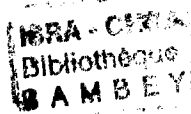


REPUBLIQUE DU SENEGAL

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES (ISRA)

DEPARTEMENT DE RECHERCHE SUR
LES SYSTEMES DE PRODUCTION ET
LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIES
EN MILIEU RURAL



CN 0101060
P100/P360
DAN

CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL

AU SENEGAL

Par C. DANCETTE

Ingénieur Agronome INRA-IRAT détaché à l'ISRA

R A P P O R T N A T I O N A L

au

SE MINAIRE - ATELIER SUR LA CONSERVATION DES EAUX
ET DES SOLS

Organisé par l'Institut du Sahel - C.I.L.S.S.
(Cellule Ecologie - Environnement)

et tenu à Prafa - Cap vert - du 03 au 10 septembre 1984

Le 10 août 1984

CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL AU SENEGAL

S O M M A I R E

INTRODUCTION

1 - <u>DEGATS CAUSES PAR LES EXCES D'EAU</u>	p. 4
I-1, <u>Erosion et ruissellement</u>	P. 4
a) Sud du Pays	
b) Centre Sud	
c) Centre Nord et Nord	
I-2. <u>Lessivage</u>	p. 22
a) Sud du pays	
b) Centre Sud	
c) Centre Nord et Nord	
I-3, <u>Dégradation des sols de défriche récente dans les régions Sud du Sénégal</u>	p. 27
II- <u>INFLUENCE DE L'EAU, PAR EXCES OU PAR DEFAUT, SUR CERTAINS SOLS PARTICULIERS * SULFATES ACIDES, SALINS, A ALCALES</u>	p. 29
a> Les sols sulfatés acides	
b) Les sols salés et à alcalis	
III- <u>PROBLEMES LIES A L'EROSION EOLIENNE ET A L'ARIDITE</u>	p. 34
III-1. <u>Acquis de la recherche concernant la lutte contre l'érosion éolienne</u>	P. 35
a) Labours	
b) Résidus de céréales	
c) Paillage	
d) Les arbres	
III-2. <u>Les projets de développement concernés par la lutte contre l'érosion éolienne</u>	p. 40
III-3. <u>Lacunes et orientations de travail</u>	P. 42

IV - PROBLEMES DE MAINTIEN DE FERTILITE ; EN LIAISON
AVEC LES RESSOURCES EN EAU

p. 44

- a) Sud du pays
- b) Moitié Nord
- c) Matière organique et intégration agriculture -
élevage et foresterie
- d) Comment concilier la présence d'une densité
d'arbres suffisante et des cultures assurant
une production valable, en cette période de
sécheresse ?

V - CONCLUSION - GRANDES ORIENTATIONS CONCERNANT LA CONSER-
VATION DES EAUX ET DU SOL AU SENEGAL

P. 51

- Schema d'action

B I B L I O G R A H I E

INTRODUCTION

Les problèmes de conservation des eaux et du sol sont d'une importance primordiale au Sénégal, comme dans la plupart des pays Soudano-Sahéliens. Nous parlerons essentiellement des méfaits causés par les principaux agents atmosphériques = eau de pluie et vent surtout, confrontés à un milieu terrestre caractérisé par son sol, par son relief et par son couvert,

Le Sénégal étant un pays climatiquement très diversifié : du Nord au Sud (latitude) et de l'Ouest à l'Est (gradient de continentalité), il ne peut être traité de façon globale et nous distinguerons forcément les zones Sud, Centre, Nord et côtière. Ces quelques considérations nous donnent en fait les grandes divisions de notre rapport,

I - DEGATS CAUSES PAR LES EXCES D'EAU

Il faut préciser que les excès d'eau au Sénégal sont très localisés dans le temps = pendant une saison des pluies unique et plus ou moins brève et pendant des séquences pluvieuses rarement très longues, Ces excès d'eau se situent principalement dans le Sud du pays, ce qui n'exclut pas cependant des accidents pouvant survenir jusqu'aux frontières Nord du pays, certaines années et surtout certains jours de pluie caractérisés par une intensité bien propre aux régions inter-tropicales,

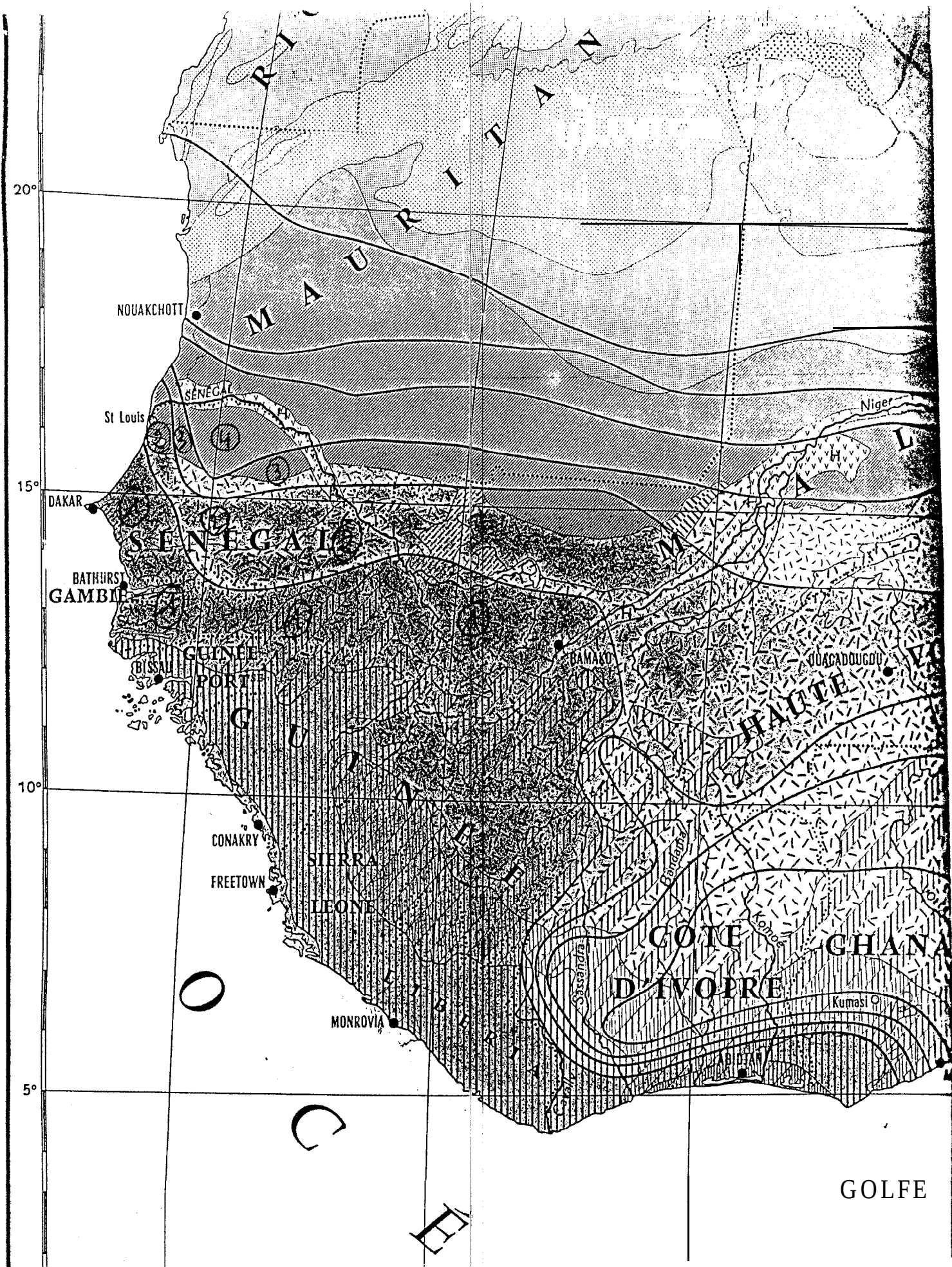
I-1. Erosion et Ruissellement

Il est bien normal que les agronomes et les spécialistes de l'aménagement des sols en général, aient été frappés par les phénomènes de l'érosion et du ruissellement, pendant la période de pluviométrie excédentaire 1950-1965 ; d'importants travaux ont d'ailleurs été initiés pendant les années 60. On retiendra surtout la carte du danger de l'érosion en Afrique (F. Fournier - B.I.S - 1965) et les travaux en cases d'érosion entrepris en plusieurs pays,

Il faut remarquer que le danger de l'érosion pluviale demeure aussi menaçant pendant la période de sécheresse subie par les pays soudano-sahéliens depuis 1968 (pratiquement 16 années). En effet, les pluies, bien que moins abondantes si on considère le total annuel, restent tout aussi mal réparties et aussi agressives qu'elles l'ont toujours été. Pour prendre un exemple parmi tant d'autres, le record de pluviométrie en 24 heures, sur 60 ans a été atteint en 1981, à Bambey, avec 162 mm en 24 heures, (dont 108 en 62 minutes !), au cours d'une année peu pluvieuse (505 mm en 1981, au lieu de 631 pour la moyenne).

Nous allons essayer de préciser les risques d'érosion dans les principales zones du Sénégal ; et de rappeler ce qui a pu être étudié et réalisé sur le terrain, dans ce domaine.

a) Sud du pays = Casamance et Sénégal-Oriental



CARTE DE F. FOURNIER

① plus de 2000T/Km²/an

② 1500 à 2000T " "

③ 1000 à 1500T " "

Bureau Interafricain des Sols

DANGER D'ÉROSION NORMALE

1:10.000.000

A N N E X E (d'après G. BEYE 1977)

Tableau 1

Répartition moyenne des pluies par classes
d'intensité à Bambey et Séfa*

Résultats exprimés en hauteur d'eau (mm) d'après les rapports
de Bioclimatologie - SR Bio - CNRA BAMBEY -

Classes	Etendue de la classe (mm/h)	Bambey 1959-1968						Séfa 1965-1968					
		Juin	Juil	Août	Sept	Oct. Nov.	Année	Juin	Juil	Août	Sept	Oct. Nov.	Année
1	0-10	8,1	31,5	58,4	48,9	16,0	163,3	31,0	52,1	102,3	109,2	47,2	342,2
2	10-20	3,2	15,0	27,5	23,0	7,7	76,4	11,7	16,2	30,4	38,5	25,0	121,8
3	20-30	1,1	6,2	29,7	20,3	4,8	62,1	15,8	21,7	25,4	39,8	19,5	122,2
4	30-40	2,1	8,3	28,1	15,1	3,6	57,1	6,5	23,6	22,3	32,4	16,1	100,9
5	40-50	0,3	8,7	20,0	18,0	5,0	52,0	10,0	24,9	19,5	39,6	20,3	114,3
6	50-60	1,7	12,4	14,9	11,4	1,2	41,7	4,5	29,2	20,6	30,0	14,0	98,5
7	60-70	0,0	8,9	14,3	4,4	1,6	29,1	3,3	8,5	11,6	30,3	17,1	70,2
8	70-80	0,0	3,5	9,4	4,4	0,7	18,0	5,0	11,4	10,4	31,7	3,4	61,9
9	80-90	4,8	1,9	3,0	1,0	0,0	11,7	1,9	11,1	20,9	15,8	2,9	52,6
10	90-100	0,0	0,0	5,4	3,1	0,3	8,8	7,0	8,7	12,1	9,8	6,5	44,1
11	>100	0,0	8,2	15,3	17,9	0,0	41,4	14,7	27,3	13,0	26,3	4,6	85,9
Total.		21,3	104,6	226,9	167,5	40,9	561,6	111,4	234,7	287,9	403,4	177,0	1214,4

* Séfa : moyenne de deux pluviographes distants de 5 km.

Tableau 2

Répartition moyenne des pluies par classes
d'intensité à Bambey et Séfa
(1965-1968)*

Résultats exprimés en % de la tranche d'eau
mensuelle ou annuelle

Classe	Etendue de la classe (mm/h)	Juin		Juillet		Août		Septembre		Oct.-Nov.		Année	
		Bbey	Séfa	Bbey	Séfa	Bbey	Séfa	Bbey	Séfa	Bbey	Séfa	Bbey	Séfa
1	0-10	138,0	127,8	30,2	22,3	125,8	135,6	29,3	27,2	139,2	126,9	129,0	120,2
2	10-20	15,0	10,5	14,4	6,9	12,1	10,6	13,7	9,5	18,9	14,1	13,6	10,0
3	20-30	5,2	14,2	5,9	9,2	13,1	8,8	12,1	9,9	11,7	11,0	11,1	10,3
4	30-40	9,9	5,8	7,9	10,1	12,4	7,7	9,0	8,0	8,8	9,1	10,2	8,3
5	40-50	1,4	9,0	8,3	10,6	8,8	6,8	10,7	9,8	12,2	11,5	9,3	9,4
6	50-60	8,0	4,0	11,9	12,4	6,6	7,1	6,8	7,4	2,9	7,9	7,4	8,1
7	60-70	0,0	3,0	8,5	3,6	6,3	3,8	2,6	7,5	3,9	9,7	5,2	5,8
8	70-80	0,0	4,5	3,3	4,9	4,1	3,6	2,6	7,9	1,7	1,9	3,2	5,1
9	80-90	22,5	1,7	1,8	4,7	1,7	7,3	0,6	3,9	0,0	1,6	2,1	4,3
10	90-100	0,0	6,3	0,0	3,7	2,4	4,2	1,9	2,4	0,7	3,5	1,6	3,6
11	>100	0,0	13,2	7,8	11,6	6,7	4,5	10,7	6,5	0,0	2,6	7,3	7,1

* Séfa : moyenne de deux pluviographes distants de 5 km.

Les moyennes pluviométriques de cette zone, sur des périodes suffisamment longues portant entre la création des stations et l'année 1967, prise comme fin de la période relativement favorable, varient selon les stations entre 4100 et 1550 mm.

Ces valeurs ont chuté au cours des dernières années de sécheresse, d'après les valeurs moyennes de la période 1968-1982, de près de 30 %, ce qui nous donne des valeurs comprises entre 700 et 1100 mm.

Malgré cette baisse importante, la menace de ruissellement et d'érosion demeure, car les précipitations sont toujours aussi capricieuses, dans leur répartition spatiale et temporelle, et en intensité.

Les risques de ruissellement et d'érosion peuvent être attribués essentiellement à l'intensité et donc à l'énergie cinétique des pluies ; citons de nombreuses études effectuées par l'IRAT et par l'ORSTOM dans la zone de SEFA. (1958, 1959, 1960).

Les travaux réalisés à SEFA par de nombreux chercheurs, sont basés sur le dépouillement des pluviogrammes (Bioclimatologie IRAT = 1966-1967), mais aussi sur l'application de l'équation universelle de Wischmeier appliquée au risque d'érosion et enfin sur des observations très concrètes et précises en cas d'érosion installées en plein champ ; dans un paysage naturel, non aménagé.

En 1949, la compagnie générale des oléagineux tropicaux (CGOT) commença à défricher la forêt casamançaise et à planter l'arachide sur de vastes étendues du plateau de SEFA, près de Sédhio.

Un matériel très lourd fut utilisé pour tailler dans la forêt des parcellas N-S de 1 km de long sur 250 m de large, séparées par des bandes forestières larges de 50 m. Le réseau routier et le parcellaire ne tinrent pas compte d'un relief qui, à première vue, ne paraissait pas trop prononcé. Au bout de 5 ans, l'état des sols était devenu si préoccupant que les mesures suivantes furent prises:

- abandon des parcelles de pente supérieure à 2 %
- aménagement en courbes de niveau dès que l'on atteignait 0,5 %
- création de parcelles de mesure de l'érosion.

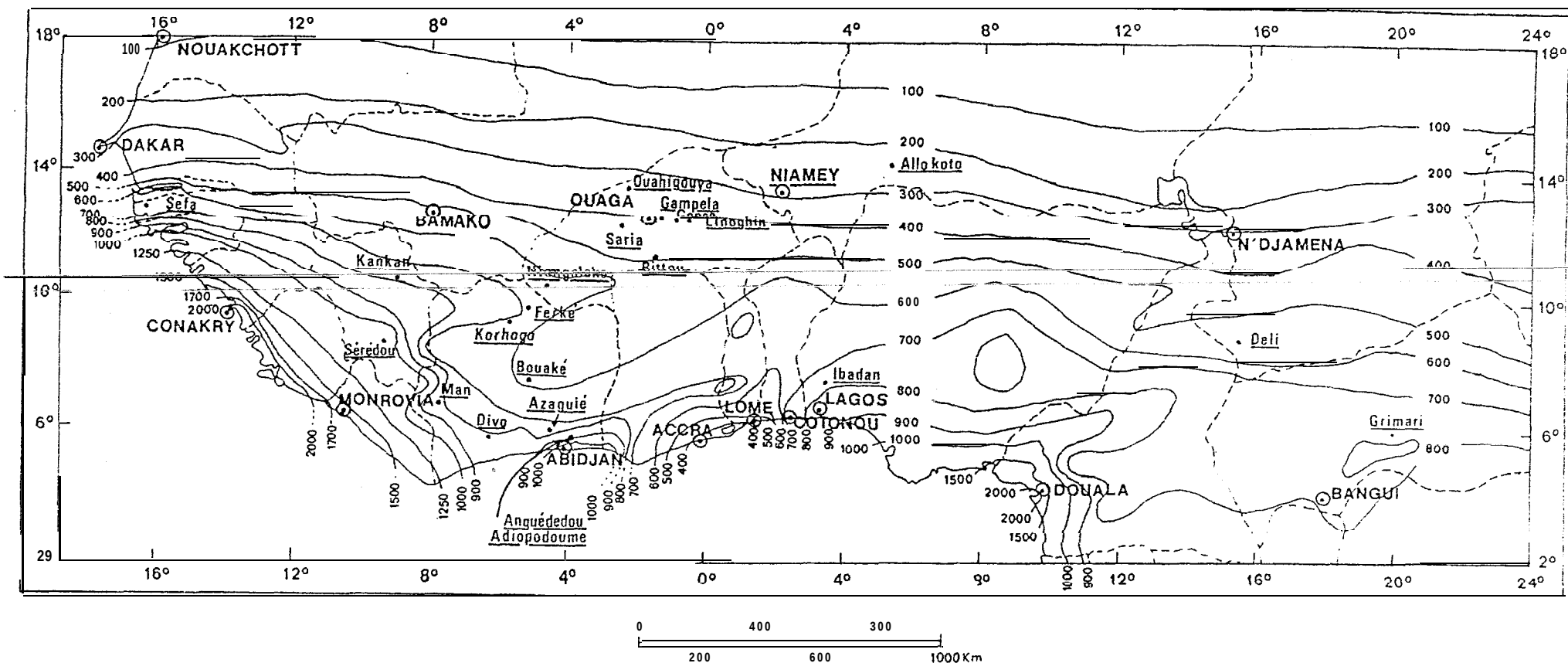
Les premières cases d'érosion furent construites en 1954 et consacrées à une comparaison des méthodes traditionnelles et mécanisées. En 1955, furent comparées sur d'autres cases diverses rotations, ainsi que la culture en bandes alternées. Enfin en 1956, les dernières cases furent installées sous forêt pour étudier l'influence des feux. Par la suite, la CGOT fut remplacée par la SODATICA (Société de Développement Agricole et Industriel de la Casamance) et l'IRAT obtint une concession pour mettre au point des méthodes culturales adaptées à la région.

Les travaux de la recherche furent particulièrement intenses au cours de la période 1954-1968. On nota par la suite un abandon du dispositif de recherches anti-érosives. S'il était relativement normal d'abandonner les travaux de nature plutôt descriptive et analytique, il était en revanche plus discutable d'abandonner la mise au point de méthodes concrètes d'aménagements anti-érosifs et des techniques de culture adaptées à la maîtrise de ruissellement, et de l'érosion. En fait, l'application en vraie grandeur et en milieu paysan, des solutions techniques envisagées et plus ou moins bien mises au point par la recherche, ne fut pas vraiment poursuivie.

Nous retiendrons de L'excellente synthèse de E. ROOSE (1967) les faits suivants, concernant érosion et ruissellement en Casamance 5

- Sur des pentes relativement faibles (autour de 1 %), on a pu obtenir jusqu'à 55 t/ha de terre érodée, par an et des coefficients de ruissellement allant jusqu'à 53 %.
- Le défrichement de la forêt et la mise en culture de pentes de 2 % multiplie par 40 l'érosion moyenne et par 280 le ruissellement moyen. Ces chiffres sont respectivement ramenés

ESQUISSE DE LA REPARTITION DE L'INDICE D'AGRESSIVITE CLIMATIQUE ANNUEL MOYEN (RUSA DE WISCHMEIER) EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DU CENTRE SITUATION DES PARCELLES D'EROSION



D'après les données pluviométriques rassemblées par le Service Hydrologique de l'ORSTOM et arrêtées en 1975

Dressée par ROOSE (E.J)
Maître de Recherche en Pédologie - O R S T O M - B.P 20 Abidjan

à 24 et à 160, par une année de jachère d'herbe, puis à 8 et à 150 par une deuxième année de jachère.

- En Fonction de la pente, en moyenne sur plusieurs années (6 à 7 ans) et sur plusieurs cultures mécanisées (arachide, sorgho, riz, coton), le tableau suivant peut être dressé :

PENTE %	1.25 %	1.50 %	2.00 %	1
P moyenne mm	1235	1235	1186	
Ruissellement %	16	22	30	
Erosion T/Ha f	4.8	8.6	11.8	

- L'érosion varie en fonction du couvert végétal et nous citerons que quelques valeurs extraites du rapport de ROOSE pour des pluviométries moyennes de l'ordre de 1200 mm et des pentes de 1 %.

	Ruisselle- ment en %	Erosion en T/Ha		Rendements Kg/ha
		Moyenne	Extrêmes	
Forêt protégée	0.7	0.08	0.02 à 0.2	-
brûlée	0.9	0.18	0.02 à 0.5	-
Jachère	16.6	4.9	1.5 à 10.1	-
Arachide tradi tionle	23.4	5.1	2.9 à 7.7	1.627
mécanisée	31.2	7.3	3.3 à 12.2;	2.368
Riz pluvial mécan.	27.2	8.2	2.2 à 18.4;	973
Mais mécanisé	30.9	10.3	-	409
Cultures dévastées	40.1	25.1	6.9 à 54.5	Néant

ROOSE insistait sur les points suivants :

, danger de l'enfouissement des résidus de culture à la récolte

- . Intérêt des cultures dérobées
 - . Intérêt des engrais verts bien gérés
 - . Nécessité d'améliorer les jachères d'herbe
 - . P-lieux maîtriser les feux de forêt
 - . Intérêt de cloisonner les billons
 - . Intérêt du paillage, même léger, pour absorber l'énergie cinétique des pluies.
- } intégration culture-élevage

C. CHARREAU et ses collaborateurs ont poursuivi ces travaux sur l'érosion et le ruissellement jusqu'en 1968.

Dans leur rapport de 1967, C. CHARREAU et C. GUILLUT montrent bien l'intérêt du billonnage et du buttage par rapport à la culture à plat : ils permettent de réduire le ruissellement de 35 %, l'érosion de 72 % et d'augmenter les rendements de 36 %.

D'une année sur l'autre, la proportion eau ruisselée - eau infiltrée reste globalement la même : seuls la pente et le type du couvert végétal peuvent faire varier ces proportions.

Les sols étudiés en Casamance (alluvions sableuses) sont assez stables d'après l'échelle américaine basée sur le calcul du coefficient K de Wischmeier caractérisant la susceptibilité à l'érosion (K en Casamance est de l'ordre de 0.15). Si l'érosion est grave, ce n'est pas tant à cause de la fragilité des sols, mais plutôt à cause de l'agressivité des pluies qui est exceptionnelle et aussi à cause de pentes dont la grande longueur compense la relative faiblesse.

Le rapport de 1968 de C. CHARREAU et L. SEGUY est très intéressant car 1968 est une année exceptionnellement déficitaire en pluie. Cependant l'index-pluie, même s'il est un peu plus faible que les années antérieures, montre que l'agressivité des pluies dans la sud du Sénégal, reste une des plus fortes observées dans le monde. Les mesures de ruissellement in situ confirment la bonne adéquation du calcul du coefficient K de Wischmeier, aux conditions de SEFA. On montre en 1968 que les binages ne suffisent pas à réduire le ruissellement et l'érosion. En revanche le labour per-

met d'augmenter de 44 % l'infiltration de l'eau, d'abaisser de 36 % la turbidité spécifique de la nappe d'eau ravinante et de réduire l'érosion de 2/3.

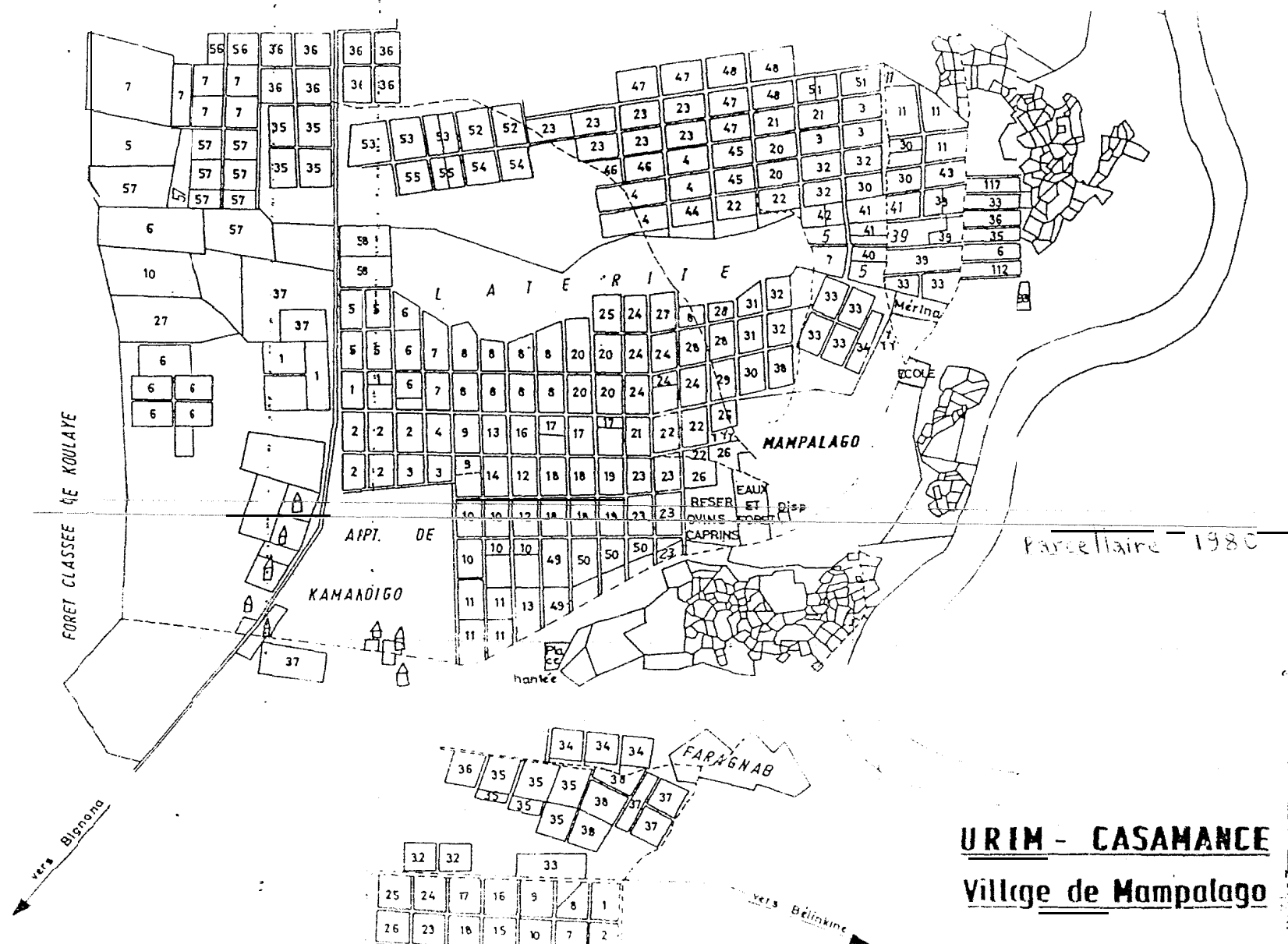
Le labour, rapidement suivi d'une mise en culture (bénéficiant alors d'un meilleur enracinement et d'une plus grande vigueur) permet donc de réduire beaucoup la menace que représentent le ruissellement et l'érosion.

Pour le reste de la Casamance, il convient de signaler les travaux qui ont été entrepris par la cellule de pré vulgarisation - sous le contrôle de G. POCHIER à partir de 1973, à Mampalago, dans un village proche de Bignona. Le projet s'est appuyé sur les travaux de la recherche à SEFA et du B.I.T de Guérina (centre de formation). Des premières tentatives de lutte contre l'érosion avaient été faites dans le cadre d'un projet USAID : l'évacuation des eaux excédentaires par des "Waterways" s'était soldée par un échec (transformation des waterways en ravins).

Après de nombreuses réunions, après avoir collecté les résultats acquis dans d'autres pays, et dans le souci de proposer des aménagements à la portée des paysans, faciles d'entretien, peu coûteux et sans risques, la technique des aménagements en courbes de niveau "moyennes" fut retenue :

- courbes de niveau équidistantes de 0,5 m, flanquées de bandes d'arrêt de 10 m de large laissées en végétation naturelle ou enrichie par des espèces herbacées (stylosanthes), arbustives (*Leucaena glauca*) ou forestières (eucalyptus). Les limites du terroir étaient matérialisées par des rangées d'anacardiens.

- le but recherché était surtout de briser la vitesse de l'eau, tout au long de son trajet, ce qui nécessitait une implantation totale du dispositif, sur l'ensemble du versant, avec le consensus des villageois.



Pratiquement, de nombreuses réunions de concertation eurent lieu avec les villageois concernés et leur adhésion sans limite fut d'abord recherchée. Après le levé topographique, eut lieu le découpage en bandes puis la délimitation de parcelles d'1 ha (voir schéma suivant). Dès 1978, 37 chefs de famille furent intéressés, sur 103 hectares.

En 1980, 49 chefs de famille purent cultiver environ 150 ha dans la zone réaménagée (M. NIANG, M. A. DIOUF, G. POCTHIER 1980). Il est intéressant de signaler que le projet dans son ensemble repose sur l'organisation de comités de quartier où les femmes jouent aussi un grand rôle ; jusqu'à ces jours le Pro jet marche correctement et est suivi régulièrement par les agronomes et les agro-socio-économistes (ISRA).

b) Centre Sud du pays = Sine-Saloum

Le ruissellement et l'érosion restent préoccupants dans cette zone, pourtant nettement moins pluvieuse que la précédente. La pluviométrie moyenne entre 1930 (ou avant) et 1967 varie du Sud au Nord de la région entre 950 et 700 mm ; au cours des 15 dernières années de sécheresse (1968-1982) cette moyenne se situe entre 700 et 500 mm. Mais comme nous l'avons dit plus haut, les précipitations restent très mal réparties et, peuvent être dangereuses, en début de saison des pluies, avant l'implantation généralisée des cultures ou même (bien qu'un peu plus rares) en fin d'hivernage, après les dernières récoltes ; elles peuvent être aussi violentes et importantes (en quantité sur 24 heures) qu'en Casamance,

Les recherches menées dans les Unités expérimentales du Sine-Salaum, ont montré la gravité du ruissellement et de l'érosion au niveau d'un terroir, et la nécessité d'une nouvelle démarche pour lutter contre ces fléaux (G. BEYE - 1977). Au cours de cette opération menée en milieu paysan, dans le but d'étudier l'introduction des systèmes de production agricole 'intensifs, l'ISRA a été amené à remembrer les terres qui étaient préalablement trop dispersées. Avec le concours des paysans, il a donc

fallu trouver des critères d'échange et en particulier introduire le facteur "susceptibilité à l'érosion". Une carte de l'érosion a été dressée à cette occasion, par M. NAING (1976). 5 types de processus de gravité croissante ont été délimités =

- . ruissellement diffus avec érosion en filets,
- . ruissellement avec Qpandage de sable,
- . ruissellement avec décapage de l'horizon de surface,
- . ruissellement concentré avec creusement de ravineaux (moins de 25cm de profondeur),
- . ruissellement concentré avec creusement de ravines.

Cette première carte mettait en évidence la gravité de ce problème et l'urgence de prendre des mesures conservatoires.

Une deuxième carte a permis ensuite de préciser les formes d'érosion et leurs conséquences agricoles ; on y repère entre autres facteurs, la texture de l'horizon de surface, le processus d'érosion et la pente (valeur moyenne et longueur).

La synthèse des 2 cartes permet de faire les constatations suivantes :

. Les proces-sus se relaient souvent ; par exemple la décapage de l'horizon de surface est suivi de ruissellement concentré, puis de ruissellement diffus avec ou sans dépôt de sable.

. Le rôle du relief est primordial, ainsi que la nature du matériau de surface ; le paysage est caractérisé par des plateaux cuirassés très peu perméables, constituant de vastes impluviums, Les plateaux dominent des dépressions auxquelles ils se raccordent par de longues pentes (de 1 à 2 km) de l'ordre de 1 à 1.5 %. L'eau accumulée sur les plateaux, suit ensuite ces pentes en direction des dépressions, en empruntant fréquemment des sentiers.

, La succession de zones de départ et de zones d'accumulations, et parfois leur enchevêtrement, entraîne une grande hétérogénéité des sols, très gênante sur le plan agronomique.

, Dans les dépressions où s'accumulent argiles et limons l'hydromorphie peut être assez marquée; par ailleurs, la matière organique lessivée entraîne une perte de fertilité.

Des techniques de conservation des sols ont été initiées sur ces terroirs de Thyssé-Kaymor par M. NIANG dans la cuvette de PILIDAR = cultures en courbes de niveau, implantation de haies en courbes de niveau, canalisation des eaux excédentaires et retenue dans des petits barrages en terre protégés par des gabions, plantation d'arbres sur les hauts de pente etc.... Il faut reconnaître que les moyens mobilisés par la recherche sur les plans matériel et humain ont été très modestes et peu appropriés à la gravité du phénomène et à l'urgence de trouver des solutions pratiques peu coûteuses, à la portée des paysans de la zone. Par ailleurs, les problèmes d'ordre sociologique sont importants et l'adhésion des cultivateurs à certains itinéraires techniques, puis leur mobilisation et surtout leur persévérance, ne seront pas faciles à obtenir et nécessiteront de gros efforts de la part des chercheurs et des développeurs. Actuellement, toute une équipe ISRA est mobilisée pour résoudre, entre autres problèmes en particulier ceux qui sont provoqués par le ruissellement et l'érosion (S. VALET - 1983) et ceux que posent d'une façon plus générale la restauration des sols et le maintien de la fertilité.

Souhaitons que cette équipe surtout opérationnelle depuis 2 ans, puisse trouver très rapidement les techniques à adopter pour maîtriser ces processus de dégradation et surtout pour les faire passer "en grand" en milieu paysan, avec l'aide des structures de développement.

Précisons, pour terminer ce chapitre Sine-Saloum, que cette région est d'une importance stratégique considérable, dans ce domaine, En effet, sous l'influence de la sécheresse d'une part, de l'expansion démographique d'autre part, toutes les zones qui étaient autrefois plus ou moins en défens et de toutes les

façons non cultivées et relativement boisées, sont maintenant de plus en plus déboisées et mises en culture. Comme il s'agit le plus souvent des terrasses de plateau où démarre le ruissellement (rôle d'impluvium), les processus dont nous venons de parler sont amplifiés par un défrichement anarchique. ANGE () a pu constater, en l'espace de quelques années, un décapage important des horizons de surface, et en de nombreux endroits, l'apparition de la cuirasse ferrallitique. On se demande même s'il sera encore possible de "récupérer" ces zones et d'y réussir des plantations de protection, si on n'arrive pas à y planter des arbres ou plantes pérennes retenant l'eau, tout en ^{en} consommant, et constituant des réserves fourragères (dont une saine gestion devra être mise au point), il faudra forcément recourir à des aménagements de génie rural forcément coûteux.

Il ne faut pas se faire d'illusions, c'est seulement si on arrive à circonscrire et à "isoler" les zones de départ du ruissellement (plateaux) que l'on arrivera à sauver avant qu'il ne soit trop tard, les terres situées sur les pentes et qui sont en voie de dégradation très rapide. Nous ne pensons pas que les moyens mis en œuvre actuellement seront suffisants au niveau de la recherche où presque tout reste encore à faire et à adapter en milieu paysan. C'est certainement dans ce domaine que l'appui des organismes internationaux doit se manifester d'urgence, car nous nous faisons très peu d'illusion sur les moyens qui pourraient être débloqués sur le plan national ni même dans le cadre d'une aide bi-latérale.

Avec les modestes travaux évoqués, nous sommes loin des aménagements très performants, mais qui peuvent sembler un peu sophistiqués pour le moment, tels que ceux mis au point par l'ICRISAT, à Hyderabad, en Inde (et dont nous souhaitons une application dans les conditions sénégalaises). Ces aménagements (Water sheds) sont basés sur le principe que la suppression totale du ruissellement est impossible. Il s'agit donc d'une part de faciliter l'infiltration sur place grâce à une action sur la topographie des champs et sur les techniques culturales appropriées. Il faut d'autre part canaliser l'eau excédentaire et la diriger dans des évacuateurs vers des bas-fonds ou petits barrages de retenue, afin de limiter les dégâts sur le passage de cette eau et de constituer

éventuellement des réserves hydriques. L'eau retenue pourrait être utilisée de façon différée soit sur les cultures pluviales, en irrigation complémentaire pendant les périodes de sécheresse, soit en irrigation totale après la saison des pluies, sur des petits périmètres maraîchers ou plantations fruitières,

Nous pensons que des aménagements de ce type pourraient être éventuellement simplifiés et testés avec profit, soit en Casamance soit au Sine-Saloum. C'est d'ailleurs dans cette dernière région, très menacées actuellement, qu'il faudrait peut-être commencer. Même s'il n'est pas très réaliste, pas forcément très rentable de viser surtout à constituer des réservoirs en vue de l'irrigation, il sera toujours très profitable de réduire le ruissellement en favorisant l'infiltration (aménagement du relief, techniques culturales) et de canaliser l'eau excédentaire vers des zones privilégiées où l'on choisira les spéculations agricoles adéquates = doubles cultures, cultures dérobées, cultures de cycle plus long, arbres fruitiers ou maraîchage etc. . . Pour le moment, il s'agit davantage de sauver des terres très menacées, que de préconiser des aménagements coûteux en vue d'une irrigation à partir de collecte d'eau gravitaire et de barrages de retenue dont la faisabilité n'est pas encore prouvée. Si les deux objectifs = arrêt des dégâts dus à l'érosion et constitution de réserves hydriques peuvent être menés de pair, tant mieux, mais l'objectif prioritaire est certainement le premier. De même, il est plus urgent de mettre au point les méthodes d'arrêt de l'érosion et de la perte des sols, que d'améliorer la fertilité des sols déjà atteints, encore que les deux objectifs puissent être simultanément. Ce serait un gaspillage que d'apporter du fumier, des engrais minéraux, des amendements de tout ordre, d'adopter des techniques culturales coûteuses et lourdes, sur des sols qui sont en train de disparaître et sous lesquels la cuirasse ne va pas tarder à affleurer.

La démarche technique à mettre au point sera du plus grand intérêt, pour tous les pays concernés. Sur le plan national, nous sommes persuadés que le fléau qui frappe actuellement le sud et le centre du Sine-Saloum (moins la partie plus plate et plus sableuse

du nord de cette région) commerce à sévir gravement en Casamance et au Sénégal-Oriental. Ainsi on peut constater, en traversant ces deux dernières régions, une dégradation impressionnante du couvert arbre, sous les effets cumulés de la sécheresse, des feux de brousse, des défrichements et sûr-pâturage. Ces deux derniers facteurs auront une influence de plus en plus grande, compte tenu du rôle de "zone-refuge" assuré par ces 2 régions, où l'on peut encore espérer lors des sécheresses les plus graves (comme en 1983) réussir quelques cultures et fourrages. Sous l'effet de ce déboisement, il n'est pas certain du tout que l'on arrivera à maîtriser le ruissellement et l'érosion et à conserver correctement les terrains cultivés.

C) Centre nord et Nord (Cap vert, Thiès, Diourbel, Louga, Fleuve)

Les problèmes de ruissellement et d'érosion y sont certainement moins graves que dans les régions que nous venons d'aborder. Toutefois, ils ne sont pas inexistantes ; s'ils n'affectent guère en général les sols très sableux profonds et perméables qui dominent dans ces régions, ils peuvent apparaître dès que l'on se situe sur des sols de texture plus argileuse = type "dek", présentant certains caractères d'hydromorphe, et noirs (vers MBOUR), à tendance vertique, ou encore sols de plateau très peu profonds reposant sur des cuirasses (falaises et plateau de Thiès, sols des plateaux bordant le fleuve, vers Bakel et Matam) etc., .

Ainsi, on a connu dans ces régions des inondations catastrophiques, comme à Bakel il y a quelques années, et comme il s'en produit assez fréquemment vers Thiès, Pout, Sébikotane dès que les précipitations dépassent 30 à 40 millimètres en quelques heures. Le plus souvent, ces eaux de ruissellement qui peuvent être dévastatrices, s'accumulent sur des plateaux stériles et imperméables et dévalent ensuite sur les pentes faibles mais longues où l'on trouve des sols cultivés beaucoup plus vulnérables. Des actions de protection seraient à envisager dans ces zones particulières où ruissellement et érosion peuvent avoir des effets néfastes sur les cultures, sur les aménagements urbains et enfin, ce qui n'est pas négligeable, sur les voies de circulation.

En ce qui concerne les travaux de la recherche, il faut signaler que l'on dispose au CNRA de Diambey de renseignements précis sur l'intensité des pluies (dépouillement de pluviogrammes quotidiens depuis 25 années sans interruption...). La division de bioclimatologie, qui s'intéresse par ailleurs plus spécialement à tout ce qui concerne l'alimentation hydrique des cultures, a eu à travailler aussi sur les Principaux types de sol sableux du point de vue caractéristiques hydro-dynamiques = infiltration, ressuyage, assèchement par les cultures, percolation, évaporation sol nu, conductivité hydraulique etc., , .

Ces caractérisations sont intéressantes car elles permettent, Par grands types de sol, de comparer les intensités de pluie reçue avec les propriétés d'infiltration et de conductivité hydraulique. On doit pouvoir estimer ainsi les risques de ruissellement et indirectement avoir une idée de la valorisation de l'eau par les cultures. Nous en reparlerons plus loin au point de vue économie de l'eau et lutte contre la sécheresse.

Précisons aussi que l'on est en mesure de chiffrer sur certaines pluies, et en particulier celles de début d'hivernage, quelle est la partie d'eau infiltrée sur place et celle qui a ruisselé ; ceci à partir de bilans hydriques effectués avec des humidimètres à neutrons = il suffit d'avoir le profil précédant la pluie (ce qui est facile pour le profil de fin de saison sèche qui n'évolue plus depuis plusieurs mois) et celui effectué après la pluie (dans les 24 heures par exemple),

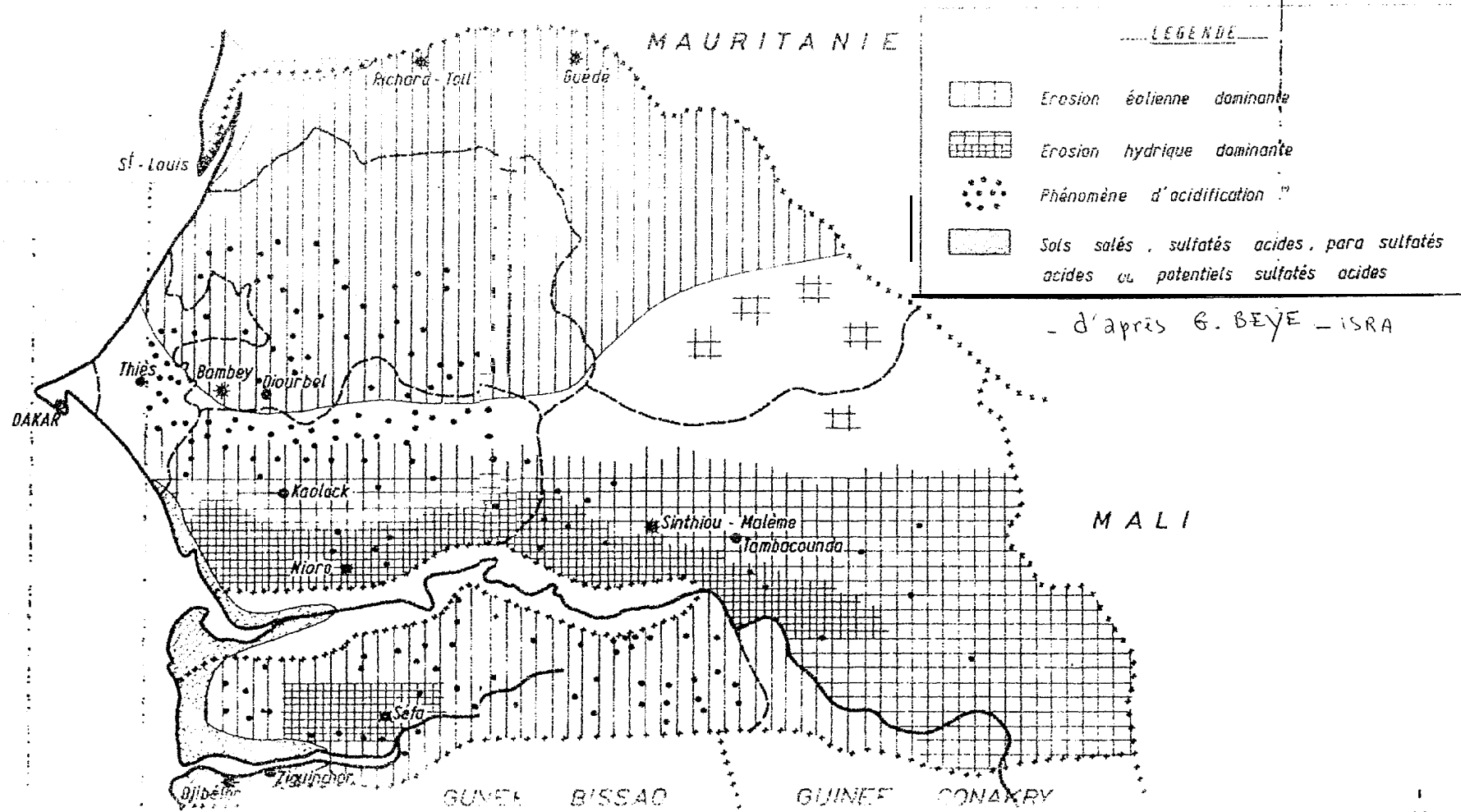
Dans les zones Centre-nord et Nord, il est très rare que l'on soit en présence de grands bassins versants avec ruissellement de l'eau et ruissellement dans une vallée avec un écoulement important et surtout un sens d'écoulement marqué en direction de l'océan ou d'un fleuve (excepté justement pour la seule bordure du Fleuve Sénégal et celle du Lac de Guiers). On observe le plus souvent un relief légèrement ondule et cloisonné : s'il y a ruissellement, il est très localisé et n'affecte qu'une petite distance, en direction thalweg ou d'un marigot rarement très vastes. Dans le Nord du pays (Louga, Coki, Linguère et aussi vers la côte) le relief dunaire est plus accusé et on se trouve en présence de petits

bassins interduinaires, le plus souvent allongés et dépassant rarement 2 à 3 km. On peut avoir une succession en chapelet, de petits bassins fermés et orientés vers le Nord-Est. D'après certaines tournées effectuées, il y a une dizaine d'années, encore de repérer des sites de création d'une station de lutte contre la sécheresse, on a pu constater que ces bassins interduinaires de la région de Louga étaient impropres à utiliser l'eau de ruissellement et à la collecter dans le bas-fond. Les sols duinaires sont très sableux/ et perméables (sables grossiers), très rarement marqués par des traces d'érosion et le fond du bassin est souvent lui-même rempli d'une épaisseur importante de sable.

On peut citer pour terminer un petit aménagement expérimental qui avait été installé sur une dizaine d'hectares, en sol dek, au CNRA de Bambey, à l'issue de la période très pluvieuse de 1950 à 1965. Les cultures installées suivant les courbes de niveau, respectant un assolement rationnel, et faisant l'objet de façons culturales judicieuses, ont donné d'excellents résultats (mil, arachide, jachère d'herbe, niébé). Une meilleure infiltration, une évapotranspiration certainement accrue, ont permis de réduire au minimum l'eau de ruissellement. Cette dernière a été canalisée par ailleurs dans un marigot (retailé) d'emprise spatiale très faible donc peu gênant pour les cultures. Cependant, compte tenu d'une part, de l'évolution pluviométrique et d'autre part de l'extension relativement faible de ce genre de situation (sols peu perméables, allant de pair avec une topographie accusée) ce genre d'aménagement ne paraît pas promis à un grand avenir.

En revanche, nous pensons que l'aménagement de certains marigots et de leur petit bassin d'alimentation, pourrait être revu, dans les régions Centre et Nord, en fonction des objectifs recherchés = alimentation hydrique de la population et du cheptel (problème de la protection de ces marigots' contre l'évaporation et contre la pollution) recharge des nappes, constitution de réserves en vue d'un petit maraîchage de prolongement de la saison des pluies (d'octobre à Décembre - Janvier) etc....

DEGRADATION DES SOLS AU SENEGAL



1 - 2 Lessivage

Le lessivage, provoquant une dégradation chimique et physique des sols est lié aux excès pluviométriques et à la nature même du sol (en particulier à sa texture). Plus la texture est grossière, plus les sols sont perméables et plus les pluies peuvent provoquer d'intenses lessivages. Les sols sont en grande majorité très sableux au Sénégal, mais en général ils sont plus grossiers et perméables au Nord, qu'au Sud où ils sont plus fins (sables fins, argiles et limons) et nettement moins perméables. Cette constatation pondère beaucoup le seul effet de la pluviométrie. Les lessivages ne sont pas forcément plus forts dans le sud où il pleut beaucoup, que dans le centre ou le nord du Pays où il pleut de moins en moins.

Supposons une grosse précipitation de l'ordre de 75 mm, en début d'hivernage, ce qui n'est pas exceptionnel. Au sud du pays, il peut très bien en ruisseler un bon tiers et seuls 50 mm arriveront (en sol beige ou rouge de plateau ayant une réserve en eau utile de l'ordre de 120 mm par mètre de sol) à humecter le sol sur une quarantaine de cm de profondeur,

Au centre du pays, ces 75 mm de pluie, même intense, ruisselleront très peu dans un sol dur, sur un relief assez plat et à supposer qu'il en ruisselle (pas très loin...) un peu, 70 mm pourront humecter le sol jusqu'à environ 1 mètre de profondeur,

Enfin à l'extrême, vers Louga, sur un sol dunaire très sableux et perméable (réserve en eau utile de l'ordre de 50 mm par mètre), toute la pluie de 75 mm peut s'infiltrer et humecter le sol jusqu'à 1.5 mètre.

Pour des situations que nous connaissons bien, il peut très bien tomber en Casamance, à Séfa, près de 1200 mm, sur un sol rouge de plateau ; au bout d'un mois, le sol peut déjà être humecté à plus de 2 m et au bout de 2 mois être plus ou moins saturé et au contact avec la nappe phréatique. Le drainage devient difficile, il y a engorgement et le ruissellement s'aggrave ; on aura certainement eu du lessivage (vertical et aussi oblique) mais ce sont surtout les dégâts par érosion qui auront été graves dans les pentes exposées.

A Bambey, sur un sol dior, s'il tombe 700 mm plus ou moins bien répartis, le sol peut très bien être humecté jusqu'à 3 ou 4 m, donc plus bas que la zone prospectée par les racines des plantes annuelles cultivées (mil, arachide, niébé...) qui ne dépasse guère 1,5 m pour le mil, 1 m pour l'arachide et le niébé. Une culture de 90 jours consomme de l'ordre de 400 mm ; si on rajoute une cinquantaine de mm en évaporation post-récolte ou prélèvements par des adventices tardives, il reste près de 250 mm qui partent en profondeur. Si on a plusieurs années de ce type (période 1950-1965) les excès d'eau s'accumulent et percolent vers la nappe, provoquant forcément un lessivage appréciable. Nous en reparlerons plus loin,

Enfin à Louga, sur un sol très dunaire, et même à Thil-makha, nous avons déjà vu des pluviométries totales de 200 mm, provoquer sur des sols portant des cultures très chétives, des percolations dépassant 3 mètres.

Ces constatations montrent bien l'importance que peut prendre le lessivage des sols sénégalais.

a) Sud du pays = Casamance et Sénégal-Oriental

Nous passerons assez vite sur cette zone ; au Sénégal-Oriental les sols sont fréquemment peu profonds et reposent souvent sur une cuirasse = le lessivage sera certainement moins important que l'érosion, encore qu'il ne faille pas sous-estimer l'importance d'un lessivage oblique qui ne serait en fait qu'une sorte de ruissellement souterrain. sur la cuirasse, ANGE, BERTRAND (1973) ont eu à signaler ces phénomènes. En Casamance, surtout continentale, il peut y avoir des sols relativement profonds et des problèmes de lessivage vertical. Le phénomène est peut-être moins grave qu'au centre du pays car la nappe est souvent peu profonde et une liaison peut s'établir assez rapidement avec celle-là : les entraînements verticaux sont alors très ralentis. par ailleurs, des arbres et arbustes s'alimentant dans la nappe, et même des plantes herbacées pratiquement pérennes, peuvent remonter une partie des éléments entraînés. Il en est de même en Casamance maritime où la nappe est encore moins profonde et où elle peut

affleurer en surface, très rapidement, en cours d'hivernage.

b) Centre Sud - Sine-Saloum

Nous préférons pour cette zone renvoyer le lecteur à ce que nous venons de dire pour le Sud ; toutefois on y trouve tout un mélange de sols profonds, peu profonds, tranquilles etc.. .. qui rendent très délicate l'étude de ces processus de lessivage. Personnellement, nous pensons, que les problèmes de ruissellement et d'érosion sont actuellement beaucoup plus graves et préoccupants. Quand au Nord de cette zone il peut être rattaché à ce que nous allons dire sur le Centre Nord et Nord du pays.

c) Centre Nord et Nord du pays

C'est surtout au Centre Nord que le phénomène du lessivage a été étudié, et une grande partie des résultats peut être appliquée à de nombreuses autres régions du Sénégal. A partir de 1951, des travaux ont été effectués en cases lysimétriques au CNRA de Bambey (P. RONFILS, C. CHARREAU, M. MARA (IRAT 1962)). Précisons tout de suite que, compte tenu de l'environnement des cases et du défaut d'anneau de garde, l'effet "pot de fleur" des cuves et cases de végétation a probablement provoqué une surestimation de l'évapotranspiration des cultures pratiquées, et inversement, une sous-estimation des quantités d'eau drainées et donc du lessivage.

Toutefois ces expériences ont mis en évidence la gravité du lessivage, pouvant atteindre en moyenne annuelle :

5 à 30 kg/ha d'azote
 3 à 30 kg/ha de soufre/
 4 à 150 kg/ha de CaO
 15 à 40 kg/ha de MgO
 10 à 20 kg/ha de K₂O
 et 0,1 à 0,5 kg/ha de P₂O₅ (G. BEYE 1977)

A titre indicatif, par des méthodes "IN SITU" et dans le cadre d'un essai coordonné A.I.E.A. L. CISSE (1984) cite les valeurs suivantes ; obtenues sous arachide en 1979 et sous mil en 1980 (années toutes deux bien moins pluvieuses que celles de la période

1950-1965 avec 472 mm en 1979 et 548 en 1980).

	Arachide	Mil
N - N03	31	20
CAO	28	26
MgO	12	15
K ₂ O	2	3

Les valeurs de lixiviation sont données en kg/ha et par an.

Comme le rappelle G. BEYE (1977) et suite aux Qtudes de C. DANCETTE et R. NICOU (1974) puis de A.E. HALL et C. DANCETTE (1978) la quantité d'eau drainée est variable d'une année sur l'autre et dépend à la fois de l'allure de la pluviométrie et de la nature de la végétation. Sous culture au jachère, (nue ou herbacée) à Bambey, entre 1972 et 1978, donc au cours d'années très déficitaires en eau, le drainage en dessous de la limite d'enracinement, peut varier entre 10 et 280 mm. La moyenne sur 7 ans est de l'ordre de 140 mm, soit dans les 30 % de la pluviométrie reçue. Ce chiffre est important et inquiétant quand on pense à des pluviométries normales qui seraient de l'ordre de 630 mm sur 60 ans plutôt que les 450 mm reçus au cours des 16 années de sécheresse entre 1968 et 1983.

Enfin, par simulation de bilan hydrique sous arachide de 70 jours, sur un sol dior, pour la période 1940 à 1979 (40ans) C. DANCETTE et F. FOREST (1982) trouvent une quantité d'eau moyenne drainée de 201 mm $\pm$ 14.3 (C.V interannuel de 71 %). Le déficit hydrique moyen de la culture étant de 86 mm $\pm$ 55 (C.V de 64 %) pour des besoins de l'ordre de 405 mm, on peut tout de suite voir qu'il y a une valorisation très imparfaite des ressources en eau pluviales. Ce dernier fait, plus la lixiviation des principaux éléments minéraux, sont des facteurs très défavorables sur les rendements des cultures et aussi sur la dégradation progressive des sols sénégalais.

De tous les éléments, c'est le calcium qui est le plus mobile ; cette décalcification du complexe absorbant des sols, provoque une acidification dont les conséquences se sont révélées de plus en plus importantes, depuis une dizaine d'années.

D. BOUHOT (1968) avait décrit le "nanisme jaune", maladie de l'arachide et D. BLONDEL (1969) avait montré la relation existant entre cette maladie et la baisse du PH. L'acidification provoquée par le lessivage du calcium réduit, voire supprime la nodulation et donc la Fixation symbiotique de l'azote. Dans les sols ainsi affectés D. BLONDEL, (1970) montre que cette dégradation chimique peut être corrigée par des amendements calciques et par de la matière organique (fumier).

A partir de 1972, C. PIERI (1975, 1976) étudia systématiquement le phénomène d'acidification et le relie à une toxicité aluminique. Le seuil de toxicité, pour les nodosités, se situe à un taux de saturation en aluminium Echangeable de 30 %, celui de l'arachide elle-même se situant plutôt vers 50%. L'intérêt du chaulage fut alors confirmé, car il permettait de neutraliser l'aluminium échangeable. Grâce aux travaux de PIERI, les zones affectées furent ainsi estimées :

- 25 % des surfaces cultivées des régions de Thiès et de Diourbel
- 15 % de la surface du Sine-Saloum
- 50 % des surfaces de la Casamance intérieure
- 6 % des surfaces du Sénégal-Oriental.

Le bassin arachidier est très touché ; compte tenu de la nécessité de corriger la toxicité aluminique et de maintenir le pH, au moins entre 5,5 et 5,8, les besoins en chaux (CAO) à produire annuellement, sont alors chiffrés à 27.000 tonnes. PIERI insistait sur les liaisons indispensables qu'il convenait de mieux préciser, entre la fertilisation minérale (et organique) et le régime hydrique, dans les sols sableux du Sénégal. Par la suite, de nombreux travaux ont été menés dans ce sens, avec l'aide de l'Agence Internationale à l'Energie Atomique (A.I.E.A) et du F.A.C., entre autres organismes de coopération ; G. VACHAUD, M. VAUCLIN, J. IMBERNON, C. PIERI, C. DANCETTE et S. DIATTA (1982) C. PIERI (Mars 1982) L. CISSE, J. IMBERNON et C. DANCETTE (1984), C. DANCETTE et L. SARR (Janvier 1984). Il est impossible de citer dans le cadre de cette étude toutes les publications qui ont été faites sur

ces thèmes du lessivage, de l'acidification des sols, et des solutions en vue d'y remédier. Il suffit de savoir que l'ISRA dispose d'équipes importantes à Bambey (Centre Nord) et à Kaolack (Centre Sud); constituées à la fois d'agropédologues spécialisés dans l'alimentation minérale et d'agropédologues ou agroclimatologistes plus tournés vers l'alimentation hydrique des cultures et la dynamique de l'eau dans les sols.

1 - 3. Dégradation des sols de défriche récente dans les régions Sud du Sénégal

Nous avons préféré ouvrir ce chapitre spécial, bien que les deux facteurs mentionnés plus haut (érosion et lessivage) aient une action simultanée sur la dégradation de ces sols. Cependant le problème est particulier car il revient à rompre un équilibre écologique et à s'engager sur une voie rapide de dégradation, qui aurait pu ou dû être évitée. Nous aborderons plus loin, à propos des liaisons générales entre l'eau et la fertilité, le problème des cultures anciennes qui n'implique pas le même genre de décisions et de correctifs. Par ailleurs autant on peut regretter au niveau de la recherche, l'abandon des travaux sur le ruissellement et l'érosion en Casamance, autant on peut se réjouir des travaux initiés par C. CHARREAU (1971) poursuivis par P. SIBAND (1974) et continués par S. DIATTA (1974 et 1978), concernant la dégradation des terres de mise en culture récente, soumises à un régime pluviométrique aussi agressif.

Avec un potentiel d'un million d'hectares cultivables et les conditions pluviométriques les plus favorables, les sols de plateau de Casamance jouent un rôle important dans le développement agricole du Sénégal. De nombreuses sociétés se sont intéressées à ces problèmes (CGOT - SODAICA) et s'y intéressent encore (OPR, PRS, ILACO, SODEFITEX, CFDT, SOMIVAC...). Ces sociétés se sont souvent heurtées aux contraintes pluviométriques, aux techniques de défrichage (dessouchage), aux problèmes de fertilité liés à l'âge des champs.

La mise en culture induit très vite, dans les années qui suivent, une perte en matière organique et une disparition plus

lente de la fraction minérale fine : baisse de la capacité d'échange pour les cations, désaturation en calcium et en magnésium et donc baisse du PH (pas trop alarmante toutefois).

GANRY (1972) montre qu'en 10 ans on note un décroissement rapide de l'azote total et des fractions aminée et ammoniacale et même de la fraction azotée la plus stable. Il y aurait donc déshumification pendant les 10^{ères} années de cultures, puis très peu de variation ensuite, au bout de 13 ans.

Il est intéressant de suivre, les rendements d'arachide sur des sols de défriche très récente à MANIORA et de voir comment on peut les maintenir à un niveau correct, Sachant que par ailleurs, la pluviométrie n'a jamais été inférieure aux besoins en eau. Le niveau de départ médiocre peut être toutefois attribué à un hivernage retardé et court en 1972 (plus qu'à une pluviométrie très faible par rapport à la normale, mais suffisante pour satisfaire globalement les besoins en eau qui sont de l'ordre de 450 à 500 mm). L'arachide au Casamance supporte mal les excès d'eau, comme en 1975, surtout,

A N°W E E	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Moyenne
Pluviométrie en mm	681	915	1186	1312	1211	708	1002
Système traditionnel	1272	1472	1232	671	988	917	1092
Système amélioré	1572	2124	2111	1452	2063	1835	1860

Rendements d'arachide en kg/ha dans les systèmes traditionnel et amélioré - S. DIATTR - 1978.

Le système amélioré consistait en une rotation quadriennale maïs - mil - arachide - riz, avec apport d'engrais minéral et enfouissement des pailles de maïs et de riz. Le système traditionnel consistait en une rotation biennale arachide-mil, sur billons, sans engrais, ni aucune restitution de résidus de récolte.

Les défriches récentes, et belles à venir, concernent une surface importante de Sénégal et c'est certainement un problème à résoudre de façon plus satisfaisante qu'actuellement. Ce

ne sont pas les défrichements organisés par les Sociétés d'enca-drement, par exemple celle des Terres-Neuves au Sénégal-Oriental (Koungheul-Sinthiou Malème) qui sont les plus à craindre : le plus souvent, des rotations rationnelles, des façons culturales adéquates, des bandes boisées de protection et approvisionnement en bois etc., sont prévues, de même que des voies d'accès et un parcellaire cohérents. Ce qui est plus redoutable; ce sont tous les défrichements incontrôlés ou insuffisamment contrôlés que l'on voit se multiplier dans des zones de colonisation relativement ancienne où certaines parties vulnérables du terroir étaient conservées en défens. Nous pouvons ainsi mentionner les plateaux (et leurs bordure immédiate ou sommets de pente) du Sine-Saloum, autrefois boisés et non cul-tives, qui sont maintenant de plus en plus déboisés par les petits cultivateurs. Ces derniers, plus ou moins marginalisés et repoussés hors des terres les plus fertiles, se voient contraints de recher-cher des champs même très médiocres et vulnérables, dans les zones de cuirasse sub-affleurante qui n'étaient exploitées jusque là que par les éleveurs (zones de parcours, ramassage de bois et fruits divers, chasse...). Autant cette forêt-taillis, permettait d'éviter les dépôts de ruissellement, autant maintenant les cultures par ailleurs très mal localisées et pratiquées, favorisent un intense ruissellement qui menace les bonnes terres des pentes et bas de pente (voir plus haut chapitre ruissellement - érosion).

II - INFLUENCE DE L'EAU, PAR EXCES OU PAR DEFAUT, SUR CERTAINS SOLS PARTICULIERS (SULFATES ACIDES, SALINS, A ALCALIS)

Certains sols agricoles, très particuliers sur le plan physico-chimique occupent des surfaces loin d'être négligeables au Sénégal et posent de nombreux problèmes de valorisation. Ils ont fait l'objet de nombreux travaux, conduits en particulier par les agropédologues de l'ISRA et les pédologues de l'ORSTOM. Un des meilleurs documents faisant le point sur la question est celui de G. BEYE, intitulé. "Sols ingrats et remèdes" (Juillet 1977).

a) Les sols sulfatés acides

Ce sont des sols dérivés de sédiments marins et d'estuaire, dont l'acidité très élevée est due à la présence de sulfates de fer et d'alumine et d'acide sulfurique-Submergés, en anaérobiose, ces

sols sédimentaires deviennent neutres à alcalins (mud-clays) mais, quand ils sont exposés à l'air, ils deviennent très acides et impropres à la culture (cat-clays). On les trouve donc le plus souvent dans des zones basses et côtières et en particulier dans les estuaires caractérisés par la présence de mangrove. Au Sénégal, on les rencontre surtout en basse Casamance, où la pluviométrie reste assez abondante (1500 et 1600 mm sur la période 1930 - 1967 mais seulement 1000 à 1100, pendant la période de sécheresse vécue actuellement de 1968 à 1983). Ils posent de gros problèmes aux riziculteurs. Ils couvriraient en tout au Sénégal 975.000 hectares (G. BEYE 1977).

On arrive à les améliorer en combinant lessivage et chaulage. Le lessivage élimine l'excès de sel et de sulfates, le chaulage élimine l'excès d'aluminium. La combinaison des deux techniques donne de bons résultats, mais il peut subsister des symptômes de toxicité en fer, en période de présubmersion, au moment du repiquage du riz. L'apport d'engrais minéraux et en particulier de phosphore, même sous forme de phosphates naturels est absolument nécessaire.

Quant à la toxicité en fer, elle peut être maîtrisée sur le riz avec le chaulage, avec des apports de fumier bien décomposé et enfin avec des variétés tolérantes à la toxicité en fer (BEYE 1976).

b) Les sols- sales et à alcalis

Il y a eu au Sénégal, sur la côte atlantique, une série de transgressions et de régressions marines. A chaque transgression, les eaux salées ont envahi les deltas et estuaires et y ont laissé de vastes nappes salées fossiles, captives et sursaturées. Actuellement, les estuaires sénégal-gambiens sont soumis à l'action de la marée, et en saison sèche la frange salée peut remonter de plus de 150 km en amont, que ce soit le long du Sénégal, de la Gambie ou de la Casamance. Les excès de sel peuvent donc être importants et gênants pour les cultures. Les problèmes de salinité ont été heureusement très étudiés : CHARREAU et al. 1966, BEYE (déjà cité, plus 1972 et 1975) VIEILLEFON (1974) MARIUS (1976) et concernent surtout les bords des Fleuves Sénégal, Saloum, Gambie et Casamance.

On peut situer ces sols salés, en même temps que les sols sulfatés acides sur la carte de G. BEYE (1977) montrant les dangers

Un sol est considéré comme salé quand la conductivité de l'extrait sature devient supérieure à 4 millimhos/cm à 25 degrés C. Les pertes de rendement, par exemple pour le riz considéré comme semi-tolérant au sel, sont respectivement de l'ordre de 10, 25 et 50 %, pour des conductivités de 5, 7.8 et 8.8mmhos.

Le lessivage des sels solubles en excès est la façon la plus sûre d'améliorer les sols salés. Toutefois ceci implique de nombreuses conditions, de moins en moins faciles à réunir :

- aménagements de maîtrise des eaux salées (barrages anti-sel) très complexes et coûteux,
- disponibilité de quantités d'eau douce importantes (ce qui est de plus en plus difficile avec la sécheresse actuelle).

Les autres solutions possibles ne sont pas toujours aisées : amendements chimiques rares localement et coûteux, paillage contre l'évaporation relativement rare et peu mobilisable, travaux du sol délicats et coûteux en énergie et engins motorisés etc. G. BEYE (1973) a très bien montré l'efficacité du paillage pour maîtriser la salinité.

Il convient de suivre, dans toutes les zones touchées, l'évolution de la salinité, compte tenu des techniques de dessalement adoptées.

A l'état naturel, ces sols subissent un cycle de salinisation et de dessalement au cours de l'année : salinisation due à l'évaporation à la surface du sol nu, pendant la saison sèche, dessalement par lessivage pendant la saison des pluies (inondations). Le plus souvent il y a équilibre. Cependant, il convient d'insister sur le fait qu'au cours des 16 dernières années de sécheresse, et surtout après les 10 plus récentes (à cause d'un certain temps de latence avant la manifestation spectaculaire des premiers symptômes), cet équilibre a été rompu. La salinisation est donc de plus en plus accentuée et préoccupante, sous les effets cumulés d'une pluviométrie réduite de 30 % : lessivage par humectation directe du sol ou par les inondations (de moins en moins fortes et nombreuses) beaucoup moins efficace,

et aussi d'une demande évaporative plus forte que pendant les périodes de pluie normales à excédentaires (1950-65). Il est certain que les teneurs en sel dans les rizières de mangrove augmentent très vite que ce soit dans le sol lui-même et en particulier à la surface des billons et des mottes, ou dans la nappe où les concentrations atteignent des niveaux de 2 à 3 fois supérieurs à ceux de la mer.

Un des seuls espoirs repose sur l'aménagement rapide des barrages anti-sel : tout le monde pense au barrage de Diama dans le delta du Fleuve Sénégal, préfiguré par le barrage provisoire en terre, édifié en un temps record, à Kheune, à la fin de la saison des pluies de 1983, par les différents services nationaux concernés, par la C.S.S. et par le génie militaire. Ce barrage, situé en amont de Saint-Louis, a été très efficace puisqu'il a permis de stocker en amont un volume d'eau douce considérable et surtout de remplir de façon quasi optimale le lac de Guiers qui sert de réserve aux périmètres irrigués du delta (CSS, SAED) et à l'alimentation urbaine de Dakar et des localités desservies par la conduite,

Pour clore ce chapitre sur les sols salés, il convient de parler aussi des possibilités d'irrigation des sols exondés, à partir des nappes d'origine pluviale ou fossile. A ce titre, l'expérience conduite à la ferme irriguée du CNRA de Bambey, présente un très grand intérêt. La portée des résultats obtenus dépasse certainement le cadre des possibilités, somme toute limitées, des environs immédiats de Bambey, et concerne de vastes zones, tant au Sénégal que dans tout l'Ouest Africain semi-aride. Les travaux de T. M. DUC (1975, 1984) portent sur l'utilisation de deux sortes de nappes posant des problèmes de salinité :

1. immédiats et très graves, avec la nappe salée et d'origine fossile du Maestrichtien (potentiel considérable dans tout le Sénégal, chiffré à 3000 milliards de m³, mais profondeur importante posant des difficultés d'exhaure). Cette nappe peut atteindre une salinité totale dépassant 2g de sels (surtout sodiques) par litre, la situant dans l'échelle de salinité de RIVERSIDE, comme impropre à l'irrigation.

, différés, mais préoccupants à la longue, au bout de 2 ou 3 ans, avec la nappe d'origine pluviale, et moins profonde (de l'ordre de 20 m à Bambeï) du LUTETIEN. Cette nappe a une teneur en sels totaux de l'ordre de 1 à 1.5g/litre (sels calciques et magnésiens); son potentiel est estimé entre 5 et 10 milliards de m³.

Avec le lutétien donc, il n'y a pas de problème majeur d'irrigation, dans l'immédiat, que ce soit en aspersion ou au goutte à goutte, au moins au cours des premières années. Des rendements très élevés peuvent être atteints sur cultures maraichères (tomates, aubergines, choux, patates douces, pastèques etc...). L'irrigation en complément des pluies peut être envisagée à des fins de sécurité de la production sur les cultures vivrières classiques (mil, maïs, sorgho, niébé) et sur des cultures de rente (arachide, coton). Cependant ce sont toujours les cultures maraichères de saison sèche ou d'hivernage qui rentabilisent le mieux ce genre d'opération.

Avec le Maestrichtien, il est impossible d'irriguer par les méthodes classiques et le goutte à goutte devient nécessaire : on arrive alors à obtenir des rendements moitié de ceux obtenus avec le Lutétien, ce qui reste très honorable et encourageant.

En irrigant avec les eaux de la nappe du Lutétien (d'alimentation pluviale, donc chargées de sels solubles) on provoque assez rapidement (2 à 3 ans) une alcalinisation nocive qu'il convient alors de réduire. Si l'excès de sel provoque un stress osmotique au niveau de la plante, l'alcalinité quant à elle, a des effets directs sur la disponibilité de certains éléments minéraux qui deviennent moins solubles. C'est le cas du blocage du fer, dans les sols à pH élevé, et les symptômes bien connus de la chlorose ferrique,

Avec les eaux de la nappe du Maestrichtien, salinisation et alcalinisation se produisent encore plus rapidement ; les sols deviennent complètement infertiles et imperméables et des mesures énergiques de dessalement doivent être prises après chaque campagne d'irrigation. Les solutions techniques sont maintenant assez bien connues ; on peut citer les enfouissements d'engrais vert (arachide

notamment), l'utilisation de chélate de fer contre la chlorose ferrique et l'usage d'engrais ammoniacaux plutôt que nitriques, les amendements chimiques permettant d'augmenter la perméabilité (phosphogypse) et surtout le lessivage avec les eaux de pluie, grâce à des jachères de sol nu et à un travail du sol favorisant l'infiltration,

Dans toutes les zones du Sénégal, que ce soit dans les grands aménagements (du Fleuve Sénégal) ou dans les petits (projets autour des Forages par exemple) il faut contrôler la salinité et l'augmentation du PH et envisager à temps les mesures correctives. Il est certain que l'irrigation mal pratiquée peut être un agent très grave de dégradation des sols et il convient de ne pas ajouter aux facteurs naturels défavorables des facteurs négatifs relevant d'interventions maladroites ou d'incurie. LOYER (ORSTOM-DAKAR) a beaucoup insisté au cours de ces dernières années sur les risques de re-salinisation, d'alcalinisation, de dégradation de la fertilité des sols (causes physico-chimiques) en général, qui sont toujours latents, dans les aménagements irrigables, en milieu semi-aride tropical. On relèvera aussi les travaux entre autres, de MUTSAARS (1973), BEYE (1966), SONKO (1974), ZANTE (1984) etc...

III - PROBLEMES LIES A L'EROSION EOLIENNE ET A L'ARIDITE

L'érosion éolienne qui se manifeste par le transport des éléments fins du sol est certainement très ancienne au Sénégal où de grandes surfaces de sols ont pour origine des apports de sables éoliens. Le phénomène est très complexe à étudier et n'a pas fait l'objet de travaux suffisants au Sénégal, à notre avis. Il est certain que l'érosion éolienne se traduit par un arrachement des particules fines sur certaines zones, par un transport de ces particules, mais aussi par leur dépôt et accumulation en d'autres zones. L'érosion éolienne s'exerce le plus souvent au Sénégal du Nord vers le Sud, très grossièrement. Dans le détail, les vents beaucoup plus violents en saison sèche qu'en saison des pluies, tournent progressivement au cours de l'année du Nord-Ouest (Octobre), au Nord, puis au Nord-Est (jusqu'en Mai-Juin) ; le régime dominant est donc Nord (alizés maritimes) puis alizés boréal et continental. Il faut compter aussi avec l'harmattan qui se manifeste au Sénégal

par des vents d'Est violents et très chauds. On remarquera **ainsi** qu'au Nord du Sénégal, les sols sableux éoliens comportent surtout des sables grossiers et que plus on descend **vers le** Centre et Sud du pays, plus ils contiennent des sables fins et des limons et argiles. Il est très logique de penser que les deux formes d'érosion, éolienne et hydrique, ne font que cumuler leurs effets, au détriment du capital en terres arables du Sénégal. Le peu d'éléments fins et de matière organique qui reste en surface des sols sableux du Nord et Centre du pays est arraché, transporté par les vents à dominante Nord, déposé plus au Sud, en zones plus arrosées. Ces mêmes éléments sont repris par l'érosion hydrique et se retrouvent en fin de compte dans les fleuves et mangroves. Un des objectifs les plus importants de la lutte contre la désertification constituer; certainement à freiner ce processus qui paraît **actuellement** inexorable et catastrophique, On constate en effet au Sénégal (qui reçoit aussi il faut bien le dire, les apports éoliens de la Mauritanie...) des vents de sable de plus en plus forts et surtout qui durent de plus en plus longtemps. Ce phénomène qui était relativement rare il y a 20 ans (tout le monde se désolait lorsqu'il durait 2 ou 3 jours consécutifs... et pas plus de 2 à 3 fois par an !) est devenu très commun maintenant. Les vents de sable peuvent durer plusieurs semaines et survenir à n'importe quelle période de la saison sèche, de début octobre jusqu'à juin-juillet. Leur épaisseur est souvent très variable : de quelques mètres ou dizaines de mètres (et là, on peut penser d'autant plus à l'action bénéfique des arbres) jusqu'à plusieurs centaines de mètres.

III-I, Acquis de la recherche concernant la lutte contre la érosion éolienne

- Il existe très peu d'études relatives à la mesure du phénomène d'érosion éolienne lui-même, contrairement à ce qui peut exister pour l'érosion pluviale. On connaît un peu mieux le régime des vents (travaux de la Météo Nationale, de l'ASECNA, de l'I.U.T, de la Faculté des sciences = physique météorologique, ISRA etc...) ou ce que l'on pourrait appeler le gisement éolien, dans l'optique essentiellement de l'utilisation de l'énergie éolienne. (FRETEAUD 1984).

Cependant, les manifestations de l'érosion éolienne, sans être bien quantifiées, sont spectaculaires au Sénégal. D'un point de vue purement agronomique, nous retiendrons entre autres les points suivants :

a) LABOURS

Un labour da fin de cycle, effectué dans de bonnes conditions, c'est-à-dire en sol encore humide, est un des meilleurs moyens de lutter contre l'érosion éolienne (CHARREAU et NICOU 1971 - DANCETTE 1974 et 1984 - NICOU 1977).

La rugosité de la surface (labour très motteux) peut se maintenir très longtemps (et même pendant toute la saison sèche) à condition que le sol contienne un minimum d'argile et qu'il se prenne en masse lors de sa dessiccation, après labour en humide. C'est le meilleur moyen pour qu'il n'y ait pas arrachement et transport des fines particules de sables, limons, matières organiques etc. Des essais en soufflerie l'ont démontré aux Etats-Unis et en Belgique ; la pratique paysanne des grandes plaines du Sud des Etats-Unis l'avait montrée dans la première moitié du 20^{ème} siècle, en culture attelée d'abord, puis motorisée ensuite.

Au CNRA de Bambey, des observations visuelles spectaculaires ont pu être faites lors des vents les plus violents, avec des tourbillons de poussière et sable très épais, sur les parcelles de sol nu (en particulier après soulèvement de l'arachide) alors qu'il ne se produit absolument rien sur labour de fin de cycle.

A Louga, avec des sables plus grossiers, sans aucune structure et contenant encore moins d'argile qu'à Bambey, des labours de fin de cycle, bien faits en humide, sont soufflés au bout de quelques mois (5 à 8 mois selon les années) et le sable s'accumule dans les sillons ; le labour devient presque invisible, mais se conserve intact en dessous de ce remplissage. Son effet favorable (plus values de l'ordre de + 15 à + 25 % selon les années, sur les rendements) se maintient. Il a donc en plus de son effet bénéfique, contribue à "piéger" dans les sillons une importante quantité de sable fin. Il est en revanche déconseillé de faire un labour en sec, car le sable est devenu coulant et sans aucune cohésion.

A la rigueur, si on veut labourer en sec, il faut le faire au dernier moment avant la saison des pluies = fin Mai au courant Juin. (Travaux et Rapports de M. DIOP - LOUGA).

A touga, toujours, au cours d'essais portant sur l'amélioration de la fertilité dans des sols dégradés nous avons essayé de protéger des parcelles non labourées, avec des haies mortes.. d'épineux et d'euphorbiacées. Le sol laissé nu après culture (arachide ou mil) était ainsi très bien protégé et moins touché par l'érosion éolienne,

L'accumulation de sable derrière les haies brise vent était spectaculaire, Nous avons regretté au bout de 5 années d'expérimentation de ne pas avoir fait à l'implantation de l'essai un relevé topographique. En effet, le relief du champ avait été profondément modifié par les brise vent, mais aussi par les diverses techniques culturales adoptées sur l'ensemble de l'essai. (DANCETTE - rapports de synthèse ISRA - Bioclimatologie, de 1975 à 1980). De plus, l'effet brise vent était très appréciable pendant la saison des pluies elle-même, favorisant une meilleure alimentation hydrique des cultures protégées (réduction d'ETP)

b) Résidus de céréales et jachères-d'herbe

. Les résidus de céréales laissés sur pied, par exemple mil, sorgho, maïs etc.,... et les jachères d'herbe, peuvent très bien protéger le sol des parcelles contre l'érosion éolienne, mais ceci devient difficile à réaliser car les cultivateurs dessouchent de plus en plus les céréales et collectent toutes les pailles. De plus, le bétail pâturant et surpâturant les champs non protégés, consomme et détruit cette végétation, piétine et gratte le sol, le rendant plus vulnérable à l'érosion éolienne. On ne peut donc plus trop compter sur cette pratique traditionnelle qui a beaucoup évolué au cours des récentes années du fait de la sécheresse, du sur-pâturage et de l'intégration culture-élevage sédentarisé.

c) Le paillage (NICOU, CHOPART, 1978)

a été étudié dans les conditions sénégalaises. Pour être vraiment

efficace, il suppose une quantité importante de paille (60 3 80 quintaux/hectare au moins). Cette paille très prisée pour l'alimentation du bétail, pour les constructions de "tapades" (clôture), comme combustible même, ne peut pas être ainsi mobilisée. Le pailage, contrairement aux régions équatoriales, compte tenu de la rareté et de la grande valeur de cette paille, ne peut pas être envisagé de façon réaliste au Sénégal, pour protéger les sols, que ce soit contre l'érosion hydrique au Sud, ou contre l'érosion éolienne, au Nord et Centre du pays.

d) Les arbres

Il s'agit certainement du meilleur moyen de lutter contre l'aridité du climat en général et contre l'érosion éolienne en particulier. Du point de vue bioclimatique, les avantages de l'arbre sont nombreux et nous ne les détaillerons pas :

- . réduction d'ETP (P. G. , SCHOCH 1965 - C. DANCETTE et F. POULAIN 1969 - C. DANCETTE et M. NIANG 1973 - C. BARET 1980).

- . réduction de la vitesse du vent (vents de sable, verse des cultures etc.. .)

- . recyclage de l'eau profonde du sol (et des éléments minéraux lessivés) etc. . .

Nos collègues de la recherche Forestière et des Eaux et Forêts auront par ailleurs à traiter en détail du reboisement. Notre point de vue concerne surtout une agriculture de plus en plus sédentarisée et qui nécessite plus que jamais une intégration poussée avec l'élevage et la foresterie, dans le cadre d'un aménagement rationnel du paysage rural et d'une meilleure valorisation des ressources pédoclimatiques.

Très brièvement, il ne saurait y avoir au Sénégal d'agriculture correcte, grâce au maintien de la fertilité et d'une ambiance climatique favorable, sans la présence des arbres.

Ces arbres peuvent être :

- dispersés dans le paysage : c'est le cas des terroirs traditionnels : à base d'Acacia albidu : Cette pratique doit être encour-

ragée et vigoureusement défendue, en attendant de trouver éventuellement de meilleures formes d'intégration (PELISSIER 1966 - DANCETTE 1979). , ,

- plantés en ligne - brisé vent : les travaux sont encore insuffisants dans ce domaine au Sénégal et nous ne pouvons guère appliquer que ce qui a été fait ailleurs, en, ce qui concerne les formes des parcelles à protéger, l'orientation des lignes, les distances entre les arbres sur la ligne, la largeur à adopter entre les rideaux d'arbres, leur gestion etc... (voir CNRF - GIFFARD, HAMELLE, BA ILLY - A.1 NIANG, P. SALL etc. . .).

Mais faut-il les implanter selon un maillage géométrique (carrés, rectangles etc. ,), selon les courbes de niveau, en lignes simples ou doubles, avec un mélange d'essences etc.. ? On ne saurait être trop dogmatique et il convient surtout de se "lancer à l'eau" et d'essayer les diverses formules qui à première vue peuvent paraître satisfaisantes, tout en s'appuyant sur une sérieuse revue des travaux effectués un peu partout dans la zone inter-tropicale.

- en plantation géométrique au sein des cultures à protéger. Il s'agit d'une formule autrefois envisagée par GIFFARD et que nous reprenons actuellement sous une forme un peu différente. Cette solution consiste à planter des arbres fixateurs d'azote (légumineuses) ayant donc un pouvoir régénérateur de la fertilité des sols suffisamment performant, C'est le cas bien sûr des Acacia albida. Ce ne sont pas des plantations pures et figées, car dès le départ, on leur associe des cultures (entretien facilité et prise en charge par les cultivateurs eux même, concurrence hydrique moindre que celle des adventices mal maîtrisées). On doit être capable, à partir d'une plantation au début assez serrée, de l'éclaircir jusqu'à trouver la densité la plus compatible avec la culture, Un juste équilibre doit être atteint en ce qui concerne les consommations hydriques des arbres et des cultures, un ombrage restant compatible avec les besoins photosynthétiques des plantes protégées et enfin une réduction des effets néfastes du vent restant appréciable (rugosité générale du paysage arbore), D'autres essences, plus performantes que l'Acacia albida sont actuellement recherchées et on s'oriente d'ailleurs plutôt vers les essences locales tout en

ne négligeant pas les essences introduites (travaux du CNRF). Beaucoup de travail reste à faire dans cette voie qui nous paraît très prometteuse,

- en bandes boisées plus ou moins larges (SEFA, Terres Neuves, BOULEL, DAROU etc...). Le problème majeur est de trouver une proportion raisonnable entre surfaces cultivées et surfaces, en défens et surtout d'obtenir une protection suffisante des bandes boisées (contre les cultivateurs qui veulent étendre leurs champs, les coupes de bois abusives, la dégradation par le bétail etc...). Nous ne croyons pas trop en cette formule, au moins pour le Centre et Nord du Sénégal.

- Nous ne parlerons pas ici des forêts, défens, plantations d'Etat, bois de village, etc... , (voir les Forestiers) dont on connaît toute l'importance mais qu'il ne nous appartient pas de développer à ce niveau de notre étude où nous nous préoccupons surtout de la conservation des eaux et du sol dans les zones cultivées.

II 1-2. Les projets de développement concernés par la lutte contre l'érosion éolienne au Sénégal

Les Eaux et Forêts conduisent de nombreuses et importantes opérations de développement, axées sur le reboisement, sur la réduction de l'érosion éolienne, et bien sûr, sur la conservation des sols sénégalais ; nous en citerons quelques unes qui nous paraissent de plus grand intérêt et qui seront certainement détaillées dans d'autres documents :

- Régénération à base d'Acacia albida, dans la zone entre Mekhé et Baba-Garage ; les arbres y sont protégés et des encadreurs sont chargés d'animer cette action et d'en contrôler la bonne évolution dans le temps,

- Fixation des dunes vives entre Saint-Louis et Dakar ; pratiquement tout le cordon littoral a été aménagé à partir d'une bande boisée de plusieurs centaines de mètres à plus d'un kilomètre de large, (à base de filaos surtout) en bordure de plage. Il s'agit

d'une belle réussite aux effets spectaculaires sur la réduction de la vitesse du vent et sur la naissance des dunes vives ou leurs déplacements. En même temps, on peut parler de la protection des niayes (petites dépressions interdomaiales utilisées en maraîchage et plantations fruitières) contre l'ensablement. A Lompoul, pas très loin de Kébémér, en bordure de mer, on peut avoir un très bon aperçu de ces opérations ; la fixation des dunes est assurée par les plantations d'arbres bien sûr (filao, eucalyptus, acacia et prosopis...) et par diverses techniques de haies vives ou morte, de fascines, de réseaux de fibres en toile d'araignée etc..

- Plantations de gommiers dans la zone sylvo-pastorale (FERLO), du côté de MBIDI ; adaptation d'essences fourragères (CNRF, ORSTOM, Laboratoire de l'Elevage),

- Plantations de mise en valeur de forêts en défens, autour de Thiès, vers Bandia etc.,. Il s'agit d'obtenir des forêts aménagées plus productives que les forêts spontanées non entretenues (à bases d'épineux et de taillis) ; à cette fin on utilise des essences plus rapides et plus productives : eucalyptus, neems, prosopis etc., et aussi les essences locales, mais cette fois plantées et entretenues, à des écartements convenables. On citera ainsi le projet de production de bois de feu de 3000 hectares, près de Bandia.

- Les sociétés de développement sont de plus en plus intéressées à la conservation du milieu agricole : protection des sols et maintien d'un climat favorable, à partir de l'introduction de plus en plus intense de l'arbre dans les divers projets de mise en valeur. Citons la SAED et les plantations du delta et de la vallée du Sénégal, avec l'aide des Eaux et Forêts et du CNRF ; la SODEVA dans la zone Centre-Nord du Sénégal. On peut mentionner l'élaboration d'un "projet expérimental intégré de régénération des sols, d'autosuffisance alimentaire et d'autosuffisance énergétique dans les régions de Thiès et de Diourbel". L'USAID s'intéresse beaucoup à ce genre de projet (Développement + Appui de la Recherche) visant à maintenir et surtout à restaurer la fertilité des sols en voie de dégradation très rapide. En ce qui concerne la recherche et le développement, les points de vue sont très concordants quant à l'utilisation de l'arbre en milieu paysan. En fonction de l'intérêt

manifesté par les villageois : arbres très productifs en bois, en fourrage aérien, ou arbres fruitiers, plusieurs solutions sont proposées et seront financées partiellement (participation nécessaire des paysans eux-mêmes) : bois de village, brise vent alignes le long des chemins ou, pistes et entourant des champs ou groupes de champs, plantations d'arbres dans les champs eux-mêmes (Acacia albida surtout). En même temps, des amendements organiques (fumier) et des fumures minérales plus économiques sont envisagés (phosphates naturels).

Un groupe de réflexion animé par des responsables de l'USAID met au point des projets à court et à moyen terme en vue de régénérer les sols dégradés ; ce groupe comprend des responsables des Sociétés de Développement (SODEVA), de la Recherche (productions végétales, Systèmes de culture, CNRF), des Eaux et Forêts etc., . Il est certain que ces Projets sont orientés vers une utilisation de plus en plus grande des arbres fixateurs d'azote et que l'influence climatique bénéfique de ces arbres n'est pas négligée par ailleurs : lutte contre l'érosion éolienne et hydrique, protection contre la verse des cultures, amélioration des microclimats, des climats locaux et régionaux.

III - 3. Lacunes et orientations de travail

Il est certain que par le passé, on n'a pas assez consacré de travaux de recherches, ni de projets concrets de développement (aménagement) suffisants, en vue d'améliorer le milieu physique rural (disons le paysage agricole). pour lutter contre l'aridité, la désertification en général, l'érosion éolienne en particulier, il s'agira de travailler en équipes pluridisciplinaires comprenant à la fois des responsables politiques ou des décideurs, des chercheurs et des développeurs. Il est nécessaire de regrouper avec le même objectif, des éleveurs, des forestiers et des agronomes généralistes s'intéressant à des cultures vivrières, fourragères et de rente ; ils auront tous à coeur de contribuer à l'édification d'un type de paysage rural conforme aux aspirations paysannes et au maintien des facteurs de climat et de fertilité voulus,

Les travaux devront s'orienter de façon cohérente (dans l'esprit d'une démarche système) vers une meilleure utilisation des arbres combinant dans un même terroir paysan, des plantations de village, des lignes brise vent (courbes ou droites), des plantations géométriques ou non au sein des parcelles. Il ne faudrait pas négliger non plus toutes les haies envisageables en vue de resserrer le maillage et de réduire encore l'érosion éolienne et l'Evapo-transpiration potentielle (ETP) : haies de baubinia, de "salanes" et diverses euphorbiacées économes en eau. Il n'est que de voir actuellement la reconstitution, entre Louga et Tivaouane, de l'ancien réseau très serré de haies de salanes (très efficaces pour retenir le sable mais aussi, complétées par des épineux, pour supprimer la divagation des animaux, cette autre source de dégradation des terres). L'association des arbres, arbustes et cultures sous jacentes devra être étudiée de plus près sous tous ses aspects (concurrence hydrique, compatibilité physico-chimique ou biologique tout simplement, concurrence ou complémentarité, sur les plans minéral et organique). Les aspects socio-économiques ne devront pas être négligés car les aménagements n'intéressent pas seulement des particuliers, mais toute une collectivité au sein de laquelle il convient d'harmoniser les besoins et exigences de chacun. Enfin le remembrement des parcelles, le parcellaire lui-même, le réseau de communications, les axes de parcours du bétail et ses voies d'accès aux puits, forages ou marigots, devront forcément être revus et "pensés" par des agrosociologues.

Il ne faut pas oublier non plus un meilleur recours à des techniques culturales plus conservatrices du capital foncier (et voire même améliorantes) ; là non plus, il n'y a pas de solution miraculeuse. C'est surtout une heureuse combinaison de techniques appropriées de modes de gestion des cultures, de leurs résidus, des champs après récolte et de leur environnement immédiat, qu'il convient de mettre au point : labours, sarclage, binages, paillage, essouffage ou non des pieds de céréales, et surtout, pâturage rationné soit des résidus de culture (laissés sur pied) soit des jachères d'herbe (bandes pâturées ou non). Ceci implique de gros efforts de recherche appliquée, tenant compte des réalités et des possibilités paysannes. Une technique prometteuse avait été mise au point pour le Centre Nord du Sénégal, dans les sols sableux, par J.L. CHOPART (1978) et il conviendrait de la reprendre et de la tenter en milieu paysan.

ce qui aiderait à résoudre le problème de la dégradation des sols, lié à la culture de l'arachide. Il n'y a rien de pire qu'une culture d'arachide, après soulevage, pour provoquer l'érosion éolienne. En revanche, il est souvent possible après une arachide de cycle court de procéder à un labour de fin de cycle et même de la différer quelque temps (jusqu'en décembre par exemple, quand les paysans disposent d'avantage de temps). La seule condition est que le sol après la récolte soit parfaitement débarassé de ses adventices;; sur des interlignes de 45 cm de large, Comme nous l'avons vu plus haut, un labour bien motteux, fait en sol encore suffisamment humide (au moins vers 5 ou 10cm) est un des meilleurs moyens de prévenir l'érosion éolienne. Et cela, nous y croyons beaucoup plus qu'à un paillage (irréaliste compte tenu des besoins paysans).

IV - PROBLEMES DE MAINTIEN DE LA FERTILITE, EN LIAISON AVEC LES RESSOURCES EN EAU

Le thème du maintien et de l'amélioration de la fertilité, dans les sols menacés de plus en plus par la dégradation (causes humaines et climatiques) est complexe et vaste et nous n'avons pas du tout la prétention de l'épuiser. Nous l'aborderons seulement dans le cadre de la sécheresse, du coût toujours croissant des engrais chimiques et d'une intégration de plus en plus nécessaire des spéculations agricoles végétales, animales et forestières. De nombreux chercheurs se sont penchés sur les problèmes de fertilité au Sénégal : nous pouvons citer entre autres les travaux de C. CHARREAU, F. POULAIN, F. GAPJRY et P. SIBAND (1974), C. PIERI (1975), R. NICOU (1976), S. DIATTA, L. CISSE, L. SARR' etc... déjà cités.

De nombreux travaux sur la récupération de sols dégradés ont été entrepris, tant au Sud du pays (P. SIBAND, S. DIATTA, G. BEYE) qu'au Nord (travaux en/ particulier du CNRA de Bambey et du C.E.R.C.S. (Centre Expérimental de la Régénération et de la Conservation des Sols) de THIENABA. Pour ce qui concerne la moitié Nord et surtout le centre nord du pays, nous renverrons les lecteurs intéressés à une synthèse récente effectuée sur ces problèmes (C. DANCETTE et L. SARR - 1984).

En liaison avec les problèmes liés aux excès ou aux déficits hydriques, nous estimons que :

a) Dans le Sud du pays : la fertilisation minérale et organique ne doit être envisagée qu'une fois résolus les problèmes de ruissellement et d'érosion pluviale. Ces améliorations ne devraient être proposées que sur des sols offrant des garanties suffisantes de valorisation de ces intrants coûteux (engrais chimiques) ou précieux (fumier, compost. ..). S'il y a des distributions ou des subventions d'engrais, il faudrait qu'elles soient liées au respect de cultures en bandes perpendiculaires au sens de la pente, de travaux du sol adéquats, d'épandages corrects, de défrichements non anarchiques ménageant des bandes d'arrêt contre le ruissellement etc... Peut-être faudrait-il revoir aussi les modes d'épandage des engrais minéraux : non plus épandus en volée à la surface (gros risques d'antraiement par le ruissellement) mais en localisation plus ou moins profonde. Le cloisonnement des billons ou la confection de petites parcelles protégées par des levées de terre devraient permettre de mieux emmagasiner à la fois l'eau et les éléments fertilisants.

Des aménagements anti-Brosifs devraient être envisagés, à base d'investissement humain, en y intéressant les cultivateurs du terroir eux-mêmes et en leur facilitant en prime l'obtention des intrants voulus (engrais, équipements divers, fongicides et pesticides etc...), à condition que les travaux voulus soient effectués dans de bonnes conditions,

b) Dans la moitié Nord du Pays, les dangers majeurs sont nous l'avons vu, pour le Centre nord (et centre sud aussi d'ailleurs) le lessivage ou lixiviation (travaux de C. PIERI, S. DIATTA, L. CISSE) dans tous les sols sableux et profonds, et partout (et maintenant, pratiquement jusqu'en Casamance et au Sénégal-Oriental), l'érosion éolienne, pendant 7 à 9 mois de saison sèche (quand ce n'est pas 10), et bien sûr le pire des fléaux = la sécheresse elle-même, pendant une période culturale de plus en plus brève.

Ainsi on peut se demander s'il est rentable actuellement de préconiser des fumures minérales, dans le tiers nord du pays

soumis à une sécheresse endémique, S'il ne faut pas aller jusqu'à une suppression totale des engrais minéraux, ne faudrait-il pas prévoir de n'en mettre que sur les cultures vivrières et en particulier sur le mil : par exemple de l'azote en petites quantités et en plusieurs fois, en s'adaptant au rythme des précipitations et à l'évolution de la culture elle-même ? Par ailleurs des recherches sont conduites actuellement en vue d'une meilleure utilisation des phosphates naturels du pays moins chers que les superphosphates etc. ..

Dans le tiers médian du pays, il y a de très gros Problèmes de sécheresse qui peuvent certaines années annuler l'effet bénéfique des engrais chimiques ; il convient cependant de ne pas abandonner les apports car tous les travaux menés jusqu'alors en démontrent la rentabilité sur plusieurs années, à conditions qu'ils soient épandus dans de bonnes conditions. Il faut bien sûr rechercher de plus grandes économies (nouvelles formulations, autres formes d'engrais, nouvelles techniques d'épandage) et peut-être faudrait-il s'orienter là encore vers une meilleure localisation = en ligne et en profondeur,,, vers des engrais moins solubles et donc moins facilement lessivés (azote retard, enrobage etc..). Nous avons vu que sur de nombreux sols acidifiés il devenait urgent de remonter le PH avec des amendements calcaiques.

Pour lutter contre la désertification, on préconise à juste raison de planter des arbres ; ce n'est certes pas facile compte tenu de la sécheresse qui sévit. C'est encore possible toutefois, dans les sols sableux et profonds, jusqu'à une limite si tuée très au Nord (ligne LOUGA - MATAM en gros = nous en voyons des preuves très souvent = la grande (et parfois trop grande) perméabilité des sols sableux d'origine dunaire, si elle constitue un handicap pour les cultures annuelles, constitue en revanche un atout majeur pour le reboisement = voir le succès de certaines tentatives de plantation vers Kébémér, Louga et même Mbidi, malgré les faibles précipitations des dernières années = 150 à 200 mm au plus.

En tant qu'agronomes, nous préférons l'utilisation des arbres au sein des cultures elles-mêmes, ou au moins sous forme

de lignes brise-vent. Dans ce dernier cas, le maillage des brise-vent doit être relativement serré. Le rôle des arbres est par ailleurs vital, pour le maintien de la fertilité ; ils sont capables de remonter à la surface l'eau profonde du sol, chargée d'éléments minéraux lessives ou en place,

Il s'agit donc d'un genre de recyclage ; les éléments minéraux contribuent à l'élaboration de la matière végétale, elle-même récupérée sous diverses formes = chutes de Feuilles, de branches, de fruits, élagages à diverses fins etc... Constitution d'une litière organique (Travaux de 3. JUNG - ORSTOM sur les retombées et l'accumulation de matière organique très enrichissante pour le sol, sous les Cads ou Acacia albida - 1970). De plus, l'eau transpire par les feuilles contribue à humidifier l'atmosphère ambiante et donc à tempérer le climat local.

Nous ne reviendrons pas sur le rôle des arbres dans la réduction de l'érosion éolienne et donc de toutes les pertes en particules fines ou légères (éléments minéraux, résidus organiques, cendres, argiles, limons et sables fins).

Donc là encore, comme pour l'érosion hydrique, une politique d'utilisation des engrais chimiques pourrait par, exemple être liée à la présence ou à la plantation d'une densité d'arbres voulue et de haies de protection au sein des terroirs agricoles ou au niveau des coopératives villageoises. L'accès aux engrais, ou à d'autres intrants, serait conditionné par un taux de réalisation satisfaisant des objectifs de plantation d'arbres ou de régénération et maintien du couvert actuel (Acacia albida surtout),

c) Matière organique et intégration agriculture-élevage et foresterie

Dans ce rapport nous avons essayé de mettre en évidence l'importance vitale de l'arbre pour l'agriculture sénégalaise. La fertilité des sols repose nous l'avons vu sur des apports d'engrais chimiques annuels, sur des amendements valables pour plusieurs années (chaux, phosphatages de fond etc.. .) et enfin sur des amendements organiques (fumier, compost, enfouissements d'engrais vert etc.....).

Compte tenu du coût de plus en plus élevé des engrais chimiques et de leur transport, un effort spécial est accompli en faveur des produits locaux (fabrication de chaux, utilisation des phosphates naturels). Reste la question cruciale de l'azote. Le problème n'est pas trop grave pour les légumineuses et en particulier pour les espèces fixant bien l'azote atmosphérique (arachide, niébé, soja etc...). A ce sujet, de nombreux travaux de recherche ont lieu pour améliorer l'efficacité de cette source d'azote précieuse et peu coûteuse (techniques culturales améliorantes, introduction de nouvelles souches bactériennes etc...).

La question est plus préoccupante pour la nutrition azotée des céréales.

La recherche et le développement comptent beaucoup sur les diverses sources d'azote organique. On ne peut plus miser tellement sur les enfouissements de paille (résidus de culture) ou sur ceux d'engrais verts et ces thèmes sont plutôt en veilleuse pour le moment. En revanche, on met l'accent sur le fumier. Cette solution qui consiste à faire transiter par l'animal qui en profite bien sûr amplement au passage, tous les résidus de culture intéressants, pour les transformer en un fumier des plus utiles (travaux pour en améliorer la qualité) nous agréent beaucoup plus. Une autre alternative consiste à transformer les pailles (résidus de culture surtout + litière souvent), en biogaz et en compost. Cette technique est prometteuse, au moins pour les contrées où la production de biomasse est importante et régulière (Sud du pays, périmètres irrigables) = cette dernière méthode, dans la mesure où elle va jusqu'à l'utilisation du biogaz pour la cuisson, permet d'envisager une économie appréciable du bois utilisé jusqu'alors pour ces fins domestiques.

Pour le moment, puisque la sécheresse provoque une production de biomasse réduite = des jachères d'herbe moins riches, des résidus de culture moins abondants etc..., il y a de grosses difficultés pour l'alimentation du bétail. Raison de plus, puisqu'il nous faut de toutes les façons recourir aux arbres, pour choisir de préférence des essences fourragères, fixatrices d'azote atmosphérique et si possible à croissance rapide.

Un grand pas aura été franchi, si dans les exploitations à intégration poussée de la culture, de la foresterie et de l'élevage, l'arbre peut :

- d'une part améliorer par lui-même la fertilité du sol sous jacent.

- d'autre part contribuer à l'alimentation d'un bétail (petit et gros cheptel) dont le fumier, mieux produit, mieux stocké, mieux épandu, permettra de répondre ^{en} partie aux impératifs de maintien ou d'amélioration de la fertilité (bien qu'il ne s'agisse le plus souvent que d'un transfert de fertilité d'une partie de l'exploitation, vers une autre).

d) Comment concilier la présence d'une densité d'arbres suffisante et de cultures assurant une production valable, en cette période de sécheresse ?

Il s'agit d'une question difficile. Mais il faut que l'agronome admette que l'arbre ne doit pas être considéré à part, ou en parent pauvre. Il conviendra donc de revoir certaines habitudes ou certaines conceptions tendant à faire, et surtout au niveau de la recherche agronomique, du rendement maximum des cultures annuelles, un objectif prioritaire. Nous pensons qu'actuellement il ne faut plus être obnubilé par des rendements record, mais plutôt par des rendements plus réguliers. On cherchera une meilleure sécurité (d'alimentation et de revenu monétaire), tout en n'épuisant pas la fertilité des sols (problèmes de dégradation physico-chimique) et tout en permettant le maintien ou la plantation des arbres. Pour cela, il n'y a pas trente six solutions ; une des plus évidentes, et pour laquelle nous nous battons depuis longtemps en tant que bioclimatologiste, est de réduire la durée de cycle végétatif des principales espèces et par là leurs besoins en eau. NOUS y perdrons peut-être légèrement / ^{sur les rendements potentiels} de certaines variétés testées en station expérimentale, lors des années tris pluvieuses et lorsque toutes les bonnes conditions agronomiques seront réunies : mais quelle est vraiment l'incidence de ce problème au niveau des paysans ?

Il faut bien voir, pour citer quelques exemples valables dans la région de Diourbel, que :

- avec une arachide de 90 jours (V. 73-30, V. 55-437), on peut se contenter de 380 à 400 mm d'eau, alors qu'une variété de 105 jours (V. 57-622, 73-33...) a besoin de 500 à 530 mm et une variété de 120 jours de 580 à 600 mm,

- avec un mil de 75 jours, on a besoin de 300 à 350 mm, avec un mil de 90 jours de 400 à 450 mm et avec un mil de 120 jrs de 600 à 650 mm,

- avec un niébé de 75 à 80 jours, on peut se contenter de 350 mm bien répartis, et de 250 à 300 mm pour une variété de 60 jours,

- une jachère d'herbe, pendant 100 à 120 Jours, consomme de 650 à 700 mm.

On dispose donc de possibilités assez larges pour s'adapter au régime pluviométrique d'une zone donnée (par exemple au seuil de pluviométrie que l'on peut atteindre ou dépasser dans 80% des années). On visera ainsi à une relative sécurité de rendement et on pourra en outre disposer d'un excédent d'eau appréciable en faveur de la reconstitution des réserves profondes et de la recharge des nappes (C. DANCETTE 1979 et 1983).

Nous insistons sur le fait qu'en milieu paysan, on peut donc, par le choix des variétés cultivées, faire d'énormes économies en eau dont on fera profiter les arbres et les nappes, quand on économise 100 mm d'eau, que ce soit sur le mil, sur l'arachide, ou sur une jachère d'herbe mieux gérée, c'est 1000 m³/ha qui sont préservés (ou 100.000 m³/km²) en une seule année !

Il ne faut pas négliger toutes les autres économies d'eau que l'on peut attendre des techniques culturales (sarcla-binages en vue de réduire l'évaporation et surtout la concurrence hydrique des adventices, récolte à terme ou même légèrement avant, sans perdre de temps, choix judicieux des dates de semis et de préparation des sols en vue d'une meilleure valorisation des eaux de pluie, contrôle du ruissellement, essai de limitation des percolations, action sur l'enracinement profond des cultures etc..).

Nous retiendrons donc les règles de conduite suivantes, en agriculture exposée à la sécheresse et à la perte de la fertilité du sol :

. Favoriser les essences arborées voulues, en vue de maîtriser les risques de désertification, de mieux alimenter le bétail et de rehausser la fertilité des sols directement (fixation azotée) ou indirectement (fourrage → fumier).

. Pour cela, disposer d'excédents hydriques appréciables grâce à un choix judicieux d'espèces cultivées annuelles de cycle court, consommant moins d'eau et procurant une plus grande régularité des rendements (grâce surtout à un meilleur calage des variétés au coeur de la saison des pluies utiles).

. Maîtriser comme nous l'avons vu plus haut les gros risques d'érosion hydrique et d'érosion éolienne, par les aménagements voulus, par les techniques culturales appropriées et par l'usage rationnel des arbres.

. Mieux contrôler les problèmes d'acidification par la réduction du lessivage (difficile sinon par l'amélioration de variétés à systèmes racinaires plus efficaces ou par l'augmentation de la capacité de rétention en eau liée à l'incorporation de matière organique ou autres amendements).

. Veiller aux sols particuliers et à leur évolution : défriches récentes, sols sulfatés acides, sols des périmètres irrigués etc..

V - CONCLUSION - Grandes orientations

Concernant la conservation des eaux et du sol au Sénégal

Nous devons tout faire pour attirer au Sénégal l'attention des décideurs sur la gravité des problèmes de dégradation des sols et de perte de fertilité en général, liés à la sécheresse exceptionnelle qui sévit depuis 16 ans, mais aussi à une gestion imprudente des ressources naturelles,

Dans le Sud du pays (Casamance, Sénégal-Oriental et Sud du Sine-Saloum) nous devons faire le maximum pour promouvoir tous les projets de lutte contre l'érosion hydrique et de meilleure valorisation des ressources hydriques. Il s'agira principalement de cultiver parallèlement aux courbes de niveau (cultures en bandes alternées : cultivées et protectrices), d'adopter les techniques culturales voulues et de pratiquer éventuellement où c'est indispensable, des travaux de terrassement (banquettes). Les eaux de ruissellement impossibles à supprimer, seront collectées de façon à occasionner le moins de dégâts possible sur les cultures et sur les terroirs en général, en vue de constituer des réserves hydriques à utilisation immédiate ou plus ou moins différée (irrigation complémentaire ou taïale). On s'inspirera ainsi des techniques ICRISAT de "Watersheds". Pour la Casamance maritime, il conviendra de faire un effort particulier en vue de contrôler davantage les problèmes de salinité (barrages et aménagements anti-sel) et de mieux utiliser les sols sulfatés-acides, notamment en riziculture.

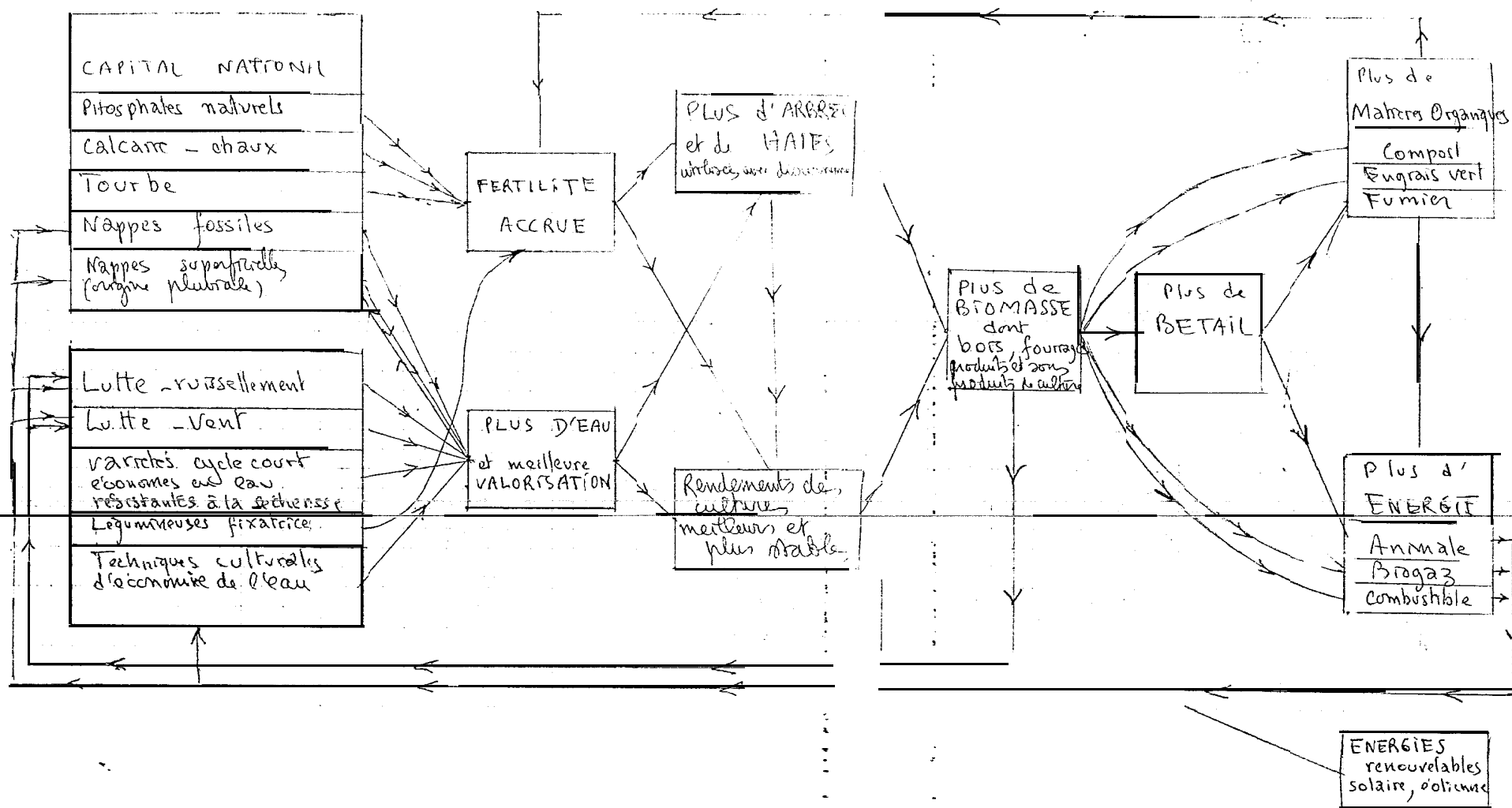
Dans le Nord du pays (Nord du Sine-Saloum, Cap-vert, Thiès, Diourbel, Louga et Fleuve) les problèmes de désertification et de sécheresse deviennent d'une extrême gravité et il s'agit d'un véritable sauvetage qui s'impose. L'objectif essentiel sera avant tout de lutter contre une érosion éolienne de plus en plus néfaste, en vue de conserver un type de climat restant compatible avec des activités humaines en général et agricoles en particulier, relativement normales, et une fertilité correcte. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de recourir de façon rationnelle aux arbres, dans les conditions que nous avons essayé de décrire plus haut, et notamment à travers une meilleure intégration au sein des terroirs paysans et des exploitations elles-mêmes (importance de liaisons de plus en plus étroites entre productions végétale, animale et forestière). Il sera difficile de réaliser les objectifs gouvernementaux assignés en ce qui concerne le reboisement, sans faire appel à une véritable mobilisation des cultivateurs et éleveurs, et sans une meilleure gestion des ressources hydriques, minérales et organiques. En ce qui concerne l'eau, il est impératif de l'économiser au sein des exploitations, par le choix des variétés économes en eau (de cycle court et résistantes à la sécheresse) et de pouvoir utiliser l'eau non consommée par les cultures annuelles, pour une meilleure alimentation hydrique des arbres. Dans les secteurs privilégiés où

sont disponibles des réserves hydriques souterraines, on mettra l'accent sur l'utilisation des brise-vent autour et dans les aménagements irrigables. De même, si les forages sont aménagés en vue de l'irrigation, l'arbre (surtout fourrager) devra occuper une grande part, il reste énormément à faire dans tous les aménagements hydro-agricoles du Fleuve pour améliorer le paysage rural par des brise-vent (travaux du CNRF à Nianga). C'est de la sorte qu'on arrivera à se constituer peu à peu une véritable "ceinture verte". A notre avis, les arbres ne suffisent pas toujours pour maîtriser l'érosion éolienne et nous insisterons pour revaloriser toutes les formes de haies mortes ou vives en vue de mieux cloisonner les parcelles : ce cloisonnement est indispensable pour réduire les effets néfastes du vent, mais aussi pour mieux protéger les parcelles contre la divagation des animaux. Les parcelles doivent être bien individualisées si on veut respecter facilement les rotations et les techniques culturales préconisées. Nous savons très bien qu'outre le facteur limitant que représente l'eau, il existe des facteurs qui nous empêchent de maintenir ou d'améliorer la fertilité des sols comme nous le voudrions : ce sont le coût des engrais chimiques, la rareté, mais aussi la mauvaise utilisation, des amendements organiques. Dans tous les projets qui seront présentés il faudra donc privilégier l'utilisation des amendements calciques (projet Cie fabrication de chaux nationale), des phosphates naturels et bien sûr des engrais organiques (fumier, compost en liaison avec le biogaz par exemple, engrais verts, algues, déchets divers et gadoues etc..). Il ne faudra pas oublier la tourbe en tant qu'amendement et qui permettra peut être aussi d'améliorer la rétention en eau des sols trop perméables (mais de nombreux travaux restent à faire pour préciser son rôle bénéfique et ne pas avoir de déconvenue). On doit par ailleurs utiliser au maximum les sources d'azote gratuit que nous fournissent les légumineuses grâce à la symbiose bactérienne et à la fixation de l'azote atmosphérique ; dans ce but, le rôle des techniques culturales et de rotations judicieuses est certain, mais, à partir des travaux de la recherche, des inoculations de nouvelles souches bactériennes plus efficaces sont à envisager. C'est déjà le cas pour le soja mais il reste encore beaucoup à faire sur l'arachide et le niébé ou sur des légumineuses fourragères ou utilisables comme engrais verts.

Pour résumer notre rapport, tout tient en quelques thèmes moteurs : économiser l'eau (dans le sens d'une meilleure gestion surtout), privilégier les arbres grâce à l'eau économisée, recycler la matière organique et les éléments minéraux grâce aux végétaux surtout (arbres, résidus de culture), eux amendement; produit? et exploitables dans le pays lui-même, et à l'utilisation rationnelle du bétail (force de traction et fumier). Notre doctrine peut aussi s'exprimer succinctement dans le schéma final qui suit : nous souhaitons vivement voir améliorer ce schéma par tous les spécialistes concernés et surtout, par la suite, en voir appliquer avec acharnement et succès, les grandes lignes,

BIBLIOGRAPHIE

- a) Travaux portant plus spécifiquement sur l'érosion hydrique et le ruissellement
- 1)- J. P. COINTEPAS - Les premiers résultats des mesures de l'érosion en moyen Casamance, 6ème congrès INT. Sc. du sol Paris vol-VI n° 15 p. 569-76 - 1956.
 - 2)- R. FAUCK - Erosion et mécanisation agricole - Dakar Bureau des sols en AOF - 24 p. Septembre 1956.
 - 3)- C. PIERI - Etude de l'érosion et du ruissellement à Séfa, au cours de l'année 1965 - Coll. fert. des sols trop. TANANARIVE - 108 - 1302-15.
 - 4)- E. ROOSE - Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal - AGRON. TROP., n° 2 - Février 1967.
 - 5)- C. CHARREAU, B. PICON - Mesure de l'érosion et du ruissellement à SEFA en 1966 - Juillet 1967.
 - 6)- C. CHARREAU - Pluie et érosion - Conférence séminaire de météorologie^{9t} de climatologie - Dakar 27 Juin 1968.
 - 7)- C. CHARREAU et C. GUILLOT - Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1967 - IRRT - Rapport annuel - Juillet 1968.
 - 8)- C. CHARREAU et L. SEGUY - Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en 1968 - IRAT - AGRON. TROP. n° 11 - Novembre 1969.
 - 9)- E. 3. ROOSE "Quelques techniques anti-érosives appropriées aux régions tropicales" ORSTOM - Communication IITA 30 Juin - 4 Juillet 1975.



Pour Une Meilleure Gestion du Milieu agricole
et des ressources naturelles
à coûts réduits.

- Rapports d'enquêtes effectuées dans la zone d'action du Centre Expérimental de Régénération et de Conservation des sols de Thiénaba, C.R.A de Bambey - rapport E.S.A.T - .-Juillet à Novembre 1962 par G. de Haut de SIGY.
- Résultats des travaux de recherche et de vulgarisation entrepris dans le cadre du Centre Expérimental de Régénération et de Conservation des sols de Thiénaba, de 1958 à 1963 - par C. CASTAING et J. BAURENS Dossier FAC - Ministère de l'Economie Rurale - République du Sénégal 1964.
- Note sur le rôle et la nature de la sole de régénération dans la rotation (résumé de la doctrine du C.R.A Bambey) 1964.
- Bilan des expérimentations réalisées au C.E.R.C.S de Thiénaba - J. F. POULAIN - IRAT C.R.A Bambey 1966.
- Influence de l'Acacia albida sur le sol, la nutrition minérale et les rendements des mils pennisetum au Sénégal. c. CHARREAU - AGIO TROP. Juin 1965.
- Rapport de campagne 1966 - Essais sur les kads J. GAUTREAU - IRHO - C.R.A Bambey 1967.
- "Influence de l'acacia albida sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures" - par C. DANCETTE et J. i. POULAIN. Sols Africains vol XIII n° 3 - 1969.
- "Recherches complémentaires sur Acacia albida". Bois et Forêts des tropiques n° 135 - P.L GIFFARD 1971.
- "L'amélioration du profil cultural dans les sols sablo argileux de la zone tropicale sèche ouest africaine et ses incidences agronomiques". Agr. Trop. 1971 n° 2, 5, 9, 11 par C. CHARREAU et R. NICOU.
- "Importance des enfouissements de matière organique dans l'amélioration des systèmes culturaux au Sénégal" par F. GANRY ISRA - 1975.
- "Le travail du sol dans les terres de..."

- 10)- M. NIANG - Etude de l'érosion du sol en relation avec l'aménagement de l'espace rural dans "l'Unité expérimentale" de Thyssé Kaymor - Sonkorong (Sine Saloum - Sénégal) - Document ISRA - 1976.
- 11)- G. BEYE - Dégénération des sols au Sénégal - Situation actuelle et perspective - ISRA - CNRA Bambey - Janvier 1977.
- 12)- G. POCHIER - Transfert de Technologie : cas de Mampalago 1973 - 1981 - ISRA/CNRA Bambey Août 1981.
- X 13)- S. VALET - Economie de l'eau - Défense et restauration des sols - Rapport annuel - ISFA - Secteur Centre Sud - Mars 1983.
- X 14)- A. ANGE - "Propositions de programme d'action pour l'aménagement et la gestion de l'espace rural dans la région du Sine Saloum" ISRA Novembre 1984,

b) Travaux portant sur la dégradation et la régénération des sols, surtout dans les régions de Thiès, Diourbel et Louga.

(Document de C. DANCETTE et L. SARR - Janvier 1984).

1)- - Bulletin N° 9 du C.R.A. de Bambey (1952 ?).

* Les sciences fondamentales du sol.

* La protection et l'amélioration des sols.

Avec notamment les articles de :

C. CHARREAU - Causes et manifestations de la dégradation du sol dans la zone climatique soudanienne.

J. FAURE - Comment lutter contre la dégradation des sols.

J. DUBOIS - L'insertion de la protection des sols dans l'agriculture africaine.

P. GAUDEFROY - DEMOBYNEL - Au sujet d'un système de culture permettant de conserver et même d'améliorer la fertilité du sol.

M. MARA - L'engrais et le cultivateur Sénégalais etc...

- Bilan d'une rotation quadriennale sur sole de régénération au Sénégal par R. Tourte, P. VIDAL, L. JACQUINOT, J. FAUCHE et R. NICOU - AGRO TROP n° 12 - Décembre 1961.

- S. DIATTA - Evolution sous culture des sols de plateau en Casamance Continentale - Compte rendu d e deux années d'essais - ISRA - C.N.R.A Bambey - A v r i l 1974 (11)
- G. VIEILLEFON - Contribution à l'étude de la pédogénèse dans le domaine fluvio-marin en climat tropical d'Afrique de l'Ouest - Importance du comportement géochimique du soufre dans l'acquisition et le développement des caractères pédologiques. Thèse Doctorat d'Etat - Université de Paris VI - 1974. (12)
- C. DANCETTE - Comment adapter les cultures à l'aridité du milieu et améliorer ce milieu ? - Conférence atelier sur le Sahel ISRA - CNRA Bambey - Novembre 1974, (13)
- G. BEYE - Bilan de 5 années d'étude du dessalement des sols du polder de Médina (Basse Casamance) - Senegal AGRON. TROP. XXX-3 - 1975. (14)
- T. M. DUC - Irrigation de la zone Centre-Nord du Sénégal - Résultats de recherches et perspectives - Comité consultatif FAO-AIEA - Bambey- 10-14 Novembre 1975. (15)
- C. , PIERI - L'utilisation des engrais dans les sols de la zone semi-aride du Sénégal - ISRA.CNRA Bambey Nov. 1975. (16)
- C. MARIUS - Effets de la sécheresse sur l'évolution des sols de mangroves de Casamance et Gambie.- ORSTOM - DAKAR 1976. (17)
- R. NICOU - Amélioration de la fertilité des sols des régions Nord et Centre nord - Expérimentation multilocale - C.N.R.A. Bambey - Avril 1976. (18)
- C. PIERI - L'acidification d'un sol dior cultivé au Sénégal et conséquences agronomiques - AGRON. TROP. Vol XXXI n° 3 - 1976. (19)

c) Travaux portant sur divers problèmes de conservation et
restauration de la fertilité des sols au Sénégal ; liaisons
avec la gestion des ressources hydriques et le pédoclimat.

- G. BEYE - Etude pédologique de la station de Richard-Toll -
IRA-I - 1966 (1)

- C. CHARREAU^{et al} - Etudes hydrogéologiques, pédologiques et
phytosociologiques dans la vallée du Bao-Bolong - doc. IRAT
Sénégal 1966. (2)

- D. BLONDEL - Relation entre "nanisme jaune" de l'arachide
en sol sableux (Dior) et le PH - Définition d'un seuil pour
l'activité du rhizobium AGRON. TOP, vol XXV n° 6 et 7-1970. (3)

- C. CHARREAU et R. NICOU - L'amélioration du profil cultu-
ral dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone
tropicale sèche Ouest Africain, et ses incidences agronomiques
AGRON. TROP. n° 2 - 5 - 9 - 11 - 1971, (4)

- G. SEYE - Bilan de 2 années d'étude de l'évolution de la
salinité dans la cuvette du BOUNDIUM - Ouest, dans le Delta
du Fleuve Sénégal - Agron. Trop. Vol XXVII n° 3-1972 (5)

- G. ANRY F. - Rapport d'activité de la division de biochimie
de sol - IRAT - Sénégal - 1972, (6)

- R. TRERTRAND et M. FOREST - Compte rendu de l'étude des
sols gris de Casamance (SENEGAL) - IRAT - Janvier 1973. (7)

- G. REYE - Une méthode simple de dessalement des SOLS de
tanne en Casamance : le paillage - AGRON. TOP. vol XXVIII
n° 5 - 1973. (8)

- M. MUTSAARS et VANDER VELDEN J. - Le dessalement des ter-
res salées au delta du Fleuve Sénégal. bilan de 3 années
d'expérimentation (1970-73) et perspectives - FAO-OMVS 1973. (9)

- M. SONKO - Notes sur les potentialités et aptitudes cultu-
rales de trois types de sols de la moyenne vallée du Sénégal
(10)

- G. BEYE - Amélioration variétale du riz et tolérance aux facteurs limitants des sols - deuxième séminaire ADRAO sur l'amélioration variétale - MONROVIA - 13-18/9/1976. (20)

- R. NICOU - Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal - motivations - contraintes - ISRA - CNRA Bambey 1977. (21)

- C. BEYE - Sols ingrats et remèdes - ISRA CNRA Bambey Juillet 1977. (22)

- S. DIATTA - Etude de l'évolution sous culture des sols de plateau en Casamance Continentale - ISRA - CNRA Bambey Avril 1978. (23)

- J. L. CHOPART - Prolongation de la période des labours de fin de cycle grâce à des techniques d'économie de l'eau - application aux sols sableux (dior) de la zone Centre-Nord du Sénégal - ISRA - CNRA Bambey 1975.

- S. DIATTA - Etude de l'évolution sous culture des sols de plateau en Casamance Continentale - Bilan de 6 années - ISRA - C.N.R.A Bambey - Juillet 1978, (25)

- A. E. HALL, C. DANCETTE - Analysis of fallow - farming systems in semi-arid Africa, using a model to simulate the hydrologic budget - Agron.J. 70 - 816-823 (1978). (26)

- B. L. CHOPART, R. NICOU, G. VACHAUD - Le travail du sol et le mulch pailleux - Influences comparées sur l'économie de l'eau dans le système arachide - mil au Sénégal - AIEA - Colombo - SRILANKA 11-15 Décembre 1978. (27)

- C. DANCETTE - Principales contraintes hydriques et pédoclimatiques concernant l'adaptation des cultures pluviales dans la moitié Sud du pays - Colloque IITA - IBADAN - 15-19 Octobre 1979 (28)

- C. DANCETTE - Agroclimatologie appliquée à l'économie de l'eau, en zone saoudano-sahélienne - AGRON.TROP. XXXIV - 4 Octobre - Décembre 1979. (29)

- G. VACHAND, M. VAUCLIN, J. IMBERNON, C. PIERI, C. DANCETTE
et S. DIATTA : Etude des pertes en eau et en matières minérales
sous culture, considérant la variabilité spatiale du sol.
12^e congrès international des sciences du sol - NEW DELHI
Février 1982. (30)

- C. PIERI - Rapport de mission au Sénégal sur le thème
"estimation du bilan des pertes moyennes en eau et en
éléments minéraux dans une succession culturale mil"-
arachide (années 1979 à 1981)", pour le compte de l'AIEA -
Mars 1983. (31)

- C. DANCETTE et F. FOREST - Simulation du bilan hydrique
de l'arachide, en vue d'une meilleure adaptation de cette
culture aux conditions tropicales - C.A.A. BANJUL - 7 -
11 Juin 1982. (32)

X
- C. FELLER - La matière organique du sol dans quelques
agro-systèmes tropicaux (SENEGAL) - Utilisation des rési-
dus de récolte - ORSTOM document provisoire - Déc. 1982. (33)

- LEBRUSQ J.Y et LOYER J.Y. Evolution de la salinité des
sols et des eaux, en liaison avec la riziculture submergée,
dans le delta du Fleuve Sénégal - (campagne 1981-82)
ORSTOM - DAKAR - Mars 1983. (34)

- J. L. FRETEAUD - Etude du régime des vents au Sénégal -
Possibilités d'utilisation des éoliennes pour l'exhaure
de l'eau - ISRA - IRAT - DRD - Montpellier - Janvier 1984 (35)

- C. DANCETTE et L. SARR - Dégradation et régénération des
sols dans les régions Centre Nord du Sénégal (Cap vert,
Thiès, Diourbel, Louga) document de synthèse - ISRA - CNRA
Bambey - Janvier 1984. (36)

- SODEVA - Bilan des activités de régénération des sols dans le bassin arachidier - Document ronéotypé - Janvier 1984.

(37)

- L. CISSE - J. IMRERON - C. DANCETTE - Bilan hydrique et minéral sous culture d'arachide et de mil à l'échelle d'un hectare - ISRA 1984

(38)

- USAID (A.W.WEBER et J.T.MAJOR) Rapport et recommandations sur la conservation et la régénération des sols du bassin arachidier au Sénégal - 16 avril 1984.

(39)

- ZANTE P. Caractérisation et évolution des propriétés hydriques des sols alluviaux de la vallée du Fleuve Sénégal - Périmètre irrigué de DAGANA - ORSTOM - Mai 1984.

(40)

- SODEVA - Eléments de programme de démarrage de régénération des sols dans la zone du Projet céréaliier PHASE II - Doc. interne Ronéo - Juin 1984.

(41)

- L. DESSELAS - T.M.DUC - Modelisation de systèmes de cultures irriguées en zone Centre Nord du Sénégal - Document N° 7970408 - DGRST - ISRA - GERDAT - IRAT - Juin 1984.

(42)

d) Quelques travaux concernant l'intégration de l'arbre en milieu rural et la lutte contre la dégradation des sols et la désertification.

- quelques références à ce problème se trouvent aussi dans la partie b) de la liste bibliographique.

- A. AUBREVILLE - "Climats, forêts et désertification de l'Afrique Tropicale" Paris, Société d'Editions géographiques maritimes et coloniales - 17 rue Jacob (VIe) - 1949.

(1)

- P.G.SCHOCH - Influence des arbres et leurs conséquences agronomiques - IRAT - CNRA Bambey - Rapport de coopération technique - Mars à Décembre 1965.

(2)

- P. PELISSIER - Les paysans du Sénégal - Edit, Imprimerie Fabrue - Saint Yrieix - Haute vienne - France 1966.

(3)

- C. DANCETTE et F. POULAIN - Influence de l'acacia albida sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures. Sols Africains - Paris 14-43-81 - 1969 (4)
- NATIONS UNIES - Projet Transnational de Ceinture Verte du Sahel 29/8 - 9/9 - NAIROBI - KENYA - 1977, (5)
- EAUX et FORETS - Rapport national à la conférence des Nations Unies sur la désertification - NAIROBI - KENYA - 29/8 - 9/9 - 1977. (6)
- C. DANCETTE et Pl. NIANG - Rôles de l'arbre et son intégration dans les systèmes agraires du Nord du Sénégal - Séminaire CRDI - "Le rôle des arbres au Sahel" - T-10 Novembre 1977 (7)
- C. BARET - Rapport sur une expérimentation brise-vent de neems, au CNRA de Bambey - ISRA - 1980. (8)
- G. GUYOT - L'érosion éolienne - Cours Ronéo - INRA - Bioclimatologie - 84140 - Montfavet - France - 1980 (?) (9)
- A.I. NIANG et C.R. BAILLY - Délimitation de parcelles paysannes et brise-vent dans le bassin arachidier sénégalais - ISRA 1983.60)