

LES FACTEURS DE L'ÉROSION HYDRIQUE EN AFRIQUE TROPICALE. ÉTUDES SUR PETITES PARCELLES EXPÉRIMENTALES DE SOL

par E.J. ROOSE* et F. LELONG**

RESUME. — Les auteurs rapportent les principaux résultats de 20 années de mesure du ruissellement et de l'érosion sur petites parcelles situées près d'Abidjan et les comparent avec les observations effectuées en Afrique, à Madagascar et aux U.S.A. La pluie, caractérisée par sa hauteur, son intensité et sa durée, définit l'érosion potentielle. Parmi les facteurs qui modifient l'expression de l'agressivité climatique, le couvert végétal a de loin le rôle principal (variations 1 à 1 000), puis viennent la pente (1 à 50), le type de sol (1 à 10) et les pratiques anti-érosives (1 à 10).

ABSTRACT. — The main data of runoff and erosion measurements on experimental plots near Abidjan (Ivory Coast) during 20 years are reported and compared with similar results obtained in Africa and U.S.A. The rainfall, characterized by its height, intensity and duration, defines the climatic erosivity; its energy is the primary cause of erosion. The factors which modify this potential erosivity are the green cover, by far the most important factor (rate of variation from 1 to 1 000), then the slope (rate from 1 to 50), the soil type (1 to 10) and the soil conservation practices (1 to 10).

INTRODUCTION

Sous l'influence de la pression démographique et de l'extension des cultures d'exportation, la durée des jachères s'est fort réduite en Afrique de l'Ouest. Dès lors les risques d'érosion, minimes sous le couvert naturel, qu'il soit forestier ou savanicole, se sont considérablement accrus en certaines zones denses : on parle d'érosion accélérée par les cultures.

Face à ce problème préoccupant pour le patrimoine foncier africain, l'O.R.S.T.O.M. et les Instituts Français de Recherches Appliquées ont mis en place, sous l'instigation du Professeur F. Fournier (1954, 1969), tout un réseau de parcelles expérimentales pour préciser les causes et les différents facteurs de l'érosion et pour déterminer les meilleurs moyens de lutte anti-érosive.

Vingt ans plus tard, les auteurs se proposent de présenter une synthèse des résultats obtenus au centre O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé près d'Abidjan et de les comparer avec ceux qui ont été observés dans des dispositifs semblables en Afrique, à Madagascar et aux U.S.A. (E.J. Roose, 1973).

I. — LE MILIEU ET LE DISPOSITIF

La station d'Adiopodoumé (5°20' N, 4°08' W, 30 m alt.) se situe en basse Côte d'Ivoire sous un climat subéquatorial à deux saisons des pluies, caractérisé par des températures variant peu (± 2 °C) autour de la moyenne annuelle (26,2 °C), une forte humidité relative (80 %) et des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 2 100 mm, dont plus de la moitié peut tomber en 6 semaines consécutives.

Les pluies sont particulièrement importantes et violentes : on peut s'attendre à une averse de plus de 200 mm tous les 4 ans et de 150 mm tous les ans. Les intensités maximales observées chaque année atteignent 100 à 150 mm/heure pendant 15 minutes, 80 à 100 mm/heure durant 30 minutes et 60 mm/heure durant une heure.

Sur les sédiments détritiques sablo-argileux attribués au Continental terminal, se développent des sols ferrallitiques très désaturés, appauvris en colloïdes, riches en sables grossiers (plus de 50 %), à profil homogène et très perméable ($K = 10$ à

* Laboratoire de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M., B.P. V 51, Abidjan, Côte d'Ivoire.

** Laboratoire de Géologie Appliquée, Université d'Orléans, 45045 Orléans Cedex.

31 AOUT 1977

O. R. S. T. O. M.

Collection de Références

M 8680 ex1 Pedo.

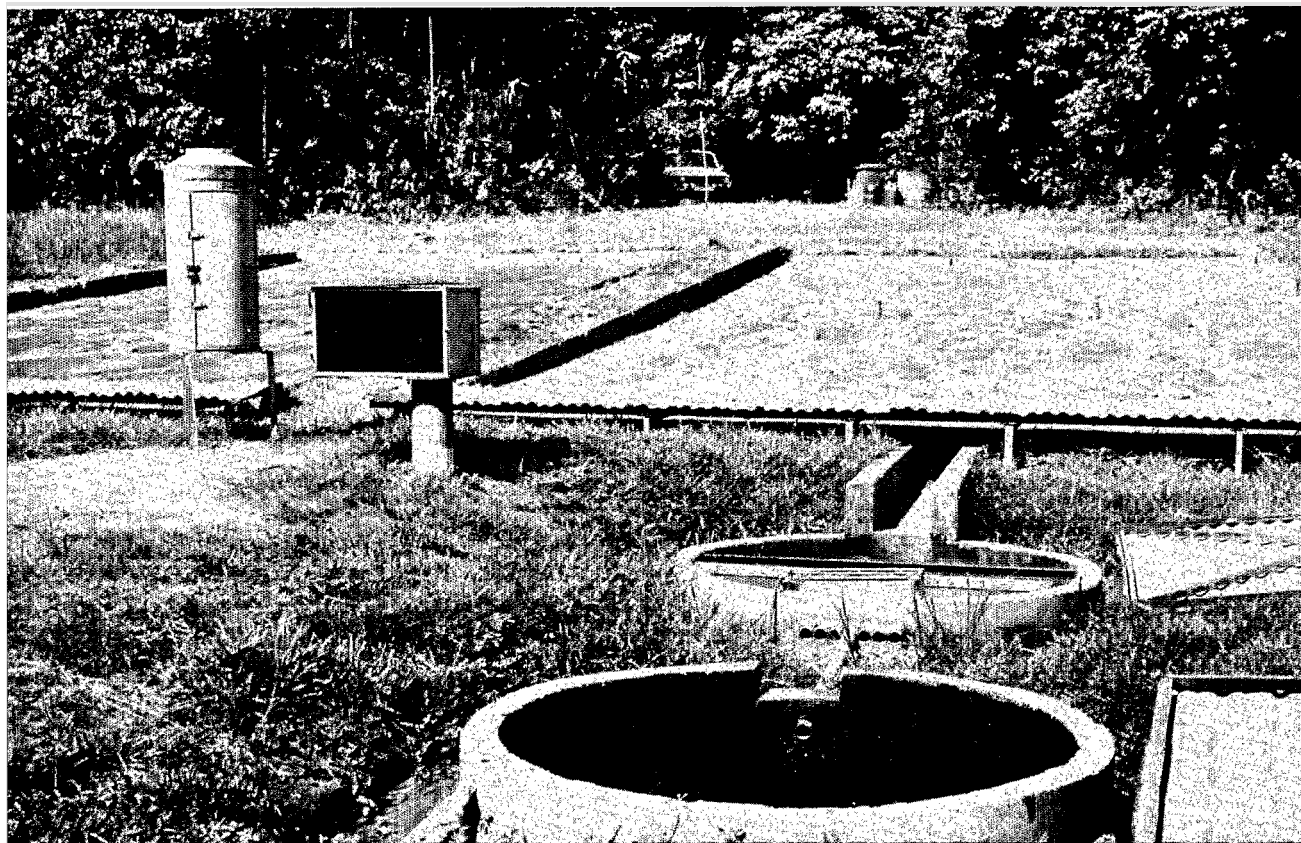


FIGURE 1
Le dispositif expérimental.

120 cm/heure), de couleur grise en surface à brun-jaune en profondeur.

Le dispositif (fig. 1) comprend un pluviographe à augets, grâce auquel on mesure la hauteur et l'intensité instantanée des pluies, et neuf parcelles d'érosion de 90 m² de surface, isolées de l'extérieur par des tôles fichées en terre. Les pentes sont égales à 4,5-7 et 20 %, leur longueur atteint 15 m. À l'aval, un canal de réception dirige les eaux et les terres érodées vers un système de stockage composé d'un piège à sédiments et de deux cuves de 2 m³ reliées par un partiteur à 7 tubes. Ce dispositif, dont il ne faut pas espérer une précision à 10 % près, a été mis en place par B. Dabin et N. Leneuf en 1956; plus tard les observations ont été assurées par A. Perraud (1960-63) et E.J. Roose (1964-75).

Grâce à ce dispositif, on peut déterminer les pertes en eau (ruissellement), les pertes de terre fine en suspension (fraction capable de migrer sur des grandes distances) et les pertes de terres grossières (fraction rampant sur de courtes distances). L'érosion telle que nous la définissons ici est la somme de ces deux fractions solides. Nous excluons de cette définition l'érosion chimique qui correspond aux fractions

de matière entraînées en solution avec les eaux de ruissellement et de drainage et dont l'évaluation suppose une installation expérimentale plus complexe, comportant des lysimètres.

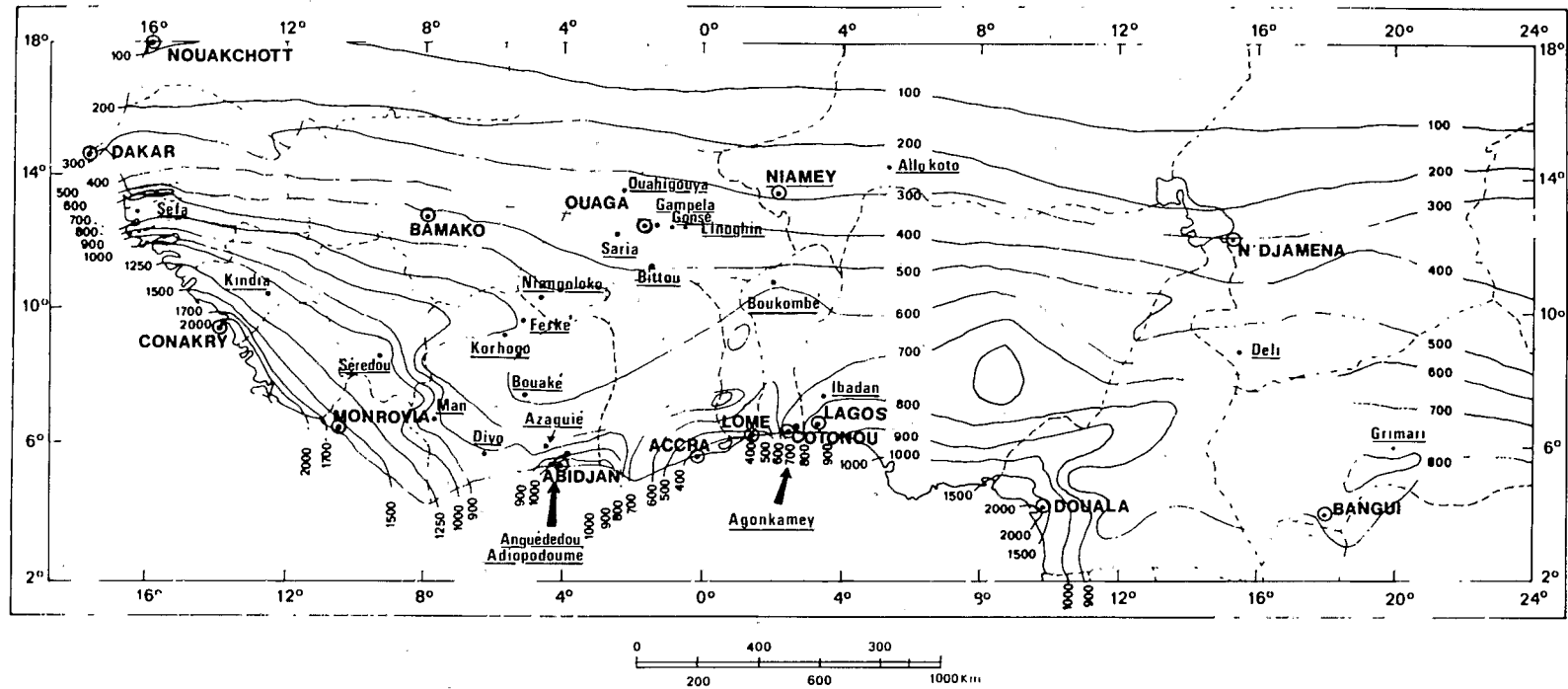
Ce type de mesure d'érosion sur petites parcelles (100 à 250 m²) permet de bien pondérer les différents facteurs (végétation, pente, sol, pratique culturale) qui interviennent dans le phénomène, mais il ne s'agit que d'érosion en nappe ou en rigole, celle qui intéresse essentiellement les agronomes et les pédologues. Quand on évalue l'érosion sur des grandes surfaces, comme le font les hydrologues et les géographes en mesurant les débits liquides et solides dans les cours d'eau, on intègre en outre l'érosion linéaire le long des rivières (creusement du fond, ravinement et éboulement des berges), déduction faite des sédiments qui s'y déposent localement.

II. — LES CAUSES ET LES FACTEURS DE L'ÉROSION

1) La pluie, cause primaire.

Tout transport de terre nécessite une énergie. Pour l'érosion hydrique sur les versants de pente faible à moyenne, c'est l'énergie des gouttes des

**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)

FIGURE 2

Esquisse de la répartition de l'indice d'agressivité climatique moyen en Afrique de l'Ouest et du Centre.

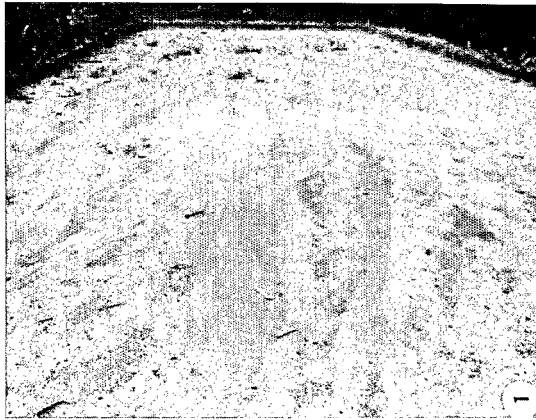
FACTEURS DE L'EROSION HYDRIQUE EN AFRIQUE TROPICALE

PLANCHE

D - Effets de la pente sur les formes d'érosion.

4,5%

coulées sableuses.

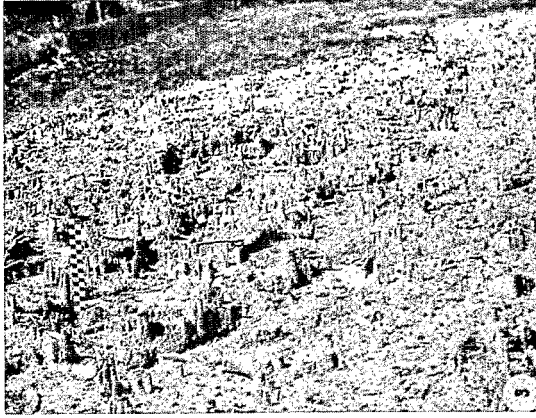


7%

début des rigoles.

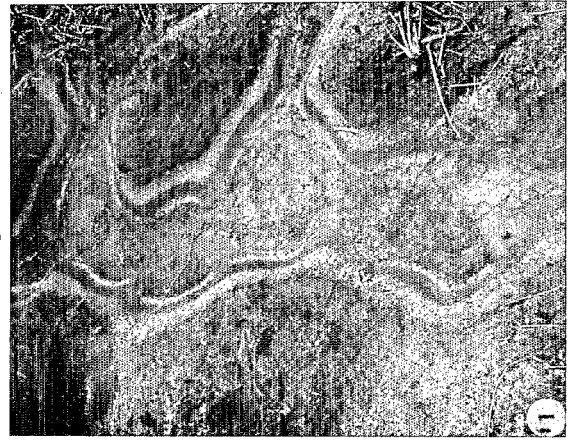


23% rigoles et figures diverses:
falaises et demoiselles coiffées.

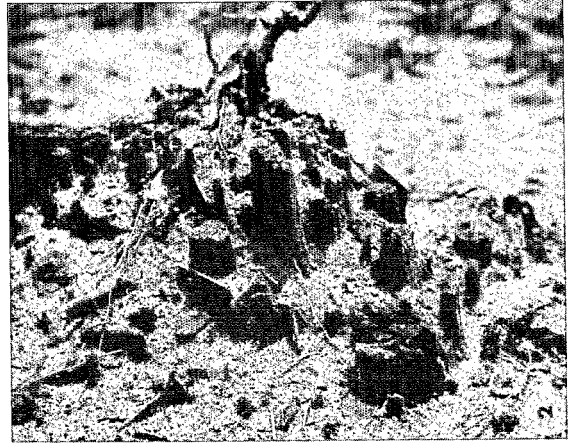


F - Effets de la battance des pluies sur le sol - (splash.)

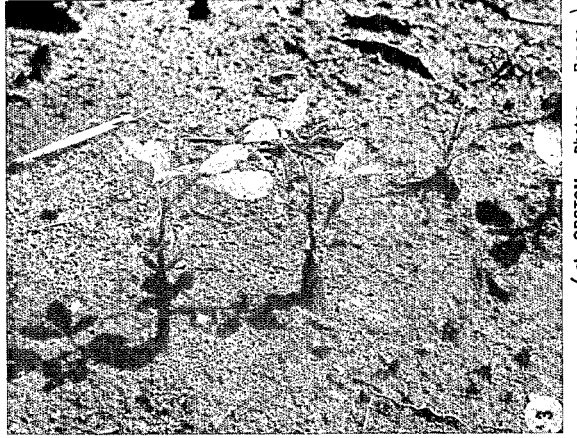
Séparation des particules
fines et grossières.



Découpage de figures:
microdemoiselles coiffées.



Rejaillissement.



(cf. ORSTOM - Photos Roose.)

pluies qui déclenche le processus de destruction des agrégats du sol tandis que le ruissellement n'assure que le transport des particules détachées (voir planche photos F). Cependant lorsque la pente augmente, le ruissellement devient lui-même abrasif et son énergie dépasse celle de la pluie au-delà de 15 % (C.M. Woodruff, 1948).

Contrairement à ce qu'on observe en zone méditerranéenne (E.J. Roose, 1971, 1975a) et saharienne où la pluie exceptionnelle décennale ou centenaire transforme radicalement le paysage, mais en accord avec W.H. Wischmeier et D.D. Smith (1958) travaillant dans la Grande Plaine américaine, on trouve que ce n'est pas la pluie exceptionnelle qui détermine le niveau de l'érosion en milieu tropical humide et sec mais bien la somme des dix ou vingt plus fortes pluies de l'année. Ceci tient au fait qu'en zone saharienne, le sol est dénudé tout au long de l'année, tandis qu'en zone tropicale il peut être parfaitement couvert en fin de saison humide si bien que l'averse exceptionnelle tombant à cette période n'entraînera que peu de dégâts.

En étudiant les régressions liant la pluie au ruissellement et à l'érosion sur parcelles nues à Adiopodoumé, on a constaté que la hauteur des pluies explique mal à elle seule les phénomènes d'érosion; il faut en plus faire intervenir l'humidité du sol avant la pluie et surtout l'intensité de la pluie pendant un laps de temps relativement long. Les relations ne deviennent hautement significatives au seuil 0,001 que lorsque les intensités maximales sont mesurées sur plus de 45 minutes pour l'érosion et 20 minutes pour le ruissellement. Les coefficients de corrélation s'améliorent encore pour des périodes de 1 à 3 heures.

W.H. Wischmeier et D.D. Smith (1958) ont défini un indice d'agressivité des pluies (journalier, mensuel ou annuel), qui est égal au produit de l'énergie cinétique par l'intensité maximale en 30 minutes de chaque pluie supérieure à 12 mm : il tient donc compte des effets conjugués de la hauteur, de l'intensité et de la durée de la pluie. Nous avons retenu cet indice comme paramètre significatif des précipitations vis-à-vis de l'érosion. En dépouillant les pluviogrammes disponibles sur plus de 4 ans en plusieurs postes, on s'est aperçu qu'il existait entre la hauteur des pluies journalières et cet indice R une liaison rectilinéaire pour les pluies de mousson des mois de juin, juillet et août dans la zone côtière et une liaison curvilinéaire pour les pluies orageuses du reste de l'année. Or, cette liaison curvilinéaire est très voisine pour les postes aussi éloignés que Divo, Bouaké, Korhogo en Côte d'Ivoire, Niangoloko et Ouagadougou en Haute-Volta. Il fut donc possible de transformer jour après jour les hauteurs de précipitations journa-

lières des postes météorologiques où l'on dispose de longues séries d'observations (20 à 40 ans) et d'obtenir des indices d'agressivité mensuels et annuels moyens. Nous avons trouvé par ailleurs une relation simple ($Ram = 0,5 Ham \pm 0,05$) et presque constante entre la hauteur annuelle moyenne (Ham) des précipitations (sur plus de 4 ans) et l'indice d'agressivité climatique annuel moyen (Ram) en Afrique de l'Ouest (E.J. Roose, 1975b). C'est ainsi que les premières esquisses de la répartition de cet indice climatique ont pu être dressées en Côte d'Ivoire (E.J. Roose, 1973b), en Haute-Volta (E.J. Roose *et al.*, 1974) et dans toute l'Afrique de l'Ouest (E.J. Roose, 1975b), comme le montre la figure 2.

Il en découle que l'agressivité climatique est très élevée en région tropicale humide et décroît presque parallèlement aux isohyètes entre Abidjan ($P = 2\ 100$ mm, $R\ USA = 1\ 260$) et Ouagadougou ($P = 830$ mm, $R\ USA = 430$); ceci s'explique par le parallélisme existant entre les courbes « intensités-durée », la hauteur des pluies décennales et des précipitations annuelles moyennes dans cette région (Y. Brunet-Moret, 1963, 1967).

2) Le couvert végétal et les techniques culturales.

On voit sur le tableau 1 que le facteur végétation est de loin le facteur le plus important. Lorsque le couvert végétal est continu, qu'il s'agisse de forêts, de fourrés, de savane ou d'un simple paillis, l'érosion et le ruissellement restent très faibles malgré l'agressivité des pluies tropicales et l'inclinaison de la pente. La mise à feu de la savane, surtout si elle est tardive, augmente très sensiblement le ruissellement et sa charge solide (E.J. Roose, 1974). Mais lorsque le sol est totalement dénudé, les phénomènes d'érosion deviennent catastrophiques : les pertes en terre sont multipliées par 1 000 et le ruissellement par 20 à 50.

Sous culture ces phénomènes sont intermédiaires et varient dans une large mesure en fonction du type de plante, de la vitesse avec laquelle elle recouvre le sol, de son architecture en parapluie ou en entonnoir et des techniques culturales (engrais par exemple) mises en œuvre pour aider sa croissance. La densité, la période de la plantation et l'utilisation d'une fumure correcte jouent un rôle prépondérant; ainsi sur la même parcelle, le retard d'un mois de la date de plantation d'un *Panicum maximum* a entraîné une augmentation de l'érosion de 2 à 89 t/ha et du ruissellement de 10 à 20 % pour les trois mois les plus agressifs de l'année.

L'influence des différents types de plantes sur ces phénomènes provient surtout de leur vitesse à envahir le terrain.

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

Station	Pente	Erosion (t/ha/an)			Ruissellement (% des pluies annuelles)			Sources
		milieu naturel	sol nu	culture	milieu naturel	sol nu	culture	
Adiopodoumé (1954/1973) (ORSTOM) Forêt secondaire sempervirente 2100 mm : 4 saisons	4,5 %	—	60	0,1 à 90	0,14	35 (98)	0,5 à 30 (87)	Roose 1973
	7 %	0,03	138			33 (95)		
	20 %	0,2	570	—	0,7 (12)	24 (76)		
	65 %	1,0	—	—	0,7	—		
Divo (1967-1970) (IFCC-ORSTOM) Forêt semi-décidue 1750 mm : 4 saisons	9 %	0,5	—	—	1	—	—	Roose- Jadin 1969
Bouaké (1960-1970) (IRAT-ORSTOM) Savane arbustive dense 1200 mm : 4 saisons	4 %	b. 0,20 n.b. 0,01	18 à 30	0,1 à 26	b. 0,3 (1,6) n.b. 0,03	15 à 30	0,1 à 26	Roose- Bertrand 1971 Bertrand 1967
Korhogo (1967-1970) (ORSTOM) Savane arbustive claire 1400 mm : 2 saisons	4 %	b. 0,1 à 0,2	3 à 9	—	b. 5 (50)	35	—	Roose 1975
Ouagadougou (1967-1973) (CTFT-ORSTOM-IRAT) Savane arborée claire 850 mm : 2 saisons	0,5 %	b. 0,15 n.b. 0,01	10 à 20	0,6 à 8	b. 10 (50) n.b. 2,5 (10)	40 à 60 (70)	2 à 32 (60)	CTFT 1971 Roose 1974
Séfu (Sénégal) (1954-1963) (ORSTOM-IRAT) Forêt claire 1300 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
Cotonou (Dahoméy) (1964-1968) (ORSTOM) Fourré dense 1300 mm : 4 saisons	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)	Verney, Volkoff, Willaime 1967 Roose 1973

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

Pour couvrir 90 % de la surface du sol (ce qui suffit pour maîtriser l'érosion) il a fallu 1 mois au *Panicum maximum*, 6 semaines au *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 coïncide avec la période de croissance des végétaux, l'érosion sera très variable d'une plante à une autre; mais une fois le sol couvert, les pertes en terre sont médiocres, quel que soit le type d'architecture.

Lorsque le couvert est incomplet, certaines façons culturales peuvent réduire temporairement l'érosion; par exemple un labour profond et motteux, un paillage, etc. Un bon travail du sol augmente sa macroporosité mais réduit sa cohésion :

il arrête ou diminue l'érosion pendant 3 ou 4 semaines (150 mm de pluie) mais augmente les risques à long terme à moins que l'accroissement du couvert végétal qui en découle ne vienne compenser l'augmentation de la détachabilité du sol.

Le facteur C de l'équation de Wischmeier rend fort bien compte de l'influence fondamentale du couvert végétal et de l'adaptation des techniques culturales aux conditions écologiques régionales. Cette équation dans la forme la plus simple est la

FACTEURS DE L'ÉROSION HYDRIQUE EN AFRIQUE TROPICALE

suivante :

$$E = K . R . SL . C . P$$

- E = érosion mesurée ou prévisible en t/ha/an,
- K = indice d'érodibilité du sol nu travaillé,
- R = indice d'agressivité climatique,
- SL = inclinaison et longueur de pente (indice topographique),
- C = couvert végétal,
- P = pratiques antiérosives.

C varie de 0,9 à 0,1 pour les principales cultures de Côte d'Ivoire. Il peut descendre à 0,01 sous savane et 0,001 sous culture paillée et sous forêt.

3) La pente.

Les auteurs s'accordent pour reconnaître le rôle important que joue la pente (longueur, forme et surtout inclinaison) sur le développement de l'érosion. Son influence apparaît bien sur les tableaux 1 et 2. F. Fournier (1967) fait cependant remarquer qu'il n'est point besoin d'une forte pente pour déclencher ce processus sur certains sols. C'est ainsi qu'à Séfa, au Sénégal, des pentes de 2,5 % ont dû être abandonnées après défrichement et trois années de culture mécanisée. Par ailleurs, lorsque le sol est totalement couvert, l'érosion est faible quelle que soit la pente (tabl. 1). A Séfa sous diverses cultures, l'érosion et le ruissellement croissent plus que proportionnellement à la pente (voir tabl. 2). A Adiopodoumé sur sol nu et pentes plus fortes, il en va de même pour les pertes en terre mais le ruissellement annuel moyen diminue sensiblement au-delà de 4,5 % de pente.

Ce résultat, étonnant à première vue, peut cependant s'expliquer (voir planche photos D). En effet sur faible pente, l'énergie du ruissellement est trop faible pour transporter les sables en suspension; ils rampent donc à la surface du sol

et colmatent les macroporosités (pellicule de glaçage). L'érosion en nappe laisse alors des traînées sableuses. Par contre sur forte pente, l'érosion se développe en rigoles ce qui augmente la surface exposée aux pluies et les pores dégagés; l'énergie du ruissellement est telle qu'elle décape le sol en laissant continuellement ouverte la porosité de surface. Par ailleurs, la pente hydraulique augmente avec la pente topographique, ce qui veut dire que le drainage interne du sol est plus rapide et l'engorgement de surface moins prononcé sur les pentes fortes. On a cependant constaté récemment sous une culture d'ananas que le ruissellement augmente après un certain seuil de pente situé entre 7 et 20 %.

La relation entre la pente et l'érosion proposée par F.L. Duley et O.E. Hays (1932), A.W. Zingg (1940), et bien d'autres, est du type exponentiel, l'exposant étant de l'ordre de 1,4. N.W. Hudson en Rhodésie (1973) et E.J. Roose (1975 b) en Côte d'Ivoire ont trouvé qu'en milieu tropical la croissance de l'érosion en fonction de la pente est exacerbée et qu'il serait plus exact de choisir un exposant supérieur à 2.

W.H. Wischmeier et D.D. Smith (1960), quant à eux, trouvèrent un meilleur ajustement à une loi polynomiale du second degré :

$$E = f(SL) = \frac{\sqrt{L}}{100} (0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2)$$

où S est l'inclinaison de la pente en % et L la longueur de la parcelle en pieds. Cette relation s'est également bien appliquée au sol ferrallitique sableux étudié en basse Côte d'Ivoire. On a cependant constaté de fortes variations d'une année à l'autre. Il semble qu'il reste beaucoup à faire pour préciser l'incidence des facteurs climat, végétation et type de sol dans la relation entre ruissellement et l'érosion d'une part et d'autre part la pente.

Quoiqu'il en soit, l'efficacité d'aménagements antiérosifs en terrasses et fossés de diversion (souvent préconisés), utilisant le principe de limitation

TABLEAU 2

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

Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). Sol nu de 1968 à 1972 Sol ferrallitique très désaturé sur sables tertiaires	pente 4,5 %	7 %	20 %
Erosion moyenne (t/ha/an)	60	138	570
Ruiss. moyen annuel (%)	35	33	24
Ruiss. maximum (%)	74	74	68
Ruiss. max. exceptionnel (%)	98	95	76
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
Ruiss. moyen annuel (%)	16	22	30

de la longueur de la pente, ne paraît pas actuellement reposer sur des bases scientifiques incontestables.

4) *Le sol.*

Vers les années 1945, de nombreux agronomes se sont alarmés de l'ampleur des phénomènes d'érosion observés en région tropicale lorsque les sols sont défrichés et cultivés mécaniquement, même sur faible pente. D'où la fâcheuse renommée qu'ont les sols tropicaux d'être extrêmement fragiles.

Pour isoler l'érodibilité des sols des autres facteurs qui influencent le taux d'érosion, W.H. Wischmeier (1962) a défini une parcelle de référence. Il s'agit d'une parcelle nue de 75 pieds de long, n'ayant pas reçu de matières organiques depuis 3 ans et travaillée de façon rigoureusement standardisée pour éviter la formation d'une croûte de battance. En mesurant l'indice topographique (SL), l'agressivité climatique (R index) et les transports solides (E en t/ha) sur cette parcelle de référence, on peut calculer K, l'indice de susceptibilité du sol à l'érosion :

$$K = \frac{E}{R \cdot SL \cdot 2,24}$$

où le coefficient 2,24 permet de passer des unités décimales aux unités anglaises.

Sur les sols de la Grande Plaine américaine cet indice varie de $K = 0,60$ à $0,05$ à mesure que leur résistance augmente.

A Adiopodoumé, on dispose de 24 mesures annuelles de K sur 3 pentes; les valeurs sont comprises entre 0,05 et 0,17, leur moyenne étant égale à 0,10. Il apparaît que cet indice est long à mesurer car il varie d'un mois, d'une parcelle et d'une année à l'autre : il faut donc des répétitions dans le temps et dans l'espace et les résultats ne deviennent significatifs durant les trois mois les plus humides que trois ans au moins après défrichement et culture sans enfouissement de matières organiques. Sur sol ferrugineux tropical peu profond sur cuirasse, Y. Birot et J. Galabert (Y. Birot *et al.*, 1968) obtinrent des valeurs de K très faibles les premières années pour atteindre 0,20 à 0,30 après trois ans.

En 1971, W.H. Wischmeier, C.B. Johnson et B.V. Cross publièrent un nomographe permettant d'évaluer K en fonction du taux de matières organiques, de la texture (sables de 100 à 2 000 microns et limons de 10 à 100 microns), de la structure et de la perméabilité. Si on applique cette relation aux sols tropicaux où la kaolinite domine (sols non gonflants), on trouve pour les sols ferrallitiques sur les sables tertiaires $K = 0,10$, sur granite $K = 0,15$ et sur schistes 0,18. Pour les sols ferrugineux tropicaux, l'indice est plus élevé ($K = 0,20$

à 0,30) car le taux de matières organiques est plus faible et celui des limons nettement plus fort. Enfin, il faut remarquer que bien des sols tropicaux gravillonnaires deviennent plus résistants au bout de quelques années de culture car il se forme par érosion sélective des particules fines, un mulch de gravillons qui protègent très efficacement le sol (J. Dumas, 1965; E.J. Roose, 1975).

Il semble donc bien que les phénomènes spectaculaires d'érosion observés en régions tropicales soient dus à l'agressivité extraordinaire des pluies plutôt qu'à la fragilité particulière des sols ferrallitiques ou ferrugineux. Des études complémentaires au simulateur de pluie sont en cours pour étendre les investigations à d'autres types de sols tropicaux. En effet S.A. El Swaify (1975) a montré qu'aux Hawaï il existe une gamme de sensibilité à l'érosion des sols tropicaux aussi large qu'en zone tempérée.

5) *Les techniques antiérosives.*

Les techniques antiérosives font partie des techniques agricoles modernes au même titre que la fertilisation, l'irrigation ou le travail du sol dans le cadre d'une agriculture intensive.

Les méthodes des bandes antiérosives et du mulching naturel ou artificiel sont les seules qui ont pu être testées en petites parcelles à Adiopodoumé : elles peuvent aider à résoudre certains problèmes de conservation du sol, de l'eau et des éléments nutritifs.

L'alternance le long d'une pente de bandes isohyphes cultivées (20 à 50 m) avec des bandes étroites enherbées en permanence transforme rapidement le passage en une succession de champs à faible pente séparés par des talus enherbés. C'est ainsi qu'on a pu observer en plusieurs stations de Côte d'Ivoire des talus de 50 cm construits naturellement en 5 ans par les atterrissements au niveau des bandes d'arrêt. Grâce au chevelu racinaire et aux nombreuses tiges des graminées, des bandes antiérosives de 2 à 4 m de large ont épongé à Adiopodoumé une bonne partie du ruissellement (40 à 60 %), l'ont ralenti et provoqué le dépôt des terres érodées dans le champ amont (70 à 90 %).

Un mulch de paille de quelques centimètres d'épaisseur est aussi efficace qu'une forêt dense humide secondarisée de 30 m de haut pour absorber l'énergie cinétique des pluies et maintenir l'érosion (0,03 t/ha/an) et le ruissellement (0,5 %) dans des limites très acceptables. Etant donné la difficulté de se procurer les énormes masses végétales nécessaires pour couvrir ces grandes plantations industrielles, on peut envisager soit de laisser le maximum de résidus de culture à la surface du sol, soit d'utiliser des « conditionneurs du sol ». Cette technique consiste à pulvériser un mince film perméable d'un acétate de polyvinyl (Curasol à la dose de 60 g/l/m²) après labour. On est ainsi parvenu à Adiopodoumé à résoudre les pertes en terre de 40 à 90 % et le ruissellement de 25 à 55 % par rapport aux témoins (3 couples pendant 3 ans). La pulvérisation de ce type de plastique perméable mêlé à des graines et des engrais complets est une technique d'avenir pour la protection antiérosive des talus de route et des canaux.

En définitive, on peut affirmer que les techniques biologiques (couverture maximale du sol grâce au semis hâtif et dense, usage d'engrais, travail

convenable du sol, mulch, plantes de couverture, etc...) sont bien plus efficaces que les techniques mécaniques (terrassements divers) coûteuses et difficiles à entretenir : celles-ci sont cependant bien plus développées dans les manuels de conservation du sol.

CONCLUSION ¹

Même si les résultats observés sur petites parcelles sont critiquables quant à leur valeur absolue du fait de l'isolement du dispositif du reste de la toposéquence, ils ont le mérite de bien mettre en relief l'importance relative des causes et des facteurs de l'érosion en nappe.

Leur interprétation à l'aide de l'équation de Wischmeier en effet a bien mis en évidence l'agressivité extraordinaire des pluies en régions tropicales humides, l'action protectrice très efficace du couvert végétal (variations de 1 à 1 000) et la résistance des sols ferrallitiques et dans une moindre mesure des sols ferrugineux tropicaux. L'inclinaison de la pente (variations de 1 à 50), les techniques culturales (variations de 1 à 10) et les pratiques antiérosives (variations de 1 à 10) sont des facteurs moins influents, ils n'interviennent que si le sol n'est pas entièrement couvert.

Ces expérimentations débouchent également sur une nouvelle conception de la conservation de l'eau et du sol qui, tout en accordant une certaine place aux méthodes coercitives de mises en défense, insiste davantage sur l'adaptation des techniques agricoles modernes (surtout de type biologique) en vue d'une exploitation intensive et pérenne des surfaces aptes à produire.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTRAND R. (1967). — Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et du sol en pays Baoulé. *Coll. Fertilité sols tropicaux : Tananarive*, 9-25/11/67, n° 106, p. 1281-1295.
- BIROT Y., GALABERT J., ROOSE E. et ARRIVETS J. (1968). — Deuxième campagne d'observations sur la station de mesure de l'érosion de Gampela : 1968. *Rapp. C. T. F. T.*, 40 p., multigr.
1. Les lecteurs désirant prendre connaissance de détails supplémentaires peuvent s'adresser à E.J. Roose, O.R.S.T.O.M., B.P. V 51, Abidjan (Côte d'Ivoire) qui leur fera parvenir le mémoire signalé dans la bibliographie (réf. E.J. Roose, 1975 b).
- BRUNET-MORET Y. (1963). — Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale. République de Haute-Volta. *Rapp. ORSTOM*, Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques, 23 p., multigr.
- BRUNET-MORET Y. (1967). — Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale. République de Côte d'Ivoire. *Rapp. ORSTOM*, Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques, 20 p., multigr.
- C. T. F. T. (1971). — Défense et restauration des sols. Station de Gampela. *Rapp. ann. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et des Eaux et Forêts*, 18 p., multigr.
- DABIN B. et LENEUF N. (1956-1958). — Etude de l'érosion et du ruissellement en basse Côte d'Ivoire. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, 20 p., multigr.
- DULEY F.L. et HAYS O.E. (1932). — The effect of the degree of slope on runoff and soil erosion. *J. Agr. Res.*, vol. 45, p. 349-360.
- DUMAS J. (1965). — Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. III, n° 4, p. 307-333.
- EL SWALFY S.A. (1975). — Susceptibilities of certain tropical soils to erosion by water. *I.I.T.A.*, Ibadan, 12 p., multigr., tabl., bibl. (Coll. sur la Conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30/6-4/7/75).
- FOURNIER F. (1954). — La parcelle expérimentale. Méthode d'étude expérimentale de la conservation du sol, de l'érosion et du ruissellement. *Extr. Rapp. Mission O. E. C. E. « Etude des sols » aux Etats-Unis*, (T.A. 38-63), ORSTOM, Bondy.
- FOURNIER F. (1967). — La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. *Sols africains*, vol. 12, n° 1, p. 5-53.
- HUDSON N.W. (1973). — *Soil Conservation*. B. T. Batsford limited, London, 320 p.
- ROOSE E.J. (1967). — Dix années de mesure de l'érosion et du ruissellement au Sénégal. *Agron. trop.*, vol. 22, n° 2, p. 123-152.
- ROOSE E.J. (1970). — Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogenèse actuelle d'un sol ferrallitique de moyenne Côte d'Ivoire. Deux années de mesure sur parcelle expérimentale. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. III, n° 4, p. 469-482.
- ROOSE E.J. (1971). — Note technique concernant l'érosion hydrique au Maroc. *Bull. Liaison Ing. forest. du Maroc*, t. 6, p. 47-52.
- ROOSE E.J. (1973 a). — Natural mulch or a chemical soil conditioner for reducing soil erosion in humid tropical areas. *Symp. « Uses of and experimental methods for chemical soil conditioners » at the annual meeting of the Soil science Society of America*, Las Vegas, Nevada, nov. 11-16 1973.
- ROOSE E.J. (1973 b). — 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 inter-tropical. *Thèse Doct. Ing.*, Fac. Sci. Abidjan, 1973, n° 20, ORSTOM, Abidjan, 125 p. multigr., tabl., fig., 123 réf.
- ROOSE E.J. (1974 a). — Conséquences hydrologiques des aménagements antiérosifs. *In XIII^e Journ. de l'Hydraulique*, quest. 3, rapp. 10, 6 p.
- ROOSE E.J. (1974 b). — Contribution à l'étude de l'influence de la sécheresse sur l'évolution actuelle de certains sols ferrugineux tropicaux en zone sahélienne. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, 18 p., multigr.
- ROOSE E.J. (1975 a). — Compte rendu technique de la mission Roose en Tunisie du 8 au 15 déc. 74. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, 4 p., multigr.

- ROOSE E.J. (1975 b). — Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, 72 p., multigr., 8 fig., 32 tabl., 91 réf.
- 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.*, vol. 26, n° 11, p. 1270-1283, 9 fig., 11 tabl., 19 réf.
- ROOSE E.J., ARRIVETS J. et POULAIN J.F. (1974). — Etude du ruissellement, du drainage et de l'érosion sur deux sols ferrugineux de la région centre Haute-Volta. Bilan de trois années d'observation à la station de Saria. *Rapp. ORSTOM*, Abidjan, IRAT/HV, 83 p., multigr.
- VERNEY R., VOLKOFF B. et WILLAIME P. (1967). — Etude de l'érosion sur terre de barre. Comparaison sol nu-jachère arbustive, année 1965. *Rapp. ORSTOM*, 14 p. + annexe rap., multigr.
- WISCHMEIER W.H. (1962). — Rainfall erosion potential. Geographic and location differences of distribution. *Agr. Eng.*, n° 43, p. 212-215.
- WISCHMEIER W.H. et SMITH D.D. (1958). — Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Amer. Geophys. Union*, vol. 39, p. 285-291.
- WISCHMEIER W.H. et SMITH D.D. (1960). — An universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. *7th Intern. Congr. Soil Sci.*, vol. 1, p. 418-425.
- WISCHMEIER W.H., JOHNSON C.B. et CROSS B.V. (1971). — A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil and Water Conservation*, vol. 26, n° 5, p. 189-192, 2 fig., 1 tabl. 7 réf.
- WOODRUFF C.M. (1948). — Erosion in relation to rainfall, crop cover and slope on a greenhouse plot. *Soil Sci.*, Proc. 12, p. 475.
- ZINGG A.W. (1940). — Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff. *Agr. Eng.*, n° 21, p. 59-64.

Manuscrit déposé le 16 janvier 1976
 accepté le 14 avril 1976.