

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUME

Laboratoire de Pédologie

"QUELQUES EFFETS DES PLUIES SUR LA MISE EN VALEURS
DES SOLS FERRALLITIQUES ET FERRUGINEUX TROPICAUX".

par

ROOSE (E.J.)

Maître de Recherche en Pédologie à l'ORSTOM.

R E S U M E

Un réseau de parcelles expérimentales de mesure des précipitations, de l'érosion, du ruissellement et du drainage oblique et vertical a été implanté depuis 1965 entre Abidjan (Côte d'Ivoire) et Ouagadougou (Haute-Volta) sous végétation naturelle ou cultivée.

L'auteur rapporte quelques résultats concernant les apports en éléments fertilisants par les précipitations et le pluviollessivage sous forêt et les pertes par les phénomènes d'érosion et de drainage.

Il en tire les conséquences pour la mise en valeur des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux et en particulier en ce qui concerne la lutte antiérosive et l'utilisation des engrais.

S U M M A R Y

On a dozen of ecological stations experimental plots for measuring rainfall, soil losses, runoff, oblique and vertical drainage were established since 1965 in tropical countries between Abidjan (Ivory Coast) and Ouagadougou (Upper-Volta) under natural and cultivated vegetation.

The author gives some data concerning the supplies of nutrient elements by rainfall and throughfall under forest and concerning the losses by erosion and leaching.

He concludes consequences concerning lateritic soils management, soil and water conservation and fertilizer use.

INTRODUCTION

- Avec l'énergie solaire et les éléments fertilisants, les eaux de pluie jouent un rôle fondamental dans la production des cultures.

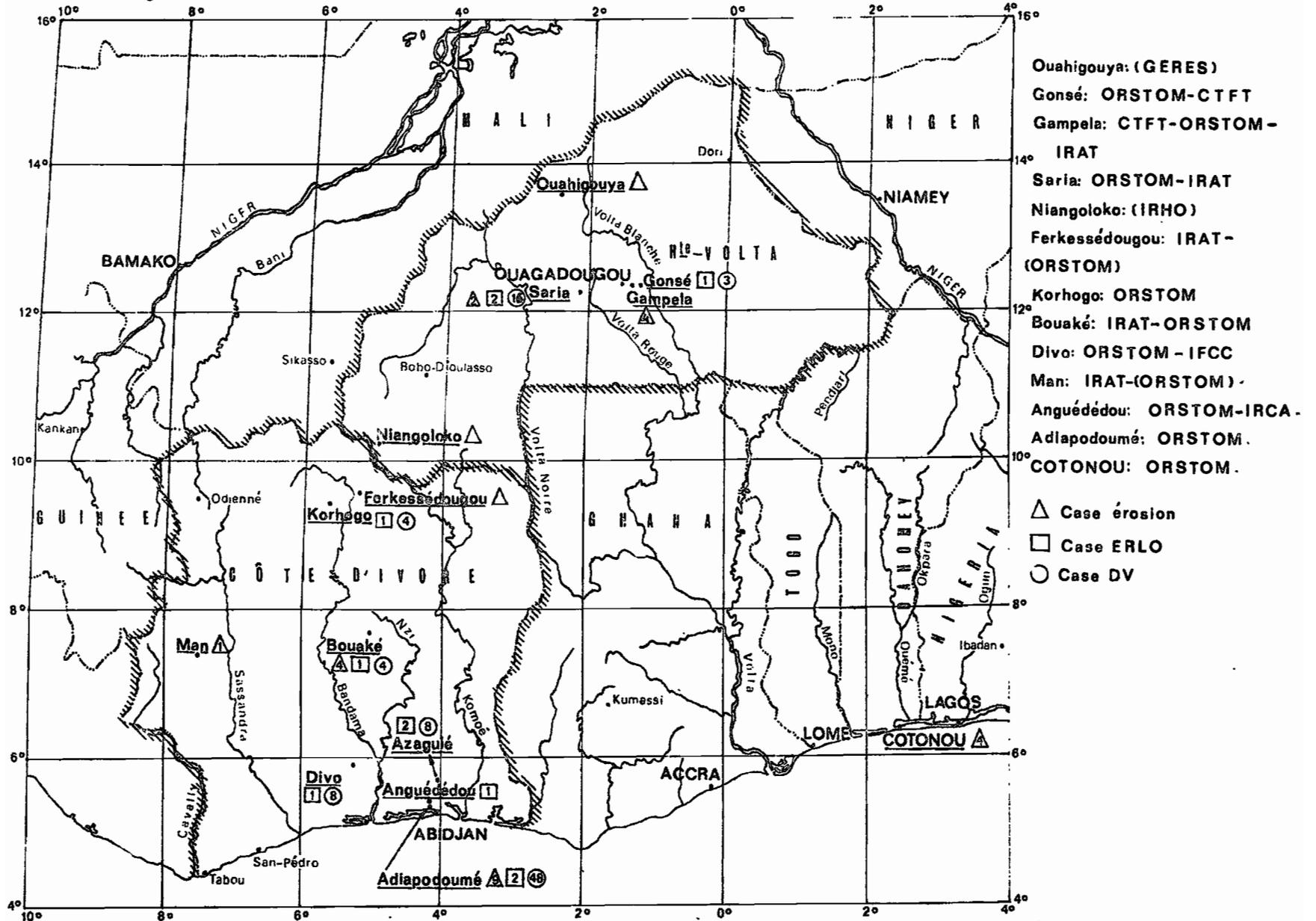
Les précipitations n'ont malheureusement pas que des effets positifs (apports en eau et en éléments fertilisants) : en région tropicale, elles tombent souvent avec violence en provoquant des phénomènes d'érosion et en entraînant les colloïdes et les minéraux fertilisants du sol.

Les résultats présentés ici font partie d'un vaste programme de recherche entrepris par l'ORSTOM en collaboration avec cinq instituts français de recherche appliquée, concernant la migration des solides (érosion et lessivage) et des solubles (lixiviation des éléments fertilisants et autres) en région tropicale.

Note

x Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.); Institut de Recherche sur le Caoutchouc en Afrique (I.R.C.A.) ; Institut de Recherche en Agronomie Tropicale (I.R.A.T.); Institut Français du Café et du Cacao (I.F.C.C.) ; Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) et Institut Français de Recherche Fruitière Outre-Mer (I.F.A.C.).

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



CHAPITRE 1 -- LE MILIEU.

Les résultats présentés ici ont été obtenus en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta entre les 5^{ème} et 13^e degrés de latitude Nord et les 0 et 6^e degrés de longitude Ouest à des altitudes de 20 à 350 mètres.

Les climats passent du Sud au Nord :

- d'une zone subéquatoriale à tropicale humide caractérisée par
 - . des précipitations annuelles de 2100 à 1250 millimètres répartis en 4 saisons;
 - . des températures moyennes variant peu autour de 26° centigrades,
 - . des humidités relatives généralement proches de 80 % et des évapotranspirations potentielles (TURC) de l'ordre de 1100 à 1500 mm.
- à une zone tropicale sèche caractérisée par
 - . des précipitations annuelles de 1200 à 600 millimètres répartis en 2 saisons,
 - . des températures mensuelles moyennes variant de 25 à 33° centigrades,
 - . des humidités relatives descendant en dessous de 50 % durant les 6 mois secs et des évapotranspirations potentielles très élevées (1500 à 2000 mm).

En basse Côte d'Ivoire, les précipitations journalières peuvent dépasser 150 mm une fois chaque année et 200 mm tous les 4 ou 5 ans. A l'occasion de ces pluies exceptionnelles on peut enregistrer des intensités de l'ordre de 150 mm/heure pendant dix minutes, de 80 mm/h. durant trente minutes et 60 mm/h. pendant une heure (ROOSE, 1972).

En région tropicale sèche (Ouagadougou), les précipitations peuvent dépasser 60 mm une fois chaque année et 92 mm tous les 5 ans. On peut alors observer des intensités de l'ordre de 100 mm/h. pendant dix minutes, de 60 mm/h. pendant trente minutes et de 40 mm/h. durant une heure (BRUNET-MORET, 1963).

En Côte d'Ivoire les sols sont ferrallitiques plus ou moins désaturés, généralement remaniés ou appauvris (SEGALEN, AUBERT, 1966). Schématiquement, ils présentent d'abord un horizon (10 à 30 cm) gris ou brun foncé, humifère (0,5 à 4%), sableux

pauvre en limons, puis un horizon (30 à 60 cm) de pénétration de la matière organique (<1 %) rouge, brun ou jaune, plus argileux, bien structuré et enfin un horizon (1 à 3 m) d'argile tachetée (rouge, ocre, blanc) bien structuré reposant sur les matériaux d'altération de la roche qui peuvent atteindre 5 à 30 mètres d'épaisseur. L'altération en ces régions humides et chaudes est très profonde et très poussée : départ des bases et de la silice, accumulation de fer et d'alumine (gibbsite), formation de kaolinite et désagrégation des quartz.

En Haute-Volta, les sols sont ferrugineux tropicaux : la succession des horizons est semblable mais l'altération est beaucoup moins épaisse (climat plus sec) et un peu moins poussée (pas de gibbsite mais restent des minéraux altérables). Les couleurs sont moins vives à dominance gris, blanchâtre, jaune, beige, rose : ces sols sont plus riches en limons et sables fins, généralement moins bien structurés et moins perméables. Les manifestations d'hydromorphie temporaire en profondeur sont fréquents. Dans ces deux types de sols il est fréquent de rencontrer des horizons riches en graviers ferrugineux ou quartzeux en surface et jusqu'à l'argile tachetée.

FIG. 2 Précipitations , ETP (Turc) et Temperature .
 Moyennes Mensuelles - Adiopodoumé -
 - Basse Côte d'Ivoire -

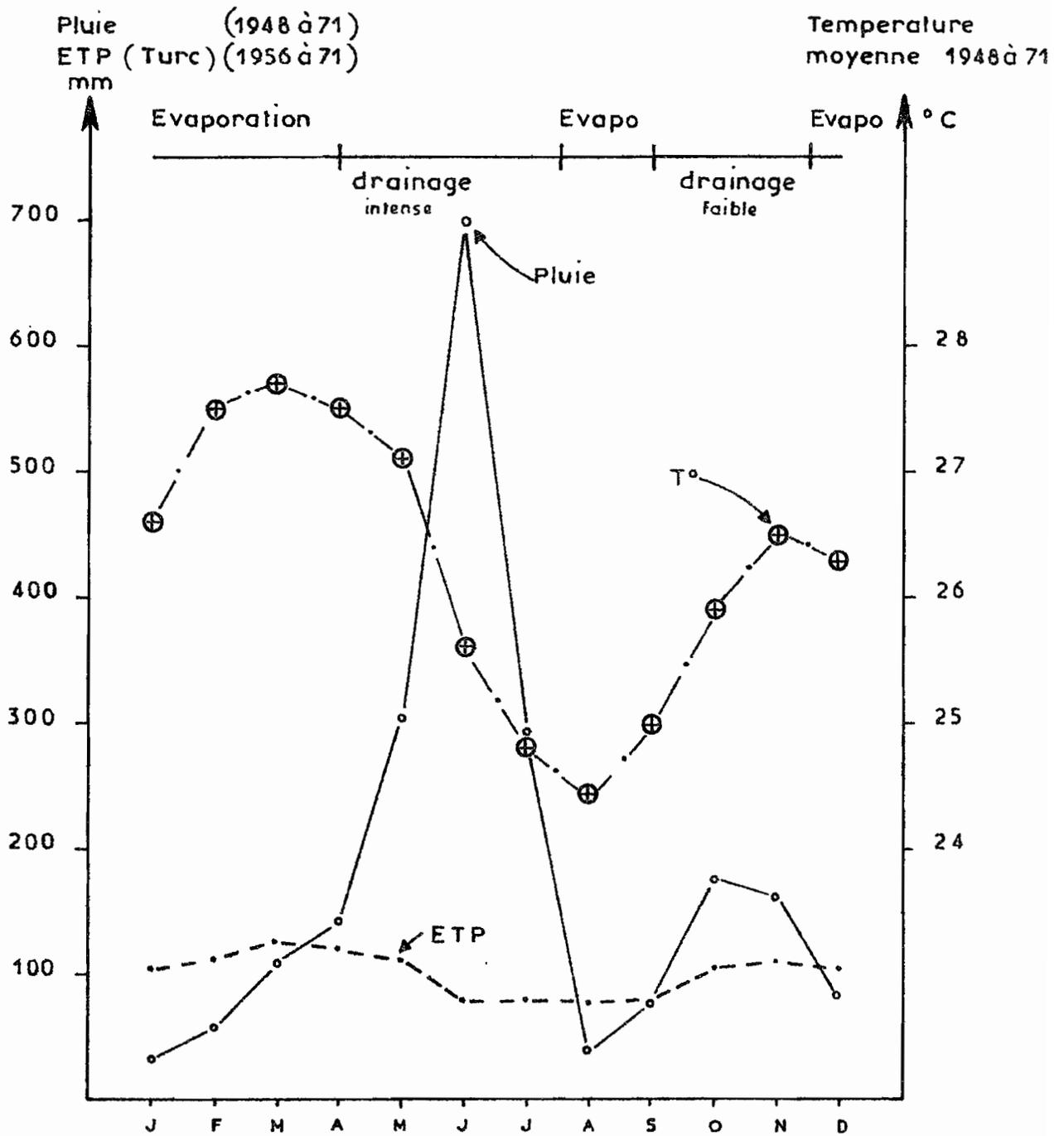
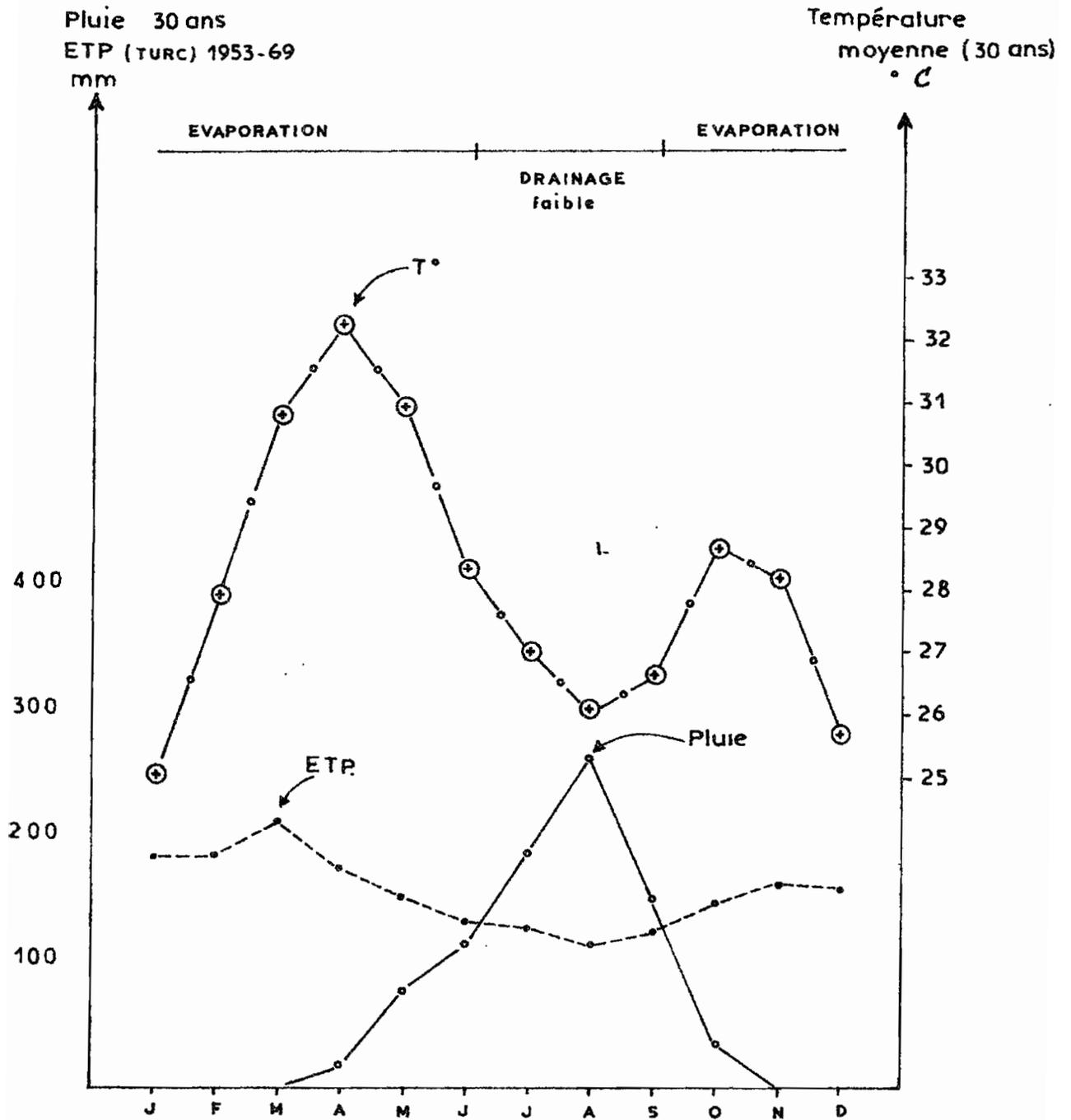


Fig. 3 Précipitations , ETP (TURC) et Température.

- Moyenne mensuelle - Ouagadougou -

- Haute - Volta -



CHAPITRE 2 - APPORTS PAR LES EAUX DE PLUIE.

Nous avons réuni au tableau 1 les quantités (kg /ha/an) d'éléments fertilisants apportés par les eaux de pluies avant et après leur passage à travers la voûte forestière.

Tableau 1 - Apports d'éléments fertilisants par les pluies et le pluviollessivage en Côte d'Ivoire.	Ca	Mg	K	N	P	SO ₄	Carbone
Adiopodoumé (ROOSE : 1970-1972)							
pluie 2100 mm							
forêt sempervirente							
interception 10 %							
< pluie libre	31,1	5,7	7,6	33,2	2,0	35,5	61,3
< pluie sous-forêt	65,4	34,8	67,1	51,2	4,3	44,0	189,8
Banco (BERNHARD-REVERSAT : 1971)							
pluie 2100 mm :							
forêt semper-virente							
interception 10 %							
< pluie forêt plateau	47,9	53,2	76,0	114,8	2,4	-	-
< pluie forêt vallée	62,8	67,7	230,9	109,9	12,8	-	-
Tiassalé (MATHIEU, MONNET, 1964-1967)							
pluie 1325 mm							
forêt semi-décidue							
< pluie libre	13,3	1,3	6,6	-	0,4	10,3	-
< pluie sous-forêt	14,3	5,1	65,7	-	1,3	24,4	-
Korhogo (MATHIEU, MONNET, 1967-1970)							
pluie 1400 mm, savane arbustive:							
- pluie libre	14,0	1,4	7,0	-	0,5	7,8	-

- Sans être négligeables (plus de 30 kg de C - N - Ca et SO₄) les apports en fertilisants par les précipitations sont faibles par rapport aux besoins des cultures. Les teneurs en les différents éléments étudiés varient moins d'une station à l'autre que la hauteur des précipitations : il s'ensuit une baisse générale des apports vers le Nord du pays sauf pour le potassium qui semble indifférent à la distance depuis la mer.

- Le passage des eaux de pluie à travers le feuillage forestier entraîne une augmentation très nette des teneurs en chacun des éléments mais surtout pour le potassium, le calcium, le magnésium et le carbone. Cependant, il faut compter une absorption d'environ 10 % des précipitations annuelles au niveau de la voûte forestière : les apports au sol sont donc réduits d'autant.

Même si on tient compte (comme dans le tableau 1) de cette concentration sur le feuillage, on constate une lixiviation intense des éléments fertilisants excepté l'azote et les sulfates qui semblent mieux fixés aux feuillages.

CHAPITRE 3 - LES PHENOMENES D'EROSION.

3.1. Généralités.

Deux sources d'énergie provoquent les phénomènes complexes d'érosion : les gouttes de pluie et le ruissellement. Quelle que soit la pente, l'énergie des pluies est constante mais celle du ruissellement augmente rapidement (ZINGG, 1940) et modifie l'allure du microrelief.

Chaque goutte de pluie arrive au sol avec une vitesse fonction de son diamètre (SMITH et WISCHMEIER, 1962 ; HUDSON, 1963) elle dissipe son énergie en casant les mottes (voir photo 1), en tassant le sol, en dissociant les particules des agrégats et en rebondissant en une couronne de gouttelettes chargées d'éléments terreux. Les particules de terre libérées sont alors déplacées par les eaux de ruissellement. Si le ruissellement a peu d'énergie seules les particules fines sont emportées (érosion sélective en nappe) tandis que les sables et les limons viennent colmater la porosité de la surface (glaçage et formation d'une croûte à structure feuilletée). Lorsque le ruissellement a une énergie propre non négligeable (fonction de la hauteur de la lame d'eau et de sa vitesse donc de la pente du sol) il la dissipe en tractant de grosses particules et en décapant la surface du sol (ruissellement concentré formant des rigoles puis des ravines).

Le transport des particules fines peut s'effectuer sur de très longues distances (jusqu'aux lacs, lagunes ou la mer) : les horizons superficiels des sols d'où ils proviennent s'appauvrissent en colloïdes et s'enrichissent en sables et graviers. Les paysans observent que "les pierres poussent" dans leurs champs. Par contre les particules grossières rampent à la surface du sol (mulch sableux après une tornade), se déplacent lors des pluies exceptionnelles mais vont se déposer dès que l'énergie du ruissellement baisse : d'où les sols colluviaux sableux en bas des pentes, les terrasses et les alluvions sableuses des petites rivières.

3.2. Les résultats expérimentaux.

Le tableau 2 résume les résultats des observations effectuées sur des parcelles d'érosion de 90 à 5000 m². Des tôles fichées dans le sol délimitent un petit bassin versant au bas duquel on mesure le volume d'eau qui s'écoule (ruissellement) et sa charge solide (érosion).

Si on compare les résultats des mesures de l'érosion et du ruissellement dans le milieu naturel et sous culture (ROOSE, 1971) on constate qu'on a du rompre un équilibre pour que l'érosion passe

- de 30 kg à 90 t./ha/an à Adiopodoumé ;
- de 50 kg à 26 t./ha/an à Bouaké ;
- de 50 kg à 8 t./ha/an près de Ouagadougou.

Les observations sur sol nu renseignent sur les dangers d'érosion maxima en fonction du sol, de la pente et de l'agressivité du climat : en pratique ils peuvent s'observer lors d'un défrichement mécanisé brutal sans précaution conservatoire. On peut remarquer qu'à mesure qu'on monte vers le Nord, le climat est moins agressif et les pentes cultivables sont plus faibles. Cependant, dans la mesure où les sols sont moins profonds, les précipitations plus rares et l'érosion plus sélective vis-à-vis des colloïdes et des éléments fertilisants, les pratiques conservatrices de l'eau et du sol marquent bien sur les rendements des cultures.

La variabilité de l'érosion et dans une moindre mesure du ruissellement observés sous culture montre qu'il existe des végétaux et des techniques culturales qui permettent d'obtenir des rendements satisfaisants tout en évitant des pertes abusives en terre et en eau.

Un simple paillage de un centimètre d'épaisseur est aussi efficace pour protéger le sol qu'une forêt dense humide de 30 mètres de haut (ROOSE, 1972).

Dès qu'un pâturage ou qu'une plante de couverture recouvre complètement le sol (ce qui prend 3 mois pour des graminées et jusqu'à 12 mois pour des légumineuses) les phénomènes d'érosion sont ramenés à des valeurs semblables à celles qu'on trouve sous forêt. Aussi les cultures arbustives industrielles (café, palmier à huile, hévéa, etc...) qui supportent la présence de plantes de couverture posent peu de problèmes d'érosion. Par contre l'ananas recouvre mal le sol durant les 8 premiers mois ; sa culture mécanisée sur de grandes surfaces peut poser des problèmes délicats (ravines).

TABLEAU 2 - Erosion et ruissellement sous diverses couvertures végétales entre Abidjan et Ouagadougou. Parcelles d'érosion de 90 à 5000 m².

S T A T I O N S	E R O S I O N				R U I S S E L L E M E N T		
	" "	" "	tonnes/ha/an		" "	% des pluies annuelles	
	"Pente"	milieu naturel	Sol nu	Culture	milieu naturel	Sol nu	Culture
ADIOPODOUME (1956-1971) (ORSTOM)	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
Forêt secondaire sempervirente. 2100 mm : 4 saisons. parcelles de 90 à 250 m ² .	"4,5 %"	-	60 à 90	-	" -	42	-
Erosivité climat. R _{UA} = 800 à 1200.	" 7 %"	0,03	100 à 170	0,1 à 90	" 0,14	38	0,5 à 20
(ROOSE, 1971)	"22 %"	0,2	500 à 750	-	" 0,7	32	-
	"63 %"	1,0	-	-	" 0,7	-	-
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
BOUAKE (1960-1970) (IRAT-ORSTOM)	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
savane arbustive dense. 1200 mm : 4 saisons. parcelles de 200 à 250 m ² .	" 4 %"	0,05 à 0,20	18 à 30	0,1 à 26	" 0,3	15 à 30	0,1 à 26
Erosivité R _{UA} = 250 à 500.	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
(BERTRAND, 1967)	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
OUAGADOUGOU (1967-1971) (CTFT-ORSTOM-IRAT)	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
savane arborée claire. 850 mm : 2 saisons. parcelles de 200 à 5000 m ² .	"0,8 %"	0,05 à 0,15	10 à 20	0,6 à 8	" 2,5	40 à 60	2 à 32
Erosivité climat. R _{UA} = 250 à 450.	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "
(CTFT, 1971)	" "	" "	" "	" "	" "	" "	" "

Les cultures vivrières telles que maïs, arachide, manioc et igname surtout lorsqu'elles sont buttées sans tenir compte de la pente peuvent entraîner des pertes en terre importantes (voir photo).

Cependant l'usage de techniques biologiques modernes permettent de lutter très activement contre l'érosion hydrique dans les champs. Il s'agit de choisir des plantes à développement vigoureux et rapide, de semer tôt et à forte densité sur un sol bien préparé, d'utiliser des doses d'engrais suffisantes, de lutter contre les maladies et les insectes nuisibles, de répandre un léger paillage au cas où la couverture vivante serait insuffisante et de laisser sur le sol le plus possible de déchets de culture.

3.3. L'équation de prévision de l'érosion.

Suite à l'analyse statistique de plus de 10.000 résultats annuels d'observation en parcelles d'érosion, WISCHMEIER et SMITH (1960) ont mis au point une équation permettant de prévoir l'érosion (E) en fonction de l'agressivité du climat (R) de la résistance du sol (K), de la pente (SL), de la couverture végétale et des façons culturales (C) ainsi que des pratiques anti-érosives (P).

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

Si on évalue les différents coefficients pour la région d'Abidjan on trouve que :

- le climat est extrêmement agressif ($R_{UA} = 800$ à 1200) ;
- le sol ferrallitique désaturé sableux est très résistant ($K = 0,08$ à $0,13$) ;
- l'érosion augmente de façon exponentielle avec la pente tandis que le ruissellement se stabilise et même diminue après un certain seuil (4 %) ;
- la couverture végétale (vivante ou morte) et les techniques culturales simples (labour, billonnage cloisonné isohypse) ont une action très efficace sur les pertes en terre ($C = 0,9$ à $0,001$) et moins forte sur le ruissellement.

Pour la région de Ouagadougou on trouve que :

- l'agressivité du climat est moyenne ($R_{UA} = 250$ à 450) ;
- ce sol ferrugineux tropical est moyennement résistant ($K = 0,20$ à $0,35$) ;

- le facteur pente est très faible (SL = 0,11) ;
- la couverture végétale et les techniques culturales peuvent avoir une action très énergique sur les pertes en terre et en eau.

2.4. Pertes en éléments fertilisants par érosion.

On a analysé les eaux, la charge solide fine et grossière ainsi que les matières organiques brutes qui ont été entraînées par l'érosion à Adiopodoumé sur des parcelles d'érosion cultivées sans engrais (maïs et arachide) et sous forêt.

Il en ressort que les teneurs varient moins que les volumes exportés. On a alors calculé les pertes par érosion à Adiopodoumé, sur un sol ferrallitique très désaturé sur les sables tertiaires de basse Côte d'Ivoire en condition moyenne de culture (pente 7%) (ROOSE, 1967) et de forêt sur forte pente (ROOSE, 1968).

! Tableau 3 - Perte par érosion	! Ca	! Mg	! K	! N	! P	! C
! Adiopodoumé : culture	! 50,7	! 14	! 29	! 53	! 23	! 440 kg
! E = 20 t/ha R = 300 mm	!	!	!	!	!	!
! Adiopodoumé : forêt (R ₂).	! 7,7	! 2,3	! 1,3	! 5,5	! 0,8	! 106,7
! E = 1 t/ha R = 21 mm	!	!	!	!	!	!

On constate que ces pertes sous culture dépassent largement les apports par les eaux de pluie mais sont presque du même ordre que le pluvioléssivage sous forêt.

Par contre sous la même forêt où l'on a mesuré le pluvioléssivage, les pertes par érosion et ruissellement sont beaucoup plus faibles : tout se passe comme s'il y avait une fixation intense des cations, azote et phosphore dès que les eaux de pluie arrivent au contact avec le sol (et les racines).

Il se crée effectivement sous forêt un équilibre entre les apports par le pluvioléssivage et la décomposition de la litière (très rapide en région tropicale), l'immobilisation dans les végétaux et le sol et les pertes par drainage au-delà des racines.

Photo 1 - Microdemoiselles coiffées : colonnettes de terre protégées de l'énergie des gouttes de pluie par un "chapeau" : graine, racine, feuille, caillou , etc...



Photo 2 - Concentration des eaux de pluie le long des tiges de maïs: mise à nu des racines et dépôt de sable dans les inter-lignes. Erosion du billon en fonction de la pente du billon et non de la pente générale de la parcelle : le billonnage et le buttage augmentent donc l'érosion si les billons ne suivent pas les courbes de niveau.

Photo 3 - Vue générale d'une parcelle d'érosion à Adiopodoumé -
Petit bassin versant isolé par des tôles, canal et cuves
de réception, pluviomètre standard et pluviographe.
Erosion en nappe (trainées sableuses) avec début de ruis-
sellement concentré dans des rigoles : pente 7 %.

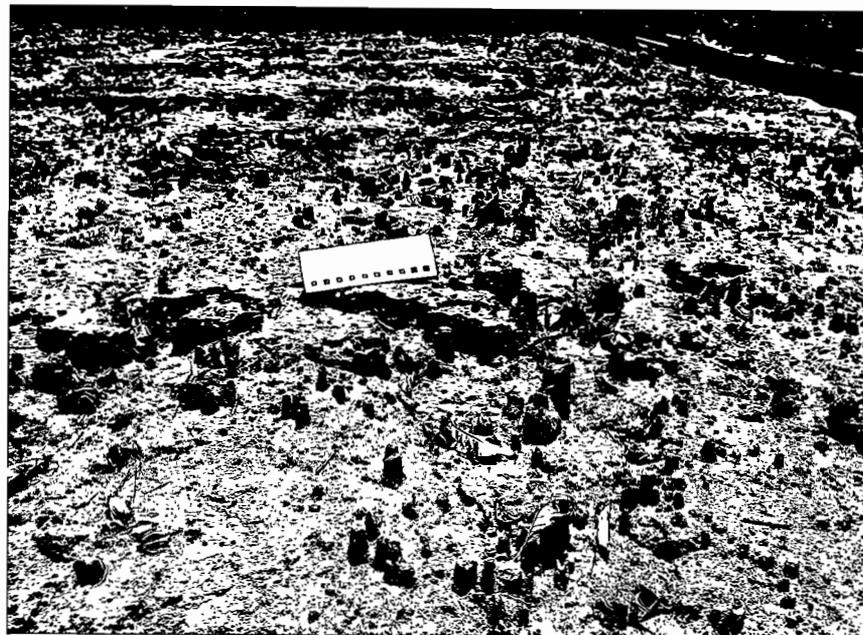


Photo 4 - Parcelle d'érosion de 22 % de pente à Adiopodoumé.
Sur forte pente on observe les effets de l'énergie du
ruissellement :
- transport de toutes les particules détachées des
agrégats par l'énergie des gouttes de pluie ;
- travail de sappe avec formation de rigoles profondes.

CHAPITRE 4 - LES PHENOMENES DE DRAINAGE.

4.1. Le bilan hydrique.

Une fois que les eaux de pluie ont traversé le couvert végétal et atteint le sol, une partie ruisselle et une autre s'infiltré. Toutes les eaux d'infiltration ne sont malheureusement pas récupérées par les végétaux (évapotranspiration) et une fois que la réserve d'eau du sol est reconstituée, l'excédent continue son chemin et s'échappe de la zone d'influence des racines en entraînant une bonne partie des éléments fertilisants (ainsi qu'une charge colloïdale).

La figure n° 3 montre un schéma de l'évolution du bilan hydrique sous végétation naturelle où, par hypothèse, le drainage est considéré comme nul en saison sèche et l'évapotranspiration réelle (Note 1) est très proche de l'évapotranspiration potentielle (formule de TURC) (Note 1) en saison des pluies.

On voit que le drainage diminue parallèlement aux précipitations et tend à s'annuler pour des pluies annuelles de l'ordre de 700 millimètres pour des sols dont la réserve hydrique dépasse 100 mm.

Sous culture, le drainage est généralement plus élevé que dans le milieu naturel car si le ruissellement augmente quelque peu, l'évapotranspiration diminue très sensiblement.

4.2. Pertes en éléments fertilisants par les eaux de drainage.

Des méthodes de terrain permettant de recueillir les eaux de drainage oblique (ROOSE, 1968) et de drainage vertical (ROOSE et HENRY des TUREAUX, 1970) dans le sol en place ont été mises au point et décrites ailleurs.

En multipliant le volume du drainage par les teneurs observées au-delà de la zone d'influence des racines on obtient les chiffres suivants :

Note 1 - L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau qu'un gazon dense et constamment bien alimenté en eau consomme pour sa croissance. L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau qu'un couvert végétal consomme effectivement pendant un certain temps pouvant comporter des périodes de sécheresse et de développement incomplet des plantes.

EVOLUTION DES TERMES DU BILAN HYDRIQUE EN FONCTION DU CLIMAT SOUS VEGETATION NATURELLE.

$$\text{Précipitation} = \text{Ruiss.} + \text{Drain.} + \text{E T R} \pm \text{Var. Stock.}$$

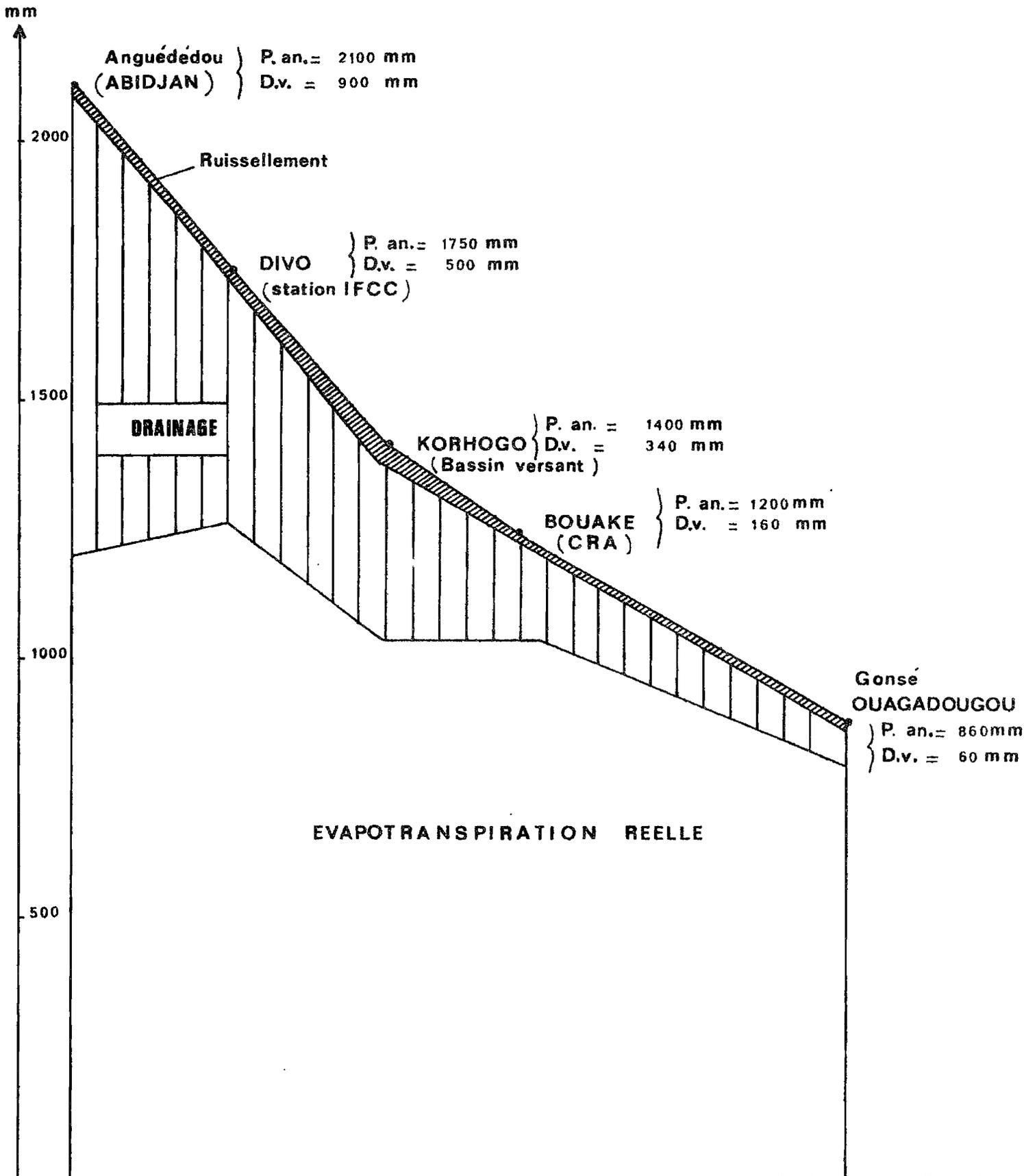


Tableau 4 - Pertes par les eaux de drainage. - kg/ha/an -	Ca	Mg	K	N	P	C
Région d'Abidjan :						
Adiopodoumé - forêt sempervirente Dv = 900 mm	35,2	51,2	7,8	100	1,0	101
Azaguié - bananeraie Dv = 828 mm	257	114	245	235	0,6	125
Région Ouagadougou : savane arborée Dv = 60 mm	5,2	0,8	2,3	4,1	0,3	4,2

Si on compare les pertes par lixiviation en milieu naturel en région tropicale humide (Abidjan) et sèche (Ouagadougou), on constate qu'elles diminuent parallèlement au drainage : les teneurs varient moins que les volumes concernés.

Si on introduit dans le système des engrais en quantité raisonnable, on observe une augmentation très importante des pertes en éléments fertilisants sauf pour le phosphore qui est très rapidement fixé aux colloïdes, au fer et à l'alumine du sol. L'apport d'engrais augmente donc considérablement les teneurs dans les eaux de drainage.

Ceci va entraîner des conséquences minimales sur les doses et le fractionnement des engrais en région tropicale sèche (drainage peu élevé) mais considérables en région tropicale humide. Ainsi, en région tropicale sèche, il suffit en 1ère approximation de compenser les exportations par les récoltes tandis qu'en région tropicale humide il faut en outre compenser les pertes par érosion et surtout par drainage : d'où les différences considérables de fumure d'entretien sous ces deux climats. De plus en région humide, on a intérêt à fractionner les doses et à choisir les dates d'épandage en fonction de l'activité des racines et des développements des plantes.

Tableau 5 - Fertilisation d'entretien sous climat tropical humide et sec - kg/ha/an -	Pluie mm/an	Culture	Ca	Mg	K	N	P
AZAGUIE (IFAC) près d'Abidjan (1) sol jaune ferrallitique remanié	1850	bananes	335	187	467	430	16
SARIA (IRAT) près de Ouagadougou sol ferrugineux tropical (2)	850	céréales	0 à 13	0 à 12	25 à 75	30 à 100	10 à 20

(1) GODEFROY, MULLER, ROOSE, (1970). (2) IRAT/Hv. (1971)

CHAPITRE 5 - CONCLUSIONS.

En région tropicale les précipitations ont une influence fondamentale sur l'évolution des sols et sur les aménagements nécessaires en vue de leur mise en valeur.

Les méthodes biologiques de lutte antiérosive préconisées sont du même ordre que l'utilisation des engrais, l'irrigation ou le drainage : il s'agit de développer un couvert végétal important dans le cadre d'une agriculture intensive en courbe de niveau. Alors qu'en région tropicale sèche il faut tendre à absorber sur place toutes les eaux atmosphériques, en région tropicale humide il faut prévoir l'évacuation des excès temporaires (jusqu'à 700 mm de pluie en 3 semaines en basse Côte d'Ivoire !).

Etant donné d'une part que les teneurs en éléments fertilisants des terres érodées et des eaux de ruissellement ou de drainage en milieu naturel varient moins que les volumes concernés, et d'autre part que ces eaux sont loin d'être saturées (forte augmentation des teneurs lors des apports d'engrais) la fertilisation d'entretien sera beaucoup plus importante en région humide qu'en région à faible drainage car, outre les exportations par les récoltes, il faudra compenser les pertes par érosion et surtout par lixiviation.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.) et SEGALEN (P.) -1966-. "Projet de classification des sols ferrallitiques".
Cah. ORSTOM. Série Pédol. vol. 4 n°4 : p. 97-112.
- BERNHARD-REVERSAT (F.) -1971-. Transport d'éléments minéraux par les eaux en forêt. (annexe au rapport d'activité 1971).
Rapport dact. ORSTOM Abidjan, 5 p., 4 fig., 5 tabl.
- 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.
- BRUNET-MORET (Y.) -1963-. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale : République de Haute-Volta.
Rapport multigr. ORSTOM - Comité Inter-Etat d'Etudes Hydrauliques : 23 p., 16 graphiques, 2 tableaux.
- 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 mult. C.T.F.T., 40 p., 27 tabl., 26 fig.
- 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.
- FOURNIER (F.) -1965.- Mesure de l'érosion. Principes de base et incidence de l'instrumentation nouvelle sur l'établissement des réseaux de mesure.
Colloque International sur la Planification des réseaux hydro-météorologiques.
Quebec-Canada 15-22 juin 1965, p. 1-20.

- 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.
- HUDSON (N.W.) -1963-. Raindrop size distribution in high intensity storms.
Rhodesian journal of agric. research. Vol. 1, n° 1, January, 1963, p. 6-11, 3 photos, 3 fig., 11 réf.
- I. R. A. T. (Haute-Volta) -1970- Fertilisation des céréales de culture sèche. - Rapport 1968-1969-.
Rapport multigr. IRAT, Ouagadougou, 106 p.
- MATHIEU (Ph.) MONNET (C.) -1970-. Apports chimiques par les eaux de pluie en savane et sous forêt en climat intertropical. (Côte d'Ivoire).
Tome II - annexes - 45 p.
Tome I - texte - 153 p.
Rapport ORSTOM multigr., Centre d'Adiopodoumé 1970, tabl., fig., bgr.
- ROOSE (E.J.) -1967-. Quelques exemples des effets de l'érosion sur les cultures.
Colloque sur la Fertilité des Sols Tropicaux :
Tananarive 19-25/11/67.
Communication n°113 p. 1385-1404, 3 tabl., 14 photos, 21 réf.
- ROOSE (E.J.) -1968-. "Erosion en nappe et lessivage oblique dans quelques sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire".
Communication à 6ème Conf. Biennale de la WASA/ASOA.
Abidjan 8-13/4/1968, 15 p., 3 tabl., 11 réf.
- ROOSE (E.J.) -1968-. "Un dispositif de mesure du lessivage oblique dans les sols en place".
Cah. ORSTOM, Série Pédol. VI n°2, p. 235-249, 21 réf., 4 fig.

- 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 p., 36 tabl., 25 fig., 72 réf.
- ROOSE (E.J.) et HENRY des TUREAUX (P.) -1970-. "Deux méthodes de mesure du drainage vertical dans les sols en place".
Agron. Trop. 25, 12, p. 1079-1087, 7 fig., 13 réf.
- ROOSE (E.J.) -1971-. Influence des modifications du milieu naturel sur l'érosion, le ruissellement, le bilan hydrique et chimique, suite à la mise en culture sous climat tropical. Synthèse des observations en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta.
Rapport multigr., ORSTOM Abidjan, 22p., 2 tabl., 2 fig., 25 réf.
- ROOSE (E.J.) -1972-. "Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antiérosive en région tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne".
Rapport multigr., ORSTOM, Abidjan, 24 p., 5 fig., 4 tabl., 34 réf.
- 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.
- WISCHMEIER (W.H.) et SMITH (D.D.) -1960-. A universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning.
7th Intern. Congr. Soil Science 1960 Vol. I, p. 418-425.
- ZINGG (A.W.) -1940-. "Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff".
Ag. Eng., 21, p. 59-64.