

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER  
Laboratoire de Pédologie

Quelques techniques antiérosives appropriées aux régions tropicales

par ROOSE (E.J.)

Maitre de Recherche en Pédologie  
à l'O.R.S.T.O.M.

Projet de communication au Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides.

I.I.T.A., Ibadan, 30 juin - 4 juillet 1975

O.R.S.T.O.M. B.P.20  
Abidjan, Côte d'Ivoire

Adiopodoumé, juin 1975

## RESUME

A chaque situation écologique, économique et humaine correspondent des méthodes antiérosives adaptées. Pour définir celles qui correspondent le mieux au cas des vieilles surfaces africaines, l'auteur analyse les valeurs des coefficients de l'équation de prévision de l'érosion de Wischmeier et Smith (1960) calculées à partir des résultats des parcelles expérimentales dispersées en Afrique de l'Ouest.

Il montre que l'agressivité climatique est la plus élevée en zone tropicale humide ( $R$  croît de 100 à 1.500), les sols ferrallitiques ( $K = 0,02$  à  $0,18$ ) et les sols ferrugineux tropicaux cultivés ( $K = 0,20$  à  $0,30$ ) sont moins érodibles que certains sols lessivés des régions tempérées, l'inclinaison de la pente est beaucoup plus importante que sa longueur ( $SL$  varie de  $0,1$  à  $2,5$ ); le couvert végétal est le facteur prédominant tous les autres ( $C$  varie de 1 à 1.000) mais les techniques culturales et les pratiques antiérosives classiques ( $P = 1$  à  $10$ ) peuvent aider lorsque le couvert est peu développé. On en conclut qu'en région tropicale, les deux facteurs les plus importants sur lesquels on peut intervenir pour limiter l'érosion et le ruissellement sont le développement du couvert végétal et l'inclinaison de la pente. C'est pourquoi les méthodes biologiques combinées de lutte antiérosive proposées visent à intensifier l'exploitation agricole des meilleures terres, à protéger les zones sensibles par un couvert végétal pérenne et à établir une structure foncière stable du territoire agricole par un aménagement en bandes antiérosives.

## 1 - Introduction

L'homme a été confronté aux problèmes posés par l'érosion depuis des siècles : aussi a-t-il inventé des techniques antiérosives diverses en fonction des circonstances écologiques, économiques et sociologiques du globe.

Ainsi, là où les terres sont rares et la main d'oeuvre abondante, il a édifié patiemment des terrasses en gradins renforcées par des murettes de pierres sèches lui permettant d'étendre le domaine agricole jusque dans la montagne. En zone tempérée où s'est développée une agriculture mécanisée à outrance, naquirent les techniques de terrassement. Par contre, sous les tropiques humides ou sèches, la population très dispersée s'est contentée la plupart du temps de cultures itinérantes comportant une courte période d'exploitation suivie d'une longue jachère.

Or, depuis vingt ans dans ces mêmes régions tropicales, la population s'est concentrée dans certaines zones sous l'effet conjugué des pressions démographiques, administratives et économiques. Avec la réduction de la durée de la jachère qui s'en est suivie, sont apparus localement des phénomènes d'érosion accélérée. De plus, sous l'effet de la croissance de la demande des matières premières (coton, arachide, caoutchouc, sisal, riz, etc..) on a cru bon d'étendre les défrichements par de puissants moyens mécaniques. Devant les échecs trop souvent constatés, les agronomes accusèrent la fragilité des sols tropicaux et importèrent les techniques antiérosives de terrassement propres aux régions tempérées sans se préoccuper de leur adaptation aux conditions tropicales.

Dans cette note sont brièvement exposés les principes qui devraient présider à l'élaboration des projets de lutte antiérosive dans le cadre de l'exploitation rationnelle des terres agricoles des vieilles surfaces du continent africain. Le milieu utilisé se caractérise par :

- des pentes en majorité faibles à moyennes,
- un climat très agressif (pluies fortes et souvent mal réparties),
- une végétation naturelle luxuriante en zone humide mais en équilibre précaire dans le Sahel,
- des sols dont la richesse minérale et organique s'épuise très rapidement,
- des cultures extensives procurant de maigres revenus,
- et des moyens mécaniques forcément limités.

Dans le cadre ainsi défini, les méthodes biologiques de lutte antiérosive visant à couvrir le sol le plus complètement possible, ont fait leurs preuves en parcelles expérimentales et peuvent intervenir très efficacement à condition d'y avoir préparé le milieu humain, d'y faire adhérer le monde paysan.

## 2 - Les conditions expérimentales et les principaux résultats.

Sous l'impulsion du Professeur FOURNIER, l'ORSTOM et les Instituts Français de Recherches Appliquées ont mis en place depuis 1954 tout un réseau de parcelles de mesures expérimentales de l'érosion en Afrique de l'Ouest (voir carte).

Un certain nombre de résultats disponibles sont résumés aux tableaux 1 et 2. Leur analyse détaillée dans le cadre de l'équation de prévision de l'érosion de Wischmeier et Smith (1960) est présentée dans une autre communication de ce colloque mais il convient de les résumer ici.

Cette équation s'énonce :  $E = R.K. S.L.C.P.$

Elle signifie que l'érosion mesurée ou prévisible (E en t/ha/an) est une fonction multiplicative de cinq facteurs qui varient de la façon suivante dans le cadre des essais en petites parcelles d'érosion situées en Afrique de l'Ouest.

a/ L'indice d'agressivité climatique (R usa) est très élevé : il croît de 200 au Nord de la Haute-Volta à 1.400 en basse Côte d'Ivoire (voir carte). De plus sa répartition au cours de l'année est très hétérogène : 75% de sa valeur sont souvent concentrés en deux ou trois mois.

- variabilité de R = 1 à 10 -

b/ La résistance à l'érosion (K) des sols ferrallitiques (K = 0,02 à 0,18) et dans une moindre mesure des sols ferrugineux tropicaux cultivés (K = 0,20 à 0,30) est bien plus satisfaisante que celle de bon nombre de sols lessivés des régions tempérées.

- variabilité de K = 1 à 12 -

c/ Le facteur topographique comprend la longueur (L) et l'inclinaison (S) de la pente.

L'influence de la longueur de la pente n'est ni constante ni très élevée ; pour des raisons pratiques une équipe de chercheurs américains a estimé que l'érosion croît comme la racine carrée de la longueur de pente.

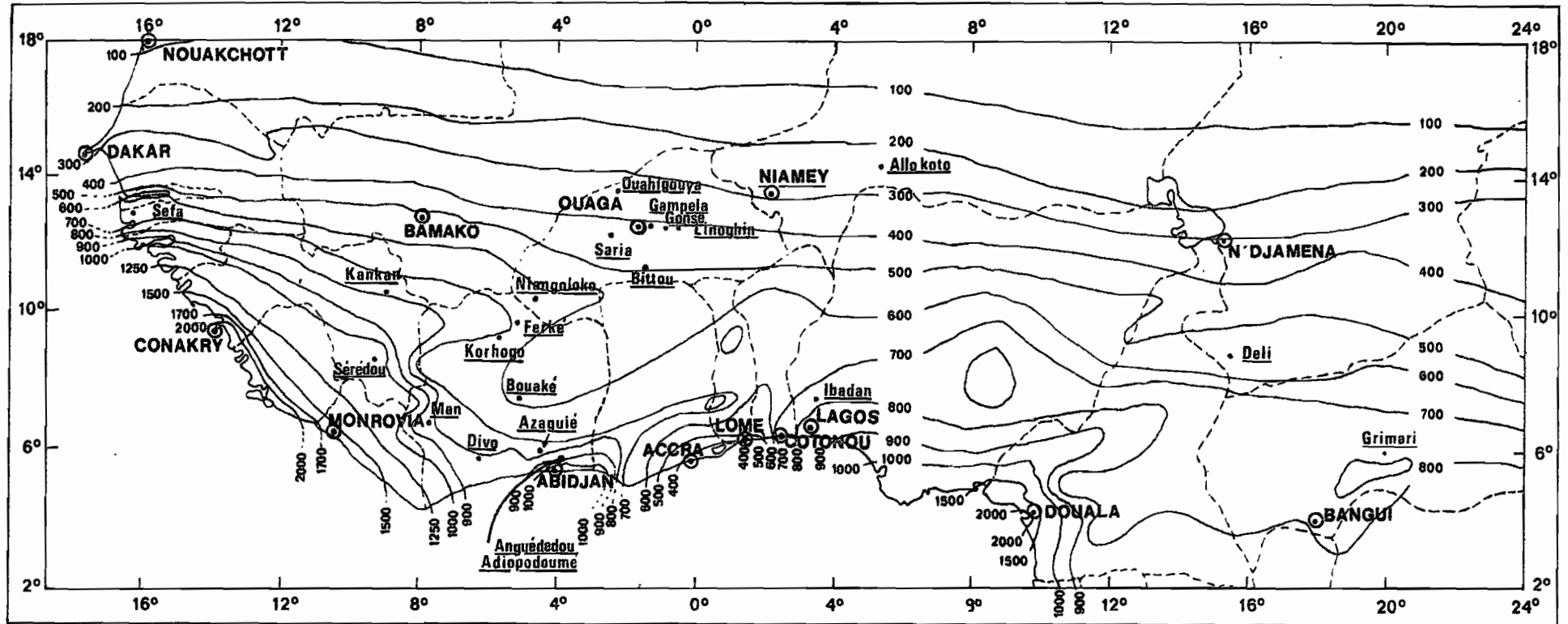
Par contre, l'influence de l'inclinaison de la pente est déterminante : les transports solides croissent de façon exponentielle ( $e = + 1,4$ ) avec le % de pente (Zingg, 1940) ou encore selon une équation du 2<sup>d</sup> degré très voisine (Wischmeier, Smith : 1960).

Pour les pentes les plus courantes (0,1 à 15%) d'une longueur de 60 mètres, la variabilité de SL = 1 à 25 -

d/ La couverture du sol (C) assurée par les végétaux (et les cailloux) a une importance qui l'emporte sur celle de tous les autres facteurs conditionnant l'érosion. En effet, quels que soient l'agressivité du climat, la pente et le type de sol, les phénomènes d'érosion sont médiocres si le sol est couvert à plus de 90%. Notons cependant que les techniques culturales peuvent intervenir puissamment durant la phase de croissance des végétaux.

- Variabilité de C = 1 à 1.000 -

**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 - ORSTOM - B.P 20 Abidjan

e/ Les pratiques antiérosives classiques (P) qui tentent de limiter mécaniquement la longueur de la pente et d'augmenter l'infiltration (labour et billonnage isohypses, banquettes, terrasses et fossés de diversion, etc...) peuvent contribuer à réduire l'érosion au cas où la végétation est peu vigoureuse.

- variabilité de P = 1 à 10 -

En conclusion dans les régions tropicales qui nous intéressent ici, les facteurs les plus importants sur lesquels on peut intervenir pour limiter l'érosion et le ruissellement sont avant tout le développement du couvert végétal et l'inclinaison de la pente.

C'est pourquoi les méthodes biologiques de lutte antiérosive proposées ci-après visent à intensifier l'agriculture sur les meilleures terres, à protéger les zones sensibles et à établir progressivement une structure foncière stable du territoire agricole.

### 3 - Des méthodes antiérosives biologiques combinées.

#### 3.1 - Intensifier l'agriculture : (voir tableau 1)

Au lieu d'épuiser le sol par une exploitation extensive souvent irrationnelle, il convient d'intensifier l'agriculture sur les meilleures terres pour en tirer le maximum de profit à long terme sans détériorer le capital foncier.

Il s'agit de favoriser le développement du couvert végétal grâce à l'utilisation de certaines techniques modernes : semis hâtif et dense, fertilisation équilibrée, préparation adéquate du sol, lutte phyto-sanitaire, plantes de couverture ou paillage, rotations et alternance de plantes couvrantes et de cultures sarclées ouvertes.

Citons quelques cas précis pour illustrer ce point de vue :

- A Adiopodoumé, sur deux parcelles identiques voisines de 7% de pente le retard d'un mois de la date de plantation d'un Panicum maximum a entraîné une augmentation de l'érosion de 1,2 à 89 t/ha/an et du ruissellement de 10 à 20 % pour les trois mois les plus agressifs de l'année.
- Le choix d'une variété de manioc très vigoureuse et l'apport de fumier a réduit l'érosion de 93 à 30/t/ha/an.
- Une simple paillage de quelques centimètres d'épaisseur a autant d'influence qu'une forêt secondaire de 30 mètres de haut ; il a réduit l'érosion de 138.000 kg/ha/an sur sol nu à 40/kg/ha/an et le ruissellement de 33 à moins de 1% des précipitations annuelles.
- En Rhodésie, Hudson soulignait déjà ce thème en 1958 en montrant qu'il avait perdu quarante fois moins de terre pour produire un sac de maïs en culture intensive qu'en condition de culture extensive.

**TABEAU 1**  
Erosion (t/ha/an) et ruissellement (% des précipitations annuelles)  
sous diverses couvertures végétales en Afrique de l'Ouest

Station	Pente	Erosion tonne/ha/an			Ruissellement % des pluies annuelle			Sources
		milieu naturel	sol nu	culture	milieu naturel	sol nu	culture	
Adiopodoumé (1954/1973) (ORSTOM)	4.5	--	60	--	--	35 (98)	--	Roose 1973
Forêt secondaire sempervirente	7 %	0,03	138	0,1 à 90	0,14	33 (99)	0,5 à 30 (87)	
2 100 mm : 4 saisons	20 %	0,2	570	--	0,7 (12) <sup>(*)</sup>	24 (76)	--	
	65 %	1,0	--	--	0,7	--	--	
Divo (1967-1970) (IFCC-ORSTOM) forêt semi-décidue 1 750 mm : 4 saisons	9 %	0.5	--	--	1	--	--	Roose Jodin 1969
Bouaké (1960-1970) (IRAT-ORSTOM) Savane arbustive dense 1 200 mm : 4 saisons	4 %	b. 0,20 n.b. 0,01	18 à 30	0,1 à 26	b. 0,3 (1,6) n.b. 0,03	15 à 30	0,1 à 26	Roose Bertrand 1972 Bertrand 1967
Korhogo (1967-1970) (ORSTOM) Savane arbustive claire 1 400 mm : 2 saisons	4 %	b. 0,1 à 0,2	3 à 9	--	b. 5 (50)	35	--	Roose 1975
Ouagadougou (1967-1973) (CTFT-ORSTOM-IRAT) Savane arborée claire 850 mm : 2 saisons	0,5 %	b. 0,15 n.b. 0,01	10 à 20	0,6 à 8	b. 10 (50) n.b. 2,5 (10)	40 à 60 (70)	2 à 32 (60)	CTFT 1974 Roose 1974
Séfa (Sénégal) (1954-1963) (ORSTOM-IRAT) Forêt claire 1 300 mm : en 2 saisons	1 à 2 %	b. 0,02 à 0,50 n.b. 0,02 à 0,20	30 à 55	2 à 20	b. 0,3 à 1,5 n.b. 0,1 à 1,2	25 à 55	8 à 40	Roose 1967 Charreau
Cotonou (Dahomey) (1964-1968) (ORSTOM) Fourré dense 1 300 mm : 4 saisons	4 %	0,3 à 1,2	17 à 27,5 après défrichement	10 à 85	0,1 à 0,9 (2,5)	17 (69)	20 à 35 (70)	Verney Volkoff Willaime 1967 Roose 1973

Note : Les chiffres ( ) représentent des coefficients max. de ruissellement pendant une pluie unitaire de fréquence décennale.  
Les indications b. et n.b. signifient « brûlé » ou « non brûlé ».

**TABEAU 2**  
Evolution de l'érosion et du ruissellement (en % des précipitations) en fonction de la pente sur un  
sol ferrallitique sableux et un sol ferrugineux tropical.

Adiopodoumé (Côte-d'Ivoire) Sol nu. de 1968 à 72 - Sol ferrallitique très désaturé sur sables tertiaires	pente 4,5 %	7 %	20 %
Erosion moyenne (t/ha/an)	60	138	570
Ruiss. moyen annuel (%)	35	33	24
Ruiss. max. (%)	74	74	68
Ruiss. max. exceptionnel (%)	98	95	76
Séfa (Sénégal), Cultures sarclées de 1955 à 62 Sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions	pente 1,25	1,50 %	2 %
Erosion moyenne (t/ha/an)	5	8,6	12
Ruiss. moyen annuel (%)	16	22	30

Parallèlement à l'intensification de l'exploitation des terres les plus riches et les mieux situées, il faut installer une couverture pérenne et protégée des feux (forêt, savane, pâturages ou vergers) là où la topographie provoque des risques importants d'érosion.

### 3.2 - Aménagement foncier avec bandes d'arrêt.

L'intensification de l'exploitation agricole entraîne nécessairement une augmentation des temps de travaux, des investissements et du coût de production en général, ce qui est incompatible avec une agriculture nomade.

La méthode des bandes d'arrêt permet de fixer un cadre cadastral à l'intérieur duquel il sera facile d'appliquer les techniques d'intensification de l'exploitation agricole tout en modifiant progressivement la topographie.

Cette méthode des bandes antiérosives, consiste à alterner des champs cultivés en bandes (20 à 40 mètres de large) selon les courbes de niveau avec des bandes étroites (2 à 10 m) de végétation permanente herbacée (naturelle ou introduite). On peut observer en effet que si une prairie limite en aval un champ cultivé, le ruissellement et l'érosion provenant des cultures sont généralement bloqués en quelques mètres par le tapis graminéen.

La méthode des bandes antiérosives a été testée en parcelles d'érosion à Adiopodoumé et Bouaké en Côte d'Ivoire ainsi qu'à Allokoto au Niger (Roose, Bertrand, 1971, Delwaulle, 1973). Erosion et ruissellement annuels moyens sont rapportés au tableau 3. On constate qu'une fois installées, les bandes ensément enherbées de 0,5 à 4 mètres de large sont capables de réduire les pertes en terre au dixième et le ruissellement au tiers environ des valeurs correspondantes du témoin. Pour garder une efficacité suffisante, les bandes d'arrêt doivent être d'autant plus larges que le climat est agressif, la pente plus forte, les cultures peu couvrantes et le sol plus érodible.

Toute végétation herbacée convient pour recouvrir la bande antiérosive et en particulier celle de la jachère naturelle mais la présence de légumineuses à enracinement pivotant et de certaines grandes graminées à enracinement profond améliore l'infiltration. Les plantes qui présentent un épais feutrage de racines et de tiges freineront le mieux le ruissellement. Les arbres par contre protègent très mal le sol contre les eaux ruisselantes. La bande d'arrêt se comporte comme une éponge et un barrage vis-à-vis des eaux de ruissellement et des terres érodées provenant du champ cultivé en amont. Les eaux de ruissellement s'infiltrent en profondeur ou sont freinées ; la baisse de sa capacité de transport et de sa compétence provoque alors le dépôt des éléments érodés les plus grossiers. D'où le maintien d'une excellente porosité et la formation d'une petite terrasse (5 à 10 cm par an) qui, à la longue, transforme le paysage en une succession de champs en pente douce et de ressauts protégés par la végétation herbacée.



Tableau 3 - Influence des bandes d'arrêt et du travail du sol suivant les courbes de niveaux en zone tropicale humide et sèche -  
 - Expérimentations en parcelles d'érosion -

Bandes d'arrêt	Largeur	0 m	2 m	4 m	rapport efficacité	
Adiopodoumé (1965) Pluie = 2300 mm Manioc Pente 7%	R%	16,5	10,3	6,0	1/1,6 / 2,8	
	Et/ha	18,9	5,7	1,8	1/3,3 / 10	
Bouaké (1965-66) Pluie = 1180 mm Arachide/maïs Pente 4%	R%	12,6	5,1	3,8	1/2,5 / 3,3	
	Et/ha/an	7,6	0,9	0,6	1/8 / 13	
Allekoto (1966-71) Pluie = 437 mm Arachide, Mil Sorgho, Coton. Pente 3%	Traitements	témoin culture traditionnelle Moussa	bandes d'arrêt 50cm dh = 40cm + labour + billonnage + binages fréquents	murets pierres dh = 80cm + idem 2	bourellets armés dh = 80cm + idem 2	
	R%	17,6	5,2	3,8	0,9	1/3,4 / 4,6 / 20
	Et/ha	9,5	1,1	0,5	0,3	1/9 / 19 / 32

Cette méthode a été testée avec succès en grandeur réelle, en station de recherche, en culture industrielle (hévée, ananas) et en culture villageoise modernisée. Elle présente de sérieux avantages :

- faible immobilisation des terres (7% si pente = 3%),
- implantation facile (erreur admise 10%) et bon marché par les intéressés,
- traitement rapide de grandes surfaces, sans intervention extérieure trop lourde,
- usage de ce réseau vivant de courbes de niveau pour orienter les façons culturales.

La principale difficulté réside dans le démarquage clair et définitif des bandes d'arrêt enherbées par rapport aux jachères environnantes. Dans les zones arides où l'herbe a du mal à démarrer, et là où on dispose de débris rocheux, l'efficacité de l'aménagement antiérosif sera augmentée en disposant ces blocs en cordons continus dans les bandes d'arrêt (Delwaulle, 1973).

#### 4 - Conclusions

Contrairement aux aménagements antiérosifs mécaniques qui sont chers, peu rentables et difficiles à entretenir, les méthodes biologiques antiérosives proposées, basées sur l'intensification de la production des meilleures terres, la protection des zones sensibles et sur la structuration du patrimoine foncier à l'aide des bandes d'arrêt sont particulièrement bien adaptées en milieu tropical où l'herbe est abondante, les pentes moyennes et où les moyens techniques et financiers sont rares. De même si on se place au niveau de la stabilisation du régime hydrique du sol et des cours d'eau, de la protection des ouvrages routiers et hydrauliques comme de l'augmentation de la production agricole, nul doute qu'il vaille mieux augmenter l'infiltration sur l'ensemble du territoire agricole par l'extension du couvert végétal, plutôt que d'évacuer les eaux excédentaires en surface.

Encore faut-il tenir compte de la résistance bien naturelle du milieu paysan à l'introduction des techniques nouvelles qui, si simples soient-elles, exigent toujours des contraintes supplémentaires (travail du sol, investissement engrais, etc...). Si l'intéressé n'a pu constater lui-même l'humidité favorable de la terre qu'il a travaillée, la croissance exubérante des plantes qu'il a fertilisées et finalement les rendements intéressants qu'il a obtenus par son effort personnel, il est illusoire de vouloir lutter contre l'érosion : toute intervention brutale extérieure (gros engins mécaniques) le rend indifférent aux problèmes que l'on veut résoudre pour lui.

Enfin, il faut souligner en guise de conclusion, l'intérêt de s'arrêter avant de se lancer dans de vastes projets d'aménagements anti-érosifs et de peser l'importance relative et régionale des causes et des facteurs qui modifient l'érosion, afin d'opérer un choix judicieux parmi les nombreuses techniques existantes. Ceci exige l'étude préalable du milieu écologique, économique et humain auquel on s'adresse et la réponse à la question de savoir, quelle est finalement l'amélioration de la qualité de la vie qu'on propose à l'homme, en échange d'un effort supplémentaire ?

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

- 1 - CHARREAU (C.) 1969 -  
Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance. VIIe Congrès International du Génie Rural CNRA, Bambey, 13 p.
- 2 - DELWAULLE (J.C.) 1973 -  
Résultats de six années d'observations sur l'érosion au Niger.  
Bois et Forêts des Tropiques, 150, pp 15-37.
- 3 - FOURNIER (F.) 1967 -  
"La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain".  
Sols africains, 12, 1, pp 5-53.
- 4 - HUDSON (N.W.) 1958.  
Land use and surface runoff in Rhodesia.  
International Seminar on flood control drainage and irrigation, Czeckoslovakia. 18 p., 30 réf.
- 5 - HUDSON (N.W.) 1958-  
"Run-off and soil loss from arable land in southern Rhodesia".  
General assembly of the international union for the conservation of nature and its resources.  
7th technical session. Athens. Sept. 1958. 12 p.
- 6 - ROOSE (E.J.) 1967 -  
Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal.  
Agr. Trop. 22, 2, pp 123-152.
- 7 - ROOSE (E.J.) 1971-  
Projet de lutte contre l'érosion hydrique sur le plateau Mossi (Haute-Volta).  
ORSTOM Abidjan, 22 p. multigr.
- 8 - ROOSE (E.J.), BERTRAND (R.) 1971  
Contribution à l'étude de la méthode des bandes d'arrêt pour lutter contre l'érosion hydrique en Afrique de l'Ouest. Résultats expérimentaux et observations sur le terrain.  
Agr. Trop. 26, 11, pp. 1270-1283.
- 9 - ROOSE (E.J.) 1972.  
"Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antiérosive en région tropical humide, tropicale sèche et méditerranéenne".  
Communication aux Journées d'Etudes du Génie Rural à Florence du 12-16 Sept. 1972 pp 417-441.

10 - ROOSE (E.J.) 1973-

Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical. ORSTOM, Abidjan, 125 p, multigr. Thèse Docteur Ing., Fac. Scien. Abidjan, 1973 N° 20

11 - ROOSE (E.J.) 1974 -

Conséquences hydrologiques des aménagements anti-érosifs.

XIII Journées de l'Hydraulique, question 3, rapport 10, 6p.

12 - STALLING (J.H.) 1953 -

"Continuous plant cover - The key to soil and water conservation.

J.Soil and Water Cons., 8, pp.63.68

13 - STOCKING (M.A.) 1971

Soil erosion problems in Rhodesia.

J.Soil and Water Cons., 22, 6, pp 239-240.

14 - WISCHMEIER (W.H.) 1960-

Cropping management factor evaluations for a universal soil-loss equation.

Soil. Sci. Soc; Amer. prol. 24, 4, Pp 322.326

15 - WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.) 1960 -

A universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning.

7 th Intern. Cong. Soil Science, Vol I, pp 418-425

16 - ZINGG (A.W. ) 1940 -

"Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff."

Ag.Eng., 21, pp 59-64.