 18 : Moyennes saisonnière des Poids par Taille (P par T) et des Circonférences Musculaires (CM)**

Age	Critères	Mars 1980	Août-Septembre 1980	Janvier 1981	Juin 1981	F**	effectif	p***
0 - 5	P par T	93,7± 9,5	91,5±10,5	94,9± 9,4	94,4± 9,9	1,6	297	NS
	CM	125,6±10,5	122,2±11,8	125,0± 9,7	130,2± 9,9	3,8	266	S3
6 - 9	P par T	88,0±11,9	89,1±11,4	93,9± 8,2	92,7± 7,6	4,9	245	S3
	CM	141,3±12,2	138,6± 9,5	141,3±10,8	148,2±10,1	11,4	191	S3
10 - 14	P par T	86,2±10,9	83,7± 6,8	88,7± 8,1	89,1± 8,0	4,5	214	S3
	CM	169,3±16,0	161,5±19,7	166,1±23,0	181,4±26,0	6,5	170	S3
Hommes (20 ans)	P par T	87,8±20,6	85,3±11,0	89,3±12,5	88,0±12,0	1,9	338	NS
	CM	236,5±20,6	231,7±17,8	238,7±23,8	247,4±19,2	5,7	277	S3
Femmes (20 ans)	P par T	93,6±13,2	89,3±13,3	92,8±13,1	92,0±12,5	2,4	464	S1
	CM	221,0±25,0	210,3±21,4	215,9±27,4	226,1±20,9	8,1	410	S3

\*\* F = rapport F de l'analyse de la variance

NS = non significatif

\*\*\* P = probabilité

S = significatif

S1 = S à P < 0,05

S3 = S à P < 0,001

Ce tableau montre sans ambiguïté, une baisse de la valeur des paramètres en hivernage, déjà amorcée en fin de saison sèche. Cette dépression étant plus souvent significative pour la CM que pour le CM que pour le P par T. Cette dernière mesure nous est fréquemment apparue d'ailleurs au cours d'autres enquêtes comme moins sensibles que le PB ou le PCT ; mais plus spécifique dans la mesure où la définition de la MPE fait référence à une insuffisance du poids à un standard pour l'âge. Pour certains auteurs, la CM serait un indicateur des ressources protéiques de l'organisme (BENEFICE E., 1980).

En résumé, les fluctuations nutritionnelles se font dans le même sens que les variations de la couverture alimentaire.

#### B. Etude de la couverture alimentaire selon le type d'élevage

Dans notre petit échantillon, on peut ramener les activités des éleveurs à trois types :

- Type 1 - Eleveurs à forte mobilité : ce sont des éleveurs qui vivent en général assez loin des forages et qui n'hésitent pas à se déplacer avec leurs animaux lorsque les pâturages sont insuffisants.
- Type 2 - Eleveurs à faible mobilité : dans notre échantillon, il s'agit de petits éleveurs, pratiquement sédentaires à proximité des forages.
- Type 3 - Eleveurs encadrés par la SODESP : ce sont des éleveurs pratiquant un élevage traditionnel (type 1), généralement mobile donc, mais dont une partie du bétail (les veaux) est commercialisée par la SODESP (Société de Développement de la Zone Pastorale), ils préfigurent peut-être ce que seront tous les éleveurs de la région dans l'avenir. C'est pour cela qu'ils méritent de constituer un groupe à part.

Tableau 19: Type d'élevage et apports énergétiques saisonniers

	Hivernage	Saison froide	Saison chaude
Type 1	2 113 (1) 94 (2) (263) (3)	2 855 145 (228)	2 544 118 (226)
Type 2	1 820 79 (179)	2 371 118 (157)	2 129 101 (106)
Type 3	2 280 107 (93)	2 404 119 (92)	2 501 120 (100)

- (1) Nombre de calories  
 (2) % Couverture énergétique  
 (3) Nombre d'UB

La couverture est plus régulière dans le type 3 ; par contre les apports sont globalement plus élevés dans le type 1 et les plus médiocres dans dans le type 2.

Les valeurs interrégissent avec d'autres variables, en particulier la taille du troupeau (les éleveurs : les plus mobiles ont le plus gros troupeau) et le revenu monétaire (les éleveurs encadrés par la SODESP ont le revenu moyen le plus élevé : 3000 CFA/mois/personne, ce qui leur permet d'acheter les calories manquantes en hivernage).

### C. Etude de la couverture alimentaire selon le statut social

Cette analyse va reprendre sous une forme légèrement différente, les points déjà acquis plus haut.

Tableau 20 : Statut social et couverture alimentaire

Saison	Hivernage	Saison froide	Saison chaude
Peuls	2097	2625	2504
Peuls "nobles"	94 (428)	133 (382)	118 (351)
"matiybés"	1838	2594	2163
"laobés"	81 (107)	129 (95)	98 (81)

La couverture alimentaire des nobles, propriétaires des troupeaux est toujours meilleure que celles des anciens captifs et artisans. Nous n'avons pu faire plus de distinction dans cette deuxième catégorie faute d'effectif satisfaisant mais il semble bien que les artisans soient les plus défavorisés de tous.

## . La santé et les maladies

Epidémiologie de la bilharziose urinaire et étude séro-épidémiologique du paludisme et des tréponématoses

### 1. Méthodologie

#### 1.1 - Caractère de l'échantillon

Au niveau de la zone des forages ont été étudiés les mêmes groupes d'éleveurs que ceux des enquêtes nutritionnelles.

En outre, pour apprécier l'influence éventuelle des forages, ont été étudiés comme témoins trois villages situés à la limite de la zone sylvo-pastorale aménagée et ne possédant pas encore de forages : Nenet, Petel Diegues et Aba, dans le département de Podor, (102 personnes suivies).

Les parasites ont été recherchés dans les urines et diverses analyses immunologiques ont été effectuées à partir des sérums prélevés.

#### 1.2 - Analyses effectuées

##### Bilharziose urinaire :

L'évaluation de la bilharziose urinaire a comporté deux volets :

- le diagnostic parasitologique direct
- l'étude immunologique par la méthode ELISA, à partir des prélèvements sanguins pour l'étude de l'état nutritionnel, effectuée à l'Institut Pasteur de Dakar.

##### Paludisme :

L'étude immunologique était effectuée à partir des mêmes sérums retenus pour la bilharziose : elle fut faite à l'Institut Pasteur de Dakar par la technique d'immunofluorescence indirecte (IFI) sur hématies préalablement sensibilisées au *Plasmodium falciparum*.

##### Tréponématose :

Les sérums recueillis ont été également utilisées pour une étude séro-épidémiologique des tréponématoses (Syphilis endémique ou Bejel), selon la technique d'hémagglutination passive (TPHA) utilisant des hématies de moutons sensibilisées par un ultrasonat de tréponème pâle.

## 2. Résultats

### 2.1 - Bilharziose urinaire

#### A. Parasitologie

Au niveau de la zone des forages, 402 recueils d'urine ont été effectués dont 386 ont pu être examinés.

Sur ce total, on observe 25 cas de présence d'oeufs de *Schistosoma haematobium* dans les urines et 18 cas d'hématurie sans oeufs de *Schistosoma haematobium*.

Sur les 25 cas de présence d'oeufs de *Schistosoma haematobium*, 24 proviennent du forage de Louguere Tioli et des environs (Poram), c'est-à-dire de la zone Sud des forages, tandis que dans la zone Nord (Belel Boguel, Tatki, Vido Tiengoli et Tessekré), à l'exception d'1 cas, il n'a jamais été trouvé de parasites dans les urines.

A Louguere Tioli donc, le seul forage présentant un fort indice d'atteinte bilharzienne, il apparaît que les enfants sont nettement plus parasités que les adultes : entre 0 et 14 ans, près d'1 sujet sur 2 élimine des oeufs de *Schistosoma*.

Par ailleurs, le taux d'infestation des hommes y est environ 3 fois supérieur à celui des femmes.

#### B. Immunité spécifique antibilharzienne

Par forage ou par zone, l'immunologie reflète bien la parasitologie, à savoir que c'est dans les zones où nous avons retrouvé le plus grand nombre d'oeufs de *Schistosoma haematobium* dans les urines, que l'immunité spécifique est la plus positive.

### 2.2 - Paludisme

#### A. Parasitémie

Entre le 22 Août et le 16 Septembre 1980, furent effectués 295 frottis sanguins : seules 4 lames se sont révélées positives (avec *Plasmodium falciparum*) et parmi celles-ci 3 provenaient d'enfants de moins de 14 ans.

#### B. Immunité spécifique anti-paludéenne

. Répartition par zone :

Tant pour les enfants que pour les adultes, le pourcentage de sujets positifs est plus faible dans le Nord (75 p.100) que dans le Sud (88 p.100). Cette différence n'est toutefois statistiquement significative que pour les enfants.

. Répartition par âge :

Il n'y a pas de différence dans la zone Sud entre enfant et adulte, par contre dans la zone Nord, les adultes sont plus positifs que les enfants (79 p.100 contre 63 p.100) avec une différence statistiquement significative.

2.3 - Tréponématose

336 tests immunologiques (TPHA) ont été réalisés. Le pourcentage des sujets positifs est plus élevé dans le Nord (45 p.100) que dans le Sud (38 p.100) et ceci tant chez les enfants que chez les adultes : cette différence est significative.

Les adultes sont beaucoup plus souvent positifs que les enfants (48 p.100 contre 25 p.100), cette différence étant également significative.

3. Discussion

3.1 - Bilharziose urinaire

Les résultats mettent en évidence, dans la région des forages, deux zones nettement distinctes : la zone Nord plus proche du Fleuve, qui peut être considérée comme indemne de bilharziose, et la zone Sud proche de Linguère où l'infestation est relativement importante surtout chez les enfants. La zone sans forage (Nénet, Petel Diégués, Aba) qui avait été retenue comme zone témoin et qui est située dans la zone Nord est indemne également de bilharziose.

La "frontière" entre la zone infestée et la zone non infestée traverse la zone sylvo-pastorale d'Ouest en Est : au Nord, la prévalence de la bilharziose est quasi nulle, tandis qu'au Sud la maladie touche jusqu'à 30 p.100 de la population.

Cette différence est indépendante de l'aménagement hydraulique et particulièrement de la mise en place des forages.

Dans le Nord, même si les éleveurs sont souvent amenés à se déplacer vers le Fleuve (comme dans la zone témoin), ils sont en contact avec des eaux peu ou pas infestées. En effet, dans cette partie du Fleuve (Dagana, Podor), la bilharziose ne sévit qu'à l'état hypo-endémique.

Dans la région Sud, deux hypothèses complémentaires peuvent aider à expliquer la contamination bilharzienne relativement élevée.

- une hypothèse liée à l'homme : en effet, la population est constituée de Peuls (Fafabé, Yalalbé) originaires de la région de Matam, zone où l'incidence de la bilharziose est beaucoup plus importante.

- une hypothèse liée au milieu : les campements suivis se situent le long d'un "affluent" de la Vallée du Ferlo, le Tiangol Louguéré, qui constitue une succession de mares temporaires durant la saison des pluies, et qui seraient éventuellement infestées de bullins "susceptibles d' "hiberner" pendant la saison sèche.

### 3.2 - Paludisme

Le faible indice plasmodique est surprenant (1,4 p.100) étant donné la date des prélèvements, alors que l'immunologie montre que la grande majorité des individus est en contact avec le parasite.

L'étude immunologique permet seulement d'affirmer qu'il s'agit d'une population impaludée, la majorité des sujets (79 p.100) présentant un taux d'anticorps positifs, ce taux étant légèrement plus faible dans le Nord que dans le Sud.

### 3.3 - Tréponématose (Syphilis endémique)

Le pourcentage d'individus présentant une réaction positive est de 45 p.100 dans le Nord de la zone, qui appartient à la région du Fleuve, et de 33 p.100 dans le Sud, qui appartient à la région de Linguère.

Par rapport à deux enquêtes séro-épidémiologiques effectuées par J. RIDET en 1972 et 1975, le fait préoccupant est la prévalence nettement plus élevée que nous avons obtenue chez les enfants, tant dans le Nord que dans le Sud de la zone : en effet dans le Nord, 28 p.100 de nos enfants sont positifs, contre 14 p.100 dans l'enquête de J. RIDET, et dans le Sud nous retrouvons 18 p.100 d'enfants positifs contre 2 p.100 chez J. RIDET.

La syphilis endémique non vénérienne touche donc un pourcentage élevé de la population et semble être en résurgence, ce qui nous porte à faire la même constatation que J. RIDET : "Il y a résurgence de la maladie dont l'évolution a été modifiée par un traitement de masse insuffisant qui élimine un grand nombre de lésions cliniques. Mais le meilleur potentiel infectieux latent est représenté par les taux sérologiques chez les enfants et il est certain que ce potentiel est susceptible de donner lieu à des rechutes cliniques contagieuses".

---

\* Mollusque gastéropode vivant dans les eaux stagnantes et servant d'hôte intermédiaire à *Schistosoma haematobium* sous sa forme larvaire (furcocercaires)

## L'ECONOMIE DU PASTORAT

### Le cheptel et ses potentialités

#### 1. Cadre et objectifs

Dans une région vouée presque totalement à l'élevage, il est important de pouvoir contrôler avec le maximum de précision et de rapidité, le développement du troupeau.

La pression qu'exerce le bétail peut être extrêmement variable d'une année à l'autre. Elle pourra conditionner une détérioration parfois importante de l'écosystème pastoral dans le cas de broutage et de piétinement important et entraîner un déplacement progressif du cheptel vers de nouvelles zones d'accueil.

Dans celles-ci, recommencera le cycle pâturage naturel - animal - gardien de troupeau, qui peut aboutir à terme, soit à une détérioration, soit s'il y a équilibre, à l'installation d'une symbiose pâturage - animal - famille.

La pression qu'exercent les animaux sur le milieu, dépend en majeure partie, de leur effectif et de leurs possibilités de production et de reproduction.

Les recherches entreprises avaient pour objectifs :

- d'élaborer une méthode d'estimation rapide des effectifs bovins, ovins et caprins d'une zone,
- d'élaborer une méthode fiable et rapide d'estimation des principaux paramètres de reproduction,
- d'évaluer le potentiel de croissance des bovins des zones considérées.

#### 2. Déroulement et conduite de la recherche

Les études zootechniques se sont déroulées durant les années 1980 à 1982. Elles comportent :

- deux enquêtes visant à l'estimation des effectifs des zones de Tatki, Tessekré, Belel Boguel et Révane,
- une enquête permanente de suivi de troupeaux échantillon, au cours de laquelle, pendant près de deux ans, tous les événements de la vie de 6 troupeaux bovins (naissance, mort, achats, ventes...), ont été enregistrés.

- une enquête instantanée visant à déterminer les paramètres de reproduction.
- une analyse comparative des diverses méthodes employées.

L'ensemble des travaux n'ont pu être menés à bien que grâce à la collaboration de la Direction des services des productions animales, de la Société de développement de l'élevage dans la zone sylvo-pastorale et des chercheurs du Laboratoire national d'étude et de recherches vétérinaires.

### 3. Interprétation des résultats

#### 3.1 - Estimation des effectifs

##### A. Méthode de comptage

La méthode d'estimation des effectifs par comptage direct près des abreuvoirs permet une bonne évaluation du total des animaux présents dans l'aire de desserte des forages.

Cette méthode est relativement facile à mettre en place pour les bovins, ovins, caprins. Cependant, certaines conditions sont à respecter afin de minimiser les risques d'erreur :

- détermination des axes d'arrivée des troupeaux
- observateur toujours dans une direction perpendiculaire à l'axe de passage du troupeau
- arc de déplacement des dénombreurs à une distance minimale de 150 m des abreuvoirs.

Par tranche d'une demi-heure, les animaux sortant ou rentrant sur le forage sont dénombrés. Cette méthode ne permet pas d'apprécier la proportion de moutons et de chèvres dans un troupeau de petits ruminants.

On a estimé que par cette méthode, une erreur globale de 2,5 p.100 en plus et en moins était faite sur l'estimation de l'effectif total d'une zone.

L'appréciation du nombre de chevaux, ânes et dromadaires, ne peut être faite par comptage direct sur un forage.

##### B. Résultats

Les résultats ont été obtenus à partir des comptages directs effectués sur les forages de Tessekré, Tatki, Belel Boguel et Révane, lors des deux enquêtes spéciales et à partir de diverses enquêtes faites auprès des éleveurs, lors des missions de terrain de J.F. MEYER, D. PLANCHENAU et lors de l'enquête permanente de suivi de troupeaux (enquête L.N.E.R.V., responsable J.P. DENIS).

Il est possible de tracer pour chacun des forages étudiés et quel que soit le jour de comptage, une courbe en "S". C'est-à-dire que, pour les forages ayant donné lieu à un comptage, et en généralisant à l'ensemble de la zone d'étude :

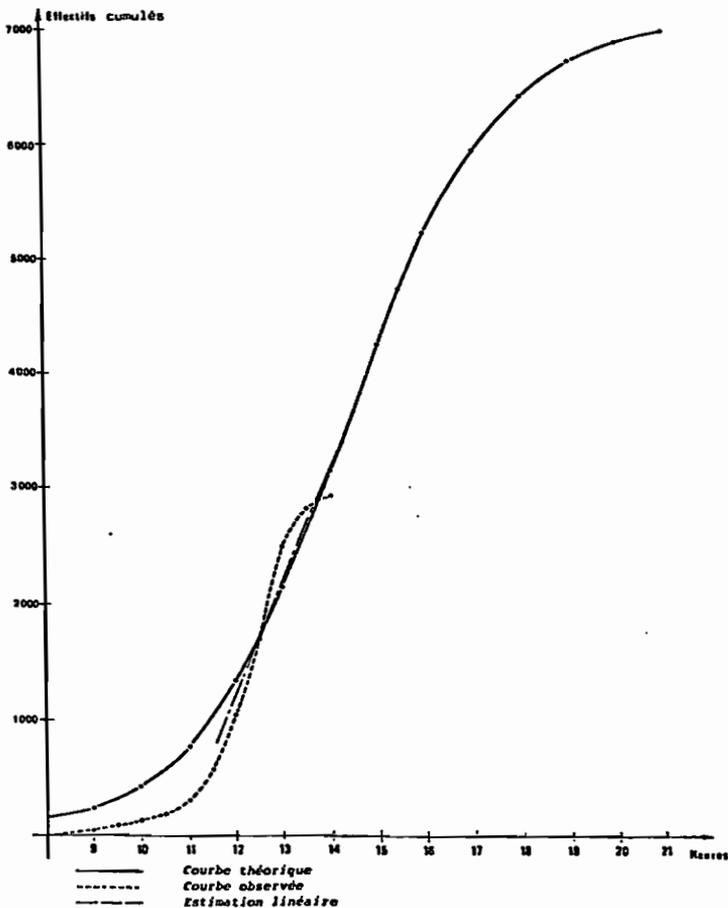
- il n'existe pas de jour préférentiel d'abreuvement pour un forage,
- il existe une courte période (2 à 3 heures) pendant laquelle la majorité des animaux arrive.
- l'effectif relevé à un jour  $j$  n'influe pas sur celui enregistré au jour  $j + 1$ .

On peut donc admettre qu'un comptage ponctuel effectué sur un forage ne dépend que de ce forage et de l'heure à laquelle il est effectué.

Les relevés ont permis de montrer que la période d'arrivée massive des animaux sur les lieux d'abreuvement se situait :

- entre 7h et 10h à Tessekré
- entre 10h30 et 14h à Tatki
- entre 10h30 et 13h à Belel Boguel

Figure 27: Comparaison des courbes théoriques et observées



Grâce à ces observations et aux hypothèses théoriques suivantes :

- l'ensemble des bovins d'une zone vient boire pendant un temps indéterminé;
- une fois entrés dans l'aire de comptage, les animaux ne ressortent plus (effectif cumulé);
- le temps "zéro" est le zéro heure d'un jour quelconque pris pour effectuer le comptage. A cet instant, le nombre de bovins est de 1;
- durant une période de quelques heures, la vitesse de remplissage de l'aire de comptage peut être considérée comme constante et égale à la pente de la courbe en "S" théorique au point d'inflexion;
- la meilleure estimation, à partir de la courbe d'observation, d'un point se situant sur la courbe théorique est proche du pic de la courbe d'effectif cumulé. Le temps pour l'atteindre n'excède pas la durée pendant laquelle la vitesse de remplissage est constante;

il est possible de déterminer un nombre maximum de bovins présents dans une aire de desserte d'un forage considéré.

L'ensemble des calculs est aisément programmable sur les petites calculatrices classiques.

L'équation de base est :

$$l = 2T e^{-\frac{9p t(2/3)}{2T}}$$

où T est l'effectif total de la zone considérée.

$t(2/3)$  est une date théorique qui correspondrait à l'heure à laquelle les 2/3 de l'effectif total d'une zone seraient sur le forage s'il n'y avait pas de départ.

p = pente de la courbe observée durant la courte période d'arrivée massive des animaux ; période qui caractérise le mieux un forage déterminé.

Cette étude nous permet de donner une estimation des effectifs d'une zone sans tenir compte du rythme d'abreuvement. Cependant, les animaux doivent s'abreuver rapidement. Si l'arrivée des animaux est constante en fonction du temps (forage type Revane), l'estimation n'est pas possible.

Il est donc possible de dénombrer rapidement l'effectif bovin maximum présent dans une zone. La précision est suffisante pour prendre des décisions rapides sur la gestion du troupeau en fonction des nécessités du moment.

Une étude similaire sur les petits ruminants serait importante pour permettre de cerner aussi rapidement les effectifs. Ceci n'a pu être fait. Seuls les comptages directs peuvent être retenus.

Les effectifs estimés pour les forages de Tatki, Tessekré et Belel Boguel sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau 21** : Estimation des effectifs des aires de desserte des forages étudiés :

Région	Espèce	Intervalle donné max. (h)	Pente	Pic (h)	T (tête)	UBT
Tatki	BV	12 - 14	977	14	7 350	5 880
	P.R.	11.30 - 14	1 945	14	14 100	2 115
Tessekré	BV	8.30 - 11	688	11	4 600	3 680
	P.R.	7.30 - 10	1 614	11	9 950	1 492
Belel Boguel**	BV	10.30 - 13.30	755	14	6 150	4 920
	P.R.	12.30 - 13.30	1 100	13.30	7 950	1 193

\*\* d'après comptage MEYER (1980)

On en déduit facilement la charge de ces zones :

$$\text{Tatki} \quad \frac{69\,000 \text{ ha}}{7\,995 \text{ UBT}} = 8,6 \text{ ha/UBT}$$

$$\text{Tessekré} \quad \frac{77\,000 \text{ ha}}{13\,630 \text{ UBT}} = 14,8 \text{ ha/UBT}$$

$$\text{Belel Boguel} \quad \frac{37\,000 \text{ ha}}{6\,113 \text{ UBT}} = 6,0 \text{ ha/UBT}$$

### 3.2 - Etude des paramètres zootechniques

#### A. Structure des troupeaux

Il a été possible d'appréhender la structure des troupeaux à partir de l'enquête menée auprès de 26 éleveurs pris dans la région de Tatki, Tessekré et Belel Boguel, en regardant le devenir des descendants des 226 femelles bovines enquêtées représentant un total de 560 mises bas et à partir de l'enquête de suivi.

On peut admettre qu'au cours d'une période de cinq années sur 100 veaux mâles naissant à l'instant 0 :

- 15 mourront
- 35 resteront dans le troupeau
- 50 seront vendus

Compte-tenu du rapport mâles-femelles de tout âge, qui est de 32 p.100, il a été admis que 11,2 p.100 du troupeau bovin sont composés des mâles reproducteurs, supposés d'un âge supérieur à 5 ans. Cette proportion correspondrait à un mâle reproducteur pour 20 femelles.

D'après le suivi, les éleveurs possédant plus de 20 femelles, ont un mâle de remplacement.

La répartition observée des femelles gestantes est la suivante :

- femelles gestantes de moins de 5 ans	2 p.100
- femelles gestantes de 5 à 9 ans	60 p.100
- femelles gestantes de plus de 9 ans	38 p.100

Ce type de répartition est le signe d'un troupeau reproducteur actuel relativement vieux.

#### B. Taux de mortalité

Chez les bovins du Ferlo, 78 p.100 de la mortalité globale sont observés entre 0 et 1 an. On peut retenir pour les mâles comme pour les femelles un taux de mortalité entre 0 et 1 an de 10 p.100 et de 2 p.100 pour les autres classes d'âge.

Cependant, pour les troupeaux encadrés par la SODESP, un taux de mortalité significativement inférieur est enregistré grâce à l'apport d'une alimentation complémentée.

#### C. Commercialisation

Comme nous l'avions noté précédemment, les enquêtes ont montré que 50 p.100 des mâles nés dans le troupeau sont commercialisés avant l'âge de 5 ans.

- 13 p.100 entre 1 et 2 ans
- 77 p.100 entre 2 et 3 ans
- 10 p.100 après 3 ans

Aucune commercialisation n'a lieu avant 1 an. Le taux de commercialisation relativement élevé des mâles après 3 ans comprend aussi la commercialisation des mâles de réforme.

Dans la région de Tessekré, zone d'activité de la SODESP, nous trouvons un âge moyen au destockage de 1 an 2 mois. Il semble que les éleveurs enquêtés ne sont que peu encadrés par la SODESP qui incite les éleveurs à vendre entre 1 et 2 ans et non entre 2 et 3 ans, comme c'est le cas dans notre échantillon provenant de Tatki et Belel Boguel.

La commercialisation des femelles est faible puisqu'elle est nulle entre 0 et 2 ans, de 7 p.100 entre 2 et 3 ans et estimée à 1 p.100 de 3 ans à l'âge de réforme. Cet âge de réforme est difficile à approcher. Sur les 226 vaches ayant eu au moins une gestation, prises au hasard et enquêtées dans la population, 78 p.100 avaient entre 5 et 10 ans, mais 4 p.100 des vaches avaient plus de 15 ans.

#### D. Etude de la croissance

Le poids à la naissance des veaux, enregistré dans la région de Tessekré \* est d'environ 25 kg. Ce poids plus qu'honorable :

$$(P_n = 24,84 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg})$$

est tout à fait comparable à celui observé sur les zébus Gobra sélectionnés du C.R.Z. de Dahra.

Ce poids confirme l'action de la SODESP dans cette zone. Il est, en effet, fort probable qu'un poids nettement inférieur soit enregistré dans une zone non encadrée.

Une étude des facteurs pouvant entraîner un biais dans l'estimation du poids de naissance permet de corriger quelque peu cette estimation et surtout la valeur du gain moyen quotidien entre 0 et 200 jours et de calculer les valeurs suivantes :

- Poids naissance : 20 kg  $\pm$  2 kg
- GMQ 0-200 j : 270 g/j  $\pm$  20 g/j

L'analyse des données recueillies par la SODESP a permis de mettre en évidence un âge moyen au destockage de 413 j (1 an 2 mois) à un poids moyen de 150 kg.

L'action de la SODESP incite les éleveurs à destocker plus rapidement. Ce destockage rapide, favorisé par une complémentation, va vers une utilisation optimale des potentialités fourragères du Ferlo.

Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les animaux nés à des mois différents pour les poids entre 1 an et 1 an et demi.

---

\* Données communiquées par la SODESP

Cependant, il est apparu que les animaux qui naissent en septembre - octobre - novembre, valorisent mieux les ressources fourragères à partir de 18 mois.

Dans une politique d'abattage systématique, ces animaux de 18 mois présenteront un poids significativement supérieur aux autres.

En cas de destockage vers 100 kg et réengraissement, il n'est pas nécessaire de tenir compte du mois de naissance et donc de favoriser certaine saison de monte.

#### E. Les paramètres zootechniques de la reproduction

L'évaluation des paramètres de la reproduction a été faite d'après les résultats du suivi permanent des 6 troupeaux de la région de Tatki et de Tessekré et de l'enquête auprès des 26 éleveurs de la région de Tatki - Tessekré et Belel Boguel.

La mise au point d'une méthodologie d'enquête rapide permettant d'appréhender les paramètres de reproduction des bovins était fondamentale pour connaître les perspectives de développement du troupeau.

Ce type d'enquête doit être rapide, fiable et non contraignante pour l'éleveur. Les résultats globaux sont satisfaisants.

##### a) *Période de naissance :*

Le maximum des naissances est enregistré pendant l'hivernage puisque près de la moitié des naissances ont lieu durant cette saison. La saison des vêlages débute au mois de juin pour se terminer au mois d'octobre. Entre ces deux périodes, 73 p.100 des naissances sont réalisées.

##### b) *Taux d'avortement .*

Ce taux est relativement faible (6,2 p.100). D'après le suivi, ce taux est encore plus faible puisque trois troupeaux sur cinq n'ont pas enregistré d'avortement en 1980 et 1981. Pour les deux autres troupeaux, sept avortements ont été signalés pour un total de 117 femelles en âge de reproduire. Ces résultats donnent un taux d'avortement de 3 p.100.

Il faut cependant se souvenir que les éleveurs ont tendance à oublier ou "à ne pas voir" les naissances ne donnant pas un produit viable et que les avortements précoces passent inaperçus. Seul, l'intervalle entre deux vêlages permet d'apprécier véritablement ces avortements.

c) Age à la première mise bas :

L'âge à la première mise bas est de 4 ans 6 mois  $\pm$  2 mois.

d) Taux de fécondité :

L'étude de l'âge des femelles à différentes mises bas a donné les résultats suivants :

- 1ère mise bas à 4 ans 6 mois  $\pm$  2 mois
- 2ème mise bas à 6 ans 3 mois  $\pm$  3 mois
- 3ème mise bas à 8 ans 1 mois  $\pm$  5 mois
- 4ème mise bas à 9 ans 7 mois  $\pm$  7 mois

Il est apparu intéressant de regarder la répartition en fonction de l'âge de 100 premières, deuxièmes ou troisièmes mises bas. On remarque un étalement des mises bas. 75 p.100 des premières mises bas se font entre 3 et 6 ans ; 75 p.100 des deuxièmes mises bas se font entre 5 et 9 ans et 75 p.100 des troisièmes mises bas entre 6 et 10 ans.

Cette distribution très pointue des premières mises bas par opposition à la répartition plus étendue des deuxièmes et troisièmes mises bas, laisse sous-entendre des retours en chaleur plus difficiles ou des avortements précoces et cela de façon importante.

A partir de l'ensemble des données recueillies au cours de l'enquête instantanée, diverses méthodes de calcul qui ont été discutées, permettent de tenir compte des principaux biais introduits par la méthodologie de l'enquête elle-même (poids important accordé aux premières mises bas, introduction de femelles ayant effectivement mis bas, considération des femelles stériles).

Selon le mode de calcul, des estimations très différentes sont obtenues. Il s'agit en fait de méthodes maximisant ou minimisant un taux de fécondité global.

On peut retenir un taux de fécondité de 53 p.100 compris dans l'intervalle 76 p.100 et 37 p.100 (maximum maximorum - minimum minimorum).

Sur l'ensemble des données trouvées sur les bovins du Ferlo, il a été possible de mener une étude théorique qui a permis de moduler les chiffres trouvés sur le terrain.

On peut retenir les chiffres suivants :

- Pourcentage de mâles dans le troupeau		[25-32 p.100]
- Mortalité des mâles entre 0-5 ans		15 p.100
- Mortalité des mâles entre 0-1 an		10 p.100
- Taux d'avortement		5 p.100 [3 - 6,2 p.100 ]
- Femelles gestantes de moins de 5 ans		2 p.100
- Femelles gestantes de 5 à 9 ans		60 p.100
- Femelles gestantes de plus de 9 ans		38 p.100
- Taux de vente des mâles		
	entre 1 et 2 ans	13 p.100
Sans encadrement	entre 2 et 3 ans	77 p.100
	après 3 ans	10 p.100
- Taux de vente des femelles		
	entre 0 et 2 ans	0 p.100
	entre 2 et 3 ans	7 p.100
	entre 3 et 7 ans	4 p.100
	plus de 7 ans	20 p.100
- Poids de naissance		20 kg ± 2 kg
- GMQ 0-200 j		270 g/j ± 20 g/j
- Age à la première mise bas		4 ans 6 mois ± 2 mois
- Taux de fécondité		53 p.100 [40-60 p.100 ]
- Taux de stérilité globale		voisin de 40 p.100

#### 4. Conclusion

Une méthode rapide, par comptage unique sur un forage, d'estimation des effectifs d'une aire de desserte des forages a été mise en place.

Grâce à l'emploi de petits calculateurs, il sera possible après un comptage d'une journée, d'évaluer avec une précision satisfaisante, les effectifs des bovins, ovins et caprins d'une zone d'influence d'un forage déterminé. Cette évaluation serait une aide appréciable aux décisions.

Sur les zones d'étude, une charge de 10 ha/UBT a été trouvée en moyenne. Cette charge relativement satisfaisante ne tient pas compte, étant donné les périodes d'étude, du bétail de passage, notamment en provenance de la Mauritanie. Il serait intéressant de chiffrer l'importance de ces troupeaux qui, à eux seuls, peuvent expliquer les variations importantes dans l'estimation des effectifs et de savoir dans quelle proportion le Ferlo demeure une zone d'accueil.

Cette exploitation, semble-t-il, satisfaisante des pâturages, se retrouve lors de l'estimation des paramètres zootechniques. Le poids des bovins à la naissance (20 kg) est plus qu'honorable. Cette croissance s'est dégagée complètement des effets saisonniers, puisqu'on observe un GMQ de 270 g/j entre 0 et 200j.

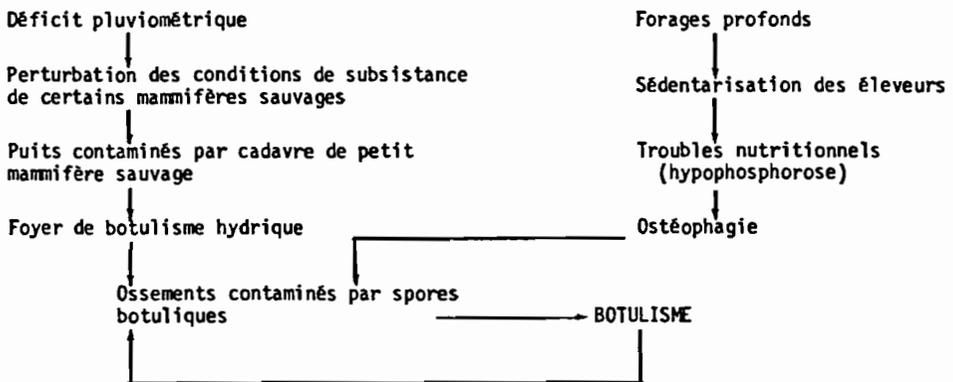
Mais si l'éleveur du Ferlo maîtrise au mieux son pâturage et par là même, le potentiel de croissance de ses animaux, il semble que les problèmes de reproduction ne soient pas maîtrisés : âge au premier vêlage tardif (4 ans 6 mois), taux d'avortement important (5 p.100), taux de fécondité faible (inférieur à 50 p.100). En conséquence, les possibilités réelles des femelles ne s'expriment guère avant 5 ans. Une proportion importante de femelles stériles sont gardées dans le troupeau, ce qui se traduit par un vieillissement global du troupeau reproducteur. C'est dans ce domaine que des progrès doivent être obtenus.

## . La pathologie du cheptel du Ferlo

### 1. Le botulisme

L'apparition du botulisme dans le Ferlo à partir des années 1960 doit être certainement liée à celle de foyers de botulisme hydrique. Ce sont ces derniers qui ont introduit massivement la composante *Cl. botulinum* dans des troupeaux prédisposés à l'ostéophagie par un état nutritionnel déficient qualitativement. On est en droit de supposer que le déficit pluviométrique a perturbé les conditions de vie de petits mammifères sauvages qui, se rapprochant des puits, ont, par noyade, contaminé certaines eaux d'abreuvement.

La liaison entre la sédentarisation des éleveurs, la sécheresse et l'extension du botulisme peut se résumer dans le schéma suivant (figure 28) :



### 2. Les Trématodoses

Dans cette zone à réseau hydrographique inexistant, les points d'eau sont rares et sont constitués par des mares temporaires naturelles ou aménagées, alimentées par l'eau de pluie. Ces mares, quand elles existent, sont d'une forte fréquentation humaine et animale. Les prospections dans toute la zone ont permis d'identifier dans certaines localités (Diourbel, Dhara, Linguere, Labgar) deux espèces de mollusques : *Bulinus guernei* plus abondants, localisés dans certaines mares et *Bulinus forskalii* en plus petit nombre mais se rencontrant dans presque toutes ces mares.

Dans l'ensemble, une grande quantité de mollusques a été récoltée (surtout *Bulinus guernei*) mais ils sont tous négatifs en ce qui concerne leur infestation par les stades larvaires des trématodes.

En prospection au niveau des abattoirs de la région, les trématodoses sont rares ou inexistantes. En mai, quelques cas de trématodoses ont été observés chez les bovins de Diourbel : Dicrocoeliose 7/30 : Schistosomose 2/30 et Paramphistomose 4/30. A Linguere, il a été observé 2/6 cas de Schistosomose. Aucun cas de Distomatose n'est signalé.

### 3. Le parasitisme gastro-digestif chez les bovins

Le parasitisme par les strongles digestifs est constant toute l'année, mais les degrés d'infestation sont faibles en saison sèche, élevés en hivernage.

Le parasitisme par les anguillules existe uniquement pendant l'hivernage.

Le parasitisme par les coccidies est constant toute l'année mais les degrés d'infestations sont modérés.

En conséquence, la prophylaxie devrait uniquement s'effectuer par vermifugation régulière des animaux une fois par an, en saison des pluies avec pour cible : les strongles digestifs et les anguillules.

## . Les pasteurs et leur cheptel

### 1. Le troupeau familial

#### 1.1-Statut juridique

##### A. Composition du troupeau familial

La production pastorale chez les Peul du Ferlo se fait au sein du "gallé" qui, nous l'avons vu, constitue chez les pasteurs l'unité socio-économique de base. L'unité de production et de consommation que représente le "gallé" se traduit par l'exploitation commune d'un même troupeau bovin. Ce troupeau est géré collectivement, mais les animaux sont appropriés individuellement par les membres du gallé ou des personnes extérieures : amis, parents, paysans.

Le troupeau est composite et comprend quatre parts :

- les "gorwori" ou bovins possédés en propre par le "diom gallé" (chef de gallé),
- les "téniedji", c'est-à-dire les animaux donnés par le "diom gallé" à sa ou ses femmes lors du mariage,
- les "diomtinadji", animaux qui appartenaient aux épouses antérieurement à leur mariage et qui leur ont donc été donnés par leur père,
- les bovins des enfants et des parents mariés vivant dans le gallé.

La part de ces différentes catégories est inégale : les gorwori sont souvent peu nombreux car c'est dans ce stock que puise le chef de gallé pour doter sa femme et ses enfants. Le troupeau familial est en fait surtout composé de "téniedji".

##### B. Gestion du troupeau familial

Le "diom gallé" prend toutes les décisions importantes concernant la conduite du troupeau (transhumances, pâturage, vaccinations) mais il ne peut disposer librement que des gorwori et des animaux cédés à ses jeunes enfants. Pour vendre le bétail de sa femme ou des hommes adultes du gallé, il lui faut l'autorisation des propriétaires, qui est rarement refusée dès lors que la vente correspond à l'intérêt commun (achats de mil par exemple).

Quant aux animaux confiés, seule la production laitière revient au "gallé".

Le petit cheptel obéit à peu près aux mêmes règles mais il échappe le plus souvent à la gestion du "diom gallé".

C. Le rapport cheptel/population

**Tableau n° 22 - Estimations du troupeau exploité par Gallé en 1978 (Arrt de Tilé Boubakar)**

	Bovins	Ovins-Caprins	Eov/hab	Ov + Ca/hab
Peuls Walo	18	69	2,2	8
Peuls Diéri	39,2	34	5	4,2
Moyenne générale	22,2	51	2,6	6,2

Les chiffres ci-dessus ne représentent que des moyennes.

La différence entre Peuls Walo et Peuls Diéri reste sensible et traduit le degré différent de pastoralisme entre les deux groupes.

1.2 - L'exploitation du bétail

A. Le lait

Le lait est consommé sous forme de lait frais, lait caillé et beurre.

Outre la consommation familiale qui a été étudiée au chapitre Nutrition, le lait et ses dérivés font l'objet de transactions commerciales surtout en hivernage, résumées dans les tableaux suivants :

**Tableau n° 23 - Nombre moyen de laitières par Gallé en 1980-1981 (5 forages enquêtés)**

	Belel-Boguel	Tatki	Vido T	Tessekré	Louguere T	Moyenne
Hivernage 1980	6	6,7	13	11	7,8	9
S.sèche 1981	4,5	5,2	8	8	5,4	6,2

Tableau n° 24 - Fréquence des ventes (Nbre de Gallé)

Forages	Belel Boguel	Tatki	Vido T	Tessekré	Louguéré Tioli	Total
<u>En hivernage</u>						
1 fois/semaine	10	5	-	3	2	20
2 fois/semaine	8	10	20	12	7	57
3 fois/ mois	-	1	-	1	-	2
2 fois/ mois	-	1	-	-	-	1
1 fois/ mois	-	-	-	-	3	3
Total gallé	18	17	20	16	12	83
<u>En saison sèche</u>						
1 fois / semaine	4	3	11	8	4	30
3 fois / mois	3	2	-	1	2	8
2 fois / mois	-	1	1	2	-	4
1 fois / mois	1	-	1	1	1	4
Total gallé	8	6	13	12	7	46

La fréquence des transactions dépend, en plus des variations saisonnières de la production, de la proximité des débouchés, ceux-ci étant d'autant plus importants qu'il existe des populations d'agriculteurs sédentaires (Ouolof, Harratine) ne possédant pas de bétail, non loin des forages. C'est le cas pour les forages situés aux limites du Ferlo et de la Vallée, comme Belel Boguel, ou du Ferlo et du Djolof, comme Louguere Tioli. Par contre, pour les forages situés au centre du Ferlo, le problème des débouchés se pose continuellement.

Bien que les quantités vendues soient très variables, on peut estimer que les ventes de beurre par Gallé et par transaction se situent entre 0,5 l et 1,5 l en saison sèche et entre 1 l et 2,5 l en hivernage. Au total, chaque gallé de la zone étudiée vend en moyenne 13 l de beurre en saison sèche et 37 l en hivernage.

Le faible niveau de l'offre est compensé sur le plan des revenus par des prix élevés, le litre de beurre se vendant en moyenne 500 F CFA en hivernage et 650 F en saison sèche.

## B. Bétail

### a) *La commercialisation :*

#### Les ventes :

Considérée encore comme une économie traditionnelle et repliée sur elle-même, l'économie pastorale est au contraire une économie ouverte dépendant étroitement du marché.

C'est ainsi qu'en 1980-1981, seuls 12 p.100 des gallé n'ont pas vendu de bovins et tous ont vendu quelques têtes de petit bétail.

Dans l'ensemble, les ventes enregistrées par l'enquête paraissent très élevées et représentent sans doute plus de 10 p.100 du troupeau, avec une moyenne de 6,6 bovins et de 25,2 ovins/caprins vendus par gallé (et 13 bovins en moyenne par gallé au forage de Tessekré, point d'intervention de la SODESP).

La composition du bétail vendu est dans ses grandes lignes conforme aux habitudes Peul en matière de ventes : le pasteur vend les animaux qui n'affectent pas ou peu les capacités reproductrices de son troupeau, mâles adultes et femelles stériles ou en fin de production.

C'est ainsi qu'en 1981, 72 p.100 des bovins vendus sont des mâles et 50 p.100 des femelles vendues ont plus de 9 ans.

La plupart des bovins sont vendus pendant la saison froide ("daboundé") suivant l'hivernage ; les ventes restent fortes pendant la saison chaude ("Kyédou"), s'effondrent en période de pré-hivernage ("déménaré") pour reprendre légèrement ensuite.

En "déménaré" la baisse de l'offre correspond au maximum des naissances dans le troupeau bovin et par conséquent à une augmentation de la production laitière : à cette époque de l'année, les pasteurs préfèrent vendre le petit bétail et laisser les bovins reprendre de l'embompoint.

Il en va théoriquement de même pendant l'hivernage proprement dit mais les problèmes de soudure imposent en fait pendant cette période une reprise des ventes de bovins, surtout des mâles, qui représentent 90 p.100 des animaux vendus en cette saison.

D'une manière générale, l'offre Peul reste mal adaptée à la demande, surtout en hivernage qui est la morte saison pour la pêche au Sénégal, et où sur le marché de Dakar, le poisson se fait rare.

Le Peul vend en effet son bétail plus par nécessité que par spéculation en respectant les principes suivants :

- conserver les reproductrices
- sauvegarder la production laitière en ne vendant pas de veaux
- faire le plus d'argent possible avec un minimum d'animaux, c'est-à-dire en vendant les animaux dont les prix sont les plus élevés (mâles de boucherie).

### Les prix à l'éleveur :

Au niveau local, les prix dépendent des facteurs suivants :

- des besoins vivriers et monétaires de l'éleveur qui déterminent le volume de l'offre
- du prix des céréales et des biens importés
- de l'état d'embompoint du bétail vendu (facteur saisonnier)
- du sexe et de l'âge de l'animal vendu (le prix des taureaux augmente régulièrement avec l'âge, celui des femelles adultes évolue peu, les vieilles vaches étant vendues sensiblement au même prix que les génisses de 3 ans).
- du marché de brousse sur lequel se font les transactions (plus ou moins grande concurrence des "dioulas" entre eux).

C'est ainsi qu'en 1981, à Vido Tiengoli, un mâle de 2 ans se vendait de 15 à 20 000 F CFA en saison fraîche, de 12 à 17 500 F en saison chaude, 15 000 F en "déménaré" (période qui précède les pluies) et de 13 à 15 000 F en saison des pluies.

Au même forage et pour les mêmes périodes, un boeuf de 4 ans voyait son prix varier de 55 - 60 000 en saison fraîche à 45 000 en saison chaude, à 50 000 en "déménaré" pour atteindre enfin 65 000 en saison des pluies.

Pour une femelle de 10 ans, toujours au même forage, les prix variaient suivant la saison de 22 000 à 35 000 F CFA.

Pour les petits ruminants enfin, les prix variaient de 6 000 à 9 200 F pour les moutons et de 3 400 à 5 100 F pour les caprins entre la saison chaude et la saison fraîche qui coïncidait avec l'époque de la Tabaski. Mais au forage de Belel Boguel la fourchette était de 4 200 - 4 750 F pour les moutons et de 2 900 - 3 900 pour les caprins.

### Les marchés du bétail :

Il n'y a pas de grand marché de bétail à proprement parler à l'intérieur du Ferlo. Cependant, de petits marchés hebdomadaires se tiennent autour des principaux forages (Tatki, Mbiddi, Ganine Erogne, Vido Tiengoli, Tessekré, Labgar, Louguere Tioli).

Quant aux petits ruminants, ils sont vendus le plus souvent hors du forage, notamment lors des transhumances.

### Les marchands de bétail :

On distingue les "dioula" qui achètent régulièrement d'assez grandes quantités de bovins ou de petit bétail et dont c'est l'activité principale et les "Téfenké" qui n'achètent que du petit bétail de façon saisonnière.

Chacun des forages de la zone d'étude comporte un nombre variable de "dioulas" et de "Téfenké", les plus importants étant ceux de Vido Tiengoli (9 "dioulas" opérant de façon régulière) et de Louguéré Tioli (11 "dioulas" Peul et 3 commerçants Ouolof).

Les petits marchés de la zone sylvo-pastorale fournissent soit directement Dakar, soit les marchés relais du pays Ouolof : Dara, Tiamène, Nguembout.

Les conditions de ventes :

La transaction de vente d'un bovin au forage entre l'éleveur Peul et le "dioula", est en principe sanctionnée par le paiement immédiat. Toutefois, le plus souvent, le dioula ne donne qu'une avance (daouloudé) pouvant aller jusqu'à la moitié du prix convenu, le solde étant acquitté au retour du dioula du marché et dans un délai de 2 à 12 mois au maximum.

Par ailleurs, depuis la sécheresse, beaucoup de Peul préfèrent échanger un mâle contre une ou plusieurs femelles et une somme d'argent complémentaire (par exemple, 1 taureau de 5 ans contre 1 génisse de 2 ans + 18 000 F).

Les animaux achetés par le "dioula" sont regroupés en un seul troupeau ("tioggal") pouvant comprendre entre 15 et 50 têtes de bovins et convoyé par 2 bergers salariés jusqu'à Dakar. A titre indicatif, il faut 10 jours pour aller de Vido Tiengoli à Dakar, chaque berger recevant en plus de sa nourriture et du prix de son voyage retour en taxi-brousse une rémunération de 5 à 7 000 F CFA.

Sur le marché de Dakar, le prix de vente est fixé par les bouchers, qui peuvent acheter tout le "tioggal" mais qui le plus souvent achètent les animaux séparément.

A son retour de Dakar, le "dioula" rachètera parfois des génisses sur les marchés intermédiaires, comme Dara, pour les donner en paiement du solde de sa dette aux Peul dont il est débiteur lorsque ceux-ci ont opté pour l'échange d'un mâle contre une ou plusieurs femelles.

La SODESP :

Le projet de la SODESP a pour but de rationaliser et de développer la production animale, dans toute la région. La production de jeunes mâles pour l'embouche est encouragée exclusivement.

En 1980, une centaine d'éleveurs étaient inscrits au Centre de Tessekré. Les troupeaux sont suivis régulièrement par les agents du Centre qui n'achète que de jeunes mâles selon un tarif au poids : 240 F le kg de 8 à 12 mois, 120 F ensuite.

Les "galle" inscrits à la SODESP de notre échantillon avaient vendu en 1980, 183 bovins (soit 13 par gallé en moyenne) dont 110 (60 p.100) à la SODESP.

Les prix pratiqués par le Centre sont en moyenne deux fois plus élevés que ceux pratiqués par les "dioula". Cependant, le montant des ventes est grevé de charges remboursables au moment du paiement (pierres à lécher, aliments, vaccinations etc..) qui représentent entre 35 et 75 p.100 de la valeur des animaux cédés, en sorte que, pour l'éleveur, le produit de la vente d'un bovin vendu à la SODESP est parfois inférieur à celui d'un bovin vendu sur le marché traditionnel.

### b) Les revenus des ventes de bétail :

En 1980-1981, pour 65 p.100 des gallé enquêtés, on enregistre un revenu par personne allant de 10 à 40 000 F CFA dont 80 p.100 proviennent des ventes de gros et de petit bétail, la moyenne s'établissant à 35 000 F CFA par personne.

Ces revenus sont destinés d'abord à l'achat de céréales, de produits alimentaires importés (sucre, thé), d'habits ; ils servent aussi à acquitter l'impôt sur les personnes, payer les vaccinations pour le troupeau et enfin à faire face aux grosses dépenses occasionnelles (mariages, pèlerinage, etc..)

## 2. Les achats de céréales

### 2.1 - Volume et variations saisonnières des achats

Les achats de céréales pourvoient à la majeure partie de la consommation, le niveau des récoltes apparaissant comme particulièrement faible.

70 p.100 des achats annuels de mil ont lieu en saison sèche, de novembre à mai, tandis que les achats de riz ont lieu surtout en hivernage.

La consommation de céréales peu compressible dépend uniquement du niveau de récolte et des possibilités financières des gallé.

Le tableau ci-dessous donne une idée des achats de mil autour des 5 forages enquêtés ( Tableau n°25 ).

	Belel Boguel	Tatki	Yido T	Tessekré	Louguéré Tioll	Moyenne
Nombre moyen d'hab./gallé (échantillon)	8	8,8	12,5	8,9	11,6	9,9
Besoin en mil estimé (kilo) (1)	956	1 214	1 675	1 220	1 470	1 300
Mil acheté	530	1 130	1 340	1 170	1 360	1 080
% de couverture des besoins par les achats	55	93	80	96	92,5	83

(1) Consommation quotidienne évaluée à 400 g de mil par personne soit 146 kg par personne et par an

Les Peuls de Belel Boguel apparaissent comme les moins dépendants des achats de céréales, du fait qu'il s'agit en majorité de Peul "walo" pratiquant toujours la culture de décrue dans la vallée.

Pour tout le reste de l'échantillon, l'écrasante proportion de mil acheté pour la couverture des besoins familiaux confirme bien la faiblesse de l'apport des cultures de "walo" dans l'économie des Peuls du Ferlo.

## 2.2 - Les sources d'approvisionnement

Entre 45 et 90 p.100 du mil acheté par les Peul sont acquis auprès des commerçants tenant boutique aux forages.

Certains forages toutefois n'ont pas de boutique ou sont insuffisamment approvisionnés et les Peul sont alors contraints de s'approvisionner aux forages voisins mieux pourvus en boutiques comme Tatki, Niassante ou Tessekré.

Il en va de même pour les achats de riz, qui est surtout du riz asiatique importé.

Les boutiquiers des forages s'approvisionnent principalement dans le pays Ouolof (Cayor, Djolof) et Serer (Sine Saloum) avec leurs propres véhicules. Des camions venant de ces régions apportent également du mil aux forages les jours de marché, en saison sèche.

## 2.3 - Les prix

Le cours du mil a une évolution saisonnière très marquée et les prix varient également dans une moindre mesure d'un forage à l'autre.

Le petit mil atteint son prix maximum en début d'hivernage (soudure) et son prix minimum en octobre-novembre (récolte).

Le sorgho de décrue atteint son prix maximum en janvier-février et son prix minimum en fin de saison sèche, au moment de la récolte (mai à Dagana).

Le prix du kilogramme de petit mil varie généralement de 40 à 50 F selon les forages, en novembre-décembre-janvier, pour atteindre partout 75 F en juin-juillet.

Les variations du prix du riz sont beaucoup moins fortes de 90 F en saison sèche à 100 F le kg en hivernage et sont dûes surtout aux difficultés de transport en cette saison.

Comparés à l'évolution saisonnière des prix du bétail, les prix du mil évoluent de façon inverse : juin, juillet, prix maximum du mil (le kg à près de 80 F à Tessekré) prix minimum du bétail (un taureau mâle de 4 ans à un peu plus de 20 000 F à Tessekré), octobre-novembre, prix maximum du mil (50 F le kg à Tessekré), prix maximum du bétail (un taureau mâle de 4 ans à 50 000 CFA à Tessekré).

Au cours de l'année, la variation maximale du prix du bétail est environ deux fois plus importante que celle des prix du mil.

#### 2.4 - L'évolution du pouvoir d'achat de l'éleveur

##### A. L'évolution des ventes de bétail

###### *a) Le niveau de l'offre :*

Pour les bovins, le niveau des ventes a retrouvé son niveau antérieur à la sécheresse de 1972, soit 11 p.100 environ, avec 6,2 bovins par gallé en 1980 contre 5,8 en 1971 (et 1,3 en 1975).

Pour les petits ruminants, par contre, la progression semble beaucoup plus marquée puisque de 2,8 p.r.\*par gallé en 1957, le niveau des ventes actuel (1980) atteindrait 25 p.r. par gallé. Une telle évolution correspond à l'accroissement des troupeaux, des besoins monétaires des pasteurs ainsi que de la demande.

###### *b) Les prix et les revenus :*

L'évolution des cours du bétail au cours des 20 dernières années peut se décomposer comme suit :

- une période de relative stabilité avant 1972 avec quelques hausses conjoncturelles comme en 1971 après la sécheresse de 1968.
- une période de décroissance de 1971 à 1973 en raison du gonflement exceptionnel de l'offre dû à la sécheresse de 1972.
- une période de forte hausse de 1974 à 1976 provoquée par la raréfaction de l'offre après la forte mortalité de 1972-73 (prix multipliés par 3 ou par 4 par rapport à 1971).
- une période de stabilisation à partir de 1977 marquée par l'arrêt de la montée des cours, qui se maintiennent à un niveau élevé.

Les cours du petit bétail ont varié de la même façon que ceux des bovins, mais après 1973 ont augmenté dans des proportions moindres (prix multipliés par 2 pour les ovins et par 3 pour les caprins entre 1970 et 1980).

---

\*\* p.r. = petit ruminant

La crise de 1972-1973 a donc donné un véritable coup de fouet aux prix du bétail qui n'avaient que très peu évolué jusque là.

Quant aux revenus, ils se sont accrus régulièrement. Dans les exemples fournis, ils ont été multipliés par 8 entre 57 et 75 et par 3 entre 75 et 80 :

Années	1957	1969	1971	1975	1978	1980
Revenus par personne et par an (en F CFA)	1 130	7 400	9 600	9 100	18 200	28 500

*c) La composition de l'offre :*

L'évolution des cours du bétail s'est accompagnée d'un changement dans la composition du cheptel bovin offert à la vente. Jusqu'en 1975, les Peul vendaient surtout des mâles adultes (42 p.100 des animaux vendus) et en second lieu des taurillons (28 p.100 des animaux vendus).

Depuis 1978, les proportions sont inversées : les ventes des taurillons sont de l'ordre de 40 p.100 et celles des mâles adultes de l'ordre de 30 p.100 des animaux vendus.

Par ailleurs, on observe une diminution en proportion des ventes des femelles adultes et surtout des génisses après 1972.

Cette tendance est à mettre en rapport avec l'effort de reconstitution du cheptel, l'éleveur désirant préserver toutes ses reproductrices.

Les mâles fournissent non seulement le gros des ventes mais participent aussi à la reconstitution du stock des femelles par le biais de l'échange au point qu'en 1980, les troupeaux Peul sont composés de 76 p.100 de femelles au lieu de 72,5 p.100 en 1971.

. L'évolution de la commercialisation du lait

En 1957, on estimait que 64 p.100 des opérations de troc dans la vallée étaient des échanges lait-mil : les termes de l'échange étaient de 1 à 1,15 en hivernage et de 1 à 1,40 en saison sèche en faveur du mil. Les ventes de lait étaient très limitées : 13 l de lait et 2,3 l de beurre par ménage et par an, soit un revenu de 102 F CFA par personne.

En 1980, si les termes de l'échange sont les mêmes, le prix du lait a augmenté de 50 p.100 et celui du beurre de 20 p.100.

On note également la diminution du trot et la spécialisation dans la vente du beurre.

Les revenus monétaires ont par conséquent suivi. En 1971, ils se seraient élevés à 260 F par personne et par an, en 1980 à 2 400 F par personne.

En 1980, les Peul vendent plus d'animaux et plus de lait, cela pose le problème de l'évolution des prix des biens que le Peul est obligé d'acquérir chaque année.

#### . L'évolution des prix des produits alimentaires

Les prix du petit mil entre 1967 et 1980 ont subi une évolution identique à celle des prix du bétail. Très stable avant 1971, à l'exception des années 1968 et 1969 (+ 50 p.100), le prix du mil connaît une première flambée en 1972-1973 (+ 150 p.100) puis en 1977, année de pénurie également (+ 130 p.100 par rapport à 1975).

D'autre part, si autrefois, après chaque sécheresse, les prix retrouvaient pratiquement leur niveau antérieur, depuis 1976, une série de mauvaises récoltes ont entraîné une élévation de prix durable ; mais les cours élevés depuis 1976 sont aussi à mettre en rapport avec les cours du bétail : le parallélisme de l'évolution des cours du mil et du bétail, malgré un léger décalage dans le temps laisse deviner les liens existants entre eux.

Quant aux autres produits alimentaires de base : riz, huile d'arachide, thé, sucre, dans l'ensemble, leur prix a été multiplié par 3 dans les 10 dernières années, ce qui correspond au rythme d'accroissement des revenus issus des ventes de bétail.

#### . Les termes de l'échange

Pendant la période de stabilité des prix du mil, toute augmentation des prix du bétail s'est traduite par une augmentation importante du pouvoir d'achat. La sécheresse de 1972 a provoqué un accroissement rapide du pouvoir d'achat pendant les années 74-75-76 alors que le prix du mil était redescendu en 1974 avant d'augmenter de nouveau.

Après 1976, le pouvoir d'achat des Peul tend à diminuer pour se situer à un niveau légèrement supérieur à celui d'avant la sécheresse. Cette baisse est due en partie au maintien des cours élevés du mil.

Quant aux aliments importés, ils sont achetés par petites quantités et acquis le plus souvent grâce aux ventes de beurre :

- 1 l de beurre en 1957 permettait l'achat de 7,3 kg de mil ou de 2,6 kg de riz, ou d'1,7 kg de sucre ou enfin de 113 g de thé.

- 1 l de beurre en 1980 permet l'achat de 10 kg de mil ou de 6 kg de riz, ou de 2 kg de sucre ou de 300 g de thé.

En définitive, les termes de l'échanges entre produits pastoraux et produits alimentaires locaux ou importés ont donc évolué lors des 25 dernières années, en faveur des premiers.

## **BIBLIOGRAPHIE**



- ADU (S.V.) - 1982 - "Desertification in West Africa". in Desertification and Soils Policy. Proc. of the 12th Intern. Congress of Soil Science. New Delhi : 26-43, 5 fig., 31 ref.
- ANONYME - 1973 - OSIRIS III. Institute for social research, university of Michigan.
- AUBERT (G.) et MAIGNIEN (R.) - 1948 - "L'érosion éolienne dans le Nord du Sénégal et du Soudan français". Communication n° 103. 2ème sect. Groupe 1. Conf. Afric. des Sols. Goma : 1309-16, 6 tabl., 9 réf.
- BARRAL (H.) - 1982 - "Le Ferlo des forages. Gestion ancienne et actuelle de l'espace pastoral". DGRST/ORSTOM, rapport : 85 p., 10 cartes. 20 ref.
- BECKMANN (G.B.) and SMITH (K.J.) - 1973 - "Micromorphological changes in surface soils following wetting, drying and trampling." in : Soil microscopy. Proc. of the 4th Intern. Working Meeting of Soil Microscopy. Kingston : 832-45, 1 tabl., 4 fig., 12 ref.
- BENEFICE (E.) - 1980 - "Projet DGRST dans la région du Ferlo". Rapport préliminaire d'enquête. ORANA, Dakar : 1-26.
- BENEFICE (E.) et coll. - 1981 - "Enquêtes sur l'état nutritionnel en zone tropicale sèche (Sahel 1976-1979). Méthodologie et résultats." in Etat nutritionnel de la population rurale du Sahel. Rapport d'un groupe de travail, CRDI, Paris : 37-56.
- BERHAUT (J.) - 1967 - "Flore du Sénégal" (2ème édition). Dakar, ed. Clairafrique : 485 p.
- BILLE (J.C.) - 1971 - "Observations préliminaires sur quelques arbres du Sahel sénégalais". - St-Louis du Sénégal, ORSTOM Sahel : 49 p.
- BILLE (J.C.) - 1977 - "Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien". Trav. et Doc. ORSTOM n° 65 : 82 p., 29 fig., 54 réf.
- BOUDET (G.) - 1972 - "Desertification de l'Afrique tropicale sèche". *Adansonia*, sér. 2, 12 (4) : 505-24, 3 tabl., 8 fig., 16 réf.
- BOUDET (G.) - 1977 - "Desertification ou remontée biologique du Sahel". *Cah. ORSTOM*, sér. biol., 12 (4) : 293-300, 1 tabl., 5 fig., 6 réf.
- BOUDET (G.) - 1980 - "Systèmes de production d'élevage au Sénégal : étude du couvert herbacé". 1ère campagne. IEMVT Maisons-Alfort : 48 p., 19 tabl., 2 fig., 18 réf.
- BOUDET (G.) - 1981 - "Systèmes de production d'élevage au Sénégal, étude du couvert herbacé" (2è campagne). IEMVT : 21 p., 5 fig., 11 tabl.

- BOUDET (G.), MEYER (J.F.), PIOT (J.), DE WISPELAERE (G.) - 1980 - "Systèmes de production d'élevage au Sénégal - Le couvert végétal et le cheptel". Compte-rendu de fin d'études d'une recherche financée par la DGRST". GERDAT/IEMVT, ACC-LAT - P.V.D. : 12 p.
- BOUDET (G.), RIVIERE (R.), CLEMENSAT (J.), PAGOT (J.), LAHORE (J.F.) - 1961 - "Les possibilités fourragères de *Digitaria umfolozi* en zone soudanienne" - Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 14 (4) : 449-68.
- BOUFFAR et NEVEUX - 1908 - "Bilharziose dans le Haut-Sénégal et le Haut Niger". Bull. Soc.Path.Exo, 1 : 430-2.
- BOUGERE (J.) - 1979 - "L'état de dégradation des formations sableuses du Sahel voltaïque ou l'urgence d'une intervention". Tr. de l'Institut de Géographie de Reims, 39-40 : 91-101, 3 tabl., 4 fig., 5 photos, 4 réf.
- BREMAN (H.), CISSE (A.M.), DJITEYE (M.A.) and ELBERSE (W.T.H.) - 1980 - "Pasture dynamics and forage availability in the Sahel". Israël Journ. of Botany, 28 : 227-51, 2 tabl., 6 fig., 25 ref.
- CHANDRAS S. and S.K. DE. - 1982 - "Effect of cattle manure on soil erosion by water". Soil. Sci. 133 (4) : 228-31, 4 tabl., 13 ref.
- CHEVASSUS-AGNES (S.) - 1981 - "Enquêtes de consommation alimentaire de l'ORANA de 1977 à 1979 : Méthodologie et résultats". In Etat nutritionnel de la population rurale du Sahel. Rapport d'un groupe de travail, CRDI, Paris : 57-66.
- CLOS ARCEDUC (A.) - 1956 - "Etude sur photographies aériennes d'une formation végétale sahélienne : la brousse tigrée". Bull.IFAN 18, 3 : 677-84.
- COCHEME (J.), FRANQUIN (P.) - 1967 - "Rapport technique sur une étude d'Agroclimatologie de l'Afrique sèche au Sud du Sahara en Afrique occidentale". Rome, FAO : 325 p.
- CORNET (A.) - 1981 - "Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal". Montpellier Université Sc. et Techn. du Languedoc, Thèse Dr.Ing.: 353 p.
- COULIBALY (A.M.) - 1979 - "Approche phyto-écologique et phytosociologique de pâturages sahéliens au Mali (région du Gourma)". Nice, Université, thèse de spécialité : 178 p.
- DAGET (P.), POISSONET (J.) - 1969 - "Analyse phytologique des prairies. Applications agronomiques". - Montpellier, CEPE/CNRS, doc. n°48 : 67 p.
- DANCETTE (C.) - 1976 - "Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal ; orientation des travaux portant sur les besoins en eau des cultures". Agro.trop., 4 : 321-38.

- DANCETTE (C.) - "Méthode pratique d'estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales au Sénégal". Bambey ISRA, multigr. : 26 p.
- DELPECH (R.) - 1960 - "Critères de jugement de la valeur agronomique des prairies". Fourrages, 4 : 83-98.
- DELWAULLE (J.C.) - 1973 - "Désertification au Sud du Sahara." Bois et forêts des Tropiques, 149 : 3-20, 12 photos, 8 ref.
- DELWAULLE (J.C.) - 1975 - "Le rôle du forestier dans l'aménagement du Sahel". Bois et Forêts des Tropiques, n° 160 : 20 p.
- DENIS (J.P.), VALENZA (J.) - 1971 - "Extériorisation des potentialités génétiques du zébu peulh sénégalais (Gobra)". Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 24 (3) : 409-18.
- DE VRIES (D.M.), DE BOER (T.A.) - 1959 - "Methods used in botanical grassland research in the Netherlands and their application". Herbage Abstracts 29 (1) : 1-7.
- DE WISPELAERE (G.) - 1980 - "Les photographies aériennes témoins de la dégradation du couvert ligneux dans un géosystème sahélien sénégalais. Influence de la proximité d'un forage". Cah. ORSTOM, Serv. Sc.hum. vol. XVII, 3-4 : 155-66.
- DE WISPELAERE (G.) - 1980 - "Systèmes de production d'élevage au Sénégal : étude et cartographie de l'évolution de la végétation par télédétection". Rapport de première année. I.E.M.V.T. : 162 p., 23 fig., 19 réf.
- DE WISPELAERE (G.) - 1981 - "Systèmes de production d'élevage au Sénégal. Etude et cartographie de l'évolution de la végétation par télédétection (2e campagne)". I.E.M.V.T. : 51 p., ill.
- DE WISPELAERE (G.), TOUTAIN (B.) - 1976 - "Estimation de l'évolution du couvert végétal en 20 ans, consécutivement à la sécheresse dans le Sahel voltaïque". Paris, Rev. Photo-interprétation, 76-3/2.
- DE WISPELAERE (G.), TOUTAIN (B.) - 1981 - "Etude diachronique de quelques géosystèmes sahéliens en Haute-Volta septentrionale". Paris, Rev. Photo-interprétation, Ed. Technip. 81/1-1 à 5.
- DIEYE (K.) - 1981 - "Etude du tapis végétal d'un écosystème sahélien : zone du Ferlo sénégalais ; estimations des potentialités et analyse des processus de dégradations". Université Paris Sud, Orsay ; DEA ecol.vég. : 64 p.
- DUPIRE (M.) - 1957 - "Les forages dans l'économie Peulh" in rapport GROSMAIRE 1957.
- EAGLEMAN (J.R.) - 1971 - "An experimentally derived model for actual evapotranspiration". - Amsterdam, Agr.meteorology, 8 : 385-94.
- F.A.O. - 1970 - "Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique". Rome : 306 p.
- F.A.O. - 1973 - "Besoins énergétiques et besoins en protéines". Rapports d'un comité spécial mixte FAO/OMS d'experts. Rapports n° 12, FAO Rome.

- F.A.O./O.M.S. - 1962 - "Besoins en calcium". Série rapports techniques n° 230 OMS, Genève.
- F.A.O./O.M.S. - 1965 - "Besoins en vitamine A, thiamine, riboflavine et niacine". Rapport n° 41, FAO, Rome.
- F.A.O./O.M.S. - 1970 - "Besoins en acide ascorbique, vitamine D, vitamine B12, acide folique en fer". Rapport n° 47, FAO Rome.
- F.A.O./O.M.S. - 1975 - "Besoins énergétiques et protéiques - Alimentation et nutrition". 1, 2 : 10-18.
- FAYOLLE (A.F.), COSTIOU (P.), GRANCE (M.) - 1974 - "Valorisation du cheptel bovin en zone sylvo-pastorale (République du Sénégal)". Rapport d'enquête : 126 p.
- FERLIN (G.R.) - 1981 - "Techniques de reboisement dans les zones subdésertiques d'Afrique". Ottawa, CRDI : 46 p.
- FOREST (F.) - 1974 - "Bilan hydrique et prospective décadaire des besoins en eau des cultures pluviales en zone soudano-sahélienne". Paris, Min. Coopération, cah. pédagog. et opérationnels.
- GIFFARD (P.L.) - 1974 - "L'arbre dans le paysage sénégalais - Sylviculture en zone tropicale sèche". C.T.F.T. : 431 p.
- GRENIER (P.) - 1957 - "Rapport de mission dans le Ferlo - Déc. 1956 - Mai 1957". A.O.F. Service de l'Hydraulique.
- GROSMIRE - 1957 - "Eléments de politique pastorale au Sahel sénégalais".
- GUILLOTEAU (J.) - 1956 - "Certain tendencies in soil, water and pasture conservation and in rural economy in Africa South of the Sahara". African soils, 4 (1) : 30-64.
- HART (M.L.), DE VRIES (A.M.) - 1950 - "La prairie et l'exploitation de la prairie aux Pays Bas". B.T.I. (Bul.Tech.Ing.Serv.Agr.), 52 : 547-51.
- JELLIFE (D.B.) - 1969 - "Appréciation de l'état nutritionnel de populations." série de monographies n° 53, OMS Genève.
- LAGOCKI (H.F.R.) - 1978 - "Surface soil stability as defined and controlled by a drainage criterion in : Modification of soil structure. W.W.EMERSON, R.D. BONI and A.R.DEXTER, edit. John WILEY & Sons : 234-7, 2 tabl., 6 ref.
- LEGER (M.) - 1923 - "La bilharziose urinaire et intestinale au Sénégal". Bull.Soc.Paht.Exo., 16 : 141-4.
- LEMASSON (J.M.) et DIAW (O.T.) - 1978 - "Données épidémiologiques de la bilharziose urinaire dans le delta du Fleuve Sénégal". SAED, Projet Debi Lampsar - Etudes sanitaires 18 SE.
- LEBRUN (J.P.) - 1975 - "Enumération des plantes vasculaires du Sénégal". Maisons-Alfort IEMVT, ét. bot. n° 2 : 209 p.
- LEPRUN (J.C.) - 1979 - "Etude de l'évolution d'un système de production sahélien au Mali. Volet pédologie." Rapport de campagne - ORSTOM : 20 p., 1 tabl., 7 fig., 18 photos, 9 réf.

- LEVANG (P.), GROUZIS (M.) - 1980 - "Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la mare d'Oursi en Haute-Volta". Acta Oecologia / Oecol. Plant., vol.1 (15) n° 3 : 231-44.
- MEYER (J.F.) - 1980 - "Etude des systèmes de production d'élevage au Sénégal - Volet zoo-économie". 1ère année : 28 p., 23 tabl., 1 fig.
- M.I.S.O.E.S. (Mission Socio-Economique du Fleuve Sénégal) - 1957 - Document de travail. "L'état de santé de la population" : 22-23.
- MOTT (J.), BRIDGE (B.J.) and ARNDT (W.) - 1979 - "Soil seals in Tropical tall grass pastures of Northern Australia". Aust.J.Soil.Res. 30 : 483-94, 6 tabl., 3 fig., 42 ref.
- NAEGELE (A.F.G.) - 1971 - "Etude et amélioration de la zone pastorale du Nord Sénégal". FAO Rome : 163 p.
- NAUDIN (J.C.) et DIAW (O.T.) - 1980 - "Rapport sur la bilharziose urinaire. Prospection de la région du Fleuve." Rapport du Service des Grandes Endémies de Podor : 10 p.
- O.M.S. - 1972 - "Les anémies nutritionnelles". Rapports d'un comité d'experts de l'O.M.S., série de rapports techniques n° 503. OMS Genève.
- O.M.S. - 1973 - "Les oligo-éléments en nutrition humaine". Série rapports techniques n° 532. OMS Genève.
- O.M.V.S. - 1977 - "Evaluation des effets sur l'environnement d'aménagements prévus dans le Bassin du Fleuve Sénégal.- Rapport spécial Bilharziose" : 52 p.
- OUMAR BA - 1976 - "Le Fouta Tôro au carrefour des cultures". Harmattan, Paris.
- PALES (L.) - 1954 - "L'alimentation en A.O.F. Milieux-enquêtes-techniques-rations". ORANA, Dakar : 1-434.
- PARENT (G.) et coll. - 1981 - "Enquête de consommation alimentaire effectuée en Oudalan (Haute-Volta)". Rapport ORANA : 1-24.
- PATTERSON (J.R.), COLLIER (F.S.), DUNDAS (J.), BRYNMOR (J.), AUBREVILLE (A.), MATHEY (J.) and BACHELIER (R.) - 1937 - "Rapport de mission forestière anglo-française Nigeria-Niger (décembre 1936-février 1937)" in : Bois et Forêts des Tropiques, 148 : 3-26, 1 c., 12 photos.
- PENNING DE VRIES (F.W.T.), DJITEYE (M.A.) et al. - 1982 - "La productivité des pâturages sahéliens, une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle". - Wageningen, Centre for Agr.Pub.doc. : 525 p.
- PIOT (J.) et al. - 1980 - "Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques". GERDAT : 213 p.

- PIOT (J.) et DIAITE (I.) - 1983 - "Systèmes de production d'élevage au Sénégal. Etude du couvert ligneux". Compte-rendu de fin d'études ACC/GRIZA : 37 p.
- PLANCHENAULT (D.) - 1981 - "Etude des systèmes de production d'élevage au Sénégal". Rapport de deuxième année : 29 p.
- POUPON (H.) - 1980 - "Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au Nord du Sénégal". Tr. et Doc. ORSTOM n° 115 : 351 p, 91 tabl., 46 fig., 218 réf.
- REDON (A.) - 1962 - "Note sur la valeur zootechnique du zébu sénégalais". Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 15 (3) : 265-71.
- RIDET (J.), GRAB (B.), D' COSTA (J.), AKRIBAS (A.) et CAUSSE (G.) - 1979 - "Etude séro-épidémiologique sur l'endémicité tréponémique au Sénégal". Bull. de l'OMS, 57 (2) : 315-27.
- ROBINEAU (L.) - 1978 - "Approche cartographique de l'environnement médico-sanitaire au Sénégal". ENDA (Dakar).
- ROFFI (J.), LEMASSON (J.M.) - 1981 - "Utilisation d'un antigène hétérologue (*Schistosoma bovis*) pour le sérodiagnostic immuno-enzymatique de la bilharziose urinaire". Bull.Soc.Path.Exo., 74 (5) : 532-45.
- ROWLAND (M.G.M.), COLE (T.J.) and WHITEHEAD (R.G.) - 1977 - "A quantitative study into the role of infection in determining nutritional status in Gambian village children". Br.J.Nutr., 37 : 441-50.
- SCHWARTZ (D.) - 1977 - "Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes". Flammarion, Paris.
- SENEGAL HYDRAULIQUE - 1962 - "Sénégal : réseau des forages (une carte au 1/1 000 000)". Min. des Trav.Publ.Hab.Urb. - Louga SOM/H.
- SERRES (H.) - 1981 - "Politiques d'hydraulique pastorale". Collection Techniques vivantes. Développement en zones arides. PUF, Paris.
- SICOT (M.), GROUZIS (M.) - 1981 - "Etude méthodologique et application à l'estimation de la production fréquentielle du bassin versant de la mare d'Oursi en Haute-Volta". Ouagadougou, ORSTOM, multigr.: 33 p.
- SMITHERS (S.R.) - 1956 - "On the ecology of schistosome vectors in the Gambia with evidence of their role in transmission". Trans.Roy. Soc.Trop.Med.Hyg., 50 (4) : 354-65.
- STEBBING (E.P.) - 1937 - "The forests of West Africa and the Sahara : a study of modern conditions". Chambers. London. Cited by ADU (1982).

- TEITELBAUM (J.) - 1977 - "Human versus Animal Nutrition : A development project among Fulani cattlekeepers of the Sahel of Senegal". In nutrition and Anthropology in action, Van Garkum Assen, Holland.
- THOMPSON (J.R.) - 1968 - "Effect of grazing on infiltration in a Western watershed": J. Soil and Water Cons., 23 : 63-5, 1 tabl., 4 fig., 5 ref.
- TOGOLA (M.) - 1978 - "Contribution à l'évaluation des potentialités pastorales des formations sahéliennes de l'Oudalan en Haute-Volta ; application d'une méthode". Montpellier, Un.Sc.Tech. Languedoc, DES : 61 p.
- TOURY (J.) et coll. - 1960 - "Aliments de l'Ouest africain. Tables de composition". Document ronéotypé, ORANA Dakar : 1-63.
- TOURY (J.) et coll. - 1961 - "Aliments de cueillette et de complément au Sénégal et zone sahélienne". Qualitas plantarum et materiae vegetabilis, 2 : 140-56.
- VALENTIN (C.) - 1981 - "Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de régions subdésertiques. Dynamique de formation et conséquences sur l'économie de l'eau". Thèse 3e cycle. Université de Paris VII : 229 p., 22 tabl., 43 fig., 67 plates, 473 ref.
- VALENTIN (C.) - 1983 - "Effect of grazing and trampling arounds recently drilled water. Holes on soil deterioration in the sahelian zone (Northern Senegal)". Honolulu, Intern. Conf. of soil erosion and conservation : 18 p.
- VALENZA (J.) - 1970 - "Etude dynamique de différents types de pâturages naturels en République du Sénégal". in Proc. of the 11 th Intern. Congr. Grasslands, Surfers Paradise, Australia : 218.
- VALENZA (J.) - 1981 - "Surveillance continue de pâturages naturels sahéliens sénégalais". Dakar ISRA, Lab.nat.Elev. et Rech.vét, 1979 ; Rev. Elev.Méd.vét.Pays trop., 1981, 34 (1) : 83-100.
- VALENZA (J.) et DIALLO (A.K.) - 1970 - "Etude des pâturages du ranch de Doli (Rép. du Sénégal)". Dakar, RRVZ/IEMVT : 20 p.
- VALENZA (J.) et DIALLO (A.K.) - 1972 - "Etude des pâturages naturels du Nord-Sénégal". Maisons-Alfort, IEMVT, miméogr. : 311 p., 8 fig. 11 ph., 44 tabl., 1 c.coul. au 1/200 000 en 3 feuilles.
- VERCRUYSE (J.) et JANCLOES (M.) - 1981 - "Etude entomologique sur la transmission du paludisme humain dans la zone urbaine de Pikine (Sénégal)". Cah. ORSTOM, ser. Ent.Med. et Parasitol., XIX (3) : 165-78.
- VITERI (F.E.) and TORUN (B.) - 1980 - "Protein calorie malnutrition" in Modern nutrition in health and disease, Léa 1 Febiger, Philadelphie : 697-720.

- WATERLOW (J.C.) - 1975 - "Some aspects of childhood malnutrition : classification, long terms effects, experimental analogies". Australian and New Zealand Journal of medicine, 5 : 87-9.
- WATERLOW (J.C.) - 1977 - "The preparation and use of heigh. and weight data". Bull. of the WHO, 4 : 489-98.
- WATSON (J.M.) - 1970 - "Mise en valeur de la Vallée du Sénégal - Aspects sanitaires". Rapport de mission,WHO Afr. / PAA/GO.
- ZONNEVELD (I.S.) - 1980 - "Some consequences of the mutual relationship between climate and vegetation in the Sahel and Sudan". I.T.C. Journal, 2 : 255-96, 13 fig., 32 ref.
-