

**EFFICACITE DE LA MISE EN DEFENS TESTEE DANS
L'AMENAGEMENT D'UN PETIT BASSIN VERSANT DE
THYSSE KAYMOR (SENEGAL).**

Diatta M¹; Albergel J²; Perez P³; Faye E.¹; Séné M.¹ et Grouzis M⁴

1. ISRA, BP. 53 Bambey, Sénégal;

3. IRD, BP 434 1004 El Menzah Tunisie, Tunis

4. IRD, BP.434 Antananarivo, 101 Madagascar

Résumé

Dans le Sud du bassin arachidier en général et dans la communauté rurale de Thyssé Kaymor en particulier, les défrichements, le surpâturage et la surexploitation des ligneux exposent les sols superficiels des plateaux résiduels à l'agressivité des pluies: d'où un ruissellement important et une érosion intense dans les zones de cultures en aval. Le contrôle de ce phénomène requiert des aménagements qui favorisent la revégétalisation et la restauration des couvertures pédologiques. Parmi celles-ci la mise en défens est une technique qui consiste à mettre au repos, par des rotations périodiques, des surfaces dégradées afin d'y favoriser la restauration de l'écosystème. L'étude de son efficacité sur la maîtrise du ruissellement et la stabilisation de l'érosion hydrique s'est déroulée dans les formations végétales dégradées du plateau résiduel des hauts de toposéquence d'un petit bassin versant de 60 ha du terroir villageois de Thyssé Kaymor. Après quatre années de protection intégrale, l'étude du ruissellement et de l'érosion en condition de pluies naturelles est réalisée dans un couple de parcelles d'érosion de 50 m l'une à l'intérieur de la mise en défens et l'autre sur le témoin non protégé.

Les résultats obtenus montrent la possibilité de réduire significativement le ruissellement et l'érosion des particules fines par la simple mise en défens des zones déboisées. En effet, il a suffi de 4 années de mise en défens pour assurer la régénération et le développement de la végétation spontanée au niveau des terres marginales du plateau résiduel à Thyssé Kaymor (augmentation de 50% du nombre d'espèces et multiplication par 2 & 3 de la densité de végétation par rapport au témoin). Cette régénération se traduisant par une amélioration remarquable des caractéristiques physiques des sols, le ruissellement est devenu faible à négligeable, trois fois inférieur à celui du témoin et l'érosion est réduite de 4 à 11 fois dans la mise en défens. La question qui mérite d'être soulevée est de savoir comment dans un contexte de pression démographique croissante gérer dans le moyen et long terme la mise en défens.

Mots-clés: Sénégal ; bassin versant ; érosion ; ruissellement; mise en défens ; végétation.

Introduction

Depuis 1983, l'ISRA, le CIRAD et l'IRD (ex-Orstom) en collaboration avec les producteurs villageois ont initié un programme de recherche pour étudier la gestion des ressources naturelles et la durabilité des systèmes de production dans la partie sud du Bassin Arachidier du Sénégal.

En effet, dans cette région, qui assure une part importante de la production nationale en mil et en arachide, la dégradation des écosystèmes naturels constitue une contrainte

majeure à tout effort d'amélioration de la productivité végétale naturelle ou cultivée (SIENE, 1995). D'après (FAYE et al.,1985), cette partie du Bassin Arachidier subit actuellement une

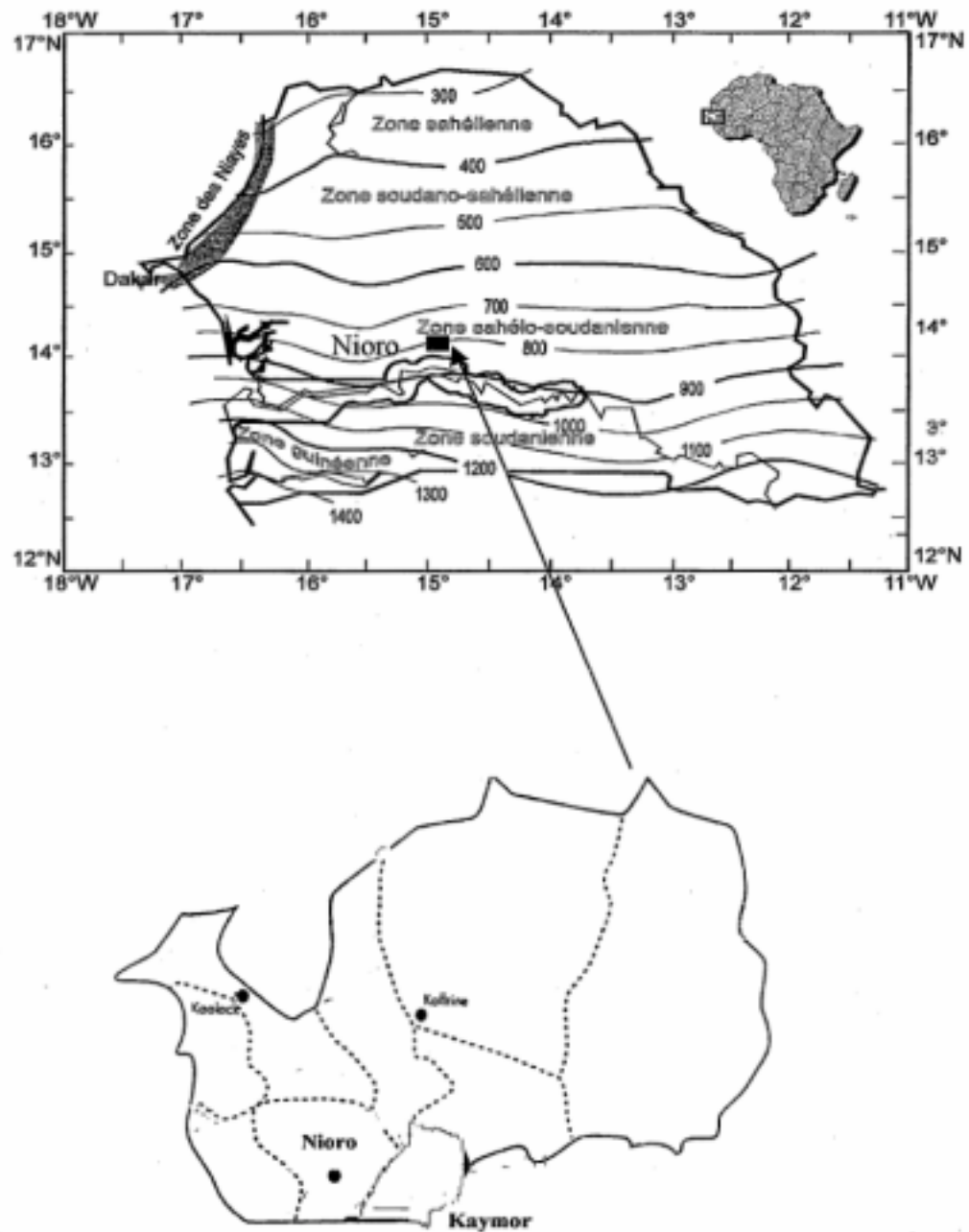


Figure 1: Carte de situation. A: Situation de la zone d'étude dans le contexte bioclimatique du Sénégal, défini par les isohyètes (1960-1990). Les limites bioclimatiques utilisées con aux critères décrits par LE HOUEROU (1989) ; B : Agrandissement de la zone d'étude.

forte pression agricole qui a pour corollaire l'extension des cultures sur les zones réservées aux parcours naturels confinés sur le haut des versants cuirassés du plateau résiduel.

Cette extension inconsidérée des cultures sur des zones marginales souvent fragiles se traduit par une réduction importante voire la disparition de la couverture végétale: ceci expose les sols à l'agressivité de la pluie, à un fort ruissellement, aggravant ainsi l'érosion des sols arables situés en aval (VALET, 1984; FONTANEL; 1986; ANGE, 1991). Aussi se développent-elles différentes formes d'érosion, à savoir le décapage des versants et glacis, le ravinement des terrasses alluviales avec ensablement des fonds de rivières (PIERI, 1989; ALBERGEL *et al.*, 1993 ; DIATTA, 1994 ; PEREZ *et al.*, 1996).

Ces processus de dégradation de l'écosystème, aggravés par un contexte écologique défavorable, conjugués à une pression foncière importante n'autorisant plus la pratique de la jachère jadis utilisée comme moyen de lutte contre la dégradation des sols, se généralisent et mettent en évidence la nécessité pour la recherche de se focaliser en priorité sur les facteurs de réhabilitation de ces paysages.

On se propose donc ici d'évaluer l'efficacité de la maîtrise du ruissellement et de la stabilisation de l'érosion hydrique des hauts de versants, initialement défrichés pour la culture, par la mise en défens sur une période de cinq années.

Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans La communauté rurale de Thyssé Kaymor limitée à l'ouest et au nord par le Baobolon, affluent du fictive Gambie, à l'est par le réseau hydrographique de Naniji Bolon et, au sud, par la frontière avec la République du Gambie. Le climat est du type soudano-sahélien, caractérisé par une alternance d'une courte saison des pluies (3 à 5 mois) et une longue saison sèche (7 à 9 mois). La moyenne annuelle des pluies reçues qui était de 820 mm sur la période 1930 — 1990, est tombée à 664 mm entre 1988 et 1995 (période de notre étude) (DACOSTA, 1992). Malgré ce déficit pluviométrique, la fréquence d'apparition des événements pluvieux plus agressifs est maintenue dans cette zone caractérisée par des sols ferrugineux tropicaux indurés à faible profondeur sur le plateau résiduel. Au pied du plateau sur le glacis on observe des sols d'apport colluvial, sur gravillons et cuirasse ferrallitique. Des sols peu évolués, lessivés et remaniés sur colluvio-alluvions sur la terrasse.

D'une manière générale, ces sols pauvres en argile, de texture sablo-limoneuse en surface et de structure peu développée, sont sensibles au phénomène de battance des que la maigre couverture végétale est supprimée.

La végétation est une savane arbustive dominée par des *Combretaceae* telles que *Combretum glutinosum* Perr., *Combretum nigricans* Lepr., *Guiera senegalensis* J.F. Gmel auxquelles s'ajoutent *Acacia macrostachya* pour l'étage inférieur et *Cordyla pinnata*, *Prosopis africana* et *Lannea acida* pour la strate arborée.

La population composée pour l'essentiel de Wolofs, a presque doublé en dix ans (FAYE *et al.*, 1985) avec une densité de l'ordre de 80h/km². Par rapport à la moyenne régionale de 61h/km², la communauté rurale de Thyssé Kaymor appartient aux zones rurales les plus peuplées du bassin arachidier du Sénégal. La rotation arachide/mil constitue la base du système de production où la jachère est absente. La stratégie pour faire face à la forte demande en terre est de pousser la culture dans les zones marginales et de bouleverser ainsi le système d'utilisation des terres dans lequel était privilégié l'intégration agriculture /élevage/ arbre.

L'étude porte sur un petit bassin versant (60 ha) du terroir villageois de la communauté rurale de Thyssé Kaymor, en particulier sur les parties hautes de la toposéquence

caractérisées par des sols superficiels et souvent fragiles. Cette unité, en priorité réservée au parcours et à la production forestière, subit une forte pression anthropique caractérisée par un déboisement incontrôlé et plus particulièrement la destruction du couvert végétal (abattage et déssouchage des arbres et arbustes, surpâturage, feu de brousse) et une érosion hydrique résultant d'un ruissellement généralisé. Le contrôle de ce phénomène requiert des actions d'aménagements qui favorisent la régénération des couvertures végétale et pédologique. Il s'agit ici de la mise en défens des unités du plateau résiduel, une solution alternative aux opérations de reboisement à la réussite bien incertaine et très coûteuses par nature. En effet, malgré les méthodes culturales antiérosives (culture en courbe de niveau, travail du sol à la dent, gestion des résidus de culture au champ), l'érosion demeure importante dans cette zone.

Méthode d'étude

Pour évaluer les effets de la mise en défens sur les paramètres du ruissellement et de l'érosion, la méthode d'étude utilisée est celle du couple de parcelles préconisée en conditions de pluies naturelles par de nombreux auteurs en particulier sur les sols tropicaux de savane ou de zone de culture (LAFFORGUE, 1977; ROOSE 1977; 1981; ALBERGEL, 1987; MIETTON, 1988 ; VALENTIN, 1985 ; COLLINET, 1988).

L'étude du ruissellement et de l'érosion en condition de pluies naturelles s'effectue dans des parcelles d'érosion de quelques dizaines de mètres carrés. Cette méthode a été préconisée pour caractériser le rôle des facteurs susceptibles d'influencer les processus de ruissellement et de l'érosion (WISCHIVIEIER et SMITH, 1960, 1978 ; FOURNIER, 1967 ; ROOSE 1976, 1977). Elle permet de faire un suivi intra et inter-annuel des facteurs conditionnels de l'érosion hydrique.

Dispositif de mesure

Caractérisation des parcelles expérimentales

L'étude a été réalisée sur la zone boisée dégradée du plateau résiduel sur un couple de parcelles mise en défens et non protégée (témoin). Ces parcelles ont été préalablement caractérisées par DIATTA *et al* (1997) qui ont montré que quelques années de protection intégrale peuvent suffire pour restaurer les couvertures végétales dégradées de cet écosystème. En effet la mise en défens a favorisé une régénération spontanée de la couverture végétale, à savoir l'augmentation du nombre des espèces de 50% et la multiplication de la densité de végétation par 2, voire 3 et une amélioration de la structure des populations ligneuses qui révèle un bon développement végétal se traduisant par une augmentation de la production de la phytomasse. Le taux de recouvrement de la végétation varie entre 80% (sols indurés) à 95% (sols initialement couverts par un tapis herbacé clairsemé).

En revanche, ces auteurs ont mis en évidence que cinq ans de mise en défens n'ont pas suffi pour améliorer significativement les teneurs organo-minérales du sol mais tout de même une légère augmentation qui s'accompagne d'une porosité fonctionnelle résultant de l'activité biologique (turricules de vers de terre et aux placages de termites édifiés sur le sol). L'amélioration est par contre remarquable sur la structure en surface (polyédrique à polyédrique grumeleuse) ce qui est important pour la conservation de l'eau.

Le couvert végétal dans la parcelle témoin non protégée est surexploité (coupe excessive de bois et surpâturage) avec un recouvrement variant de 0% (sol nu induré) à 20% (tapis herbacé

clairsemé), les sols sont exposés à l'agressivité des pluies et à l'érosion en nappe avec différentes formes, notamment le décapage des sols et la formation de pellicule de battance. D'une manière générale la mise en défens a amélioré les caractéristiques structurales de l'écosystème du plateau résiduel.

Mesure du ruissellement et de l'érosion

Pour caractériser le fonctionnement hydrique des hauts de versants cuirassés, nous disposons de deux types d'informations:

- des données pluviométriques et des enregistrements pluviographiques journaliers,
- des mesures du ruissellement par averse.

Le ruissellement et l'érosion ont été mesurés à travers le dispositif suivant:

- deux parcelles de ruissellement de 50m chacune; une située à l'intérieur de la mise en défens et l'autre (témoin) en milieu non protégé.
- un pluviographe à augets basculeurs, à rotation journalière.
 - Un pluviomètre au sol.

Chaque parcelle est isolée de l'extérieur par des tôles fichées en terre sur au moins 10 cm pour éviter la pénétration des eaux de ruissellement venant de l'extérieur. En aval la parcelle de ruissellement est munie d'un système récepteur. Ce système est composé de deux cuves avec partiteurs. La mesure de ruissellement et de celle de la charge en suspension se font au niveau des cuves. Pour le ruissellement, une lecture systématique est faite (cuve de 100 litres graduée). Quant à la charge en suspension, elle est mesurée à partir d'échantillon d'eau prélevé de la lame d'eau ruisselée, recueillie après mélange du contenu de la cuve.

Les inconvénients de la méthode sont d'une part, la mise à niveau des partiteurs, d'autre part les risques dus à une mauvaise manipulation (MIETTON, 1988); ROOSE 1984) estime que la précision peut-être donnée à 10% près.

Le protocole expérimental de mesure du ruissellement et de l'érosion sous pluies naturelles, sur parcelles de 50 m a été largement décrit, en particulier par (ROOSE, 1982 et ALBERGEL, 1987).

Résultats et discussions

Dans le tableau 1 sont présentés les résultats synthétiques relatifs au ruissellement dans le dispositif de parcelles protégées et témoin au cours des trois années d'observations 1991, 1992 et 1993. Ces résultats sont exprimés sous forme de lame ruisselée (Lr en mm) et de coefficients de ruissellement annuels moyens (Kram en %) et unitaires maximums (K_{rmax} en %).

Tableau 1 : Le ruissellement sous pluies naturelles, sur parcelles en défens et sur témoin (1991- 1993)

années	Lp mm	Lrd mm	Lrt mm	Kramd %	Krarmt %	Krmaxd%	Kmaxt %
1991	467	52,5	159,5	11	33	38	70
1992	641	46,2	149,8	7	23	21	54
1993	796	67,4	220,2	8	27	23	41

Lp: lame précipitée annuelle totale en mm

Lrd: lame ruisselée sur parcelle mise en défens en mm

Lrl: lame ruisselée sur parcelle témoin non protégée en mm

Kram: coefficient de ruissellement annuel moyen en % (d en défens et t en témoin)

Kmax: coefficient de ruissellement maximum en % sous une averse (d en défens et t témoin).

Il ressort de ce tableau que la lame ruisselée annuelle varie fortement à la hausse de la parcelle de mise en défens au témoin:

- en 1991, la lame ruisselée est de 52, 5 mm dans La parcelle mise en défens et 159,5 mm dans la parcelle témoin. Cela correspond a. des Kram variant de 11 a 33%, soit un rapport de 1 à 3;
- en 1992, elle est de 46,2 mm dans la parcelle mise en défens pour 149,8 mm dans la parcelle témoin non protégé soit des Kram de 7% a. 23 %, soit un rapport de 1 a. 3 environ;
- en 1993, La lame d'eau ruisselée varie de 67,4 mm a 229,2 mm représentant respectivement des Kram de 8 en défens et de 27% en témoin, soit un rapport de 1 a 3 environ une fois encore.

Ces variations confirment l'influence positive de la protection intégrale sur le fonctionnement de ce type de sol, avec un facteur 3 remarquablement constant au long des trois années d'expérimentation. Cela queue que soit la lame d'eau précipitée totale, d'ailleurs très variable entre 467

Tableau 2 : Le ruissellement sous pluies naturelles, sur parcelles défens et sur témoin, a l'échelle des pluies unitaires

Date	Année 1991					Année 1992					Année 1993						
	pluie mm	défens		témoin		date	pluie mm	défens		témoin		date	pluie mm	défens		témoin	
	Lr mm	Krmm	Lrmm	Krmm			Lrmm	Krmm	Lrmm	Krmm			Lrmm	Krmm	Lrmm	Krmm	
7/7	3.6	0	0	0	0	30/5	81.5	9.2	11.2	17	20.9	6/6	0	0	0	0	0
9/7	06	0	0	0	0	7/6	39	2.2	5.6	11.6	29.7	27/6	0	0	0	0	0
10/7	36	1.8	5	5.8	16.1	27/6	19	0.4	2.1	4.4	23.2	29/6	45.9	2.6	5.7	16.2	35
12/7	36.1	13.2	37.6	15.8	45	29/6	29.9	6.2	20.7	16	53.5	30/6	19	0.6	3	8	40.8
19/7	2.4	0	0	0	0	10/7	5.8	0	0	0	0	7/7	11	0	0	2	18
22/7	39.1	6.2	16	18	46	11/7	1.4	0	0	0	0	9/7	53.4	7	13	17	32
22/7	8.7	3	34	5	57.5	14/7	9.9	0	0	1.6	16.1	10/7	0	0	0	0	0
26/7	8	0.12	1.5	0.4	5	15/7	9.9	0	0	1.6	16.1	13/7	9.9	0	0	2	20
28/7	4	0	0	0	0	16/7	53.4	7	13.1	19.6	36.7	17/7	32	0.6	1.9	11.4	35.6
1/8	5.5	0	0	0	0	17/7	5.3	0	0	1.2	22.6	21/7	46.5	4	8.6	16	34.4
7/8	6.4	0	0	0	0	23/7	4.3	0	0	0	0	24/7	3.6	0	0	0	0
10/8	4.4	0	0	0	0	26/7	0.8	0	0	0	0	25/7	57.2	8.4	15	16.4	28.7
13/8	37.5	1.8	4.8	18	48	18/7	1.3	0	0	0	0	27/7	17	0	0	3.8	23.4
16/8	16.9	4	23.7	9	53.3	19/7	46.9	3.2	6.8	14.2	30.3	28/7	3.3	0	0	0	0
22/8	25	4.2	16.8	13.2	52.8	1/8	1.6	0	0	0	0	30/7	3.3	0	0	0	0
25/8	22	7	31.8	15.6	70.9	2/8	44.8	7.8	17.4	16	35.7	31/7	15.5	3.6	23	6	39
1/9	45.6	4	0.9	18	39.5	11/8	24	2	8.3	8.8	36.7	4/8	80	15.2	19	22	27.5
5/9	6.9	0	0	0.2	2.9	14/8	16.5	0.2	1.2	2.4	14.5	5/8	68	12	18	20	29
6/9	3.7	0	0	0	0	15/8	0.6	0	0	0	0	8/8	0.8	0	0	0	0
9/9	39.1	6.6	16.9	18	46	17/8	2.2	0	0	0	0	11/8	17.2	1.6	9.3	3	17.4
14/9	4	0	0	0	0	18/8	3.9	0	0	0	0	12/8	63.2	9.8	15	19.8	31.3
19/9	16.6	0.4	2.4	7	42.2	25/8	9.8	0	0	0	0	16/8	7.3	0	0	0	0
27/9	30	0.2	0.7	6.8	22.7	26/8	1.2	0	0	0	0	17/8	11	0	0	0	10.9
7/10	8.9	0	0	0	0	29/8	9.6	0	0	1	10.4	20/8	54.1	2	1.8	1.2	37
9/10	16.4	0	0	0.6	3.7	30/8	10.6	0	0	0.6	5.7	26/8	1.6	0	0	20	0
10/10	50	5.6	11.2	20	40	31/8	16.3	0.6	3.7	3	18.4	28/8	0	0	0	0	0
19/10	3.5	0	0	0	0	1/9	20.5	0.6	2.9	3.2	15.6	29/8	0.2	0	0	0	13
						2/9	4.9	0	0	0	0	31/8	23.3	0	0	0	0
						5/9	0.2	0	0	0	0	2/9	5.3	0	0	3	0
						8/9	15.2	0	0	1.2	7.9	3/9	1.1	0	0	0	16
						13/9	6.3	0	0	0	0	5/9	7.8	0	0	0	18.6
						17/9	65	5.6	8.6	20	30.8	7/9	0.2	0	0	1.2	37
						18/9	8.4	0	0	0.4	4.8	9/9	8.6	0	0	0	0
						21/9	0.4	0	0	0	0	10/9	30.8	0	0	1.6	0
						23/9	10.6	0	0	0.22	2.1	15/9	11.9	0	0	13	0
						25/9	3.2	0	0	0	0	21/9	2.5	0	0	0	0
						1/10	20.6	0	0	2.6	12.6	22/9	2.6	0	0	0	0
						3/10	25.5	1	3.9	3.8	14.9	24/9	14	0	0	0	0
						7/10	11	0	0	0.4	3.6	3/10	4.3	0	0	0	0
												4/10	6.7	0	0	0	0
												12/10	4.3	0	0	0	0
												26/10	34.9	0	0	9.8	28.1
												27/10	16.2	0	0	6.4	39.5

A l'échelle des pluies unitaires, le ruissellement maximum (K_{rmax}%) atteint:

- en 1991, 37,6% sous savane protégée pour une averse de 31,1 mm (12 juillet), sur sol préalablement humecté par une pluie de 36 mm deux jours auparavant, contre 45% le jour

sur la parcelle témoin et un maximum de 70,9% sur cette dernière le 25 août (31% ce jour sur la parcelle en défens).

- En 1992, 21% (29,9 mm le 29 juin) sur la mise en défens contre 53,5% au témoin le même jour;

- En 1993, 23% dans la mise en défens (39% sur le témoin après une averse de 15,5 mm le 31 juillet) contre 40,7% sur parcelle non protégée (le 30 juin).

Au cours des trois campagnes, ce coefficient maximum a toujours été observé en début de saison des pluies sur la parcelle protégée. En revanche, sur le témoin, il y a une exception en 1991.

En cette période de début de saison des pluies, le sol est en effet moins bien protégé, y compris la parcelle en défens, du moins, si l'on ne considère que l'état dégradé de la couverture herbacée. Le ruissellement n'est pas entravé. Cet effet protecteur de la végétation herbacée est moins assuré sur la parcelle non protégée, y compris plus tardivement durant la saison des pluies.

En outre, le sol subit l'effet battant des premières averses qui se traduit par la dislocation de sa structure en surface et le développement de pellicule de battance, limitant considérablement l'infiltration de l'eau. Dans la mise en défens, ce processus de dégradation du sol en surface est cependant rapidement atténué par le développement de la strate herbacée et ce dernier constitue le facteur explicatif principal pour rendre compte de la place des ruissellements maximum en début de saison des pluies.

Ce premier examen du ruissellement a permis de mettre en évidence des différences de comportement entre les deux traitements: mise en défens et témoin.

La figure 1 montre pour toutes les pluies reçues que la parcelle mise en défens a un ruissellement toujours nettement inférieur à la parcelle témoin. Il apparaît également sur la figure 2, que la lame ruisselée cumulée augmente avec la pluie cumulée.

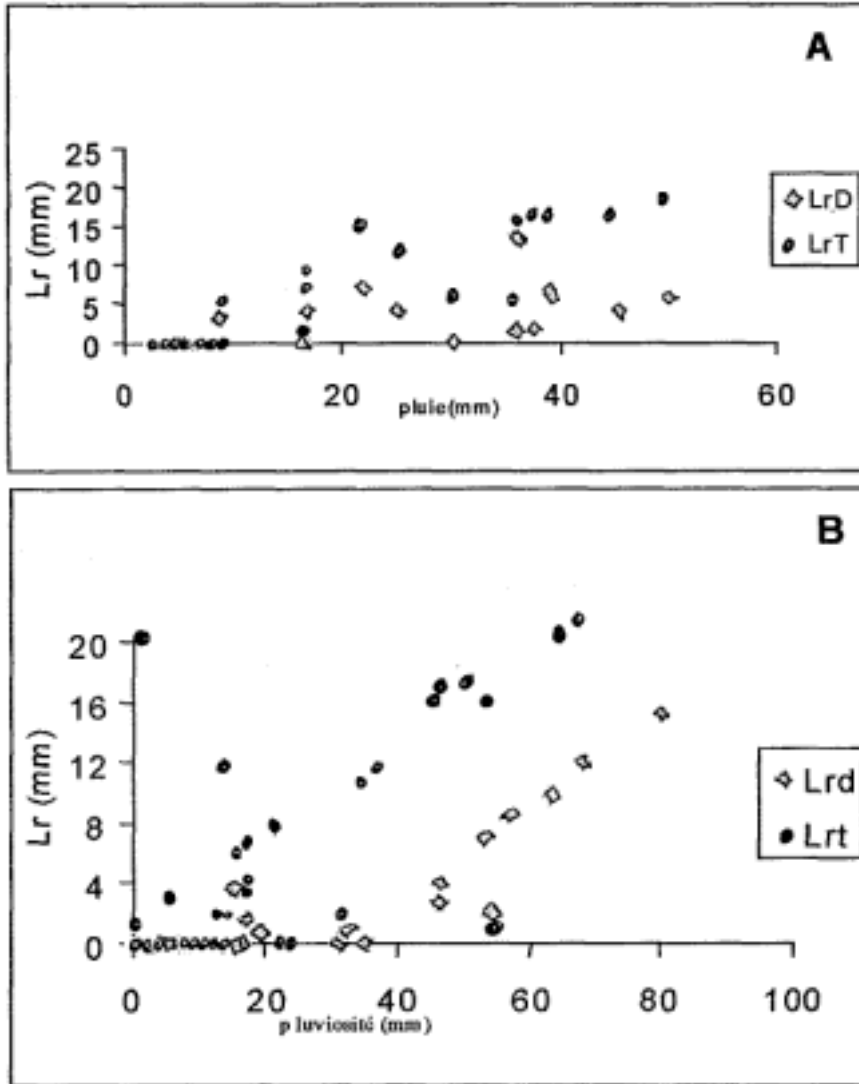


Figure 1 : La lame ruisselée en fonction des pluies enregistrées (A) en 1991 et (B) en 1993

Dans la parcelle protégée, cependant, on observe que:

- La lame ruisselée cumulée tend vers un palier à partir de 400 mm. Ce palier obtenu dès que la végétation a un développement maximum (recouvrement de l'ordre de 80 à 95%; hauteur du tapis herbacé variant entre 40 et 50 cm), met en évidence l'importance de cette dernière sur la réduction de l'effet de la pluie sur le ruissellement;
- la valeur limite du ruissellement semble varier autour de 50 mm. En d'autres termes pour une lame cumulée de 641 mm par exemple en 1993, il est perdu environ 50 mm, soit un peu moins de 8% des précipitations.

En revanche, au niveau du témoin, la lame ruisselée tend à augmenter avec la pluie, ainsi, pour un cumul annuel de 641 mm en 1993, il est perdu environ 160 mm, soit 25% des précipitations totales.

On retrouve le rapport de 3 qui traduit ici l'effet positif de la mise en défens sur le ruissellement dans ces formations de savanes du plateau résiduel cuirassé.

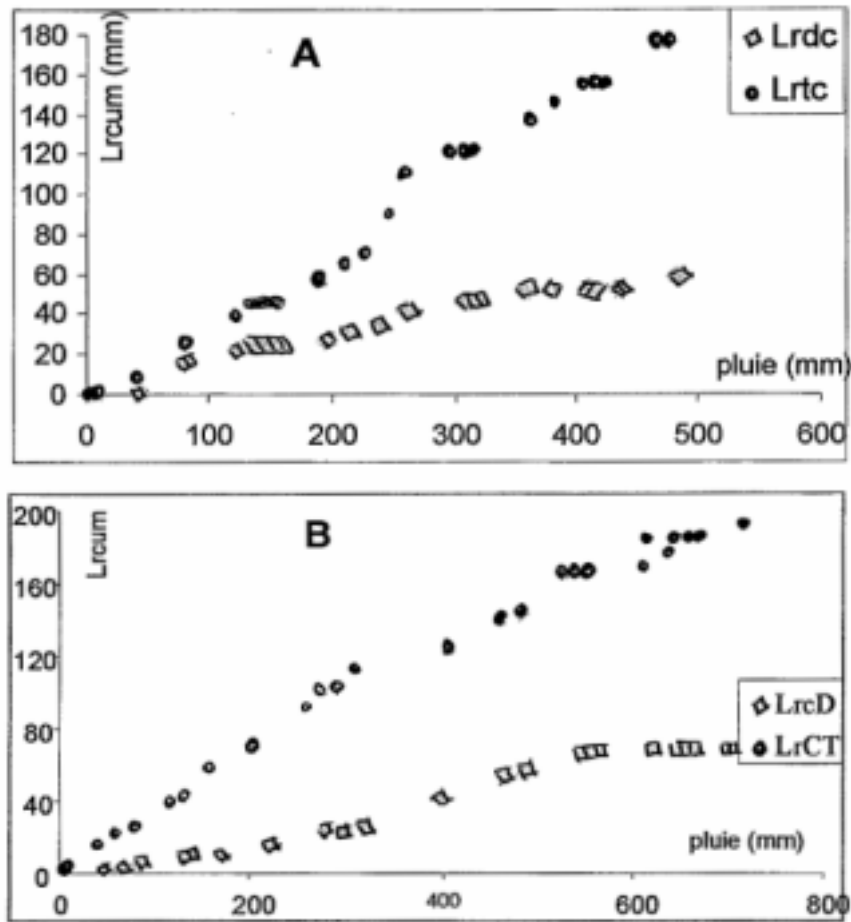


Figure 2. Evolution des cumules des lames ruissellées en fonction des cumules annuelles des pluies sur les parcelles protégées (LrcD) et non protégées (LrcT) A (1991) et B (1993)

Pour expliquer le ruissellement, deux variables indépendantes sont significatives (test de Fisher à 5%) : la pluie et l'indice des pluies antérieures.

La relation recherchée est du type double régression linéaire de la forme :

$$LR = ax Pmm + bx IK + e$$

e = une constante

a et b = coefficients de régression

P (mm) = hauteur de La pluie

IK = indice des pluies antérieures ou indice de KOHLER, calculé selon la formule utilisée pour la simulation des pluies en Afrique de l'ouest (CASENAVE *et al.*; 1982).

$$Ik_n = (IK_{(n-1)} + P_{(n-1)}) \times e^{-\alpha t_a}$$

Ik_(n-1) = indice des précipitations antérieures avant l'averse de rang (n-1)

P(n-1) = hauteur des précipitations de l'averse de rang (n-1)

Ta = temps en jours séparant la fin de l'averse de rang (n-1)

a = coefficient d'ajustement pris égal à 0,5

On obtient alors les équations suivantes :

$$LR = 0,125P + 0,0421K - 0,75 \text{ pour la parcelle mise en défens ; } R = 0,831 ; n = 115$$

$$LR = 0,334P + 0,0691K - 1,08 \text{ pour la parcelle témoin ; } R = 0,943 ; n = 115$$

Ces équations montrent en clair que la lame ruisselée (L_r en mm) est bien corrélée à la hauteur de la pluie (P en mm) et à l'indice des pluies antérieures ($1K$). La relation est cependant meilleure dans la parcelle témoin ($R=0,943$).

En résumé, sur ces sols superficiels du plateau cuirassé, l'augmentation du couvert végétal permet de réduire considérablement l'effet de la hauteur des pluies sur le ruissellement.

Effets sur les pertes en terre

L'évaluation de l'érosion se fait à travers la mesure des seules pertes en terre fine en suspension dans les eaux de ruissellement. Les échantillons d'eau ont été collectés pour chaque crue après homogénéisation du contenu des cuves.

Le tableau 3 donne de façon synthétique, pour les parcelles protégée et témoin et pour chacune des trois années d'expérimentation, la concentration moyenne de matière en suspension et la quantité de particules érodées.

Tableau 3: Estimation des pertes en terres en kg/ha/an sous savane dégradée mise en défens au bout de quatre années.

Années	P mm/an	VRD m ³	VRT m	TMDg/1	TMTg/1	SEDkgha ⁻¹	SETkgha ⁻¹	SET/SED
1991	467	2,6	7,9	3,83	5,98	119,8	463,9	3,8
1992	641	2,3	7,5	3,95	12,41	119,8	685	4
1993	796	3,3	11	7,30	32,85	370,6	4087,4	11

VR= volume d'eau ruisselée (D=défens et T= témoin) ; TM= turbidité moyenne (D =défens et T=témoin) ; SE=perte en terre fine (D= défens; T= témoin).

Les résultats obtenus et portés sur le tableau ci-dessus permettent d'observer pour toutes les années que:

- les concentrations les plus fortes sont celles de la parcelle témoin;
- la parcelle de mise en défens affiche des quantités de terre fine perdue nettement inférieures à celles de la parcelle témoin avec des écarts de l'ordre de 3,8 pour l'année 1991, de 4 pour l'année 1992 et de 11 pour l'année 1993.

Il apparaît qu'il est possible de réduire dans une proportion de 4 à 11 le transport des particules fines par simple mise en défens des zones boisées dégradées du sommet de la toposéquence étudiée.

En 1993, l'impact de l'aménagement est bien mis en évidence par un événement exceptionnel des 4 et 5 août (179 mm en 24 heures). En effet cet événement est à l'origine d'une ablation de plus de quatre tonnes en parcelle témoin contre quelques centaines de kilogrammes en parcelle protégée.

Les résultats ainsi obtenus doivent être interprétés à la lumière de la dynamique des couvertures végétales qui gèrent en grande partie le processus de ruissellement et de perte en terre dans ces zones de savanes soudanaises. En conséquence, le couvert végétal bien conservé contribue efficacement à la protection des sols contre l'efficacité morphogénique des principaux éléments de la pluie.

En résumé, pour satisfaire les objectifs de conservation de l'eau et du sol sur les zones de parcours dégradés du plateau cuirassé résiduel, il suffit de favoriser le maintien d'une bonne

couverture végétale sur ce milieu. Ce couvert végétal est plus efficace s'il est mixte, a. savoir une strate herbacée dense et haute en association avec des ligneux hauts (arbres) et bas (arbuste).

Discussions Générale

Cette étude réalisée en zone soudanienne du Sine Saloum dans la petite région agricole de Thyssée Kaymor au sud Bassin Arachidier du Sénégal, s'était proposée d'analyser l'effet de quelques années de mise en défens des unités du plateau résiduel situées sur le sommet de la toposéquence d'un petit bassin versant de 60 ha sur les paramètres d ruissellement et de l'érosion.

En effet dans cette région, la forte pression agricole a entraîné la mise en culture des zones marginales réservées essentiellement aux usages sylvo-pastoraux. Ces pratiques culturales extensives ont eu pour conséquence la dégradation rapide de l'écosystème qui s'exprime à travers une érosion hydrique résultant d'un ruissellement généralisé dont l'essentiel vient du plateau. Pour stabiliser les processus d'érosion hydrique a travers la maîtrise du ruissellement en provenance du plateau, la mise en défens a été testée. Il s'agit à travers cette protection intégrale de favoriser la régénération et le développement de la végétation spontanée pour assurer une protection aux sols. L'effet de cette mise en défens, sur le ruissellement et l'érosion, analyse au bout de quelques années (4 a 8 années) a permis d'aboutir à des résultats relativement importants.

Dans la zone d'étude, le ruissellement peut prendre des proportions importantes (70% des pluies) en l'absence d'une protection par La végétation. Les bilans de ruissellement annuel comparés des deux traitements notamment la mise en défens et le témoin montrent des coefficients de ruissellement (K_r %) toujours supérieurs sur le milieu non protégé. La lame ruisselée (L_r en mm) diminue nettement sur La parcelle protégée (suppression de la perturbation anthropique). Cette tendance met en évidence l'influence remarquablement positive de la mise en défens sur les caractéristiques structurelles et fonctionnelles de l'écosystème du plateau résiduel cuirassé. Cette influence s'est traduite par une bonne régénération du couvert végétal dont l'effet protecteur s'exerce a deux niveaux (canopée et litière) et aussi par une amélioration de la structure du sol du fait du développement de l'activité biologique. Les termites et les vers de terre attirés par la litière remanient le sol et augmentent sa macroporosité (ROOSE, 1976; LAL, 1975). Une telle ambiance biologique contribue à améliorer les conditions d'infiltration de l'eau dans le sol.

Le ruissellement devenu négligeable dans la parcelle mise en défens ($K_{ram}\% = 11\%$ a 7% en moyenne, 27% au maximum pour tine averse exceptionnelle en 1993), trois fois inférieur a celui de la parcelle témoin, peut être comparé a celui obtenu sous différents types de couverts végétaux (forêts, savanes, jachères naturelles $K_r\% = 0,5\%$ a 5% en moyenne, 10 a 25% au maximum pour les averses exceptionnelles).

L'érosion insignifiante sur les parcelles protégées ($E = 0,37$ t a $0,11$ t) est multipliée par un facteur de 4 à 11 sur le terrain non protégé (4 t a $0,56$ t/ha/an). Ces valeurs peuvent être comparées a celles obtenues par ROOSE (1980) et MIETTON (1988), dans des milieux semblables de savanes soudanienne au Burkina Faso sur des parcelles mises en défens ou non (Gonsé, Linoghin, Saria, Bané, Pô). De ce point de vue, les résultats de Thyssé Kaymor sont du même ordre de grandeur, c'est a dire quelques centaines de kilogrammes par hectare et par année: maximum annuel a Gonsé $0,41$ t/ha, Linoghin, $0,81$ f/ha; Saria $0,34$ t/ha; Pô, $0,16$ t/ha et enfin Bané $0,05$ t/ha).

De nombreuses études ont conclu qu'il était important de couvrir le sol pour lutter efficacement contre l'érosion (FOURNIER, 1967; ROOSE, 1977; MIETTON, 1988 et CASENAVE et VALENTIN, 1989). Sous savanes ou vieilles jachères à Gonsé, ROOSE et

PLOT ont mesuré, sous un couvert végétal intégralement protégé (recouvrement de 85 à 95%) un ruissellement moyen ($K_{ram} = 0,02\%$) et une érosion ($E = 0,04 \text{ t/ha/an}$) contre un ruissellement moyen de 15% et une érosion de 0,4 t/ha/an sous un couvert végétal non protégé (10 et 55 %). Le couvert végétal bien constitué, en particulier la strate ligneuse, développe une bonne rugosité au ras du sol (litière, paille, bois mort), une macroporosité liée à l'activité racinaire et biologique, autant de facteurs de conservation des sols (DUNNE *et al.*, 1991).

En conséquence, l'impact positif de la mise défens apparaît sur ces sols des hauts de versants cuirassés du plateau résiduel, sensibles au ruissellement et à l'érosion.

Conclusion

Il ressort de cette étude que pour assurer une bonne conservation de l'eau et du sol dans la région agricole de Thyssé Kaymor, il suffit de favoriser la régénération et le développement du couvert végétal sur les hauts des versants du plateau résiduel cuirassé. En effet après quelques années (4 ans) de protection intégrale, il est apparu une très bonne régénération spontanée; à savoir une augmentation de 50% du nombre d'espèces et la multiplication de la densité par un facteur 2 voire 3. Le taux de recouvrement est passé de 20% à plus de 80%. L'influence positive de ce couvert a été mise en évidence à travers cette étude par une réduction remarquable du ruissellement d'un facteur 3 et l'érosion d'un facteur 11..

C'est donc les méthodes favorisant le maintien et le développement d'un couvert végétal qu'il faut encourager en priorité pour améliorer la gestion de l'eau et des sols dans les paysages soudano sahéliens en général et à Thyssé Kaymor en particulier.

Dans ce contexte, la gestion rationnelle des couvertures végétales du plateau résiduel cuirassé est un impératif pour tout programme de conservation des sols et de gestion agricole de l'eau. Cependant, ce type d'aménagement ne pourra être durable que si les populations se mobilisent et acceptent une remise en cause des modes actuels d'utilisation des terres basées sur l'extension des cultures sur les zones marginales notamment sur les parcours naturels.

La question qui se pose est de savoir comment dans un contexte de forte pression foncière (zone saturée) les paysans vont-ils accepter de renoncer à surexploiter ces zones sensibles relevant du domaine communautaire?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBERGEL J. et LAMACHERE J. M., LIDON B., MOKADEM A. I., et DRIEL W.V., 1993. - Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel: typologie fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles. Rapport final d'un projet CORAF, R3S, Ouagadougou, Burkina Faso, C.I.E.H., 302 p.

ALBERGEL J., 1987. - Genèse et prédétermination des crues au Burkina Faso, du m au Km étude des paramètres hydrologiques et de leur évolution. Thèse de doctorat sc. Nat. Université Paris VI, 341p.

ANGE A. 1991. - Gestion de la fertilité des sols et stratégies de mise en valeur des ressources naturelles exemple du mu dans les systèmes de culture du sud du bassin arachidier sénégalais, in <Terres de savane, terres fertiles? >, Actes du séminaires de Montpellier, Décembre 1990). CIRAD-CA Pub!. pp. 25-50.

- CASENAVE A., CILIWALIER P., GUIGIJEN N. SIMON J. M. 1982. - Simulation de pluie sur bassin versants représentatifs Cab. ORSTOM série Hydrologie, vol. XIX, N°4 Paris : 297 p.
- COLLINET J. 1988. - Comportement hydrodynamiques et érosifs de sols de l'Afrique de l'Ouest. Evolution des matériaux et des organisations sous simulation des pluies: Thèse de Doctorat, Géol. Pédol. Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 513 p. et annexes.
- DACOSTA H. 1992. - Economie de l'eau et DRS sur les bassins versants de Thyssé Kaymor., Synthèse hydrologique 1983-1988, Programme Gestion des Ressources Naturelles. ISRA, CORAF, ORSTOM et IRAT. Dakar, 65p. + annexes.
- DIATTA M., 1994. - Régénération des zones marginales et rôle de l'arbre dans les programmes de DRS, application aux bassins versants de Thyssé Kaymor. Doctoral thesis, Un. Louis Pasteur, Strasbourg France, 183P.
- DUNE T., ZJJANG W., ATJBRY B.F, 1991. - Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff. Water Ressources Research, vol. 27 (9), 14p.
- PAIE A., NIANG L., SABR D.Y., THIAM A. 1985. - Etude monographique de la communauté rurale de Thyssé Kaymor. ISRA, Dakar, loop.
- FONTANEL P. 1986. - Etat des végétations de parcours dans la communauté rurale de Kaymor (Sud Sine Saloum). CIRAD, Montpellier, DSP n° 28,41 p.
- FOURNIER F., 1967. - La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. Sols Africains, 12, pp. 5-53
- LAFFORGUE A. 1977. - Inventaires et examens des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles. Application a une exploitation méthodique des données obtenues sous pluies simulées. Cah. ORSTOM série hydrologie, vol. X n° 4, pp. 299-344
- LAL it 1975. - Role of mulching techniques in tropical soil and water management. Techn. Bull., IITA., Ibadan, 38p.
- MEETTON M. 1988. - Dynamique de l'influence lithosphère atmosphère au Burkina Faso. L'érosion en zone de savane. Thèse de doctorat Géographie., Université Grenoble, 511 p.
- PEREZ P., BOSCHIER C., SENE M., 1996. - L'amélioration des techniques culturales pour une meilleure gestion de l'eau pluviale (sud Saloum, Sénégal). Agriculture and Développement, n°9, 20-29
- PIERI C 1989. - Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. CIRAD Publ., Montpellier France, 52 p.
- ROOSE E. J., 1982. - Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique Occidentale: communication à la conférence Intern. sur le défrichement et la mise en valeur en régions tropicales, N° 223, 3 trimestre, pp. 49-61
- ROOSE E. J. 1977. - adaptation des méthodes de conservation des sols aux conditions écologiques et socio-économiques de l'Afrique de l'Ouest, Agron. Trop, 32, 2-8 p.
- ROOSE E. J. 1984. - Causes et facteurs de l'érosion sous climat tropical. Conséquences sur les méthodes anti-érosives. In l'Erosion en milieu Tropical. Réunion technique 55 ème SIMA, N° 87, 14p
- ROOSE E. S., 1976. - Contribution a l'étude de l'influence de la mésofaune sur la pédogenèse actuelle en milieu tropical. Rapport ORSTOM Abidjan, 56p. multigr.
- ROOSE E. J., 1981. - Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Coll. Travaux et Documents ORSTOM n0 120. 567 p.

SENE M., 1995. - Influence de l'état hydrique et du comportement mécanique du sol sur l'implantation et la fructification de l'arachide. Thèse Doct., EINSA Montpellier France, 127p.

VALENTIN C., 1985. - Différencier les milieux selon leur aptitude au ruissellement: une cartographie adaptée aux besoins hydrologiques. Journées hydrologiques de Montpellier, ORSTOM 10p

VALET S., 1985. - Notice explicative de la carte d'occupation comparative des sols en 1970 et 1983, région de Thyssé - Kaymor (Sine Saloum, Sénégal). CIRAD - CA, Montpellier, 52p.

WISCIIMELER W.H., SMITH D.D., 1960. - A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. 7 th Inter. Congr., Soil Science, I, P. 418-425. WISCIIMEIER W.I.L, SMITH D.D., 1978. - Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning USDA, Agriculture Handbook, no 537, 58p.