



ADAPTATION DES METHODES DE CONSERVATION DES SOLS AUX CONDITIONS ECOLOGIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

par E.J. ROOSE *

Maître de Recherche Principal en Pédologie - ORSTOM - BP V 51, Abidjan.

RESUME. — L'analyse à l'aide de l'équation de WISCHMEIER de plus de cinq cents 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.

Mots-clé : mesure érosion, équation WISCHMEIER, méthodes biologiques, conservation, méthodes terrassement, Afrique de l'Ouest.

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 anti-érosives 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 hab./km² en forêt et 5 à 25 hab./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 hab./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 Pr F. FOURNIER (1954-1967), tout un réseau de parcelles expérimentales de mesure de l'érosion et du ruissellement.

26 NOV. 1983

15 NOV. 1977

ROOSE (E.J.). — Maître de recherche en Pédologie à l'ORSTOM, actuellement Laboratoire de Biologie appliquée, Université d'Orléans, 45100 Orléans - Cedex.

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 3886ex1

Cote : B

Collection de Référence

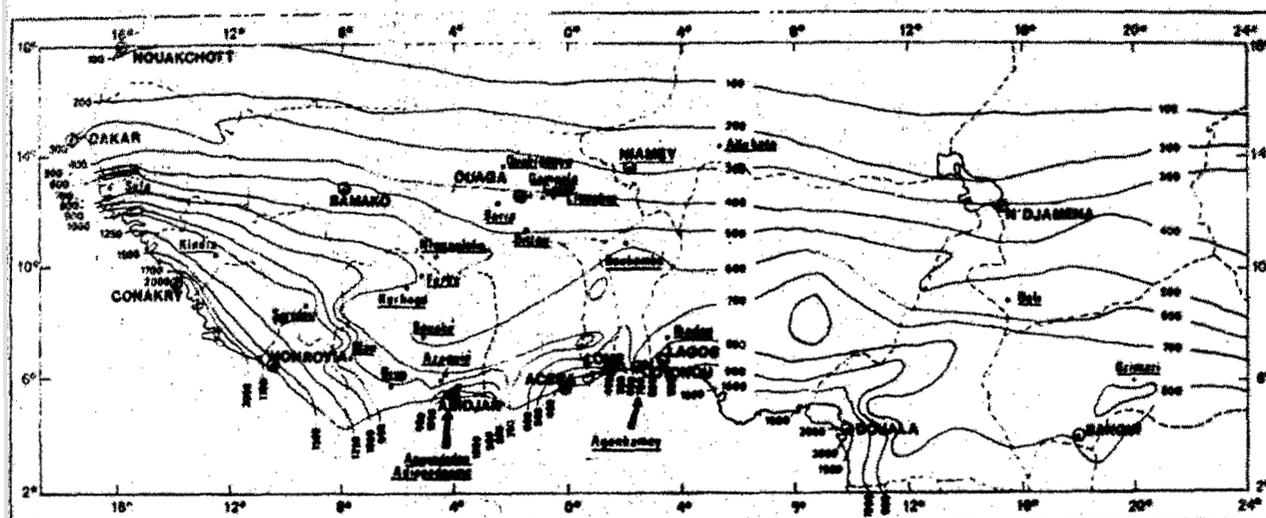
n°

8888Pedo.

Vingt ans plus tard, on dispose de plus de cinq cents 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 - BP 20 Abidjan

LE DISPOSITIF

Les résultats cités ici proviennent principalement de treize stations de mesure de l'érosion en nappe et en rigole sur une cinquantaine de parcelles de 100 à 5.000 m², situées dans cinq pays de l'Afrique de l'Ouest (voir carte et tableau I). Le climat varie de la forêt dense sub-équatoriale en Basse Côte-d'Ivoire (pluie = 2.100 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 kaolinitique presque exclusive.

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

pentés 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 mn pour les transports solides et 10 mn pour le ruissellement).

En zone méditerranéenne et saharienne, HEUSH (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).

Tableau I
EROSION (t/ha/an) ET RUISSELLEMENT (% des précipitations annuelles)
SOUS DIVERSES COUVERTURES VEGETALES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Stations	Pente (%)	Erosion (t/ha/an)			Ruissellement (% des pluies annuelles)			Sources
		Milieu naturel	Sol nu	Culture	Milieu naturel	Sol nu	Culture	
Adiopodoumé (1954-1973) : ORSTOM	4,5	—	60	—	—	35 (98)	—	Roose 1973 1976
Forêt secondaire sempervirente	7	0,03	138	0,1 à 90	0,14	33 (95)	0,5 à 30 (27)	
Sol ferrallitique appauvri	20	0,2	570	—	0,7 (12) (*)	24 (76)	—	
P : 2.100 mm : 4 saisons	65	0,20 à 1	—	—	0,6 à 2,2 (16)	—	—	
Anguédédou (1966-1972) : IFAC - ORSTOM Plantation hévéa II C. Niv. Sol ferrall. app./sables 3 aires P : 2.000 mm : 4 saisons	29	—	—	0,6 à 0,3	—	—	0,3 à 0,9	Roose 1970
Azaguié (1966-1973) : IRCA - ORSTOM Forêt secondaire sempervirente Bananeraie irriguée Sol ferrall. remanié/schistes P : 1.800 mm : 4 saisons	14	0,05 à 0,7 Md = 0,150	—	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
Diva (1967-1974) : LFCC - ORSTOM Forêt semi-décidue Sol ferrall. remanié/granite P : 1.750 mm : 4 saisons	9	0,5	—	—	1	—	—	Roose Jadin 1969
Bouaké (1960-1973) : IRAT - ORSTOM Savane arbustive dense Sol ferrall. rajeuni/granite P : 1.200 mm : 4 saisons	4	b. 0,20 n.b. 0,01	18 à 20	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 (1967-1975) : ORSTOM Savane arbustive claire Sol ferrall. remanié/granite P : 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 Sol ferrug. less./granite P : 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) (1954-1968) : ORSTOM - IRAT Forêt claire Sol ferrug. lessivé P : 1.300 mm : 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 1972
Cotonou (Bénin) (1964-1968) : ORSTOM Fourré dense Sol ferrall. mod./sables zaires P : 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 1965-1970 Roose 1973
Boukoubé (Bénin) (1960-1961) : Eaux et Forêts - ORSTOM Savane parc Sol ferrug. less. gravill./schistes P : 1.100 mm : 2 saisons	3,7	—	—	0,2 à 1,6	—	—	1 à 12 Max. = (75)	Colombani Fauk 1961 Willaime 1962 Verney-Willaime 1965
Allokoto (Niger) (1966-1971) : CTFT Savane arbustive 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.

Le dépouillement de milliers de pluviogrammes nous a amenés à constater qu'il existe une relation simple entre l'indice d'érosivité climatique moyen annuel sur cinq à dix 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 aux 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 = 1.200) et décroît presque parallèlement aux isohyètes jusqu'au Sahel (Ouagadougou, R = 430). Ceci implique un 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, 1963-1967) : 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 = 1.000 à 2.000 entre Abidjan et Conakry), comparative-ment à celles qu'on a relevées aux USA (R = 50 à 650) (WISCHMEIER, 1962) et autour 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 un à six mois et pleuvoir à verse pendant quelques semaines : à Abidjan, par exemple, il peut pleuvoir 240 mm en vingt-quatre heures et 1.300 mm en quatre à huit semaines.

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 I). 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 1.000 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 œuvre 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.

Tableau II
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 première année	0,3 à 0,8
Plante de couverture à développement rapide ou plantation hâtive première année	0,01 à 0,1
Plante de couverture à développement rapide ou plantation hâtive deuxième 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 deuxième cycle	0,5 à 0,7
Arachide (en fonction du rendement et de la date de plantation)	0,4 à 0,8
Manioc, première 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

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 un mois à *Panicum maximum*, six semaines à *Cynodon æthiopicus* et à l'arachide, deux mois au maïs et au *Stylosanthes guyanensis* et six 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 II).

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, HUD-

SON (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 cinq 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 III). 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 III).

Tableau III

EFFET DE LA PENTE SUR LES PHENOMENES D'EROSION EN FONCTION DU COUVERT VEGETAL ET DU SOL

Adiopodoumé 1956-1972	Pente (%)	Erosion (t/ha/an)			Ruissellement (K _r %)				
		Forêt	Sol nu	Culture	Forêt	Sol nu	Culture		
	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 = 2.100 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, 1965, 1967) 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 anti-érosives 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 (éq. 2) ou sur une équation exponentielle :

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

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).

LA RESISTANCE DU SOL A L'EROSION

Vers 1945-1950, de nombreux agronomes alarmèrent l'opinion publique sur l'ampleur des phénomènes d'érosion observés en région tropicale : à peine débarrassés 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 kaolinique 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 deux ou trois premières années après défrichement (ROOSE, 1974 ; CHARREAU, IITA, 1972). 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,

K = 0,12 à 0,15 sur sols ferrallitiques issus de granite,

K = 0,15 à 0,18 sur sols ferrallitiques issus de schiste,

K = 0,20 à 0,30 sur sols ferrugineux tropicaux divers issus de granite,

K = 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/h 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 nomographe de WISCHMEIER, JONHSON et ROOSE (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, 1974-1975).

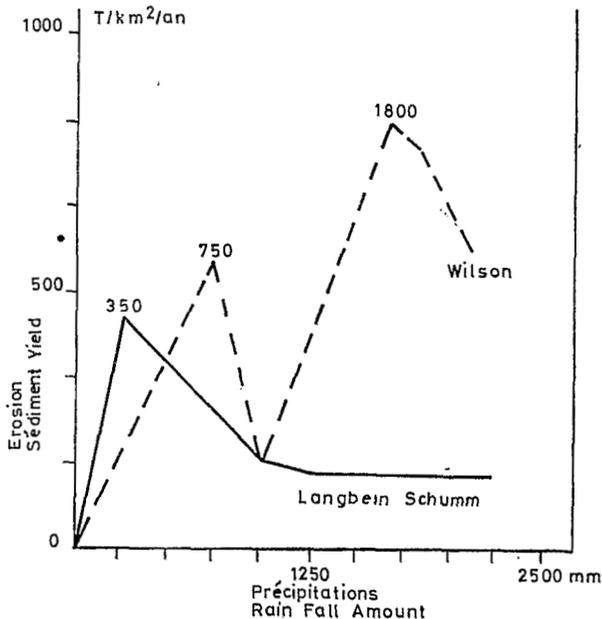
En définitive, il semble donc bien que les phénomènes spectaculaires d'érosion observés en Afrique de l'Ouest, soient dus à l'agressivité très élevée des pluies plutôt qu'à une fragilité particulière des sols tropicaux. Pour améliorer encore leur résistance, il convient d'augmenter les restitutions de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

CONCLUSIONS : LES TECHNIQUES ANTI-EROSIVES

Il faut prendre ici le terme de techniques anti-érosives 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 anti-érosive, 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.

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 900-1.000 mm, les transports de sédiments croissent à nouveau jusque vers 1.800 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 deuxième et troisième sections de la courbe correspondent aux zones de savanes soudanaises, 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 anti-érosive 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, difficiles 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 anti-érosive 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 en pente afin de mettre en défense 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 culturaux 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 courbes 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 anti-érosives 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 anti-érosives (2 à 10 m 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 quinze 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 défense 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 culturales. 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 pair (HUDSON, 1973).

Bibliographie

BERTRAND (R.), 1967. — L'érosion hydrique et la conservation des sols en pays Baoulé. Coll. « Fertilité des sols tropicaux », Tananarive, 1967, n° 106, pp. 1281-95.

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.

BRUNET-MORET (Y.), 1967. — Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale : République de Côte-d'Ivoire. Rapport ORSTOM, Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques multigr., 20 p.

CHARREAU (C.), 1972. — Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols tropicaux pour des cultures annuelles. Séminaire IITA, Ibadan, 1972, 54 p.

DUMAS (J.), 1965. — Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., 3, 4, pp. 307-33.

EL-SWAIFY (S.A.), 1975. — Susceptibilities of certain tropical soils to erosion by water. IITA, Ibadan, 12 p. multigr., tabl., bibliogr. (Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30 juin au 4 juillet 1975.)

FOURNIER (F.), 1949. — Les facteurs climatiques de l'érosion du sol. *Assoc. Géogr. Française*, Bull. 203, pp. 97-103.

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 OCEC « Etude des sols ».

FOURNIER (F.), (1967). — La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. *Sols africains*, 12, 1, pp. 5-53.

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.)

HUDSON (N.W.), 1973. — Soil Conservation. BT, Batsford Limited London, 320 p.

KALMAN (R.), 1967. — Le facteur climatique de l'érosion dans le bassin du Sebou (Maroc). *Projet Sebou*, 32 p. multigr.

KOWAL (J.), 1972. — The hydrology of a small catchment basin at Samaru, Nigéria. 4. Assessment of Soil erosion under varied land management and vegetation cover. In : *Samaru Research*, Bull. 149, pp. 134-47.

LAL (R.), 1975. — Soil management systems and erosion control. IITA, Ibadan, 7 p. multigr. (Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30 juin au 4 juillet 1975.)

LANGBEIN (W.B.), SCHUMM (S.A.), 1958. — Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. *Am. Geophys. Union Trans.*, 39, pp. 1078-84.

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° AO 5445, 213 p.

- MASSON (J.M.), KALMS (J.M.), 1971. — Analyse et synthèse des facteurs de l'érosion sur le bassin versant de la Têt à Vinca. EDF/Lab. Hydrologie Univ., Montpellier, note 14/71, 90 p.
- ROOSE (E.J.), 1967. — Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. *Agron. Trop.*, 22, 2, pp. 123-52.
- 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. 1270-83.
- ROOSE (E.J.), 1971. — Note technique concernant l'érosion hydrique au Maroc. Bull. de liaison des Ing. Forestiers du Maroc, n° 6, pp. 47-52.
- ROOSE (E.J.), 1972. — Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte anti-érosive en région tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne. Communication aux Journées d'Etude du Génie Rural à Florence, du 12-16 septembre 1972, pp. 417-41.
- 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.
- ROOSE (E.J.), 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.
- ROOSE (E.J.), 1974. — Conséquences hydrologiques des aménagements anti-érosifs. In : XIII^e Journées de l'Hydraulique, Paris, septembre 1974, question 3, rapport 10, 6 p.
- 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.
- 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, pp. 131-7.
- ROOSE (E.J.), 1975. — Quelques techniques anti-érosives 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.)
- 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.
- 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.
- 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.
- WILSON (Lee), 1973. — Variations in mean annual sediment yield as a function of mean annual precipitation. *Am. J. Science*, 273, 4, pp. 335-49.
- WILLAIME (P.), 1962. — Etudes pédologiques de Boukombé. ORSTOM, Mission Dahomey, 76 p., multigr., + annexes.
- WILLAIME (P.), 1965. — Erosion « normale » sur terres de Barre. Rapport ORSTOM, multigr., 7 p. + annexe 9 p.
- WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.), 1958. — Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 39, pp. 285-91.
- WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.), 1960. — A universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7th Intern. Congr. Soil Science, vol. 1, pp. 418-25.
- WISCHMEIER (W.H.), 1962. — Rainfall erosion potential. Geographic and location differences of distribution. *Agricultural Engineering*, n° 43, pp. 212-5.
- WISCHMEIER (W.H.), JOHNSON (C.B.), CROSS (B.V.), 1971. — A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. of Soil and Water Conservation*, 26, 5, pp. 189-92.
- ZINGG (A.W.), 1940. — Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff. *Ag. Eng.*, 21, pp. 59-64.