

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire)

Laboratoire de Pédologie

ADAPTATION DES MÉTHODES DE CONSERVATION DES
SOLS AUX CONDITIONS ÉCOLOGIQUES ET SOCIO-ÉCONOMIQUES
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

par

ROOSE(E.J.)

Maître de Recherche en Pédologie à l'ORSTOM

Projet de publication dans "The Journal of Soil and Water Conservation"

ADAPTATION DES MÉTHODES DE CONSERVATION DES
SOLS AUX CONDITIONS ÉCOLOGIQUES ET SOCIO-ÉCONOMIQUES
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

par

ROOSE (E.J.)

Maître de Recherche en Pédologie à l'ORSTOM

B.P. V 51 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

Résumé.

L'analyse à l'aide de l'équation de WISCHMEIER de plus de 500 résultats annuels de mesure de l'érosion observée en une vingtaine de stations réparties en Afrique de l'Ouest a permis de cerner la cause et de montrer l'importance relative des différents facteurs de l'érosion. Il en découle que les méthodes biologiques de conservation des sols sont bien plus efficaces et mieux adaptées aux conditions écologiques et socio-économiques de ces régions tropicales humides que les coûteuses méthodes de terrassement.

Summary.

The analysis (with the help of the WISCHMEIER'S Universal Soil loss Equation) of more than 500 annual data of erosion measured in twenty research stations all over West Africa, permitted to demonstrate the cause and the relative importance of the factors limiting soil erosion. It appears that biological methods of soil conservation are much more efficient and better adapted to ecological and socio-economical conditions of these humid tropical areas than terracing methods.

1 - INTRODUCTION.

Sous la plupart des climats, mais plus spécialement en région tropicale le développement de l'agriculture pose nécessairement des problèmes de conservation de l'eau et des sols ; aussi l'homme a-t-il inventé des techniques antiérosives adaptées aux circonstances écologiques, économiques et sociologiques locales. Le but de cette note serait de définir ces conditions afin de sélectionner les techniques conservatrices les mieux adaptées.

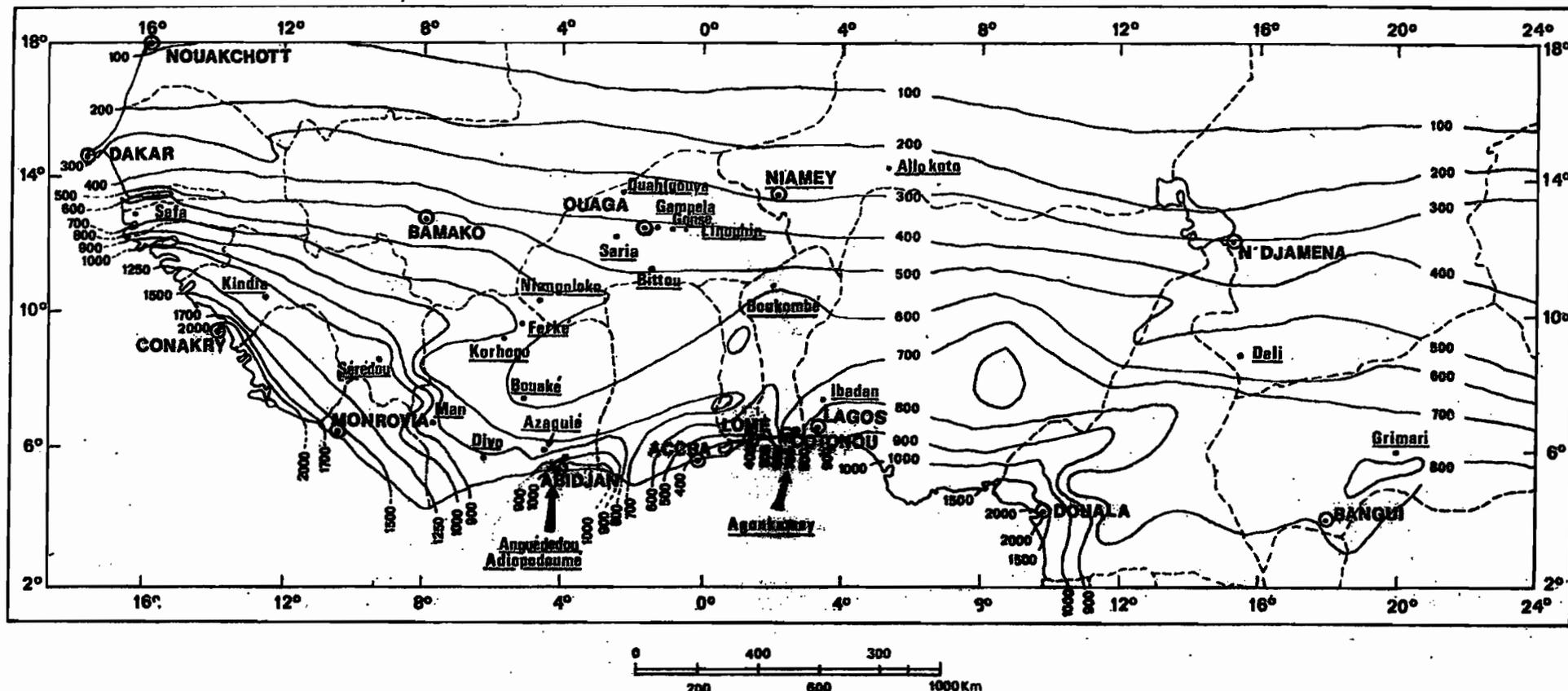
En Afrique de l'Ouest, la densité de population est généralement très faible (1 à 10 habitants/km² en forêt et 5 à 25 habitants/km² en savane) si bien que les cultures sont dispersées sur les pentes modérées des surfaces ondulées du vieux continent. Aux courtes périodes d'exploitation des terres (2-3 ans) succèdent de longues jachères (10 à 30 ans) durant lesquelles sont régénérées les propriétés physiques et chimiques de l'horizon superficiel du sol grâce aux remontées biologiques d'origines végétales et animales. Si les pluies sont souvent violentes et agressives, elles sont généralement suffisantes pour faire croître une végétation abondante qui protège entièrement le sol. Il s'en suit qu'en milieu naturel tropical, en dehors de la zone sahélienne, l'érosion mécanique est moins active que l'érosion chimique.

Cependant, on assiste depuis une vingtaine d'années à un regroupement de la population dans certaines zones sous l'effet conjugué des pressions démographiques, administratives et économiques : on trouve par exemple de 50 à 100 habitants par km² à Korhogo en Côte d'Ivoire, sur le plateau Mossi en Haute-Volta à Boukombé et dans la région côtière du Bénin. Avec la réduction de la jachère et la disparition du manteau forestier, sont apparus localement des phénomènes d'érosion accélérée. De plus, sous l'effet de la croissance de la demande en matières premières (coton, arachide, riz, sisal, etc), on a cru bon d'étendre les défrichements par de puissants moyens mécaniques. Devant les échecs trop souvent constatés de la mécanisation en région tropicale, les agronomes accusèrent la fragilité des sols tropicaux et découvrirent la faiblesse de leurs réserves minérales : la végétation luxuriante ne se maintient que grâce à une "circulation" extrêmement rapide des éléments nutritifs entre le stock du sol, l'immobilisation par la plante et la minéralisation de la litière.

Face au problème préoccupant de la mise en valeur de ces immenses surfaces, l'ORSTOM et les Instituts Français de Recherches Appliquées ont mis en place, sous l'impulsion du Professeur F. FOURNIER (1954-1967), tout un réseau de parcelles expérimentales de mesure de l'érosion et du ruissellement.

Vingt ans plus tard, on dispose de plus de 500 résultats annuels collectés dans une vingtaine de stations réparties dans toute l'Afrique de l'Ouest d'expression française (voir les villes soulignées sur la carte). Beaucoup de résultats ne concernent que des circonstances locales mais leur analyse à l'aide de l'équation de prévision de l'érosion (WISCHMEIER et SMITH, 1960) permet d'évaluer l'importance des causes et des facteurs déterminant l'érosion et d'en déduire les méthodes conservatoires les mieux adaptées à ces régions.

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

2 - LE DISPOSITIF.

Les résultats cités ici proviennent principalement de 13 stations de mesure de l'érosion en nappe et en rigole sur une cinquantaine de parcelles de 100 à 5000 m² situées dans cinq pays de l'Afrique de l'Ouest (voir carte et tableau 1). Le climax varie de la forêt dense sub-équatoriale en basse Côte d'Ivoire (pluie = 2100 mm) à la steppe sahélienne du Niger (pluie = 500 mm). A part la station d'Allokoto située sur vertisol, toutes les autres stations sont installées sur des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux à argile kaolinique presque exclusive.

3 - LA PLUIE, CAUSE PRIMAIRE DE L'EROSION EN NAPPE.

Tout transport exige une source d'énergie. Sur les vieilles surfaces érodées du continent africain comme dans la Grande Plaine Américaine où les pentes cultivées sont moyennes à faibles, c'est l'énergie cinétique des gouttes de pluie qui déclenche la destruction des agrégats du sol tandis que le ruissellement assure le transport des particules détachées. Cependant lorsque la pente augmente, le ruissellement devient à son tour abrasif et son énergie finit par l'emporter sur celle de la pluie.

En étudiant les régressions liant la pluie au ruissellement et à l'érosion sur parcelles nues à Adiopodoumé (ROOSE, 1973) on a constaté que la hauteur des pluies explique mal, à elle seule, les phénomènes d'érosion ; il faut faire intervenir simultanément l'humidité du sol avant la pluie et l'intensité maximale de la pluie pendant un laps de temps suffisamment long (20 minutes pour les transports solides et 10 minutes pour le ruissellement).

En zone méditerranéenne et saharienne, HEUSCH (1970) et ROOSE (1971, 1975) estiment que c'est l'averse exceptionnelle décennale ou centennale qui imprime sa physionomie au paysage. Par contre, le niveau d'érosion en milieu tropical sec ou humide dépend de la somme des dix ou vingt plus fortes pluies de l'année plutôt que de l'averse exceptionnelle étant donnée l'abondance du couvert végétal (ROOSE, 1973). Tout ceci est en accord avec l'indice d'érosivité climatique proposé par WISCHMEIER et SMITH (1958, 1960).

Le dépouillement de milliers de pluviogrammes nous a amené à constater qu'il existe une relation simple entre l'indice d'érosivité climatique moyen annuel sur 5 à 10 ans (Ram) et la hauteur de pluie moyenne annuelle pour la période correspondante (Ham) telle que

$$\text{Ram/Ham} = 0,5 \pm 0,05 \quad (\text{éq. 1})$$

Ce rapport s'est vérifié en une vingtaine de points dispersés en Afrique de l'Ouest à l'exception des stations situées alentours des massifs montagneux ainsi qu'en bordure de la mer. Cette relation nous a permis de dresser une esquisse de la répartition de cet indice climatique R pour l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (ROOSE : 1975). Il en découle que l'agressivité climatique est très élevée en région tropicale humide (Abidjan R = 1200) et décroît presque parallèlement aux isohyètes jusqu'au Sahel (Ouagadougou, R = 430). Ceci implique un

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

Stations	Pente	Erosion tonne/ha/an			Ruissellement % des pluies annuelles			Sources
		milieu naturel	sol nu	Culture	milieu naturel	sol nu	Culture	
Adiopodoumé (1954-73) ORSTOM	4,5	-	60	-	-	35 (98)	-	Roose 1975
Forêt secondaire sempervirente Sol ferrallitique appauvri P: 2100 mm : 4 saisons	7%	0,03	158	0,1 à 90	0,14	33 (45)	0,5 à 30 (87)	1976
	20%	0,2	570	-	0,7 (12) (*)	24 (76)	-	
	65%	0,20 à 1	-	-	0,6 à 2,2 (16)	-	-	
Anguédédou 1966-72 IRCA - ORSTOM Plantation hévéa IIC.N.V. Sol ferrall. app./sables 3 axes P: 2000 mm. : 4 saisons.	29%	-	-	0,6 à 0,3	-	-	0,3 à 0,9	Roose 1970
Azoguisé 1966-73 IFAC - ORSTOM Forêt secondaire sempervirente Bananière irriguée Sol ferrall. remanié/schistes P: 1800 mm : 4 saisons	14%	0,05 à 0,7 Md = 0,155	-	0,9 à 4,6 Md = 1,83	0,4 à 4 Md = 1,9 Max. = (31)	-	5 à 10 Md = 7 Max. = (74)	Roose Godefroy 1976
Divo 1967-74 IFCC - ORSTOM Forêt semi-décidue Sol ferrall. remanié/granite P: 1750 mm : 4 saisons	9%	0,5	-	-	1	-	-	Roose Jadin 1969
Bouaké 1960-73 IRAT - ORSTOM Savane arborescente dense Sol ferrall. rajeuni/granite P: 1200 mm : 4 saisons	4%	b. 0,20 nb. 0,01	18 à 30	0,1 à 26	b. 0,3 (16) n.b. 0,03	15 à 30	0,1 à 26	Roose Bertrand 1972 Bertrand 1967
Karhogo 1967-75 ORSTOM Savane arborescente claire Sol ferrall. remanié/granite P: 1400 mm : 2 saisons	4%	b. 0,1 à 0,2	3 à 9	-	b. 5 (50)	35	-	Roose 1975
Ouagadougou 1967-73 CTFT-ORSTOM-IRAT Savane arborescente claire Sol ferrug. less. /granite P: 850 mm : 2 saisons	0,5%	b. 0,15 nb. 0,01	10 à 20	0,6 à 8	b. 40 (50) n.b. 2,5 (10)	40 à 60 (70)	2 à 32 (60)	CTFT 1974 Roose 1974
Séfo (Sénégal) 1954-68 ORSTOM-IRAT Forêt claire Sol ferrug. lessivé P: 1500 mm : 2 saisons	1 à 2%	b. 0,02 à 0,50 n.b. 0,02 à 0,20	30 à 85	2 à 20	b. 0,3 à 1,5 n.b. c. 1 à 1,2	25 à 55	8 à 40	Roose 1967 Charreau 1972
Colonou (Bénin) 1964-68 ORSTOM Fourré dense Sol ferrall. mod./sables jaunes P: 1500 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 1965-70 Roose 73
Boukoubé (Bénin) 1960-61 EAUX et FORÊTS-ORSTOM Savane parc Sol ferrug. less. gravill./schistes P: 1100 mm : 2 saisons	3,7	-	-	0,2 à 4,6	-	-	1 à 12 Max (75)	Colombani Fauck 1961 Willaime 62 Verney-W. 1965
Allakoto (Niger) 1966-71 CTFT Savane arborescente Vertisol/calcaire P: 500 mm : 2 saisons	3,0	-	-	0,1 à 18,5	-	-	1 à 22 Max (70)	Delwaille 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 » ; Md : médiane.

parallélisme existant entre les précipitations annuelles moyennes d'une part, la hauteur de l'averse décennale et les courbes "intensité x durée" d'autre part (BRUNET-MORET, 1963-67) : les pluies sont donc du même type dans toute cette zone.

On peut conclure qu'en zone tropicale humide, l'agressivité des pluies est très élevée (R = 1000 à 2000 entre Abidjan et Conakry) comparativement à celles qu'on a relevées aux USA (R = 50 à 650) (WISCHMEIER, 1962) et autours du bassin méditerranéen (R = 50 à 350) (KALMAN, 1967 ; MASSON, 1971 ; MASSON et KALMS, 1971) pourtant réputé pour son climat érosif. De plus, la répartition des pluies au cours de l'année est loin d'être homogène : il peut faire sec pendant 1 à 6 mois et pleuvoir à verse pendant quelques semaines : à Abidjan par exemple, il peut pleuvoir 240 mm en 24 heures et 1300 mm en 4 à 8 semaines.

4 - LE COUVERT VEGETAL.

C'est de loin le facteur conditionnel le plus important. En effet, tant que le couvert végétal est continu, qu'il s'agisse de forêt, de fourrés, de savanes, de pâturages ou d'un simple paillis, les phénomènes d'érosion sont médiocres malgré l'agressivité des pluies, la fragilité des sols et la pente (voir tableau 1). La mise à feu de la savane, surtout si elle est tardive, augmente sensiblement le ruissellement et sa charge solide (ROOSE, 1974). Mais lorsque le sol est totalement dénudé comme c'est le cas après les défrichements mécanisés, les pertes en terre sont multipliées par 100 à 1000 et le ruissellement par 20 à 50.

Sous culture, les phénomènes d'érosion sont intermédiaires et varient dans une très large mesure en fonction du type de plante, de la vitesse avec laquelle elle recouvre le sol et des techniques culturales mises en oeuvre pour favoriser sa croissance. La densité et la précocité de la plantation, un minimum de travail du sol, une fertilisation bien adaptée et la restitution des résidus de culture jouent un rôle prépondérant.

L'influence des différents types de plantes sur le développement de l'érosion provient surtout de leur vitesse à envahir le terrain. Pour couvrir 90% de la surface du sol et maîtriser l'érosion, il a fallu 1 mois à *Panicum maximum*, 6 semaines à *Cynodon aethiopicus* et à l'arachide, 2 mois au maïs et au *Stylosanthes guyanensis* et 6 mois au manioc et à l'ananas. Si la saison des pluies violentes coïncide avec la période de croissance des végétaux, l'érosion sera très variable d'une plante à l'autre ; mais une fois le sol couvert, les pertes en terre sont médiocres quelle que soit l'architecture des plantes (en entonnoir ou en parapluie).

Le facteur C de l'équation de WISCHMEIER rend bien compte de l'influence fondamentale du couvert végétal et de l'adaptation des techniques culturales aux conditions écologiques régionales. En ne tenant compte que d'une valeur globale annuelle, ce facteur C varie de 0,9 à 0,1 pour les principales cultures de l'Afrique de l'Ouest. Il peut descendre à 0,01 sous savane et 0,001 sous culture paillée et sous forêt dense. (voir tableau 2).

Tableau 2 - Facteur C annuel moyen pour diverses cultures	C annuel moyen
- sol nu	1
- forêt, fourré dense, culture bien paillée	0,001
- savane et prairie en bon état	0,01
- savane ou prairie brûlée ou surpâturée	0,1
- plante de couverture à développement lent ou plantation tardive 1ère année	0,3 à 0,8
- " " " " rapide ou plantation hâtive 1ère année	0,01 à 0,1
- " " " " " " 2ème année	0,01 à 0,1
- maïs, mil, sorgho (en fonction des rendements)	0,4 à 0,9
- riz de plateau en culture intensive	0,1 à 0,2
- coton, tabac en 2e cycle	0,5 à 0,7
- arachide (en fonction du rendement et de la date de plantation)	0,4 à 0,8
- manioc 1ère année et igname (en fonction de la date de plantation)	0,2 à 0,8
- palmier, hévéa, café, cacao avec plantes de couverture	0,1 à 0,3
- ananas à plat (en fonction de la pente) avec résidus brûlés	0,2 à 0,5
avec résidus enfouis	0,1 à 0,3
avec résidus en surface	0,01
- ananas sur billons cloisonnés (pente 7%)	0,1

5 - LA PENTE.

Les auteurs s'accordent pour reconnaître le rôle important que joue la pente (longueur, forme et surtout inclinaison) dans le développement de l'érosion lorsque le sol n'est pas entièrement couvert (ROOSE, 1973). FOURNIER (1967) fait cependant remarquer que celle-ci peut quelquefois démarrer sur des pentes inférieures à 1% (exemple Samaru au Nigéria (KOWAL, 1972) et Saria et Gampela en Haute-Volta (ROOSE 1974) où l'érosion = 4 à 20 t/ha/an pour des pentes de 0,5%). ZINGG (1940), résumant les expérimentations effectuées sur des sols des régions tempérées américaines montre que les pertes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison de la pente, l'exposant moyen étant voisin de 1,4.

Au Nigéria, LAL (1975) a trouvé que, sur un sol ferrallitique remanié riche en graviers (= alfisol), l'érosion croît avec la pente selon une courbe exponentielle d'exposant 1,2 lorsque le sol est nu, mais qu'elle est indépendante de la pente (1 à 15%) si on laisse en surface une quantité suffisante de résidus de culture. Par contre, HUDSON (1973) en Rhodésie et ROOSE (1975) en Côte d'Ivoire trouvent des exposants supérieurs à 2 pour différents sols tropicaux peu couverts. WISCHMEIER et SMITH (1960) estiment par contre qu'une équation du second degré s'ajuste mieux qu'une fonction logarithmique.

L'influence de la longueur de la pente étant variable selon les circonstances, un groupe de travail réuni à Purdue a finalement adopté pour l'usage courant l'exposant 0,5 pour exprimer l'influence de la longueur de la pente sur les pertes en terre. L'équation liant l'érosion à la pente s'écrit :

$$\text{facteur SL} = \frac{\sqrt{L}}{100} (0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2) \quad (\text{éq. 2})$$

où L est la longueur de la pente en pieds et S l'inclinaison en %.

A Adiopodoumé sur sol nu et en moyenne sur 5 ans on a trouvé des résultats voisins de ceux de la courbe théorique de WISCHMEIER et SMITH, mais très variables d'une année à l'autre (ROOSE, 1973). Sous culture les résultats varient également très fort en fonction de l'intensité de la couverture végétale et des techniques culturales (voir tableau 3). Quant au ruissellement, lorsque l'inclinaison de la pente augmente, il diminue sur sol nu et il a tendance à augmenter sous culture à partir de certains seuils. A Séfa, au Sénégal, (ROOSE 1967) il semble que de très faibles variations de pente (0,5%) suffisent à entraîner des variations sensibles à la fois de l'érosion et du ruissellement (voir tableau 3).

TABLEAU 3 - Effet de la pente sur les phénomènes d'érosion en fonction du couvert végétal et du sol.

	Pente %	Erosion t/ha/an			Ruissellement K _r %		
		Forêt	Sol nu	Culture	Forêt	Sol nu	Culture
Adiopodoumé 1956-1972	4,5	-	60	19	-	35	16
Sol ferrallitique sur matériaux argilo-sableux tertiaires	7	0,03	138	75	0,14	33	24
	23	0,1	570	295	0,7	24	24
Pluie moyenne = 2100 mm	65	0,4	-	-	1,5	-	-
Séfa (Sénégal). Cultures sarclées de 1955 à 1962. Sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions				pente 1,25		1,50%	2%
Erosion moyenne (t/ha/an)				5		8,6	12
Ruissellement moyen annuel (%)				16		22	30

Théoriquement, l'érosion augmente avec la longueur de la pente car le ruissellement s'accumule, se concentre, prend de la vitesse et augmente son énergie. En pratique les forces de frottement du sol motteux et de la végétation sont telles que l'influence de la longueur de pente varie considérablement selon les circonstances. C'est ainsi qu'au Bénin, WILLAIME et al. (1962, 65, 67) ont observé que l'influence de la longueur de pente n'est ni constante ni très élevée. Cette influence incertaine de la longueur de pente sur les phénomènes d'érosion en splash et en rigole remet en cause l'efficacité des techniques antiérosives du type des terrasses, banquettes et fossés de diversion qui sont trop souvent appliqués sans discernement sous des climats très variés (ROOSE, 1974).

Du point de vue scientifique, ce facteur topographique mériterait d'être précisé car l'influence de la pente n'est pas indépendante du couvert végétal, des techniques culturales, du sol et probablement du type de climat (ROOSE 1973, 1975). Cependant, en attendant de disposer de données suffisantes, on peut s'appuyer sur l'indice topographique de WISCHMEIER (équation 2) ou sur une équation exponentielle

$$SL = C \times L^{0,5} \times S^{1,2 \text{ à } 2} \quad (\text{équation 3})$$

C = constante dépendant des autres facteurs, L = longueur de pente en mètres et S = inclinaison en % .

elle donne satisfaction dans la plupart des cas pratiques (HUDSON, 1973 ; ROOSE, 1975).

6 - LA RESISTANCE DU SOL A L'EROSION.

Vers 1945-50, de nombreux agronomes alarmèrent l'opinion publique sur l'ampleur des phénomènes d'érosion observés en région tropicale : à peine débarassés de leur végétation luxuriante ces sols s'épuisent et sont dégradés en quelques années par l'érosion, même sur faible pente (voir cultures mécanisées de Séfa au Sénégal). D'où la fâcheuse renommée des sols tropicaux d'être extrêmement fragiles. En réalité, si les réserves nutritives et les matières organiques du sol évoluent rapidement (d'ailleurs dans les deux sens) en région tropicale, tous les sols tropicaux ne sont pas particulièrement sensibles à l'agressivité mécanique des pluies. Comme en région tempérée (WISCHMEIER, SMITH, 1960 ; WISCHMEIER, JONHSON, CROSS, 1971), il existe en région tropicale une large gamme d'érodibilité des sols (El SWAIFI, 1975).

En ce qui concerne les sols à argile kaolinitique dominante (oxysol, alfisol, latosols) que nous avons testés sous pluies naturelles en parcelles nues standard selon la méthode préconisée par WISCHMEIER, nous avons observé généralement une très bonne résistance mécanique à l'érosion (K voisin de 0,05) pendant les 2 ou 3 premières années après défrichement (ROOSE, 1974). Ensuite l'index K varie beaucoup d'une année à l'autre mais tend vers des valeurs moyennes :

- K = 0,08 à 0,12 sur sols ferrallitiques issus de sédiments argilo-sableux,
- = 0,12 à 0,15 sur sols ferrallitiques issus de granite,
- = 0,15 à 0,18 sur sols ferrallitiques issus de schiste,
- = 0,20 à 0,30 sur sols ferrugineux tropicaux divers issus de granite,
- = 0,01 à 0,05 sur divers sols gravillonnaires dès la surface.

Ces sols ont généralement une bonne perméabilité d'ensemble (10 à 120 cm/heure d'infiltration au Müntz à double anneau) mais forment rapidement une pellicule de battance peu perméable surtout s'ils sont mal couverts, pauvres en matières organiques et riches en limons et sables fins (2 à 100 microns), comme c'est le cas des sols ferrugineux tropicaux. L'application du nomogramme de WISCHMEIER, JONHSON et CROSS (1971) pour évaluer la sensibilité des sols à l'érosion a donné des résultats satisfaisants sur les sols testés, à condition d'y ajouter un coefficient modérateur tenant compte de la charge en gravier de l'horizon arable (DUMAS, 1965 ; ROOSE, 1974-75).

En définitive, il semble donc bien que les phénomènes spectaculaires d'érosion observés en Afrique de l'Ouest, soient dus à l'agressivité très élevée des pluies plutôt qu'à une fragilité particulière des sols tropicaux. Pour améliorer encore leur résistance il convient d'augmenter les restitutions de matières organiques et d'éviter la formation des pellicules de battance (travail du sol, fertilisation et disposition en surface des résidus de culture).

7 - CONCLUSIONS : LES TECHNIQUES ANTIÉROSIVES.

Il faut prendre ici le terme de techniques antiérosives au sens le plus large : il couvre toutes les pratiques agricoles permettant d'améliorer la conservation sur place des eaux de pluie et des sols. Pour définir la philosophie de la lutte antiérosive, on a passé en revue les conditions écologiques qui règnent sur la majorité des surfaces cultivées de l'Afrique de l'Ouest : pluies très érosives, pentes moyennes à faibles, sols en général perméables mais sensibles à la battance, peu à moyennement érodibles. Les conditions socio-économiques sont celles de pays en voie de développement peu peuplés dont la productivité agricole est peu rentable, les ressources financières et les moyens mécaniques sont réduits.

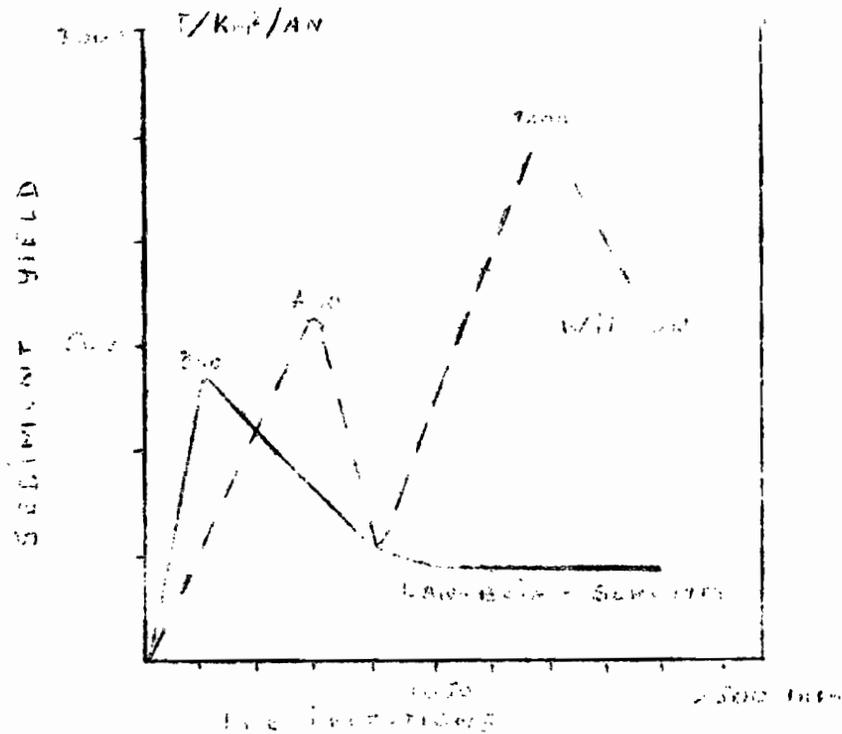


Fig. 2. Érosion en fonction de précipitation.

Plusieurs auteurs ont montré qu'il existait une relation complexe non linéaire entre les transports de sédiments des fleuves (sédiment yield) et la hauteur de pluie annuelle (FOURNIER, 1949 ; LANGBEIN, SCHUMM, 1958 ; WILSON, 1973). Dans une première section de la courbe (voir fig. 2), correspondant aux zones sèches continentales (jusqu'à 350-750 m selon les auteurs), l'érosion croît avec la pluie, car la végétation est rare et les sols peu perméables. Ensuite, la courbe décroît, car plus les précipitations annuelles augmentent et plus la végétation protectrice est dense. Enfin, au-delà de 900-1000 mm les transports de sédiments croissent à nouveau jusque vers 1800 mm, probablement à cause des transports solubles (augmentation de l'altération chimique).

En Afrique de l'Ouest, la première section de courbe correspond aux zones désertiques et sahéliennes (jusqu'à 400-600 mm) où il est d'autant plus nécessaire d'appliquer des méthodes mécaniques pour modérer l'érosion et le ruissellement que la végétation se développe très lentement. Les 2ème et 3ème sections de la courbe correspondent aux zones de savanes soudaniennes, puis aux forêts de plus en plus denses à mesure qu'on s'approche de la zone équatoriale. C'est là le domaine privilégié d'application des méthodes biologiques de lutte antiérosive qui consistent à favoriser le rôle protecteur des végétaux. En fait, les méthodes mécaniques et biologiques ne s'opposent pas ; elles se complètent mais les terrassements coûteux sont souvent inutiles en zone tropicale suffisamment humide lorsque les moyens biologiques sont utilisés correctement. (ROOSE, 1974).

Par conséquent, en dehors de la zone sahélienne, les circonstances économiques condamnent l'utilisation des diverses méthodes de terrassement lourd qui sont coûteuses à installer, difficile à entretenir et non rentables. Pour cette raison, et parce que les techniques de terrassement sont largement décrites dans tous les manuels, nous nous arrêterons plus particulièrement aux moyens biologiques de favoriser l'infiltration des pluies, de conserver la fertilité des sols et d'arrêter la destruction du capital foncier par l'érosion, tout en assurant une productivité élevée et permanente du domaine agricole.

Dans ces conditions écologiques et socio-économiques, la lutte antiérosive devrait pouvoir s'organiser autour de trois thèmes :

1°. Adaptation des techniques culturales en vue de la conservation de l'eau et de la fertilité des sols.

Pour sauvegarder la productivité des terres, il faut avoir recours à toute une série de mesures conservatrices simples qui ont pour rôle de favoriser le couvert végétal et de maintenir à un niveau satisfaisant la fertilité et en particulier le stock de matières organiques du sol. Citons :

- la plantation hâtive et dense car la majorité des transports solides s'effectuent lors des premières averses ;
- une fertilisation minérale adéquate pour obtenir une production végétale élevée ;
- le choix de variétés vigoureuses, bien adaptées au climat, et résistantes aux maladies ;
- une politique de conservation des matières organiques (fumier, paillage et restitution des résidus de cultures) ;
- l'association de cultures dérobées aux cultures annuelles et de plantes de couverture sous les plantations arbustives ;
- deux années de jachère améliorée par les légumineuses (*Pueraria* et *Centrosema* en zone humide, *Stylosanthes* en zone sèche) alternant avec des périodes d'exploitation d'autant plus brèves que les sols sont vite épuisés ;
- rotation dans le temps et alternance dans l'espace de cultures couvrantes et de cultures sarclées ouvertes ;
- travail adapté au type de sol, en grosses mottes et réduit à la bande de semis sur sol ferrallitique, au contraire assez profond et effectué en fin de cycle sur sols ferrugineux ;
- buttage ou billonnage cloisonné ou paillé.

2°. Aménagement du terroir en fonction de ses potentialités de production.

Il s'agit d'adapter aux conditions tropicales la classification des terres selon leur potentialité et les aménagements qu'elles exigent pour leur mise en valeur :

- intensification des cultures sur les terres les meilleures et les moins pentues afin de mettre en défens les terres épuisées ;
- limitation de la culture mécanisée à des parcelles de moins de 4 % de pente sur sol sableux et moins de 7 % sur sol argileux ;

- orientation des travaux cultureux perpendiculairement à la plus grande pente ;
- l'exploitation des terres de plus de 7% ne peut se faire que si le sol reste couvert en permanence (pâturage, verger sur terrasses individuelles à contre pente, forêt) ;
- entretien d'un bon drainage du réseau routier afin qu'il ne se transforme pas en ravine ;
- transformation des ravines existantes en exutoires aménagés (protection biologique).

3°. Fixation de l'agriculture à l'intérieur de structures en courbe de niveau.

L'intensification de l'agriculture 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. Sur les pentes cultivables, il faut donc organiser des structures permanentes telles que des bandes de 25-50 mètres de large cultivées en suivant la direction générale des courbes de niveau principales s'appuyant sur un réseau de bandes antiérosives enherbées en permanence. Cette méthode, qui a fait ses preuves en Côte d'Ivoire tant en culture industrielle qu'en milieu villageois encadré, 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 (ROOSE, BERTRAND 1971). Ces bandes antiérosives (2 à 10 mètres de large) consistent en un tapis graminéen permanent destiné à bloquer en quelques mètres l'érosion et une bonne partie du ruissellement provenant du champ cultivé. En cinq à dix ans on obtient ainsi un paysage de champs en pente douce s'appuyant sur des talus enherbés.

Toutes ces méthodes simples sont à la portée des paysans qu'il faut à tout prix rendre responsables du maintien de la productivité de leur terroir.

Il y a dix ans, on ne proposait pour lutter contre l'érosion que deux alternatives: soit des terrassements exigeant des interventions extérieures très lourdes, soit des mises en défens supprimant la production. On dispose aujourd'hui de toute une gamme de techniques simples faisant intervenir les lois de la nature pour lutter contre l'énergie des pluies. Elles visent le respect de la vocation et de la capacité de production de chaque terroir et l'intensification de l'exploitation des meilleures terres grâce à l'adaptation aux conditions tropicales des techniques culturelles. Elles se traduisent sur le terrain par l'aménagement global des versants, l'extension du couvert végétal, une politique de conservation des matières organiques et l'augmentation de la rugosité et de la perméabilité de la surface du sol. Plus le climat est sec, et plus on est obligé de faire appel à des moyens mécaniques pour pallier aux déficiences du couvert végétal. En zone tropicale humide par contre les techniques biologiques de conservation de l'eau et du sol prennent une importance capitale et le travail du sol pourrait semble-t-il être réduit.

Depuis peu, productivité du terroir et conservation du sol vont de paire (HUDSON, 1973).

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BRUNET-MORET (Y.)-1963.- Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale: République de Haute-Volta. Rapport multigr., ORSTOM, Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques ; 23 p.
- 2 - BRUNET-MORET (Y.)-1967.- "Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. République de Côte d'Ivoire". Rapport ORSTOM, Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques multigr., 20 p.,
- 3 - DUMAS (J.)-1965.- Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 3, 4 pp. 307-333.
- 4 - EL-SWAIFY (S.A.)-1975.- Susceptibilities of certain tropical soils to erosion by water. I.I.T.A., Ibadan, 12 p. multigr., tabl., bibliogr. (Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30/6 au 4/7, 1975).
- 5 - FOURNIER (F.)-1949.- Les facteurs climatiques de l'érosion du sol. Assoc. Geogr. Française Bull. 203, p. 97-103.
- 6 - FOURNIER (F.)-1954.- La parcelle expérimentale. Méthode d'étude expérimentale de la conservation du sol, de l'érosion et du ruissellement. Extrait du rapport de la Mission O.E.C.E. "Etude des sols".
- 7 - FOURNIER (F.)-1967.- "La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain". Sols africains, 12, 1, p. 5-53.
- 8 - 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, t. 12, Rabat, pp. 9-176.)
- 9 - HUDSON (N.W.)-1973.- Soil Conservation. B.T. Batsford Limited London, 320 p.
- 10 - KALMAN (R.)-1967.- Le facteur climatique de l'érosion dans le bassin du Sebou (Maroc). Projet Sebou, 32 p. multigr.

- 11 - KOWAL (J.)-1972.- The hydrology of a small catchment basin at Samaru, Nigeria.
4. Assessment of Soil erosion under varied land management and vegetation cover.
in Samaru Research Bull. 149, pp. 134-147.
- 12 - LAL (R.)-1975.- Soil management systems and erosion control. I.I.T.A., Ibadan.- 7 p. multigr.
(Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30/6 au 4/7/1975).
- 13 - LANGBEIN (W.B.), SCHUMM (S.A.)-1958.- Yield of sediment in relation to mean annual precipitation.
Am. Geophys. Union Trans., 39, p. 1076-1084.
- 14 - MASSON (J.M.)-1971.- L'érosion des sols par l'eau en climat méditerranéen. Méthode expérimentale pour l'étude des quantités de terre érodée à l'échelle du champ.
Thèse Doct. Ing. Univ. Sciences et Techniques du Languedoc. CNRS n° A0 5445, 213 p.
- 15 - MASSON (J.M.), KALMS (J.M.)-1971.- Analyse et synthèse des facteurs de l'érosion sur le bassin versant de la TET à Vinca.
EDF/LAB. Hydrologie Univ. Montpellier, note 14/71, 90 p.
- 16 - ROOSE (E.J.)-1967.- Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal.
Agron. Trop. 22, 2, pp. 123-152.
- 17 - 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.
Agron. Trop. 26, 11, pp. 1270-1283.
- 18 - ROOSE (E.)-1971.- Note technique concernant l'érosion hydrique au Maroc.
Bull. de liaison des Ing. Forestiers du Maroc : n° 6, pp. 47-52.
- 19 - ROOSE (E.J.)-1972.- "Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antiérosive en région tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne".
Communication aux Journées d'Etude du Génie Rural à Florence du 12-16/9/72, pp. 417-441.
- 20 - 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 Doct. Ing., Fac. Sci. Abidjan, 1973, n° 20.

- 21 - ROOSE (E.)-1974.- Contribution à l'étude de la résistance à l'érosion de quelques sols tropicaux.
Communication au Congrès de Science du Sol de Moscou, 1974.
- 22 - ROOSE (E.J.)-1974.- Conséquences hydrologiques des aménagements antiérosifs.
In XIII Journées de l'Hydraulique, Paris, septembre 1974 ; question 3 rapport 10, 6 p.
- 23 - ROOSE (E.J.)-1974.- Contribution à l'étude de l'influence de la sécheresse sur l'évolution actuelle de certains sols ferrugineux tropicaux en zone sahélienne.
ORSTOM, Abidjan, 18 p., multigr.
- 24 - ROOSE (E.J.)-1975.- Natural mulch or chemical conditioner for reducing soil erosion in humid tropical areas.
in "Soil Conditioners" SSSA Special Publication n°7, chap. 12, p. 131-137.
- 25 - ROOSE (E.J.)-1975.- Quelques techniques antiérosives appropriées aux régions tropicales.
ORSTOM, Abidjan, 7 p., multigr.
(Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30 juin-4 juillet 1975).
- 26 - ROOSE (E.J.)-1975.- Application de l'équation de prévision de l'érosion de Wischmeier et Smith en Afrique de l'Ouest.
ORSTOM, Abidjan.- 22 p., multigr.

(Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30 Juin au 4 Juillet 1975).
- 27 - ROOSE (E.J.)-1975.- Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales.
ORSTOM, Abidjan, 72 p., multigr.
- 28 - VERNEY (R.), VOLKOFF (B.)-1967.- Etude de l'érosion sur "Terres de Barre". Erosion sous culture de maïs sans fumure minérale, 1966.
Rapport multigr., ORSTOM, Cotonou, 18 + 17 p., 7 tabl.
- 29 - WILSON (Lee)-1973.- Variations in mean annual sediment yield as a function of mean annual precipitation.
Am. J. Science, 273, 4, pp. 335-349.
- 30 - WILLAIME (P.)-1962.- Etudes pédologiques de Boukombé.
ORSTOM, Mission Dahomey, 76 p., multigr., + Annexes.

- 31 - WILLAIME (P.)-1965.- Erosion "normale" sur Terres de Barre.
Rapport ORSTOM multigr. 7 p. + annexe 9 p.
- 32 - WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.)-1958.- Rainfall energy and
its relationship to soil loss.
Trans. Amer. Géophys. Union, 39, pp. 285-291.
- 33 - WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.)-1960.- A universal soil-loss
estimating equation to guide conservation farm planning.
7th Intern. Congr. Soil Science, vol. I, p. 418-425.
- 34 - WISCHMEIER (W.H.)-1962.- Rainfall erosion potential. Geographic
and location differences of distribution.
Agricultural Engineering n° 43, p. 212-215.
- 35 - WISCHMEIER (W.H.), JOHNSON (C.B.), CROSS (B.V.)-1971.-
A soil erodibility normograph for farmland and construction sites.
J. of Soil and Water Conservation, 26,5 p. 189-192.
- 36 - ZINGG (A.W.) -1940.- "Degree and length of land slope as it
affect soil loss and runoff".
Ag. Eng., 21, pp. 59-64.