

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUME

Laboratoire de Pédologie

"Contribution à l'étude de la résistance à l'érosion  
de quelques sols tropicaux"

par

Roose (B. J.)

Maître de Recherche en Pédologie  
à l'ORSTOM.

COPYRIGHT - ORSTOM 1972

Août 1972

B.P. 20 Abidjan - Côte d'Ivoire

Projet de Communication au Congrès de Science du Sol  
de Moscou 1974 -

## Résumé

L'auteur rapporte les résultats de 5 années de mesure de l'érodibilité (K de WISCHMEIER) d'un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire. La comparaison avec les résultats d'autres auteurs en régions tropicales et tempérées permet de conclure que les sols ferrallitiques et, dans une moindre mesure, les sols ferrugineux tropicaux, sont résistants à l'érosion. Par contre, l'agressivité des pluies tropicales est très forte: d'où l'importance du couvert végétal pour lutter contre l'érosion.

## Summary

The author gives the data of five years measurements of soil erodibility (K value of WISCHMEIER's equation) of a sandy ferrallitic soil of Lower Ivory Coast. The comparison with data of others authors in tropical or temperate areas allows to conclude that ferruginous tropical soils but principally ferrallitic soils are resistant to erosion. On the other hand, the tropical rainfall erosivity is very high: consequently plant cover is very efficient to struggle erosion.

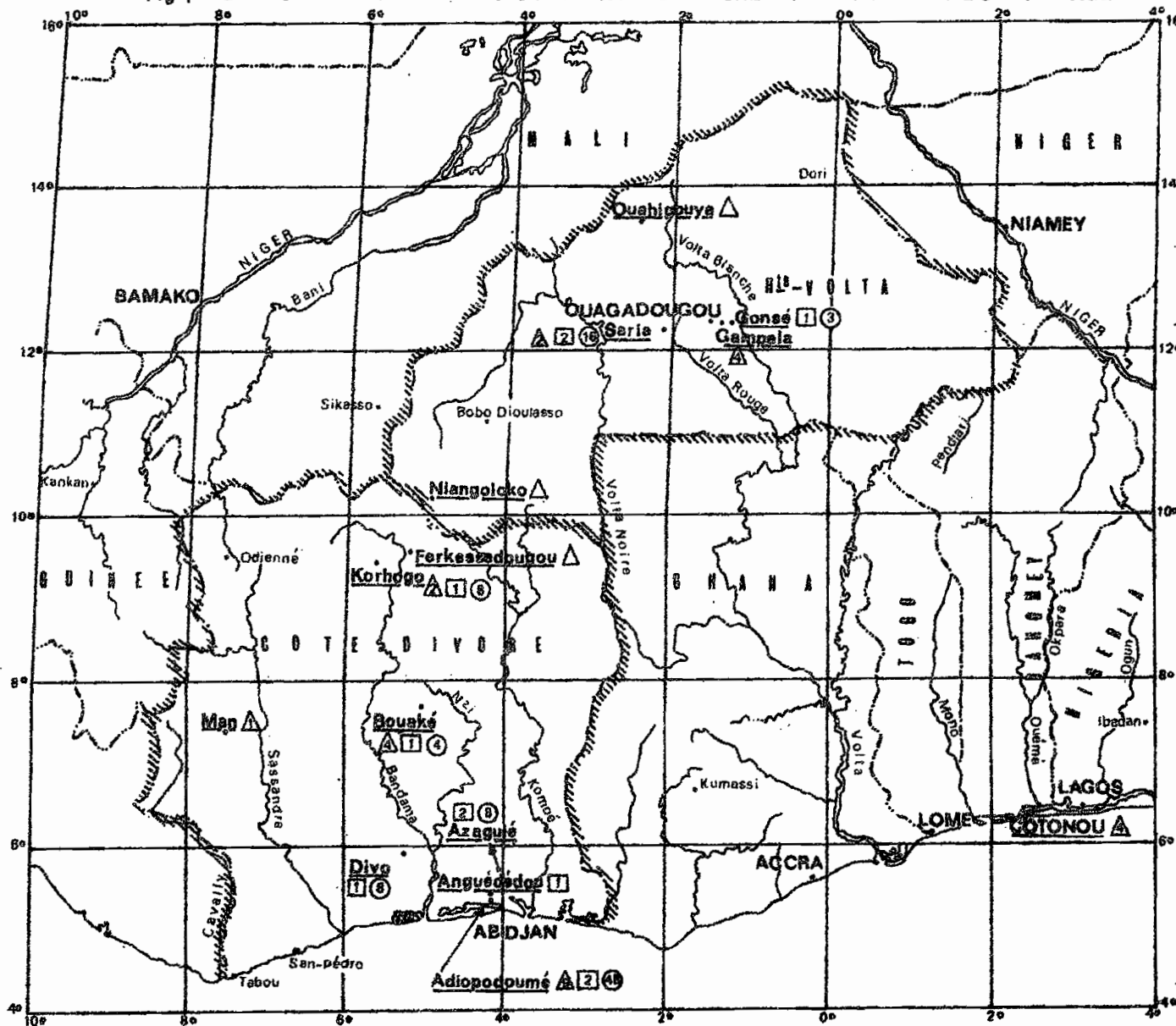
## I - Introduction.

Sous l'impulsion de F. FOURNIER (9, 10), tout un réseau de parcelles expérimentales de mesure de l'érosion et du ruissellement fut mis en place en Afrique Occidentale : celles d'Adiopodoumé en basse Côte d'Ivoire (voir la carte) ont été installées en avril 1956 par DABIN et LENEUF (7) sur des sols ferrallitiques sur sables tertiaires.

Depuis 1967, les essais ont été menés en vue de chiffrer sous climat tropical humide les différents coefficients de l'équation de prédiction de l'érosion que WISCHMEIER et SMITH (16) développèrent aux USA -

Dans cette note sont comparés les résultats concernant l'agressivité des pluies (R) et la résistance à l'érosion (K) de quelques sols des régions tropicales humides et sèches -

Fig. 1 CARTE DE SITUATION DES STATIONS DE MESURE DE L'EROSION ET DU DRAINAGE



- Ouahigouya: (GERES)
- Gona: ORSTOM-CTFT
- Gampala: CTFT-ORSTOM-IRAT
- Saria: ORSTOM-IRAT
- Niangoloko: (IRHO)
- Ferkessedougou: (IRAT-ORSTOM)
- Korhogo: ORSTOM
- Bouaké: IRAT-ORSTOM
- Divo: ORSTOM-IFCC
- Man: IRAT-(ORSTOM)
- Anguédédou: ORSTOM-IRCA-
- Adiopodoumé: ORSTOM
- COTONOU: ORSTOM

- △ Case érosion
- Case ERLO
- Case DV

## Chap. II - Milieu et Méthode.

- Les essais ont été menés au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé (5°20' Nord ; 4°8' Ouest ; 30 m alt.) à une vingtaine de kilomètres d'Abidjan. Le climat du type subéquatorial est caractérisé par :
- des précipitations annuelles de l'ordre de 2100 mm réparties en deux saisons des pluies alternant avec deux saisons sèches d'importance inégale ;
  - des températures mensuelles moyennes variant peu ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) autour de  $26^{\circ}\text{C}$  ;
  - une humidité relative oscillant entre 80 et 90 % et une évapotranspiration potentielle annuelle de l'ordre 1220 mm.

D'après la dernière classification française (1) le sol se range dans les sols ferrallitiques fortement désaturés appauvris modaux sur sables tertiaires, faciès tronqués sur pentes moyennes (4,5 et 7 %) à fortes (20 %) (12).

Il présente d'abord un mince horizon (15 cm) brun gris humifère, riche en sables grossiers, très meuble et très perméable; puis un horizon de pénétration des matières organiques, brun jaune, sablo-argileux déjà beaucoup plus cohérent mais très perméable. Vient ensuite un horizon jaune brun (110 à 210 cm) avec quelques traînées rouges, argilo-sableux, plus compact, plus cohérent mais moins perméable.

Les parcelles défrichées ont perdu une bonne partie de l'horizon humifère et le reste a été mélangé lors des labours à l'horizon sous-jacent : le pH est acide dès la surface (4,5 à 5,5), la structure fondue à cassure polyédrique, les teneurs en bases échangeables et totales sont médiocres (moins de 2 méq./100 gr.) -

Le dispositif expérimental actuel comporte neuf parcelles de 90 m<sup>2</sup> (15 x 6 m), isolées de l'extérieur par des tôles, au-bas duquel les eaux qui ruissellent et les terres érodées (fines et grossières) sont stockées dans deux cuves reliées par un partiteur.

La susceptibilité du sol à l'érosion hydrique est calculée d'après l'équation de WISCHMEIER (16) au départ des mesures des pertes en terres sur quatre parcelles nues de 4,5 -7- 23,3 puis 20 % de pente, labourées et planées chaque année. Certaines parcelles (résultats marqués \* au tableau 1) ont été soumises à un binage superficiel tous les mois pour empêcher la formation d'une croûte.

Rappelons que cette équation est de la forme

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

- où E = représente l'érosion prévisible ou mesurée (en t/ha) ;  
 R = index d'érosivité climatique défini comme la somme des produits de l'énergie cinétique des pluies unitaires par leur intensité maximale durant 30 minutes ;  
 SL = facteur gradient et longueur de pente (sans dimension) ;  
 C = facteur couverture végétale combinée aux pratiques culturales (sans dimension) ;  
 P = facteur aménagement antiérosif (sans dimension) ;  
 K = résistivité du sol à l'érosion hydrique (sans dimension).

D'où on tire :

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

- où - C et P ont disparu car le sol est laissé à nu et sans aménagement antiérosif ( = 1 par convention) ;  
 - le coefficient 2,24 provient du fait que E en t/ha = 2,24 x tonnes anglaises /acre.

Chap. III - Les résultats.

Le tableau 1 résume les mesures d'érodibilité du sol sur quatre pentes et durant cinq années -

	Précipitations hauteur mm	Pente 4,5 % SL = 0,3286				Pente 7 % SL = 0,5748		Pente 20 % SL = 2,9295		Pente 23,3% SL = 3,8141		Moyennes
		R USA	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
		"	K	"	K	"	K	"	K	"	K	
1967	1637	831,5	"	-	"	0,142*	"	-	"	-	"	0,158.
		"	"	"	"	0,174*	"	"	"	"	"	"
1968	2084	860,6	"	0,054.	"	0,087*	"	-	"	0,085.	"	0,072
		"	"	"	"	0,063.	"	"	"	"	"	"
1969	1951	988,7	"	0,101.	"	0,129*	"	-	"	0,067.	"	0,104.
		"	"	"	"	0,118.	"	"	"	"	"	"
1970	1655	1250,9	"	0,094.	"	0,106.	"	-	"	0,070.	"	0,090.
1971	1692	820,6	"	0,096.	"	0,131.	"	0,112.	"	-	"	0,113.
1970-1971			"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1970-1971			"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1970-1971	1804	950,5	"	0,086	"	0,119	"	0,112	"	0,074	"	0,102
		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	sur 16
		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	valeurs

Les valeurs marquées d'un astérisque (\*) indiquent qu'elles ont été obtenues sur des parcelles soumises à un sarclage superficiel au moins tous les mois.

Le tableau 2 montre l'évolution de la susceptibilité du sol à l'érosion (K) au cours de l'année 1970 sur une pente de 7 % -

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Pluie mm	29,5	86,5	115,5	155,2	244,7	294,5	140,0	9,5	57,7	159,5	128,3	31,0	1654,7
USA.	2,80	67,19	79,82	57,25	610,16	175,11	119,48	0	9,83	39,74	32,85	6,70	1250,92
K	0,06	10,15	30,10	20,07	40,11	0,15	60,07	-	0,01	90,03	40,11	-	0,106

#### Chap. IV - Discussions.

Aux U.S.A., l'échelle de susceptibilité du sol à l'érosion passe de 0,60 à 0,03 pour les sols de plus en plus résistants (17).

41 - A Adiopodoumé, le sol ferrallitique fortement désaturé sur sables tertiaires peut donc être considéré comme très résistant puisque les valeurs annuelles de K varient de 0,05 à 0,17 avec une moyenne sur 16 valeurs annuelles de 0,10 (0,114 si on tient compte du fait que certaines parcelles n'ont pas été travaillées).

42 - Les variations de K s'expliquent aisément :

- soit par l'influence du précédent cultural (les parcelles de 7 % de pente ont été soumises depuis 1956 à des traitements plus érosifs que les autres) ;
- soit par le travail superficiel du sol (sarco-binage) qui entraîne une diminution temporaire du ruissellement mais une augmentation de l'érodibilité du sol (de l'ordre de 25 %) et de la charge solide des eaux ;
- soit par la répartition des pluies en fonction de la date du labour.

43 - Les variations de l'érodibilité des sols (K) au cours des mois (tableau 2) et des années (tableau 1) montrent bien qu'il est important de multiplier les répétitions dans l'espace et dans le temps : en effet, l'équation est basée sur l'analyse statistique de très nombreuses répétitions.

44 - D'autres auteurs ont trouvé des résultats semblables. En moyenne Côte d'Ivoire, BERTRAND (2) sur un sol ferrallitique rajeuni remanié issus de granite a trouvé des valeurs de K proches de 0,04 (1967). Au Sénégal, CHARREAU (4) a obtenu en Casamance des valeurs comprises entre 0,05 et 0,17 pour un sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions. Cependant les périodes d'observations furent beaucoup trop courtes : quelques pluies à 1 an. Près de Ouagadougou, BIROT et GALABERT (3 ; 6) ont obtenu sur un sol ferrugineux tropical peu profond sur carapace des valeurs de K passant de 0,05 la première année à 0,9, 0,32 puis 0,24 les années suivantes.



Ces résultats soulignent encore la nécessité de répétitions des mesures dans le temps (effet de la matière organique résiduelle) et montrent par ailleurs que les sols ferrugineux tropicaux étudiés sont plus sensibles à l'érosion hydrique que les sols ferrallitiques.

45 - WISCHMEIER, JOHNSON et CROSS (17) ont mis au point en 1971 un nomographe permettant d'évaluer la susceptibilité des sols à l'érosion (K) à  $\pm 0,02$  près, au départ des teneurs en limons et sables très fins (2 à 100 microns), en sables (100 à 200 microns) et en matières organiques, de la structure et de la perméabilité. Cette méthode a été appliquée aux horizons superficiels de quelques sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux (voir tableau 3).

Il en ressort que :

1 - les valeurs mesurées sur le terrain (tableau 1) à Adiopodoumé sont très voisines de celles obtenues par cette méthode : cette dernière semble donc pouvoir être extrapolée en dehors des limites des sols étudiés aux USA ;

2 - les valeurs obtenues pour les sols ferrallitiques sont très faibles et s'élèvent de 0,05 à 0,13 sur sols issus de granites et et jusqu'à 0,15 - 0,18 sur sols issus de schistes (plus de limons) en fonction de la couverture végétale naturelle ou cultivée (minéralisation des matières organiques) ;

3 sur les sols ferrugineux tropicaux les valeurs de K sont nettement plus élevées (0,17 à 0,32) étant données des teneurs en limons et sables fins plus fortes et des teneurs en matières organiques plus faibles que dans la zone ferrallitique -

Par manque de données ces auteurs n'ont malheureusement pu tenir compte du % de gravier recouvrant le sol. On sait pourtant le rôle très important qu'il peut jouer en tant que mulch en région tropicale (8) -

TABLEAU 3 - Susceptibilité à l'érosion (facteur K de WISCHMEIER) de quelques sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux en fonction de la végétation et de la roche mère d'après le nomographe de WISCHMEIER, JOHNSON et CROSS ( 1971 ) -

				2 à 50 μ	50 à 100 μ	100 à 200 μ	Sables M.O. %	Structure 1 à 4	Perméabilité 1 à 6	K.		
<u>Sols ferrallitiques</u>												
Adiopodoumé	Sables ter- tiaires	appauvris	forêt ( p=3 à 8% "	4	12	16	70	5	2	1	0,05	
			( p > 8% "	7	7	14	60	8	2	1	0,04	
			culture	(p=3 à 8% "	4	12	16	70	1	2	2	0,10
				(p > 8% "	7	7	14	60	2	2	2	0,09
Azaguié	Schistes	remaniés	forêt p = 14 % "	22	16	38	44	2,4	2	2	0,18	
			bananeraie p=14 % "	22	16	38	44	3,4	2	3	0,15	
Divo	granite	remanié	forêt p = 9 % "	7	6	13	60	1	2	2	0,05	
		gravil- lonnaire	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
Bouaké	granite	rajeuni	Savane arborée	"	"	"	"	"	"	"	"	
		remanié	p = 4 % "	10	6	16	69	2	2	2	0,08	
		gravil- lonnaire	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
		Korhogo	granite	remanié	Savane arbustive	"	"	"	"	"	"	"
gravil- lonnaire	p = 3 % "			14	11	25	57	2,7	2	2	0,13	
<u>Sols ferrugineux tropicaux</u>												
Gonsé	issus de granite	lessivé	Savane arborée	"	"	"	"	"	"	"	"	
		à taches	p = 0,5% "	14	19	33	57	0,8	2	3	0,23 à 0,27	
Gampela	issus de granite	squelet-	(Savane arborée	"	"	"	"	"	"	"	"	
		tique sur	p = 0,5% "	17	15	32	61	1	3	3	0,23 à 0,27	
Séfa (Casamance)	issus de granite	cuirasse	(culture	"	17	15	32	61	0,9	3	4	0,25 à 0,32
		lessivé	(forêt claire	"	4	25	29	57	2	2	2	0,17 à 0,20
		à taches	p = 1 % "	4	25	29	57	2	2	2	0,17 à 0,20	
		(culture	"	4	26	30	57	1	3	3	0,20 à 0,27	

## Chap. V - Conclusions.

L'équation de prévision de l'érosion mise au point par WISCHMEIER, SMITD et leurs collaborateurs dans la grande plaine des USA semble s'appliquer correctement en région tropicale sur les sols ferrallitiques et ferrugineux (où la kaolinite domine) à condition de respecter les règles des auteurs, à savoir, répéter les mesures dans le temps (K valable au bout de 3 ans de jachère nue sans apport de matières organiques) -

Les rares résultats expérimentaux obtenus en Afrique de l'Ouest montrent que les sols ferrallitiques ( $K = 0,05$  à  $0,15$ ) et dans une moindre mesure les sols ferrugineux tropicaux étudiés ( $K = 0,20$  à  $0,30$ ) sont plus résistants à l'érosion hydrique que bon nombre de sols des régions tempérées.

Les phénomènes spectaculaires d'érosion, observés dans ces régions, ne sont donc pas dus à une fragilité particulière des sols mais à une agressivité extraordinaire des pluies (hauteur et intensités nettement plus élevées en région tropicale). Ainsi en Côte d'Ivoire, l'indice d'érosivité climatique R (en unités anglaises) varie d'environ 500 à Bouaké (2,15) à 850 près de Divo (13) et de 850 à 1250 dans la région d'Abidjan (14).

Dans ces zones tropicales, la couverture végétale joue donc un rôle primordial dans la lutte antiérosive : un paillage d'un centimètre d'épaisseur réduit l'érosion et le ruissellement autant qu'une forêt secondaire de 30 mètres de haut (1/500 de l'érosion obtenue sur sol nu).

Pour obtenir un bon développement végétatif, la fertilisation et la préparation du sol sont déterminants. Et, si le travail superficiel du sol détruit la structure et augmente l'érodibilité des sols, le labour profond par contre semblerait utile (les sols ferrallitiques sont assez perméables) sinon indispensables (5 ; 11) (les sols ferrugineux riches en limons et sables fins sont peu poreux) pour un développement correct des racines et donc de la couverture végétale.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUBERT (G.) et SEGALEN (P.) - 1966 -  
 "Projet de classification des sols ferrallitiques".  
 Cah. ORSTOM Série Pédol. vol. 4 n° 4, p. 97-112.
2. BERTRAND (R.) - 1967 -  
 "Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des  
 eaux et du sol en pays Baoulé".  
 Coll. sur la fertilité des sols tropicaux  
 Tananarive 19-25/11/67 n° 106 p. 1281-1295, 9 réf.
3. BIROT (Y.), GALABERT (J.), ROOSE (B.), ARRIVETS (J.) - 1968 -  
 Deuxième campagne d'observations sur la station de  
 mesure de l'érosion de Gampela : 1968.  
 Rapport mult. CTFT 40 p. ; 27 tabl., 26 fig.
4. CHARREAU (C.) - 1969 -  
 Influence des techniques culturales sur le développement  
 du ruissellement et de l'érosion en Casamance.  
 Agron. Trop. 24, 9 p. 836 - 842, 2 fig ; 5 tabl., 10 réf.
5. CHARREAU (C.) - Mai 1972 -  
 "Problèmes posés par l'utilisation agricole des sols  
 tropicaux par des cultures annuelles".  
 Communication au Séminaire sur les sols tropicaux,  
 IBADAN , 22 - 26 mai 1972, 54 p., 10 tabl., 33 réf.
6. C. T. F. T. - 1971 -  
 Défense et restauration des sols. Station de Gampela.  
 Rapport annuel 1971.- Haute - Volta, Ministère de  
 l'Agriculture, de l'Elevage et des eaux et forêts,  
 C.T.F.T., 1971.- 18 p. multigr., tabl., graph.
7. DABIN (B.) et LENBUF (N.) - 1957 -  
 "Note sur le fonctionnement des parcelles expérimentales  
 pour l'étude de l'érosion à la station d'Adiopodoumé".1957  
 Rapport multigr. O.R.S.T.O.M. ABIDJAN, 11 pages.

8. DUMAS (J.) - 1965 -  
Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques.-  
Cah. ORSTOM, série pédol., vol. III, n° 4, 1965,  
pp. 307 - 333, bibliogr.
9. 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 C.E.C.E. "Etude des Sols" aux Etats-Unis (T.A. 38-63) ORSTOM Bondy.
10. FOURNIER (F.) - 1968 -  
"La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain".  
Sols africains, vol. 12 n° 1 p. 5-53, 5 fig., 32 tabl.
11. NICOU (R.) Mai 1972 -  
"Synthèse des études de physique du sol réalisées par l'IRAT en Afrique Tropicale sèche"  
Communication au Séminaire sur les sols tropicaux, Ibadan, 22 - 26 mai 1972, 19 p., tabl..
12. ROOSE (E.) et CHEBOUX (M.) - 1966 -  
"Les sols du Bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire".  
Cahier C.R.S.T.C.M. Série Pédol . Vol. IV, n° 2,  
p. 51 - 92.
13. ROOSE (E.J.) - 1970 -  
Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogénèse actuelle d'un sol ferrallitique de Moyenne Côte d'Ivoire.  
Deux années de mesure sur parcelle expérimentale.  
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VIII, n° 4, p. 469-482 ;  
6 fig., 3 tabl., 12 réf.
14. ROOSE (E.J.) - 1972 -  
"Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antérosive en région tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne".  
Rapport multigr. ORSTOM, Abidjan, 24 p., 5 fig, 4 tabl, 34 réf.

15. ROOSE (E.J.), BERTRAND (R.) - 1972 -

"Importance relative de l'érosion, du drainage oblique et vertical dans la pédogénèse actuelle d'un sol ferrallitique de Moyenne Côte d'Ivoire".

Résultats des campagnes 1967 à 1971.

Rapport multigr. ORSTOM/IRAT, Abidjan - à paraître -

16. WISCHMEIER (W.H.) et SMITH (D.D.) - 1960 -

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

7 Th Intern. Congr. Soil Science 1960 vol. I p. 418 - 425.

17. WISCHMEIER (W.H.), JOHNSON (G.B.) and CROSS (B.V.) 1971

"A Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites".

J. of Soil and Water Conservation vol. 26 n° 5, p. 189 à 192  
2 fig., 1 tabl., 7 réf.