

ROOSE (E.J.)

Maître de recherche en Pédologie

à l'ORSTOM

**INFLUENCE DES MODIFICATIONS DU MILIEU NATUREL
SUR L'ÉROSION LE BILAN HYDRIQUE ET CHIMIQUE
SUITE A LA MISE EN CULTURE
SOUS CLIMAT TROPICAL**

SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS EN CÔTE D'IVOIRE ET HAUTE-VOLTA



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

B. P. 20 - ABIDJAN



Decembre 1971

INFLUENCE DES MODIFICATIONS DU MILIEU NATUREL SUR L'EROSION,
LE RUISSELLEMENT, LE BILAN HYDRIQUE ET CHIMIQUE, SUITE A LA
MISE EN CULTURE SOUS CLIMAT TROPICAL.

SYNTHESE DES OBSERVATIONS EN COTE D'IVOIRE ET EN HAUTE-VOLTA.

ROOSE (E.J.)

Maître de Recherche en Pédologie à l'ORSTOM

O.R.S.T.O.M.
B.P. 20 - ABIDJAN

Décembre 1971

COPYRIGHT-ORSTOM 1971

R E S U M E

Les résultats des mesures en petites parcelles de 100 à 250 m² entre Abidjan et Ouagadougou, montrent que l'érosion et le ruissellement sont négligeables sous végétation naturelle (forêt et savane) mais qu'ils peuvent croître de façon dangereuse dès que le sol est dénudé et mis en culture. L'auteur constate alors que le défrichement et la culture mécanisée n'aboutissent pas nécessairement à des catastrophes et propose quelques règles conservatoires permettant d'atteindre un nouvel équilibre favorable à une agriculture intensive.

Partant d'un schéma de bilan hydrique sous climat tropical humide (basse Côte d'Ivoire) et sous climat tropical sec (région de Ouagadougou), il montre que les problèmes de fumure d'entretien sont beaucoup plus complexes sous climat humide à cause des pertes suite à un drainage abondant.

INTRODUCTION

Tout le monde sait aujourd'hui que la mise en culture des terres vierges entraîne nécessairement la destruction d'un équilibre naturel.

Cependant, nombreux sont les gouvernements qui sont amenés à étendre les surfaces cultivées pour faire face à l'augmentation de la population et pour élever son niveau de vie.

On peut donc se demander ce qui arrive au niveau du sol au point de vue érosion, bilan hydrique et bilan chimique si on défriche une forêt, une savane arbustive ou arborée.

Enfin, le défrichement étant un mal nécessaire, on peut tenter d'en limiter les dégâts et préconiser des méthodes de culture moderne qui sauvent le capital foncier tout en permettant de tirer du sol un rapport honnête et permanent.

Nous présenterons ici un survol rapide et incomplet des résultats obtenus sur petites parcelles d'érosion de 100 à 250 m² entre Abidjan et Ouagadougou, par l'ORSTOM avec la collaboration des instituts spécialisés (C.T.F.T., I.F.A.C., I.F.C.C., I.R.A.T. et I.R.C.A.).

CHAPITRE 1 - EROSION ET RUISSELLEMENT DANS LE MILIEU NATUREL
EN EQUILIBRE.

Rappelons d'abord qu'il existe deux causes à l'érosion hydrique : l'énergie cinétique des gouttes de pluie et celle du ruissellement. Avec la pente, l'importance de l'énergie du ruissellement augmente tandis que celle des pluies diminue. (ZINGG : 1940).

L'expression de ces deux causes peut-être considérablement modifiée en fonction des facteurs tels que l'érosivité du climat, la résistance du sol à l'érosion, la couverture végétale, la pente et les pratiques antiérosives : certains de ces facteurs peuvent être liés tels que climat et forêt, pente et type de sol.

Nous essaierons, dans les limites de nos essais, de faire ressortir les facteurs les plus importants.

11. LA FORET

111. A Adiopodoumé, sous forêt secondaire sempervirente, nous avons mesuré des érosions infimes s'élevant à 30 kg/ha/an, sur des pentes de 12 % et à 200 kg pour des pentes de 22 %. Le ruissellement reste négligeable et inférieur à 1 % du bilan hydrique annuel (ROOSE, 1968).

112. A la station IFCC près de Divo, sous vieille forêt semi-décidue l'érosion atteint 400 à 600 kg et le ruissellement 0,5 à 1,5 % pour une pente de 9 % (ROOSE et JADIN, 1969 ; ROOSE, 1970).

Donc, quelle que soit la pente, érosion et ruissellement sont très réduits sous forêt malgré des précipitations élevées et très érosives.

La couverture végétale de ces formations est très abondante et intercepte presque entièrement l'énergie cinétique des gouttes de pluie. De plus, la litière, même si elle n'atteint pas l'épaisseur de celle des forêts froides et tempérées, joue un rôle important pour protéger la porosité des horizons superficiels humifères parcourus par un véritable matelas de fines racines qui maintiennent la structure.

12. LA SAVANE

un feu précé ?

121. A la station IRAT de Bouaké, nous avons mesuré sous une vieille jachère en savane arbustive dense des érosions de 150 kg/ha/an après passage précoce du feu et de l'ordre de 50 kg sans feu, et des ruissellements de 0,3 % par rapport au bilan hydrique annuel (ROOSE, BERTRAND et LEBUANEC, 1972). Signalons que, dans cette zone, les précipitations sont à la fois moins importantes (1.200 mm) et étalées en deux saisons des pluies : le climat est donc moins érosif.

id-

122. Dans le périmètre du bassin versant de Waraniene, près de Korhogo, l'érosion passe de 100 kg à 200 kg les années où le feu ravage la savane arbustive épuisée par les cultures répétées antérieures aux essais. Dans ce cas, c'est l'horizon gravillonnaire qui remplace la couverture végétale trop faible pour protéger le sol. L'horizon humifère superficiel est probablement déjà décapé et il ne part plus que la terre fine remontée par les termites et autres animaux fouisseurs ou par l'homme en cas de culture. Par contre, le ruissellement peut dépasser 20 % lors de certaines pluies et atteindre 5 % du bilan hydrique annuel.

123. Dans la savane arborée classée de Gonsé, près de Ouagadougou ; le sol est ferrugineux tropical fortement lessivé et la pente inférieure à 0,5 %. L'érosion reste faible : 50 à 150 kg/ha/an s'il passe un feu précoce mais le ruissellement dépasse 10 % pour certaines pluies et 2 à 3 % du bilan hydrique annuel (ROOSE, BIROT; 1970).

On voit donc que dans l'aire des savanes, tant que la couverture végétale est abondante, l'érosion est aussi faible que sous forêt, car les pentes y sont généralement plus faibles. Le ruissellement y est légèrement plus élevé.

on ne peut effacer cela avec l'humidité du sol !

Tant que les feux de brousse et le pâturage ne sont qu'occasionnels, ces phénomènes d'érosion restent limités d'autant plus que la couverture du sol est souvent assurée par un horizon gravillonnaire.

CHAPITRE 2 - LE DEFRICHEMENT.

21. INTERVENTIONS DE L'HOMME

Lors d'un défrichement, l'homme intervient à trois niveaux d'une façon plus ou moins radicale.

211. Il détruit la végétation, la brûle plus ou moins complètement et réalise ainsi une minéralisation accélérée de la matière organique. L'action du feu est encore discutée. D'une part le feu détruit de nombreux ennemis des cultures et donne un sérieux coup de fouet temporaire à la fertilité du sol. Mais d'autre part, l'usage abusif du feu constitue un gaspillage de matières fertilisantes organiques et minérales (lixiviation).

212. Il décape l'horizon humifère ou détruit sa structure par le passage répété des engins lourds qui, en cas de culture annuelle, rangent la végétation sur des apudins. Il enlève donc au sol une partie de son potentiel de fertilité.

213. Il dénude le sol ^{ainsi la structure} ~~qui~~ se dégrade sous l'action de la température et surtout de l'énergie cinétique des ^{particules de} ~~particules~~ laquelle n'est plus ^{absorbée} ~~dissipée~~ par le couvert végétal.

22. INTENSITE DE L'INTERVENTION

Les résultats de cette intervention seront très divers en fonction des techniques de défrichement et du mode d'utilisation agricole ultérieur (culture annuelle ou pérenne, mécanisée ou traditionnelle).

221. Le défrichement manuel est certainement le plus conservatoire. En milieu traditionnel on observe rarement les signes d'érosion sur un terrain fraîchement défriché et ceci pour trois raisons : on défriche exclusivement en saison sèche, le sol reste jonché de débris et la structure de l'horizon humifère n'est pas détruite. Au Maroc, on défriche des maquis sur des pentes atteignant 60 % en vue d'y planter des pins : toute la végétation est détruite mais on ne touche pas aux racines moyennant quoi on ne constate pratiquement aucun phénomène d'érosion.

Cela dépend des méthodes de défrichement et fait partie de l'entretien régulier.

En culture arbustive moderne (cacao, hévéa, etc...) où toute la forêt est défrichée puis rangée en andins parallèles aux courbes de niveau, l'influence du défrichement sur l'évolution du sol est minime. Que ce soit dans notre parcelle d'hévéa de la plantation IRCA de l'Anguédédou ou celle de cacao de la station IFCC près de Divo, nous n'avons constaté qu'une augmentation insignifiante de l'érosion et du ruissellement la première année après défrichement. On pouvait s'y attendre puisque seules les lignes de plantation (en courbe de niveau) ont été dénudées.

221. Le défrichement mécanisé - sans précaution conservatoire en vue des cultures annuelles (intervention maximale) a souvent une influence catastrophique. On peut le reconnaître plusieurs années après le passage des bulldozer à l'importance des andins (non isohypses), à la maigreur des cultures qui manquent d'eau et d'éléments fertilisants (décapage de l'horizon humifère) et à l'état déplorable du sol à la fois tassé et sans structure. L'érosion y trouve un terrain de choix pour s'y développer et il n'est pas rare qu'on doive les abandonner après quelques années de culture infructueuse.

23. PRECAUTIONS CONSERVATOIRES

Le principe de base consiste à dégrader le moins possible l'horizon humifère. Les précautions conservatoires peuvent se résumer comme suit :

- 1 ne défricher mécaniquement que les sols fertiles ni trop légers, ni trop pentus (voir § 25.) ;
- 2 ne travailler qu'en dehors des périodes pluvieuses ;
- 3 respecter l'horizon humifère ;
- 4 implanter les andins (largeur 5 à 10 mètres) en courbes de niveau ;
- 5 recouvrir le sol le plus rapidement possible.

24. POSSIBILITE DE RECUPERATION

Si, malgré ces précautions, l'horizon humifère a été détruit, il semble possible de le reconstituer en 3 ou 4 ans par une culture de plante de couverture ou simplement par le recru forestier.

*ici, c'est, mais à
un peu de la forêt de couverture
après.*

*Non
à la
couverture!*

D'après TALINEAU (note 1), travaillant sur les essais de l'IRCA à l'Anguédédou, les différences des propriétés physiques et chimiques des horizons superficiels du sol constatées entre divers types de défrichements **manuels et mécaniques** ont pratiquement disparu en trois ans. *(floraison avec action mécanique)*.

Nous avons pu observer par ailleurs, une plantation de palmier de la savane de Dabou sur sol très érodé rattraper en 4 ans sa voisine sur sol identique mais non érodé, moyennant une culture intercalaire de Pueraria et des apports substantiels d'engrais minéraux.

Ceci n'est évidemment pas applicable à des cultures extensives surtout annuelles.

25. REGLES D'APTITUDE A LA CULTURE MECANISEE DANS LE CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE

Sur les sols ferrallitiques sur granite et sur schiste de cette région on fait intervenir trois facteurs pour déterminer l'aptitude à la culture mécanisée : la pente, la texture et la profondeur de l'horizon meuble non hydromorphe. Il est entendu que la culture mécanisée doit se faire en bandes suivant le sens général des courbes de niveau.

251. La pente

Il faut éviter de défricher et cultiver mécaniquement des pentes supérieures à 7 %

- De 0 à 4 % les risques d'érosion grave sont faibles et on peut tracer des bandes isohypses de 50 mètres de large réduites à 30 mètres si le sol est trop sableux.

- De 4 à 7 % les risques d'érosion sont sérieux : il faut réduire la largeur des bandes à 30 mètres et écarter les sols trop sableux.

252. La texture

La détachabilité des sols sableux étant élevée, l'érosion croît très rapidement avec la pente. Par ailleurs, les sols ferrallitiques sont souvent appauvris en éléments fins

surface : il faut tenir compte à la fois de la teneur en colloïdes (argile + limon + matières organiques) et de l'épaisseur de cet horizon appauvri.

En résumé, il faudrait écarter les sols trop légers (A + L + MO inférieur à 20 %) sur plus de 20 cm situés sur des pentes de plus de 4 %.

253. La profondeur de l'horizon meuble exploitable

Cette profondeur peut être limitée par une nappe gravillonnaire, une carapace ou un horizon hydromorphe. Par sécurité, il faut écarter pour la culture mécanisée les sols dont l'horizon exploitable est inférieur à 40 cm d'épaisseur (prévoir 10 cm pour l'érosion et le tassement et 20 à 30 cm de profondeur de labour).

Les nappes gravillonnaires usent les instruments et limitent la réserve hydrique du sol : elles exercent un effet dépressif sur les rendements dès qu'on observe plus de 60 % de gravillons. Certains essais (JADIN : communication orale en octobre 1971) montrent cependant que le cacaoyer peut avoir des rendements très satisfaisants sur des sols peu profonds sur nappe contenant 80 % de gravillons : ceci s'expliquerait par la concentration en éléments fertilisants dans la terre fine intergravillonnaire.

Cependant dès que la nappe gravillonnaire est tassée ou durcie (carapace) elle constitue un obstacle net à l'enracinement.

L'hydromorphie peut être totale, partielle, de longue durée ou très temporaire. L'observation du profil racinaire sous végétation naturelle peut nous donner des indications sur l'importance de cet obstacle. Il faut cependant noter que le défrichement entrainera presque nécessairement une remontée de la nappe car l'augmentation du ruissellement sous culture ne compense guère la diminution de l'évapotranspiration (CHARREAU et FAUCK en Casamance ; 1970).

Remarquons la possibilité de compensation en cas de facteur limitant : c'est ainsi qu'on tolérera des pentes plus élevées sur des sols riches et profonds que sur des sols légers ou superficiels.

TABLEAU 1 - EROSION (t/ha/an) ET RUISSELLEMENT (% DES PRECIPITATIONS ANNUELLES) SOUS
DIVERSES COUVERTURES VEGETALES ENTRE ABIDJAN ET OUAGADOUGOU.

S T A T I O N	Pente	E R O S I O N tonne/ha/an			R U I S S E L L E M E N T % des pluies annuelles		
		milieu naturel	sol nu	culture	milieu naturel	sol nu	culture
Adiopodoumé (1954/1970) (ORSTOM) forêt secondaire semper- virente 2100 mm : 4 saisons	4,5	-	60 à 90	-	-	42	-
	7 %	0,03	100 à 170	0,1 à 90	0,14	38	0,5 à 20
	22 %	0,2	500 à 750	-	0,7	32	-
	45 %	1,0	-	-	0,7	-	-
Divo (1967-1970) (IFCC-ORSTOM) forêt semi-décidue 1750 mm : 4 saisons	9 %	0,5	-	-	1	-	-
Bouaké (1960-1970) (IRAT-ORSTOM) Savane arbustive dense 1200 mm : 4 saisons	4 %	0,05 à 0,20	18 à 30	0,1 à 26	0,3	15 à 30	0,1 à 26
Korhogo (1967-1970) (ORSTOM) Savane arbustive claire 1400 mm : 2 saisons	4 %	0,1 à 0,2	-	-	5	-	-
Ouagadougou (1967-1970) (CTFT-ORSTOM-IRAT) Savane arborée claire 850 mm : 2 saisons	0,5%	0,05 à 0,15	10 à 20	0,6 à 8	2,5	40 à 60	2 à 32

CHAPITRE 3 - L'ÉROSION ET LE RUISSELLEMENT SOUS CULTURE.

31. RESULTATS D'OBSERVATIONS

Le tableau 1 montre l'évolution de l'érosion et du ruissellement lorsqu'on passe du milieu naturel au sol nu et de là à différentes cultures.

Les expérimentations s'étendent à trois sites écologiques bien connus :

- la zone d'Abidjan est recouverte de forêt sempervirente secondaire et reçoit en moyenne 2.100 mm de précipitations répartis en quatre saisons ;
- la zone de Bouaké est couverte d'une savane arbustive soudano-guinéenne, elle reçoit 1.200 mm répartis en quatre saisons ;
- et enfin, la zone de Ouagadougou couverte d'une savane arborée claire soudano-sahélienne : elle reçoit en moyenne 860 mm par an répartis en deux saisons.

311. Rupture d'équilibre

Ce tableau appelle toute une série de conclusions.

Si on compare les résultats des mesures de l'érosion et du ruissellement sous culture et sous milieu naturel, on constate qu'on a du rompre un équilibre pour que l'érosion passe :

- de 20 kg à 90 tonnes/ha/an à Adiopodoumé,
- de 50 kg à 26 tonnes/ha/an à Bouaké,
- de 50 kg à 8 tonnes/ha/an près de Ouagadougou.

312. Danger maximum d'érosion

Les résultats obtenus sur sol nu sont un point de repère universel qui indique quels sont les dangers maximums d'érosion en fonction de la pente et de la résistance du sol à l'érosivité du climat.

Il montre aussi quels sont les dangers maximums d'érosion que l'on court, si l'on pratique un défrichement mécanique sans aucune précaution conservatoire.

On peut remarquer que les dangers d'érosion sur sol dénudé sont largement supérieurs aux dangers moyens sous culture. On a donc tout avantage à replanter les parcelles aussitôt après le défrichement afin qu'elles soient couvertes de végétation avant l'arrivée des grosses pluies.

313. Erosivité du climat

On peut noter que si on monte du sud au nord, les pentes cultivables sont moins inclinées et l'érosivité du climat diminue en même temps que les précipitations. C'est une règle assez générale, mais qui comporte des exceptions localisées : par exemple, à Korhogo, et Odienné où l'érosivité du climat est nettement supérieure à celle de Bouaké parce que les précipitations annuelles y sont supérieures et surtout elles sont concentrées en une seule saison des pluies. Cependant, dans la mesure où les sols sont moins profonds dans le nord (parce que l'altération y est moins active), les précipitations plus rares et l'érosion plus sélective vis-à-vis des colloïdes et des éléments fertilisants, les pratiques conservatrices de l'eau marquent bien sur les rendements des cultures.

314. Variabilité des phénomènes d'érosion sous culture

La variabilité du ruissellement et de l'érosion mesurés sous culture, permet d'être extrêmement optimiste. Si les pertes en terre et en eau sont sévères dans les cas les plus défavorables on peut noter qu'il existe des plantes cultivées selon des méthodes culturales telles qu'on tend vers un nouvel équilibre où l'érosion et le ruissellement sont ramenés à des valeurs proches de celles qu'on constate dans le milieu naturel.

En vue d'augmenter le rendement du milieu naturel on n'est donc plus forcé de détruire le capital foncier : il suffit d'appliquer les méthodes modernes de culture intensive à caractère conservatoire. La lutte antiérosive ne doit donc plus être présentée comme une série d'interdictions d'exploitation (c'est ce qu'on appelait le Service de Défense et Restauration des Sols), mais bien comme des techniques modernes d'exploitation rationnelle des terres et des eaux au même

titre que l'irrigation, le drainage et l'utilisation des engrais.

32. METHODES CONSERVATOIRES

Il existe d'excellents manuels où les méthodes de conservation des eaux et des terres sont décrites en détail (voir en annexe 2). Il n'est peut-être pas inutile de rappeler les principes fondamentaux qui permettent de sélectionner celles qui conviennent à chaque cas particulier.

321. Les méthodes biologiques consistent à utiliser les moyens biologiques offerts par la nature pour réduire l'érosion à des proportions acceptables. Il s'agit de développer la couverture végétale vivante ou morte et l'enracinement en vue d'absorber l'énergie des gouttes de pluie et celle du ruissellement.

Il s'agit en d'autres termes de choisir des plantes à développement vigoureux et rapide, de semer tôt, à forte densité, sur un sol bien préparé, d'utiliser des doses suffisantes d'engrais, de lutter contre les maladies et les insectes et de laisser sur place le plus possible de paille et autres déchets de culture, de répandre un léger paillage au cas où la couverture vivante serait insuffisante. Il s'agit en somme d'intensifier et de rationaliser l'exploitation du sol.

322. Les méthodes mécaniques consistent à réduire l'inclinaison ou la longueur de la pente cultivée en vue de freiner ou d'arrêter complètement le ruissellement. Ce sont les terrasses, banquettes et fossés d'absorption totale ou de diversion, le labour et le billonnage en courbes de niveau, l'alternance de bandes cultivées et protégées, les bandes d'arrêt et les haies.

La plupart des cultures ne peuvent rentabiliser les importants terrassements, d'ailleurs à notre avis fort peu utiles en Côte d'Ivoire. Par contre, la culture en courbes de niveau semble devoir être retenue comme fondamentale pour les cultures **annuelles**. Les cultures arbustives peuvent s'en passer à condition que le sol soit protégé de façon continue

soit par le couvert des arbres (cas du cacao, soit par une plante de couverture (cas du palmier et des arbres fruitiers, de l'hévéa).

En région tropicale humide et spécialement en basse Côte d'Ivoire, il est peu logique de vouloir retenir toutes les eaux atmosphériques. En effet, il existe au moins une période de l'année (généralement en juin ou juillet) où il pleut 700 mm en trois semaines. Les plantes peuvent souffrir d'hydromorphie et il est donc raisonnable de prévoir l'évacuation des excès d'eau tout en limitant les pertes en terre.

Par contre, même avec plus de 2.000 mm de pluie par an, les cultures peuvent souffrir de sécheresse. Les réserves d'eau du sol s'épuisent rapidement et l'expérience montre que les remontées capillaires des eaux accumulées en profondeur ne suffisent pas à alimenter le pouvoir évaporant des feuilles.

La règle de la conservation des eaux peut donc s'exprimer ainsi : retenir les eaux des premières et des dernières pluies, mais prévoir l'évacuation des excès temporaires en limitant les pertes en terre.

CHAPITRE 4 - EVOLUTION DES TERMES DU BILAN HYDRIQUE.

Que deviennent les différents termes du bilan hydrique lorsqu'on défriche le milieu naturel pour y introduire des cultures ?

Partons de l'équation générale du bilan hydrique d'un sol :

Pluie = Ruis. + Drainage + ETR \pm var. Stock d'eau du sol .
Raisonnons sur chacun des termes lorsque varie la couverture végétale en deux stations extrêmes : Abidjan dont on connaît le climat tropical humide et Ouagadougou caractérisé par un climat tropical sec.

Sur les graphiques 1 et 2 on a porté les variations mensuelles des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée d'après la formule de TURC. Rappelons que l'ETP est la quantité d'eau qu'un gazon peut évapotranspirer lorsqu'il est continuellement bien alimenté en eau par une nappe à faible profondeur.

411. Cas d'une forêt secondarisée sous climat tropical humide.

Il y a deux périodes dites "saison des pluies" (voir figure 1) où les précipitations dépassent largement l'évapotranspiration potentielle (ETP) et où l'on constate du drainage au-delà de la zone exploitée par les racines.

Lorsque les précipitations dépassent largement l'ETP, on constate que l'évapotranspiration réelle (ETR) est voisine de l'ETP.

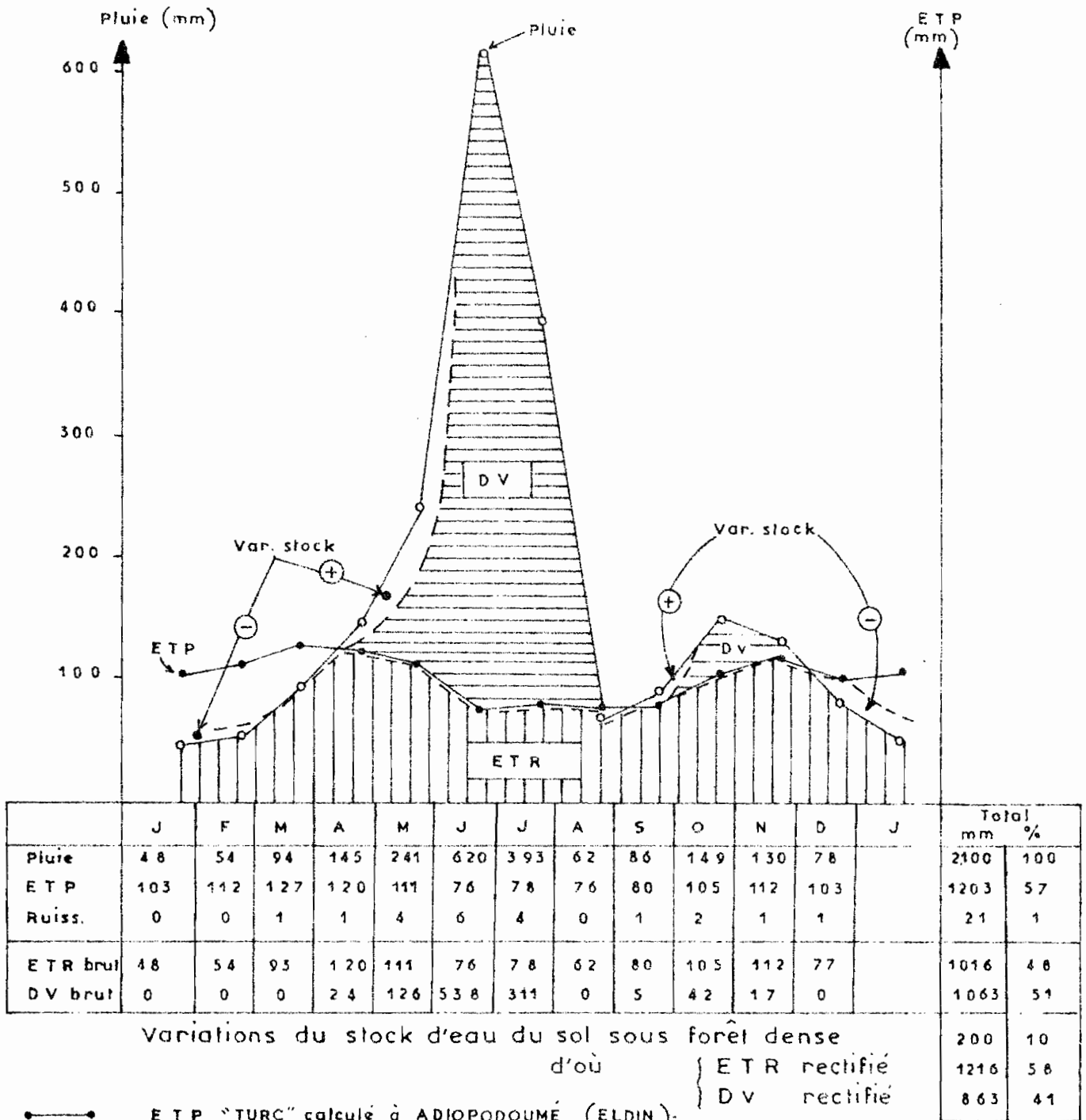
Par contre, en saison sèche, l'ETR reste inférieure à l'ETP et égale à la pluie moins le ruissellement plus les variations du stock d'eau du sol. On voit donc que l'ETR sous forêt suit schématiquement le trait discontinu de la fig. 1 et intègre la surface sous-jacente à ce trait. Il faut cependant corriger ce total en ajoutant les variations du stock d'eau depuis la fin de la saison des pluies jusqu'à la fin de la saison sèche qu'on peut estimer à environ 200 mm sous forêt (voir ROOSE et coll. 1970 ; HUTTEL, 1971). On obtient alors

Fig. 1

SCHEMA DE BILAN HYDRIQUE SOUS FORÊT DENSE

$$\text{Pluie} = \text{Ruiss.} + \text{Drain} + \text{ETR} \pm \text{Var. stock du sol}$$

REGION D'ABIDJAN



- ETP "TURC" calculé à ADIOPODOUMÉ (ELDIN).
- Pluie mesurée à ANGUEDEDOU (IFAC) 1959/69
- ▤ ETR estimé
- ▨ Drainage estimé rectifié
- Rectificatif en fonction du stock d'eau du sol (jusqu'à 200 mm)

un ETR de l'ordre de 1.216 mm soit 58 % des précipitations totales. De même, il faut soustraire ces 200 mm du drainage, car au début de la saison des pluies, il faut d'abord reconstituer les réserves d'eau du sol avant qu'on puisse constater du drainage.

Le drainage rectifié s'élève à 863 mm soit 41 % des précipitations annuelles.

412. Cas d'un défrichement et d'une culture sous climat tropical humide.

Le ruissellement passe de 1 % sous forêt à 40 % sur sol nu : il descend ensuite à moins de 20 % sous culture

Cependant, la couverture végétale n'étant plus complète toute l'année, l'évapotranspiration va baisser sérieusement.

Donc, selon le type de défrichement et de culture, le sol se dessèchera par rapport au sol sous la forêt voisine (fort ruissellement) ou au contraire le drainage augmentera (ruissellement et ETR modérés) ce qui est le cas le plus fréquent.

421. Cas d'une savane en région tropicale sèche (région de Ouagadougou).

Les précipitations sont concentrées en une seule saison humide (voir fig. 2) mais elles sont beaucoup moins importantes : 860 mm en moyenne. Par contre, le pouvoir évaporant de l'air et donc l'ETP sont beaucoup plus élevés.

De plus, les sols sont souvent peu profonds et limités en profondeur par une cuirasse. Les variations du stock d'eau sont très brutales mais ne dépassent pas 150 mm entre le maximum de saison des pluies et le profil sec au point de flétrissement (atteint 1 mois après la fin des pluies).

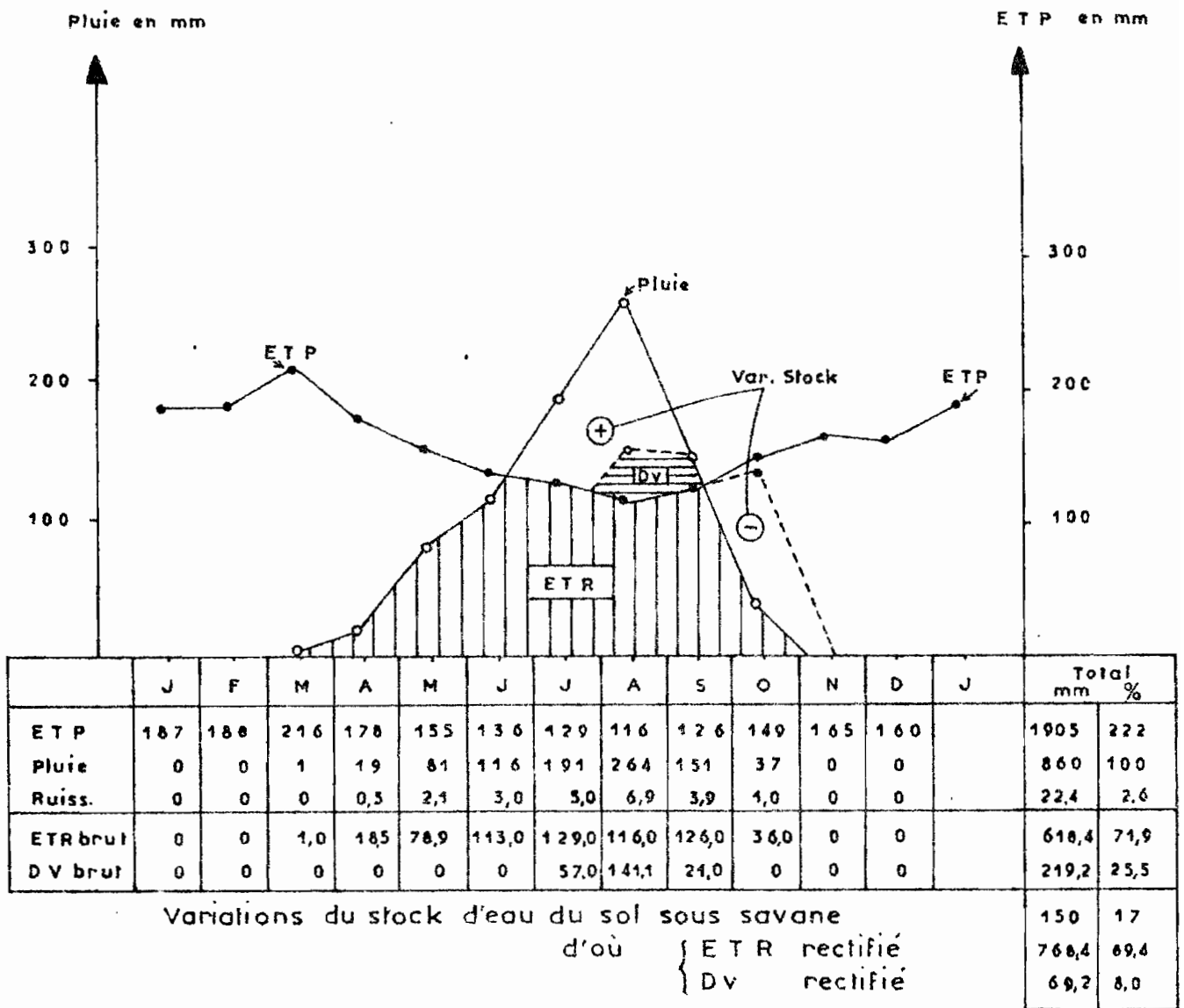
Le drainage rectifié sera donc extrêmement réduit.

Sous la savane arborée de Gonsé on a trouvé :
Pour des précipitations moyennes de 860 mm, un ruissellement de 2,6 %, un ETR rectifié de 91 %, un drainage rectifié de 6,5 %.

Fig 2 SCHEMA DE BILAN HYDRIQUE SOUS SAVANE

$$\text{Pluie} = \text{Ruiss.} + \text{Drain} + \text{ETR} \pm \text{Var. stock du sol}$$

REGION DE OUAGADOUGOU



- ETP "Turc" : moyenne 1953-1969 pour OUAGADOUGOU "aéro." (ELDIN)
- Pluie mensuelle moyenne à OUAGADOUGOU (Normale ASECNA en 1965).
- ▤ ETR estimé
- ▨ Drainage estimé rectifié
- Rectificatif en fonction des variations du stock d'eau du sol (150 mm).

422. Mise en culture sous climat tropical sec

Pour cultiver ces terres, on met le feu aux herbes et on y plante sorgho, mil, maïs, coton à grand écartement. Le sol se trouve donc partiellement dénudé pendant une bonne partie de l'année.

Le ruissellement peut atteindre 20 à 40 %.

L'évapotranspiration est gênée par le manque d'eau du sol plus que par le faible développement des plantes. Le drainage est pratiquement nul.

Par contre, si on supprime le ruissellement par un aménagement antiérosif, on peut constater une légère augmentation du drainage, mais surtout une augmentation de l'évapotranspiration qui se traduit par une très nette amélioration des rendements.

Dans les régions tropicales sèches des aménagements visant à conserver la totalité des eaux de pluie se justifient donc à condition que les sols soient suffisamment perméables.

CHAPITRE 5 - EVOLUTION DES PERTES CHIMIQUES.

Envisageons maintenant très rapidement ce qu'il se passe au niveau du bilan chimique. Pour cela, il faut tenir compte à la fois des apports et des pertes.

51. SOUS CLIMAT TROPICAL HUMIDE

511. La forêt dense humide vit pratiquement en équilibre avec l'horizon humifère superficiel. Le cycle est extrêmement rapide entre ce que puisent les racines dans le sol, la chute des feuilles et la minéralisation de la litière.

Les pertes chimiques par drainage sont relativement faibles à cause des teneurs médiocres des eaux en éléments fertilisants (voir ROOSE - JADIN 1969 ; ROOSE et coll. 1970).

Les pertes sont pratiquement compensées par les apports dus à la pluie, au pluviolessivage au niveau de la frondaison, aux remontées biologiques et à l'altération des minéraux résiduels de la roche (micas hydratés principalement).

512. La mise en culture entraîne des bouleversements importants car les eaux de drainage très abondantes de l'ordre de 800 à 900 mm) sont susceptibles de se charger en éléments fertilisants d'autant plus que le sol a une très faible capacité de rétention des cations et d'autant plus également que les doses d'engrais sont élevées.

Pratiquement tous les apports d'engrais non fixés par les racines avant la grande saison des pluies sont lixiviés par les eaux de drainage et de ruissellement.

C'est ainsi que nous avons pu mettre en évidence dans un essai commun avec l'IFAC que dans une bananeraie irriguée d'Azaguié en moyenne sur trois années, les eaux de ruissellement et de drainage ont entraîné 70 % des apports en chaux et magnésie, 50 à 60 % des apports de potasse et azote et seulement 7 % des apports en phosphore (GODEFROY, MULLER, ROOSE ; 1970).

Seul le phosphore peut donc faire l'objet d'une fumure de fond. Pour les bases et l'azote, les apports doivent être fractionnés et présentés lorsque les plantes sont en pleine croissance, c'est à dire en dehors des périodes les plus pluvieuses (manque de lumière) ou les plus sèches.

52. SOUS CLIMAT TROPICAL SEC

521. Sous savane, les cycles sont différents :

D'une part il n'y a pas de litière mais le feu de brousse presque annuel minéralise les pailles.

D'autre part, le drainage est nettement moins élevé sans que les teneurs des eaux de drainage en éléments fertilisants soient plus fortes. Les pertes sont très réduites.

522. Les problèmes d'utilisation des engrais en région tropicale sèche sont donc beaucoup moins épineux puisqu'on ne doit pas craindre leur entraînement par les eaux de drainage (voir tableau 2).

Il suffit de compenser les exportations des éléments minéraux par les récoltes et par l'érosion. Il faut cependant signaler que dans ces zones sèches où la population est souvent très dense et où il manque de combustible, les pailles sont souvent utilisées à des fins domestiques : cela entraîne une grosse exportation de potasse qu'il est souvent difficile à compenser vu le prix des engrais (POULAIN et ARRIVETS, 1971).

TABLEAU 2 - Fertilisation annuelle d'entretien sous climat tropical humide et sec.

Station	Précipitation mm/an	Culture	CaO	Mg O	K ₂ O	N	P ₂ O ₅
Azaguié (IFAC) près d'Abidjan	1850	banane	470	308	563	430	37
Sol jaune ferrallitique remanié (1)		"	"	"	"	"	"
Saria (IRAT) près de Ouagadougou	850	céréale	0 à 18	0 à 20	30 à 90	30 à 100	25 à 50
Sol ferrugineux tropical (2)		"	"	"	"	"	"

(1) GODEFROY, MULLER, ROOSE (1970) ; (2) IRAT/H.V. (1971).

CHAPITRE 6 - CONCLUSIONS.

En Afrique, nombreuses sont les expériences de mise en culture mécanisée qui se sont soldées par un échec.

On en a conclu que les sols tropicaux sont extrêmement fragiles et qu'il convient de ne les travailler que superficiellement pour éviter les phénomènes d'érosion catastrophiques.

Or, nos résultats en parcelle d'érosion (ROOSE et des TUREAUX, 1971) en accord avec ceux de CHARREAU (1969, 1970) et BERTRAND (1967) montrent que les sols ferrallitiques se classent parmi les plus résistants ($K = 0,05$ à $0,10$) de l'échelle d'érodibilité des sols établie par WISCHMEIER et ses collaborateurs (SMITH et WISCHMEIER, 1962 ; WISCHMEIER et MANNERING, 1967).

Par contre, l'agressivité des pluies tropicales est très forte. En Côte d'Ivoire, elle varie de 460 (Bouaké) à 1.200 (Abidjan) (R en unités américaines) alors que dans la Grande Plaine des USA elle croit de 150 à 800.

D'où on peut conclure à l'importance du choix des méthodes conservatoires qui doivent nécessairement en Afrique Occidentale accompagner l'exploitation agricole intensive au même titre que l'utilisation rationnelle des engrais ou de l'irrigation.

A N N E X E 1 : BIBLIOGRAPHIE
 =====

- 1 - 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.

- 2 - BIROT (Y.), GALABERT (J.) 1968.-
 Premières observations sur la station de mesure de l'érosion de Gampela - campagne 1967.
 Rapport multigr. CTFT Niger-Haute-Volta, 26 p., 16 tabl., 25 fig., 30 réf.

- 3 - BIROT (Y.), GALABERT (J.), ROOSE (E.), ARRIVETS (J.) 1968.-
 Deuxième campagne d'observations sur la station de mesure de l'érosion de Gampela 1968.
 Rapport multigr. CTFT, 40 p., 27 tabl., 26 fig.

- 4 - BONNET (P.), BERGER (J.M.), BERTRAND (R.) 1966.-
 Etude de l'érosion hydrique.
 Rapports annuels du CRA de Bouaké 1960 à 1965.
 Rapport multigr. SCEA. Bouaké.

- 5 - CHARREAU (C.) 1969.-
 "Influence des techniques culturales sur le développement du ruissellement et de l'érosion en Casamance".
 VI. Congrès International du Génie Rural, CNRA, Bambey,
 13 p., 10 réf.

- 6 - CHARREAU (C.) 1970.-
 L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques.
 Rapport IRAT Sénégal multigraphié, Tome 1, 62 p., 12 fig., 21 tabl., 65 réf.

- 7 - CHARREAU (C.) et FAUCK (R.) 1970.-
 Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa.
 Agron. Trop. 25, 2, p. 151-191, 21 tabl., 39 réf.

- 8 - C.T.F.T. 1971.-
Rapport annuel 1970.
Rapport multigr. CTFT Haute-Volta/Niger, Ouagadougou.
- 9 - 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.
0 réf.
- 10 - GODEFROY (J.), MULLER (M.) et ROOSE (E.) 1970.-
Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire.
Fruits, 25, 6, p. 403-423, 5 fig., 13 tabl., 11 réf.
- 11 - HUTTEL (Ch.) 1971.-
Estimation du bilan hydrique dans une forêt sempervirente de Côte d'Ivoire.
Coll. FAO-IAEA Vienne déc. 71.
- 12 - I.R.A.T. (Haute-Volta) 1970.-
Fertilisation des céréales de culture sèche - Rapport 1968-1969.
Rapport multigr. IRAT, Ouagadougou 106 pages.
- 13 - POULAIN (J.F.) et ARRIVETS (J.) 1971.-
"Effets des principaux éléments fertilisants autres que l'azote sur les rendements des cultures vivrières de base (sorgho, mil, maïs) au Sénégal et en Haute-Volta".
Séminaire CSTR/OUA sur les facteurs du milieu qui influencent le rendement des cultures céréalières en Afrique tropicale. Dakar 26-29/7/71.
Rapport multigr. IRAT/Hv. 31 p., 17 tabl., 44 réf.
- 14 - ROOSE (E.J.) 1967.-
"Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures".
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Tananarive 19-25/11/67 : Communication n° 113 pp. 1385-1404;
3 tabl., 14 fig., 21 réf.

- 15 - ROOSE (E.J.) 1968.-
 "Erosion en nappe et lessivage oblique dans quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire".
 Communication à la 6e Conf. Biennale de la WASA/ASOA.
 Abidjan 8-13/4/1968, 15 p., 3 tabl., 11 réf.
- 16 - ROOSE (E.J.) et JADIN (P.) 1969.-
 "Erosion, ruissellement et drainage oblique sur un sol à cacao en moyenne Côte d'Ivoire : station IFCC près de Divo.
 I. Milieu, dispositif et résultats des campagnes 1967-68.
 Rapport multigr. ORSTOM-IFCC, Abidjan; 77 p., 23 tabl., 15 fig., 154 réf.
- 17 - 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.
- 18 - ROOSE (E.J.) et BIROT (Y.) 1970.-
 Mesure de l'érosion et du lessivage oblique et vertical sous une savane arborée du plateau Mossi (Gonsé : Haute-Volta). I. Résultats des campagnes 1968-1969.
 Rapport ORSTOM (Abidjan)- CTFT (Ouagadougou).
 Multigr. 148 pages, 36 tabl., 25 fig., 72 réf.
- 19 - ROOSE(E.J.) et coll. 1970.-
 DELABARRE, COMBES, HENRY des TUREAUX, DIALLO.
 Erosion, ruissellement et lessivage oblique sous une plantation d'hévéa en basse Côte d'Ivoire.
 III. Résultats des campagnes 1967-1968-1969.
 Rapport mult. ORSTOM-IRCA, Abidjan, 115 p., 45 tabl., 12 fig. et 30 réf.
- 20 - ROOSE (E.J.) et HENRY des TUREAUX (P.) 1971.-
 "Etude de l'érosion et du ruissellement sur les sables tertiaires de basse Côte d'Ivoire.
 Campagne 1970 sur les parcelles d'érosion d'Adiopodoumé.
 Rapport multigr. ORSTOM 91 p., 12 fig., 23 tabl., 50 réf.

- 21 - ROOSE (E.J.), BERTRAND (R.) LEBUANEC (B.) 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 1970.
Rapport multigr. ORSTOM/IRAT, Abidjan - à paraître -
- 22 - SMITH (D.D.) and WISCHMEIER (W.H.) 1962.-
"Rainfall erosion".
Advances in Agron. 14 : p. 109-148 - Academic Press, Inc, New-York, p. 109-148 ; 3 tabl., 4 fig., 155 réf.
- 23 - WISCHMEIER (W.H.) 1962.-
Rainfall erosion potential. Geographic and location differences of distribution.
Agricultural Engineering n° 43, p. 212-415, 8 réf.
- 24 - WISCHMEIER (W.H.) MANNERING (J.V.) 1967.-
Relation of soil properties to its erodibility.
Purdue Journal Series Paper n° 3275, 15 p., 13 réf., 15 tabl.
- 25 - ZINGG (AUSTIN W.) 1940.-
Degree and length of land slope as it affect soil loss in runoff.
Ag. Eng. 21, p. 59-64.
-

A N N E X E 2 : O U V R A G E S G E N E R A U X

- 1 - BENNET (H.H.) 1939.-
"Elements of soil conservation".
2d éd. New-York, Mac Graw-Hill.

 - 2 - F.A.O. 1967.-
"La défense des terres cultivées contre l'érosion hydrique".
Coll. FAO, Progrès et mise en valeur, Agriculture n°81
Rome 1967. 202 p., 114 fig., 13 tabl., nombreuses réf.

 - 3 - SECRETARIAT D'ETAT AUX AFFAIRES ETRANGERES 1969.-
REPUBLIQUE FRANCAISE
"La conservation des sols au Sud du sahara".
Techniques Rurales en Afrique n°12, Paris, impr.
SAMACETA.

 - 4 - STALLINGS (J.H.) 1957.-
"Soil conservation".
Prentice-Hall, New-York, 575 p.

 - 5 - TONDEUR (G.) 1950.-
Erosion du sol spécialement au Congo-Belge.
Publication des services de l'Agriculture du
Ministère des Colonies et du Gouvernement Général
du Congo-Belge. Bruxelles 7 place Royale 3ème édition
-