

RESSOURCES EN SOL

Il est possible de distinguer deux grandes unités naturelles au sein de la région d'étude, qui couvre environ 10 000 km².

- 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'auréole 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).

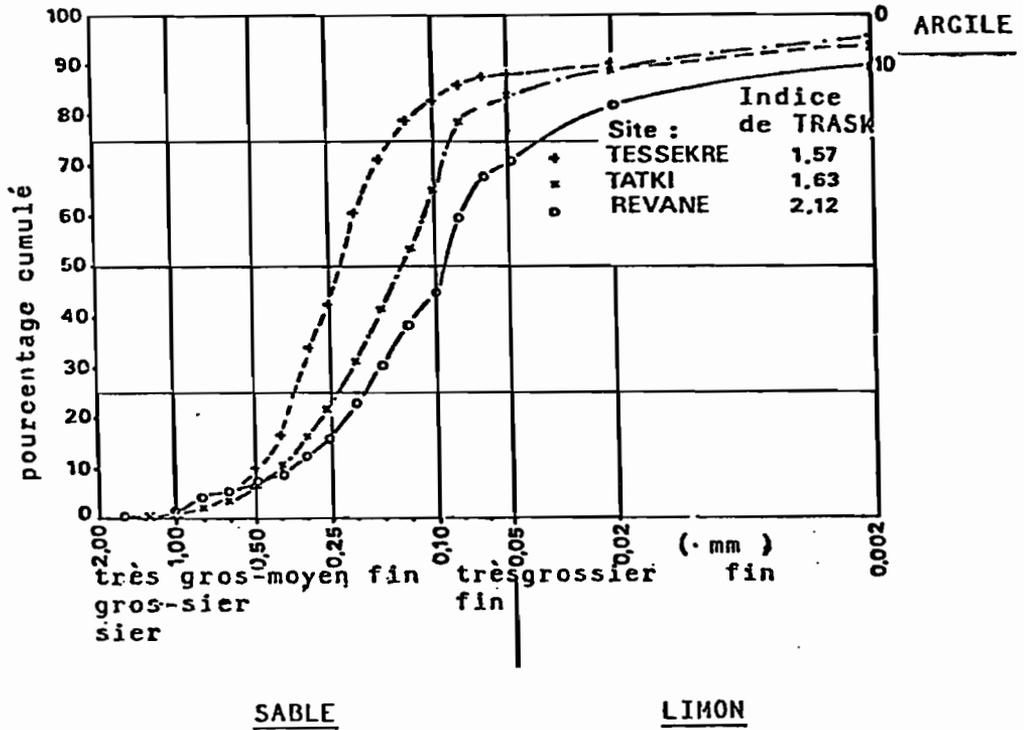


Figure 3 : Distribution granulométrique et indice de tri (TRASK) des matériaux superficiels (0-5 cm) des trois sites d'étude (échantillons prélevés dans les zones non perturbées par le piétinement du bétail).

- 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)

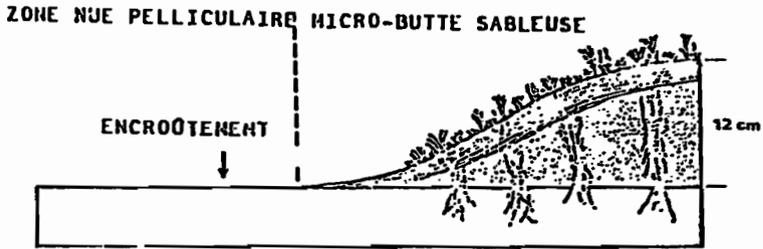
Lorsque l'on approche des forages, les sentes de bétail deviennent à la fois plus marquées et plus nombreuses.

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).

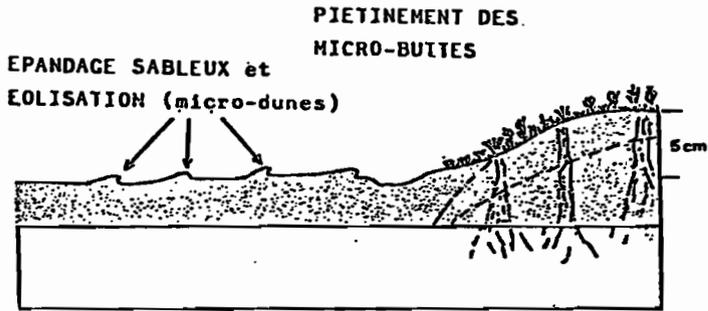
La densité apparente de l'horizon directement sous-jacent au couvert sableux boulang augmente de manière significative lorsque la distance au point d'abreuvement diminue (figure 6).

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)

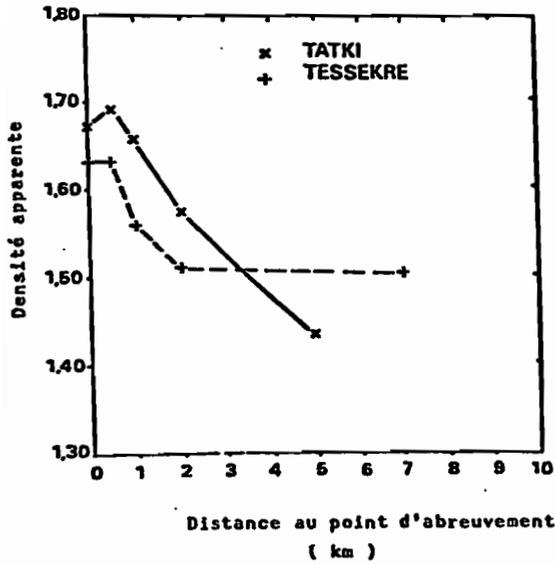


FIGURE 6 : Effet de l'intensité du piétinement (évaluée en fonction de la distance au point d'abreuvement) sur la densité apparente de l'horizon situé directement sous le matériau sableux piétiné

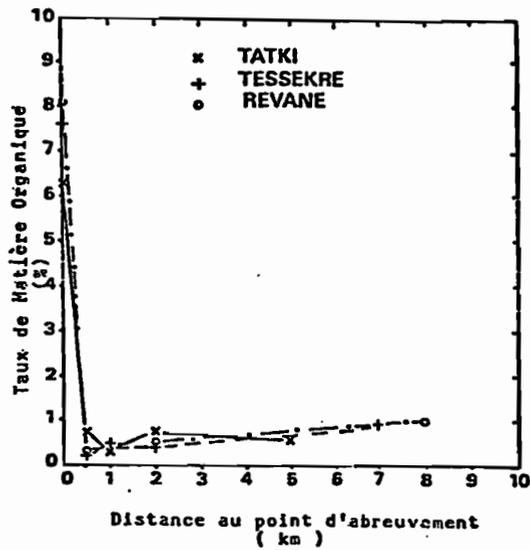


FIGURE 7 : Evolution du taux de matière organique en fonction de la distance aux trois forages étudiés

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).

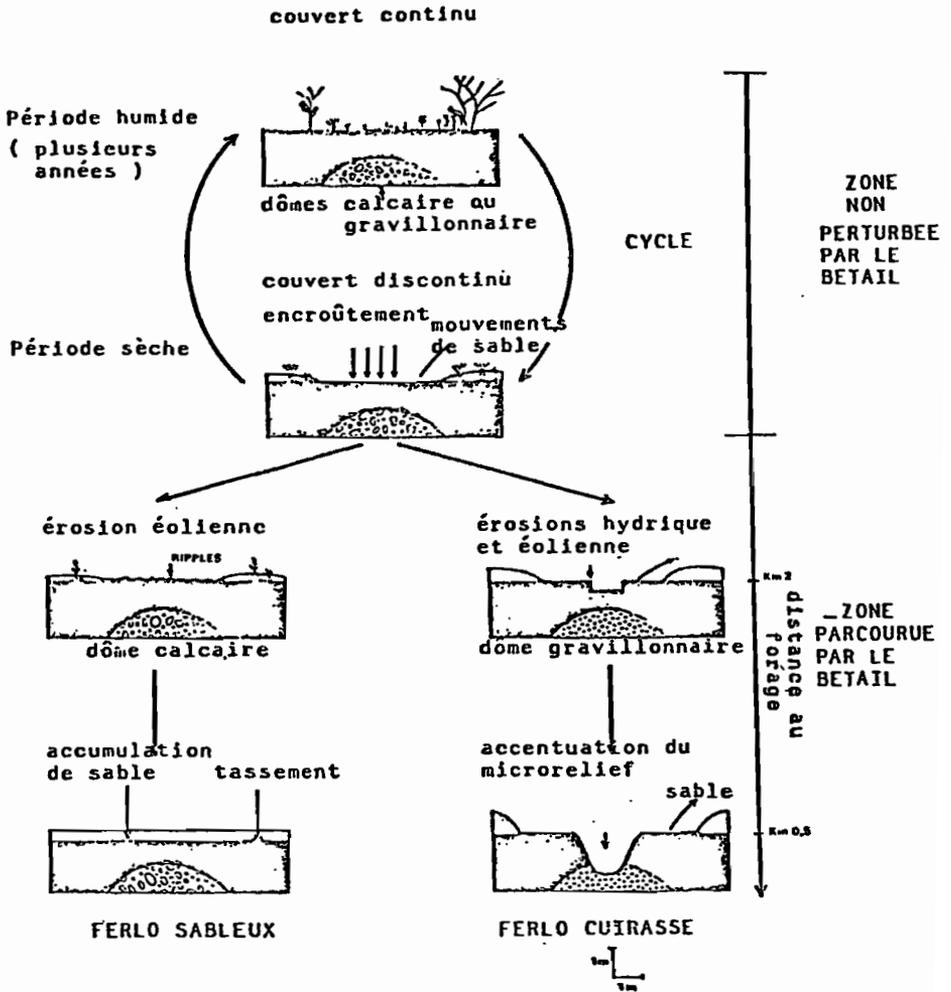


FIGURE 8 : Evolution des caractères de surface :

- . 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 μ .

A cette exportation des éléments fins, correspond une accumulation relative des sables dont le diamètre est supérieur à 250 μ . 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.

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

...

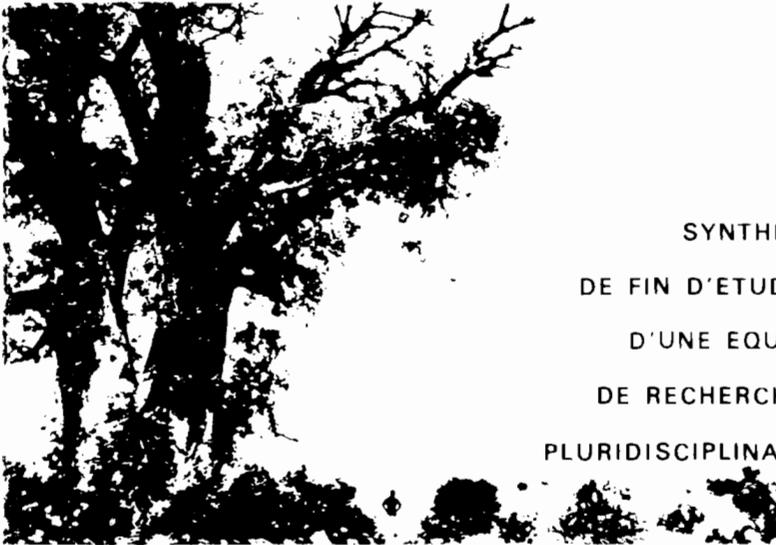
O. R. S. T. O. M

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