

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIPODOUME

Laboratoire de Pédologie

CONSEQUENCES HYDROLOGIQUES DES AMENAGEMENTS ANTIEROSIFS

par

ROOSE(E.J.)

Maître de Recherches en Pédologie à l'ORSTOM

- **Projet** de Communication aux XIII<sup>e</sup> Journées de l'Hydraulique

- Paris, Septembre 1974 -

COPYRIGHT-ORSTOM  
BP. 20 ABIDJAN  
Côte d'Ivoire

Adiopodoumé, Septembre 1973

# Conséquences hydrologiques des aménagements antiérosifs

par

ROOSE (E.J.)<sup>\*</sup>

Maître de recherches en Pédologie à l'ORSTOM

---

## RESUME

Les aménagements antiérosifs (au sens large) sont généralement efficaces pour limiter le ruissellement. L'augmentation du taux d'infiltration qui en résulte a pour conséquence soit d'accroître l'évapotranspiration et corrélativement de réduire l'écoulement, soit d'accroître le drainage en profondeur, ce qui modifie non pas l'écoulement total annuel, mais sa répartition dans le temps.

Les terrassements destinés à réduire la pente ont une action plus faible sur l'érosion et le ruissellement que les méthodes visant à accroître la densité du couvert végétal (mulch, semis dense ou précoce, fumure) ou la porosité et la rugosité du sol (labour en mottes et en courbe de niveau).

Les aménagements antiérosifs ont également une influence appréciable sur la qualité des eaux écoulées, leur charge soluble et surtout leur charge solide.

<sup>\*</sup> Adresse : ORSTOM, B.P. 20 ABIDJAN, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION.

Par aménagement antiérosif, on entend toutes les techniques mécaniques et biologiques susceptibles d'être mises en oeuvre pour la conservation des sols et la limitation du ruissellement.

La diminution du ruissellement peut se traduire par un accroissement de l'évapotranspiration (ETR) du tapis végétal (amélioration des rendements) et un allongement du cycle de culture : il s'en suivra une diminution de l'écoulement global (ruissellement plus vidange de la nappe) à l'échelle du bassin versant. Si par contre l'évolution du ruissellement n'est pas compensée par celle de l'ETR, on peut enregistrer des remontées de la nappe phréatique (là où il y en a) et les modifications hydrologiques portent alors principalement sur la forme des écoulements (augmentation du temps de montée, du temps de base et écrêtement des débits max. des crues) (12, 31).

En région tropicale ces deux comportements peuvent s'observer au même endroit au cours d'un même cycle annuel : la diminution du ruissellement en début et en fin de saison des pluies, entraîne une augmentation de production de matière verte (donc de l'ETR) tandis qu'en pleine saison des pluies lorsque le sol est en permanence à capacité au champ, elle augmente le drainage et le volume de la nappe.

HUDSON (1958) signale que la reforestation des versants peut diminuer le ruissellement et augmenter le niveau de la nappe tandis qu'en bordure des marigots l'évapotranspiration des arbres pendant toute l'année a une action dépressive sur le volume des écoulements. Par contre CHARREAU et FAUCK (6) ont constaté en Casamance une remontée de la nappe phréatique de 8 mètres en 20 ans suite au défrichement de 10.000 hectares sur plateau, l'augmentation du ruissellement sous culture mécanisée étant nettement inférieure à la diminution de l'évapotranspiration.

Les aménagements antiérosifs peuvent donc contribuer à la régularisation des débits des cours d'eau ainsi qu'à l'amélioration de la qualité des eaux disponibles (charge soluble et surtout charge solide) (12, 31).

RODIER et AUVRAY (1965) estiment que les écoulements au seuil d'un bassin versant dépendent de la forme et de la surface du bassin versant, des caractéristiques des pluies et du régime climatique, de la pente, de la perméabilité du sol et du couvert végétal.

Sur les pluies et les caractéristiques morphologiques du bassin, l'homme ne peut pas grand chose. Par contre il peut mettre en action de puissants moyens mécaniques pour limiter la longueur ou le gradient de la pente (terrasses, fossés, gradins, etc...), des moyens biologiques (engrais, graines sélectionnées etc..) pour développer le couvert végétal et combiner les deux pour modifier l'état de l'horizon superficiel du sol (labour, matières organiques, mulch).

- Quelques études sur parcelles d'érosion (100 à 250 m<sup>2</sup>) et sur petits bassins versants (1 à quelques dizaines d'hectares) réalisées en Afrique et aux USA permettent d'illustrer et de quantifier l'influence que peut avoir l'aménagement du territoire agricole sur les coefficients de ruissellements annuels moyens et journaliers max. ainsi que sur les charges solides.

## I - IMPACT DES INTERVENTIONS MECANIQUES.

### 1.1. Limitation du gradient et de la longueur de la pente.

Les auteurs (11, 16, 21, 23, 27, 36, 37) s'accordent pour dire que le gradient de la pente joue un rôle très important sur le développement de l'érosion (croissance exponentielle des pertes en terre en fonction du % de pente). FOURNIER (1967) fait cependant remarquer qu'il n'est point besoin d'une forte pente pour que les phénomènes d'érosion se déclenchent sur certains sols : des pentes de 2,5 % ont dû être abandonnées en Casamance après trois années de culture mécanisée.

Par contre les résultats divergent en ce qui concerne l'influence du gradient de la pente sur le ruissellement. WISCHMEIER (1966), après avoir dépouillé 11.000 résultats annuels de parcelles d'érosion situées dans 47 stations des USA, montre qu'en général le ruissellement augmente avec la pente (8) et (9), mais de façon variable en fonction de la rugosité de la surface du sol, de sa capacité à retenir l'eau (effet éponge), du type de culture et du niveau de saturation du sol avant la pluie. C'est ainsi que sous pluies simulées sur le terrain, le ruissellement augmente avec la pente durant la première application sur sol sec mais par contre en laboratoire et sur un terrain détrempé, la pente n'a plus une influence nette sur le ruissellement.

Sur les bassins versants de moins de 200 km<sup>2</sup> de l'Afrique Occidentale RODIER et AUVRAY (1965) rapportent également que les coefficients de ruissellement augmentent avec la pente. Il y a cependant de nombreuses exceptions dues à l'hétérogénéité du milieu à l'intérieur d'un bassin versant car il est difficile de trouver des bassins comparables en tous points. HUDSON (1968) pense que le ruissellement augmente d'abord très vite avec la pente puis se stabilise au-delà de 2 à 3 % de pente. Sur les sols ferrallitiques sableux de la région d'Abidjan (27) le ruissellement annuel moyen (sur 5 ans) est passé de 35 % à 33 et 24 % sur des parcelles nues de pente croissant de 4,5 à 7 et 20 %. Par contre sur les sols ferrugineux tropicaux de Casamance (23) le ruissellement a cru de 16 à 30 % sur des parcelles cultivées de pente croissant de 1,25 à 2 % (voir tableau 1).

TABLEAU 1 - Evolution de l'érosion et du ruissellement en fonction du gradient de la pente sur un sol ferrallitique sableux et un sol ferrugineux tropical.

Adiopodoumé 1968 à 1972 : Sol nu	"	!	!	!
Sol ferrallitique très désaturé sur sables tertiaires	" pente 4,5 %	!	7 %	!
	"	!	!	20 %
Erosion (t/ha)	" 60	!	138	!
Ruiss. moyen annuel (%)	" 35	!	33	!
Ruiss. max. (%)	" 74	!	74	!
Ruiss. max. exceptionnel (%)	" 98	!	95	!
	"	!	!	76
Séfa 1955 à 1962 : Cultures sarclées	"	!	!	!
Sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions	" pente 1,25	!	1,50 %	!
	"	!	!	2 %
Erosion (t/ha)	" 5	!	8,6	!
Ruiss. moyen annuel (%)	" 16	!	22	!
	"	!	!	30

HEUSCH (1970) rapporte que sur les marnes du Rif marocain, l'érosion et le ruissellement, mesurés sur parcelles nues ou cultivées, augmentent lorsque la pente passe de plus de 25 % à 12 %. Dans ces paysages marneux en effet, les eaux s'infiltrèrent dans les sols fissurés des versants très pentus jusqu'à la zone d'altération de la roche puis drainent obliquement à l'intérieur du sol et rejaillissent à la rupture de pente en une ligne de source et de terrains saturés dont la pente est de l'ordre de 12 %.

L'influence de la longueur de la pente est beaucoup moins importante et les résultats des chercheurs, sont là aussi divergeants. Dans l'équation de prévision de l'érosion, WISCHMEIER et SMITH (1960) font croître les pertes en terre proportionnellement à la racine carrée de la longueur de pente. Il existe cependant de nombreux exemples où l'érosion diminue (34) ou tout au moins se stabilise (21) au-delà d'une certaine longueur de pente.

WISCHMEIER (1966) rapporte qu'il n'a pas trouvé de liaison significative entre le ruissellement et la longueur de pente sur des essais en parcelles d'érosion menés pendant dix ans dans douze états.

On a très peu de renseignements sur les liens entre la forme de la pente et l'érosion ou le ruissellement.

En conclusion de tout ceci, il paraît évident que l'efficacité vis-à-vis de l'érosion et surtout du ruissellement des terrasses, banquettes et fossés de diversion est modeste et discutable sur le plan économique. C'est d'ailleurs l'avis de bien des auteurs (2, 21, 22) travaillant en Afrique bien qu'ils manquent des preuves chiffrées indiscutables. Par ailleurs les terrasses et fossés d'absorption totale ne peuvent se concevoir que pour des précipitations de moins de 400 mm, des sols relativement perméables et sans niveau de discontinuité sous peine de provoquer sur les fortes pentes (surtout sur les marnes) des glissements de terrain (14).

#### 1.2. Modification de la perméabilité, de la porosité et de la rugosité de la surface du sol.

L'homme peut aussi intervenir sur l'hydraulicité d'un bassin versant en augmentant artificiellement la capacité d'absorption des eaux de pluie par le sol (combinaison de diverses techniques culturales).

DULEY (1939) a montré que l'influence sur le ruissellement de l'encroûtement de la surface d'un sol est finalement plus important que le type de sol et la porosité de ses différents horizons.

HARROLD (1967) pense que dans les régions où l'on craint surtout des orages d'été, intenses mais brefs, le labour profond en courbe de niveau peut retarder considérablement le démarrage du ruissellement en augmentant la rugosité de la surface du sol et sa macroporosité (pouvoir éponge = effet retardement). Le sous-solage effectué en sec sur des sols à horizon durci à faible profondeur peut augmenter l'infiltration à condition de faire éclater la masse (2, 21).

BURNELL et LARSON (1969) ont démontré que ce retard apporté au démarrage du ruissellement suite à un labour dépend moins de la profondeur de sol remué que de la rugosité de la surface du sol.

ROOSE (1973) a observé que sur un sol nu ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire un labour à la houe sur 15 cm peut absorber des pluies totalisant 45 à 80 millimètres et son action sur l'érosion et le ruissellement peut se faire sentir durant 3 à 5 semaines pendant lesquelles il a plu 50 à 190 mm. Son action favorable sur la porosité du sol est donc limitée à 1 mois mais la baisse de cohésion du matériau peut entraîner par la suite une érosion plus importante si la couverture végétale n'a pas recouvert le sol pendant ce laps de temps.

CHARREAU (1969) a montré que, sur les sols ferrugineux tropicaux sableux du Sénégal, les matières organiques enfouies lors d'un labour pouvaient augmenter considérablement la durée de l'amélioration de la structure surtout si le labour est effectué en grosses mottes avant la saison sèche.

MANNERING, MEYER et JOHNSON (1966) rapportent qu'en 5 ans de traitement du maïs en minimum tillage l'aggrégation du sol et l'infiltration (gain 24 %) ont augmenté tandis que l'érosion a baissé (de 34 %) par rapport au traitement conventionnel.

Tous les auteurs précités insistent sur l'importance qu'il y a à ne pas pulvériser la surface du sol ; d'où l'idée de ne pulvériser que la ligne de semis et de laisser en grosses mottes recouvertes ou non de déchets de culture les interlignes. La diminution de l'érosion et du ruissellement qui en découle est considérable (20, 21, 30).

L'orientation des rugosités du sol par des façons culturales effectuées perpendiculairement à la plus grande pente (CONTOURING) réduit l'érosion de 25 % (35) et le ruissellement de 15 à 50 % si on laisse en place les résidus de récolte (35). Le billonnage en courbe de niveau diminue de 50 % l'érosion (36) et le ruissellement (7), mais HUDSON (1958) fait remarquer que cette solution n'est valable que sur faibles pentes et sols perméables.

## 2 - INTERVENTIONS BIOLOGIQUES.

On peut constater au tableau 2 l'influence du couvert végétal sur l'érosion et le ruissellement mesurés sur parcelles expérimentales en sept stations d'Afrique de l'Ouest. Dans le milieu naturel qu'il s'agisse de forêt, de fourrés, de savane ou de prairie, l'érosion et le ruissellement sont médiocres malgré l'agressivité des pluies tropicales. La mise à feu de la savane, surtout si elle est tardive, augmente très sensiblement le ruissellement (surtout les coefficients max.) et sa charge solide (1, 26, 33). Mais lorsque le sol est totalement dénudé les phénomènes d'érosion deviennent catastrophiques : à Adiopodoumé sur une pente moyenne de 7 % par exemple, les pertes en terre passent de 30 à 138.000 kg/ha/an, le coefficient de ruissellement moyen annuel de 0,1 à 33 % et le coefficient de ruissellement max. journalier de 12 à 87 %. Sous culture ces phénomènes sont intermédiaires et varient dans une très large mesure en fonction des techniques culturales et de l'intensification de l'exploitation. C'est d'ailleurs cette variation qui fonde notre espoir de dominer les problèmes d'érosion dans le cadre d'une rationalisation de l'agriculture car si les aménagements mécaniques permettent de réduire l'érosion et le ruissellement de 15 à 50 %, l'utilisation des plantes et des techniques culturales adéquates peut réduire ces phénomènes de plus de 95 %. Il s'agit de planter tôt et dense des semences sélectionnées dans un sol profondément ameubli et suffisamment fertilisé et d'assurer une protection phytosanitaire adéquate pour obtenir la meilleure couverture végétale possible et des rendements satisfaisants sur les terres les plus favorables (3, 8, 24, 26, 32). Cette intervention permet d'intercepter l'énergie cinétique des gouttes de pluie (donc de maintenir une bonne infiltration en évitant l'encroûtement du sol) et secondairement de favoriser le dessèchement des courbes superficielles du sol entre les pluies.

HUDSON (1958) en Rhodésie du Sud, a démontré de façon élégante l'influence du rendement en calculant qu'il a perdu quarante fois plus de terre pour produire un sac de maïs en culture extensive qu'en culture intensive.

**TABEAU 2 - EROSION (t/ha/an) ET RUISSELLEMENT ( % DES PRECIPITATIONS ANNUELLES ) SOUS DIVERSES  
COUVERTURES VEGETALES EN AFRIQUE DE L'OUEST**

S T A T I O N	" Pente	E R O S I O N tonne/ha/an			R U I S S E L L E M E N T % des pluies annuelles		
		milieu naturel	sol nu	culture	milieu naturel	sol nu	culture
Adiopodoumé (1954/1973) (ORSTOM)	" 4,5	-	60 à 90	-	-	37 (98)	-
Forêt secondaire sempervirente	" 7 %	0,03	100 à 170	0,1 à 90	0,14	33 (87)	0,5 à 30 (87)
" 20 %	" 20 %	0,2	500 à 750	-	0,7 (12)*	25 (73)	-
2100 mm : 4 saisons	" 65 %	1,0	-	-	0,7	-	-
=====							
Divo (1967-1970) (IFCC-ORSTOM)	"						
forêt semi-décidue	" 9 %	0,5	-	-	1	-	-
1750 mm : 4 saisons	"						
=====							
Bouaké (1960-1970) (IRAT-ORSTOM)	"						
Savane arbustive dense	" 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
1200 mm : 4 saisons	"						
=====							
Korhogo (1967-1970) (ORSTOM)	"						
Savane arbustive claire	" 4 %	b. 0,1 à 0,2	-	-	b. 5 (50)	-	-
1400 mm : 2 saisons	"						
=====							
Ouagadougou (1967-1973) (CTFT-ORSTOM-IRAT)	"						
Savane arborée claire	" 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)
850 mm : 2 saisons	"						
=====							
Séfa (Sénégal) (1954-1963) (ORSTOM-IRAT)	"						
Forêt claire	" 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
1300 mm : en 2 saisons	"						
=====							
Cotonou (Dahomey) (1964-1968) (ORSTOM)	"						
Fourré dense	" 4 %	0,3 à 1,2	17 à 27,5 après défriche- ment	10 à 85	0,1 à 0,9 (2,5)	17 (69)	20 à 35 (70)
1300 mm : 4 saisons	"						

Note - Les chiffres ( ) représentent des coefficients max. de ruissellement pendant une pluie unitaire de fréquence décennale.

Les indications b. et n.b. signifient "brulé" ou "non brûlé".

WISCHMEIER (1966) rapporte que le ruissellement sous maïs est tombé de 90 % à 40 % de ce qu'on a mesuré sur sol nu selon que les rendements augmentent de 20 à 70 quintaux à l'hectare. Fort nombreux également sont les auteurs (14, 17, 18, 27, 28, 36) qui ont souligné l'influence d'un mulch de paille et de la distribution sur le terrain des résidus de récolte. Disons seulement qu'à Adiopodoumé un mulch de paille de quelques centimètres de hauteur réduit l'érosion (15 kg/ha/an) et le ruissellement (0,5 %) à des taux aussi négligeables que sous la forêt dense humide voisine haute de 30 mètres (28).

WISCHMEIER (1966) souligne le rôle important que joue la matière organique du sol et les résidus de récolte sur le taux final d'infiltration d'une pluie alors que le labour et la culture en courbe de niveau influencent surtout la somme de pluie nécessaire avant le démarrage du ruissellement.

### 3 - INTERVENTIONS MECANIKES ET BIOLOGIQUES COMBINEES.

En pratique dans les aménagements antiérosifs les plus rationnels on cumule certaines interventions mécaniques et biologiques de telle sorte que le couvert végétal soit max. durant les périodes cruciales les plus humides et que les techniques culturales conservatrices protègent le sol quand la végétation fait défaut.

C'est ainsi que sont utilement combinés la culture en courbe de niveau (matérialisée par des gros billons empierrés ou enherbés, des haies vives ou des bandes d'arrêt engazonnées), l'alternance de bandes de cultures sarclées et de cultures fermées, les rotations et l'aménagement des déchets de culture.

L'alternance de prairies temporaires qui réduisent le ruissellement à moins de 5 % (15, 19, 27, 35) et les cultures sarclées est bien connue tant en Amérique qu'en Afrique.

L'efficacité des bandes antiérosives enherbées en permanence a été démontrée en zone tropicale où une bande de 4 mètres de large réduit l'érosion à 1/10 et le ruissellement à 1/3 de sa valeur sous une même culture (25) tout en provoquant des **atterrissements** de l'ordre de 10 cm/an. En zone sahélienne où la saison sèche est longue et le bétail en surnombre, il faut lui préférer des bourrelets en terre armés de pierrailles (2, 25).

#### 4 - CONCLUSIONS.

L'influence des aménagements antiérosifs sur l'hydraulicité d'un bassin versant est variable en fonction du type d'intervention mais la contribution du couvert végétal est la plus importante tant au niveau quantitatif que qualitatif car les charges solubles et surtout solides sont très différentes dans les eaux de ruissellement et dans les eaux de nappe. Le danger de remplissage des retenues artificielles par les matériaux érodés en zone peu couverte par la végétation (sahel et zone méditerranéenne par exemple) devrait attirer l'attention des hydrologues sur l'aspect qualitatif des eaux fournies à la consommation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES  
=====

- 1 - AVENARD (J.M.), ROOSE (E.J.) - 1972 -  
 Quelques aspects de la dynamique actuelle sur versants  
 en Côte d'Ivoire.  
 Rapport multigr., ORSTOM, Abidjan, 25 p.
  
- 2 - BIROT (Y.) et GALABERT (J.) - 1967 -  
 "L'amélioration des rendements en agriculture par aména-  
 gements antiérosifs et techniques culturales visant à la  
 conservation de l'eau et du sol dans la région de  
 l'ADER-DOUTCHI MAGGIA (Republique du Niger) Station  
 d'Allokoto".  
 Premières observations en 1966.  
 Rapport multigr. CTFT, Niger, Haute-Volta, 18 p.
  
- 3 - BIROT (Y.), GALABERT (J.), ROOSE (E.J.), ARRIVETS (J.) -1968-  
 Deuxième campagne d'observations sur la station de  
 mesure de l'érosion de Gampela : 1968.  
 Rapport multigr. CTFT, 40 p.
  
- 4 - BURNELL (R.E.), LARSON (W.E.) - 1969 -  
 "Infiltration as influenced by tillage-induced random  
 roughness and pore-space".  
 Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33, 3, pp. 449-452.
  
- 5 - CHARREAU (C.) - 1969 -  
 Influence des techniques culturales sur le développement  
 du ruissellement et de l'érosion en Casamance.  
 Agron. Trop. 24, 9, p. 836-842.
  
- 6 - CHARREAU (C.) et FAUCK (R.) - 1970 -  
 Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de  
 la région de Séfa.  
 Agron. Trop. 25, 2, p. 151-191.
  
- 7 - CHRISTOI (R.) - 1966 -  
 "Mesure de l'érosion en Haute-Volta".  
 Oléagineux, 21, 8-9, p. 531-534.
  
- 8 - CRADDOCK (G.W.), PEARSE (C.K.) - 1938 -  
 Surface runoff and erosion on granitic mountain soils  
 of Idaho as influenced by range cover, soil disturbance,  
 slope and precipitation intensity.  
 U.S. Dept. Agr. Cir, n° 482.
  
- 9 - DULEY (F.L.) and HAYS (O.E.) - 1932 -  
 "The effect of the degree of slope on runoff and soil  
 erosion".  
 J. Agr. Res., 45, p. 349-360.

- 10 - DULEY (F.L.) - 1939 -  
"Surface factors affecting the rate of intake of water by soils".  
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4, p. 60-64.
- 11 - FOURNIER (F.) - 1967 -  
"La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain".  
Soils Africains, 12, n° 1, p. 5-53.
- 12 - GUISCAFRE (M.J.) - 1961 -  
Influence des aménagements antiérosifs sur l'écoulement des Mayos des Kapsiki. Bassin versant de Mogode.  
Rapport ORSTOM-IRCAM, 40 p. multigr.
- 13 - HARROLD (L.L.) - 1967 -  
Possible effects of plow depth on hydrology of small basins.  
A.S.C.E., 23 p.
- 14 - HEUSCH (B.) - 1970 -  
L'érosion du Pré-Rif. Une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du Pré-Rif occidental.  
(in : Annales de la Recherche Forestière au Maroc, numéro spécial, Etudes sur l'érosion, 1970, 12, Rabat, pp. 9-176.
- 15 - HUDSON (N.W.) - 1958 -  
Land use and surface run-off in Rhodesia.  
International seminar on flood control drainage and irrigation, Czechoslovakia, 18 p.
- 16 - 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, 1958, 12 p.
- 17 - MANNERING (J.V.) and MEYER (L.D.) - 1961 -  
"The effects of different methods of cornstalk residue management on runoff and erosion as evaluated by simulated rainfall".  
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25, 6, p. 506-510.
- 18 - MANNERING (J.V.), MEYER (L.D.) - 1963 -  
"The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion".  
Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27, 1, p. 84-86.

- 1964 -

- 19 - MANNERING (J.V.), JOHNSON (L.C.), MEYER (L.D.), JONES (B.A.)  
The erosion control effectiveness of rotation meadows.  
J. Soil Water Cons. 19, 3, 5 p.
- 20 - MANNERING (J.V.), MEYER (L.D.), JOHNSON (C.B.) - 1966 -  
Infiltration and erosion as affected by minimum  
tillage for corn (*Zea mays*.)  
Proc. Soil Sci. Am. 30, p. 101-105.
- 21 - MASSON (J.M.) - 1971 -  
L'érosion des sols par l'eau en climat méditerranéen.  
Méthodes expérimentales pour l'étude des quantités  
érodées à l'échelle du champ.  
Thèse Docteur-Ing. CNRS, n° AO 5445, 213p.
- 22 - MOUNIS (H.) - 1963 -  
"Hydroclimatologie".  
Rapport provisoire Gerès Volta - Sogetha.
- 23 - ROOSE (E.J.) - 1967 -  
Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement  
au Sénégal.  
Agron. Trop. 22, 2, pp. 123-152.
- 24 - ROOSE (E.J.) - 1967 -  
"Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur  
les cultures".  
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive,  
19-25/11/67: Communication n° 113, pp. 1385-1404.
- 25 - ROOSE (E.J.) et 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.  
Agron. Trop. 26, 11, pp. 1270-1283.
- 26 - ROOSE (E.J.) - 1971 -  
Influence des modifications du milieu naturel sur  
l'érosion, le ruissellement, le bilan hydrique et chi-  
mique, suite à la mise en culture sous climat tropical.  
Synthèse des observations en Côte d'Ivoire et en  
Haute-Volta.  
Rapport multigr., ORSTOM, Abidjan, 22 p.
- 27 - 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, Adiopodoumé, 125 p. Thèse Abidjan, n° 20.

- 28 - ROOSE (E.J.) - 1973 -  
Le mulch naturel ou artificiel, solution à certains problèmes de protection du sol en régions tropicales humides. Projet de Comm. au Meeting annuel de la "Soil Science Soc. Am.", 11-16/11/73 à Las Vegas.  
Rapport ORSTOM, Abidjan, multigr., 16 p.
- 29 - RODIER (J.), AUVRAY (C.) - 1965 -  
Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km<sup>2</sup> en Afrique Occidentale.  
Rapport ORSTOM-CIEH, 30 p., multigr.
- 30 - SHANHOLTZ (V.O.) and LILLARD (J.H.) - 1969 -  
Tillage system effects on water use efficiency.  
J. Soil Water Conservation, 24, 5, p. 186-189.
- 31 - SPOMER (R.G.), SHRADER (W.D.), ROSENBERRY (P.E.) and MILLER (E.L.) - 1973 -  
Level terrace with stabilized backslopes on loessial cropland in the Missouri Valley : a cost-effectiveness study.  
J. of Soil and Water Cons., 28, 3, pp. 127-131.
- 32 - STALLING (J.H.) - 1953 -  
"Continuous plant cover - the key to soil and water conservation".  
J. Soil and Water Cons., 8, pp. 63-68.
- 33 - VERGNETTE (de), BAILLY, Benoit de Coignac, MALVOS - 1969 -  
Expérimentation en parcelles élémentaires de mesure du ruissellement et de l'érosion. Note sur l'influence des couvertures naturelles dans la zone des Hauts-Plateaux.  
Rapport multigr. CTFT, Madagascar, 132 p.
- 34 - VERNEY (R.), VOLKOFF (B.), WILLAIME (P.) - 1967 -  
"Etude de l'érosion sur "Terres de Barre".  
Comparaison sol nu - jachère arbustive - année 1965 -  
Rapport multigr., ORSTOM, 14 p. + annexe 20 p.
- 35 - WISCHMEIER (W.H.) - 1966 -  
"Surface runoff in relation to physical and management factors".  
Proc. First Pan Am. Soil Cons. Congress, Sao-Paulo, Brazil, p. 237-244.

- 36 - WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.) - 1960 -  
A universal soil-loss estimating equation to guide  
conservation farm planning.  
7th Intern. Congr. Soil Science, I, p. 418-425.
- 37 - ZINGG (A.W.) - 1940 -  
"Degree and length of land slope as it affect soil  
loss and runoff".  
Ag. Eng., 21, p. 59-64.