

Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol., vol. VIII, n° 4, 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

par E.J. ROOSE

RÉSUMÉ

L'auteur tente d'étudier sur parcelle expérimentale (surface de 228 m² de pente de 9,5 %) les tendances pédogénétiques actuelles d'un sol ferrallitique moyennement désaturé en B, remanié, légèrement appauvri, sous une forêt dense semi-décidue de moyenne Côte d'Ivoire.

Les résultats des deux premières campagnes (1967-68) montrent :

- que l'érosion est faible (environ 600 kg/ha/an) mais sélective vis-à-vis des particules fines (0 à 20 μ),*
- que le ruissellement ne dépasse pas 1,5 % des précipitations annuelles,*
- et que le drainage oblique est actif lors des quelques pluies les plus importantes, mais négligeable dans le cadre d'un bilan hydrique annuel.*

D'un schéma de bilan hydrique, on conclut que pour une pluviosité annuelle moyenne de 1 750 mm, on peut compter sur 500 à 650 mm d'eau drainant à travers tout le profil.

Le bilan chimique des pertes mesurées met en évidence la lixiviation des bases et de l'azote ainsi que la migration « horizontale » du fer et de l'alumine associés aux particules solides érodées : la silice et les matières organiques participent aux deux modes de migration.

Il semble que l'appauvrissement en particules fines des horizons superficiels (érosion sélective et probablement aussi lessivage vertical sans accumulation localisée) et la lixiviation des bases et de l'azote dominant l'évolution actuelle de ce sol.

* Chargé de recherche en Pédologie à l'ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, B.P. 20, Abidjan (Côte d'Ivoire).

** Avec la collaboration de l'IFCC qui a assuré les travaux de terrain.

ABSTRACT

The author has studied the actual pedogenetical tendencies of a middely desaturated (in B horizon), reworked and slightly impoorished ferrallitic soil under a dense semi-deciduous forest of Middle Ivory Coast on a plot of 228 m² and 9,5 % of slope.

During the two first years, the soil losses was low (600 kg/ha/year) but took off preferentially fine particles (organic matter, clay and loam). The runoff was not higher than 1,5 % of annual rainfall and oblique drainage was negligible (1 ‰) except for some big rainstorms.

A schematic annual water balance shows that they are about 500 to 650 mm of average annual rainfall (1.750 mm) which are draining vertically through the profile of the soil.

The chemical losses pointed out the lixiviation of basis and nitrogen and the « horizontal » migration of iron and aluminium oxydes associated to solid eroded particles; silicium and organic matter are migrating principally in solution but also associated with solid eroded particles.

It seems that the impoorishment in fine particles (0 to 20 μ) of upper horizons (selective erosion and vertical leaching without localized accumulation) and lixiviation of basis and nitrogen by drainage water are prevailing actual pedogenesis.

INTRODUCTION

Un grand nombre de sols tropicaux présentent en surface un horizon appauvri en éléments fins (argile et limon), sans qu'il soit possible de mettre en évidence un enrichissement notable en profondeur (horizon B des sols lessivés classiques).

Afin de tenter un bilan des pertes physiques et chimiques par érosion, drainage oblique et vertical, des différents sites écologiques (depuis les sols ferrallitiques très désaturés jusqu'aux sols ferrugineux tropicaux), on a implanté depuis 1966 une dizaine de parcelles expérimentales sous végétation naturelle ou cultivée, sur une ligne N-S reliant Abidjan à Ouagadougou.

Le but de cette note est de rendre compte des résultats des mesures effectuées en 1967 et 1968 sous une forêt dense semi-décidue de la station de l'Institut Français du Café et du Cacao près de Divo, en moyenne Côte d'Ivoire.

1. LE MILIEU ET LE SOL

La station IFCC près de Divo est installée depuis 1954 dans une zone de vieille forêt secondaire dense humide semi-décidue à *Celtis* et *Triplochiton scleroxylon* (GUILLAUMET, 1968).

Le climat subéquatorial guinéen est caractérisé par l'alternance de deux saisons sèches et de deux saisons des pluies centrées sur juin et octobre, des précipitations de l'ordre de 1 750 mm, une température annuelle moyenne de 26 °C, et une humidité atmosphérique moyenne oscillant autour de 85 % (ROOSE et JADIN, 1969).

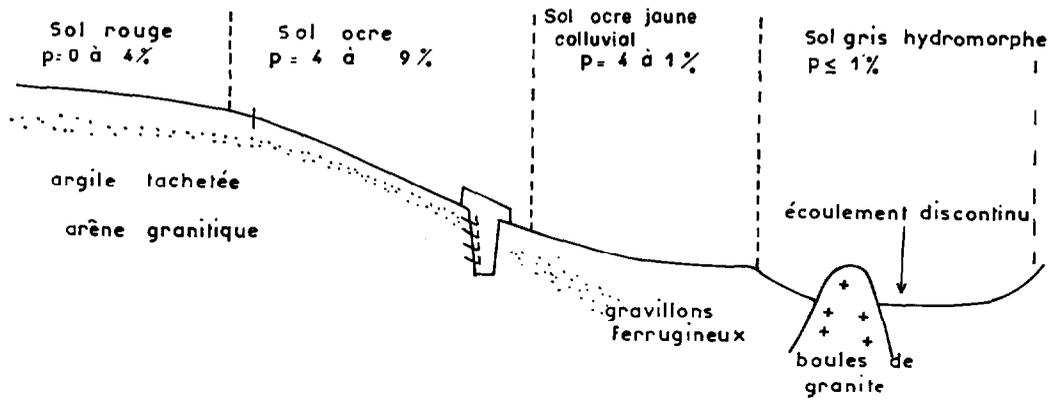


FIG. 1. — Schéma de la toposéquence de la parcelle expérimentale de mesure de l'érosion et du drainage oblique à la station IFCC près de Divo. Moyenne Côte d'Ivoire.

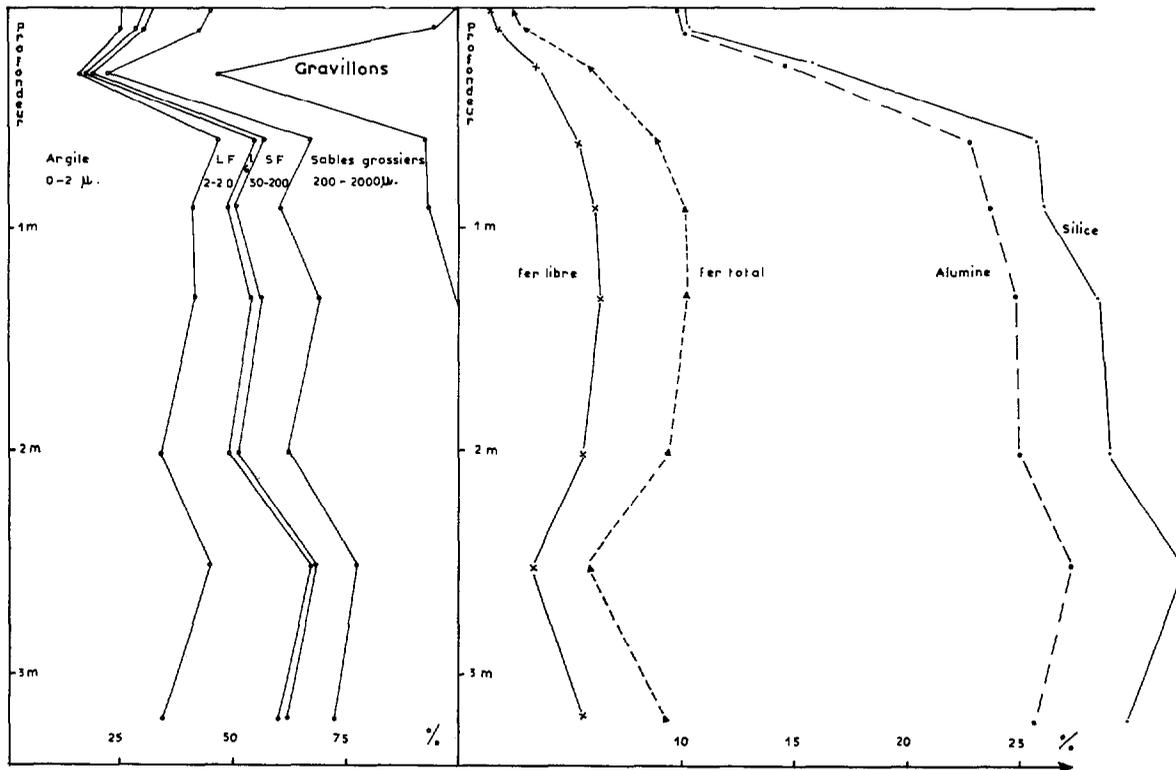


FIG. 2. — Variation dans le profil de la granulométrie et des teneurs en fer, silice et alumine (triacides) en fonction de la profondeur. Profil case ERLO-IFCC Divo. 1967.

Le paysage est mollement ondulé : il présente des pentes longues et pouvant atteindre 10 % au maximum.

Le sol est classé (AUBERT et SEGALEN, 1966) parmi les sols ferrallitiques moyennement désaturés remaniés modaux, faciès légèrement appauvri sur granito-gneiss.

Il est constitué (fig. 2 et 3) d'un mince horizon (10 cm) gris humifère sableux sillonné par un chevelu radiculaire très dense et reposant sur une nappe de petits gravillons ferrugineux très arrondis (60 %) qui gênent le développement en profondeur des grosses racines. Vers 45 cm, on passe graduellement à des horizons argileux de plus en plus riches en limons, de couleur brune puis brun-jaune, à taches rouges de plus en plus nombreuses (vers 1,45 m) progressivement dominées par les plages blanches dans l'arène granitique. Ce matériau se débite en éléments polyédriques moyens de plus en plus grossiers ; les racines y sont fort rares.

Le sol est relativement pauvre en matières organiques : moins de 1 % dès 20 cm de profondeur. Les teneurs en phosphore total (0,7 à 0,3 ‰) et en azote (3 à 0,5 ‰) sont moyennes en surface mais médiocres dès la nappe gravillonnaire. Le rapport C/N des 30 premiers cm est voisin de 10. La capacité d'échange en dessous de l'horizon humifère est de l'ordre de 4 à 5 mé/100 g de terre : l'argile est du type kaolinitique.

Le taux de saturation en bases atteint 60 à 80 % dans l'horizon humifère, mais tombe à 20 % sous la nappe gravillonnaire.

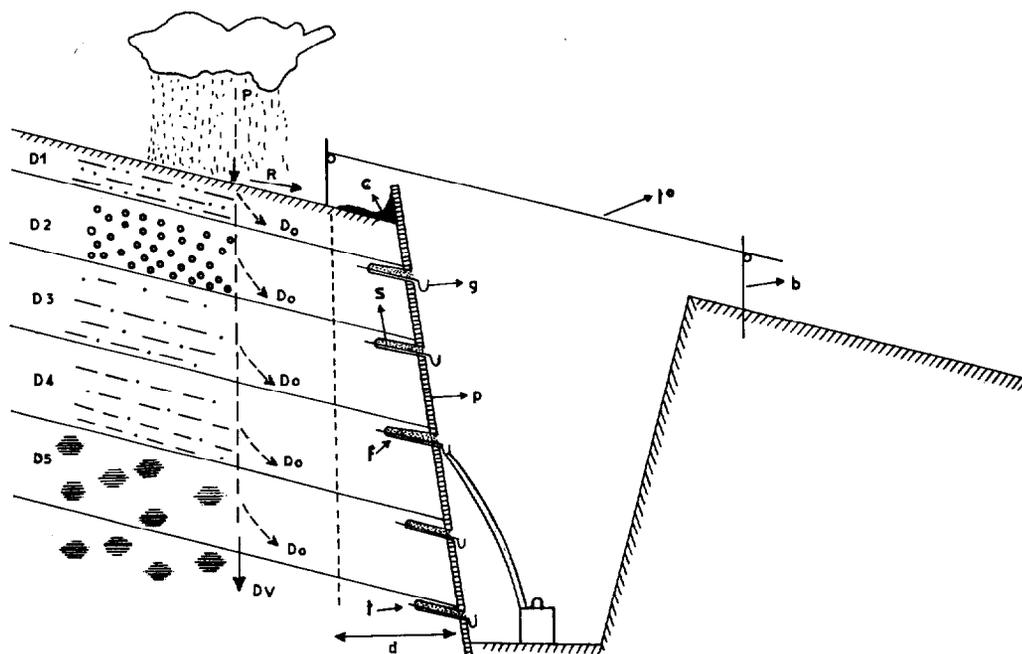


FIG. 3. — Schéma des mouvements de l'eau de gravité et d'une case de lessivage oblique. P : pluie ; R : ruissellement ; Dv : drainage vertical ; Do : drainage oblique ; D1, 2, 3, 4, 5 : horizons pédologiques ; C : canal de ruissellement ; g : gouttière ; t : tôle ; f : fente ; s : sable lavé ; d : tranche de sol protégée par le canal c et le toit t° ; b : bâti qui soutient le toit ; p : planche.

La courbe de répartition des fractions granulométriques met en évidence la superposition de deux matériaux : le niveau inférieur est franchement argileux (relativement plus riche en limon) et dérive du granite sous-jacent, le niveau supérieur est sableux et colluvionné sur une nappe gravillonnaire. Le rapport sable fin/sable grossier passe de 0,25 dans les horizons superficiels à 0,32-0,46 sous la nappe de gravillons.

2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Sur une pente de 9,5 %, on a délimité, à l'aide de tôles, un petit bassin versant de 228 m². Au bas de cette parcelle, une fosse de 2 m de front et de profondeur est creusée, stabilisée à l'aide de planches plastifiées, et recouverte d'un toit. Les échantillons d'eau qui circulent obliquement à l'intérieur du sol, y sont recueillis dans cinq gouttières disposées dans des fentes profondes de 20 cm creusées à la limite inférieure des horizons pédologiques (10, 40, 100, 150, 190 cm) et stockés dans des jerricans en plastique (fig. 3). Un canal couvert, long de 6 m, dirige les eaux de ruissellement vers des cuves de stockage (avec partiteur à 17 fentes) (fig. 4).

Un pluviographe à augets basculants disposé dans un endroit bien découvert à moins de 500 m de la parcelle nous donne la courbe de la hauteur de pluie cumulée en fonction du temps.

3. LES RÉSULTATS

3.1. LA PLUVIOSITÉ de 1967 (1 242 mm) a été la plus faible, et celle de 1968 (1 955 mm) la plus forte, des pluviosités annuelles enregistrées à la station météo de l'IFCC depuis son installation : les résultats délimiteront donc bien l'amplitude de variation des phénomènes étudiés.

Le dépouillement des pluviogrammes de 1968 montre que l'intensité maximale instantanée des précipitations peut atteindre 150 et même 240 mm/h pendant quelques minutes, mais elle dépasse rarement 60 mm/h durant une heure. Plus des 9/10 du temps, l'intensité est inférieure à 20 mm/h et ne cause donc presque aucun dégât d'érosion.

WISCHMEIER (1959) et SMITH (1962) ont défini un index d'érosivité « R » du climat comme étant la somme des produits de l'énergie cinétique des pluies unitaires par leur intensité maximale en 30 mn. Il a été estimé¹ à 567⁽²⁾ en 1967, et 1 029⁽²⁾ en 1968, soit environ 860⁽²⁾ pour une année de pluviosité moyenne. Cet indice est très élevé si on le compare aux valeurs mesurées aux USA où R varie de 150 à 850⁽²⁾. De plus,

1. Estimation d'après la relation indice d'érosivité fonction de la hauteur de pluie unitaire, établie grâce aux pluviogrammes de 1968 : elle devra être précisée par un plus grand nombre de points.

2. Cet indice est exprimé en unités américaines (pied, tonne/acre, pouce/heure) afin d'être directement comparable aux résultats publiés aux USA.

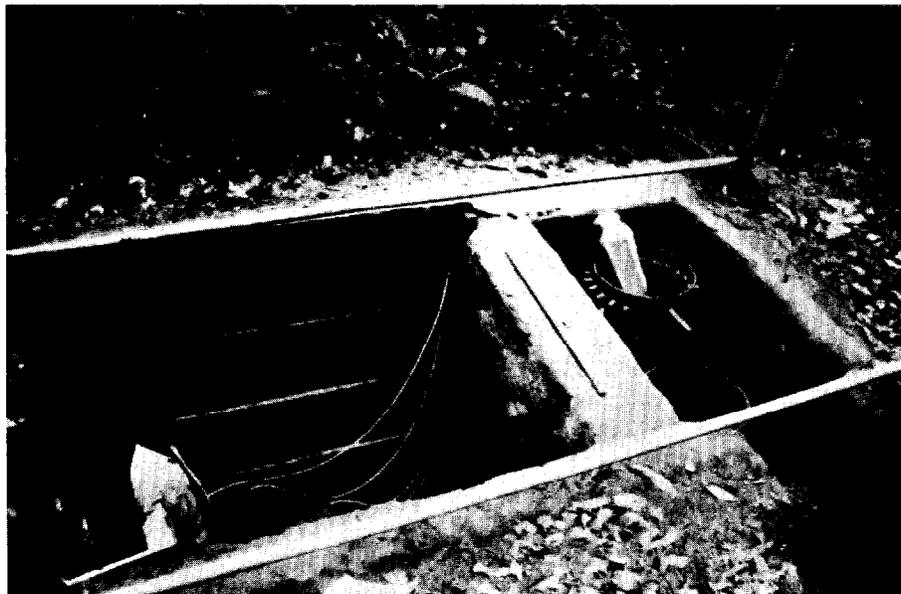


FIG. 4. — Photos de la parcelle et du dispositif de mesure de l'érosion, du ruissellement et du drainage oblique à la Station IFCC près de Divo. Moyenne Côte d'Ivoire.

Photos ROOSE

une courbe moyenne cumulative de répartition mensuelle de l'érosivité du climat (fig. 5) a été établie pour cette région : elle met en évidence les périodes critiques de l'année (mars à juin) durant lesquelles on a le plus de chances d'enregistrer des pluies érosives.

3.2. LE RUISSELLEMENT a atteint des coefficients de 0,5 % de la pluviosité annuelle en 1967, et 1,39 % en 1968, soit environ 1 % pour une année moyenne. Le coefficient maximal par pluie unitaire a été de 5,96 %.

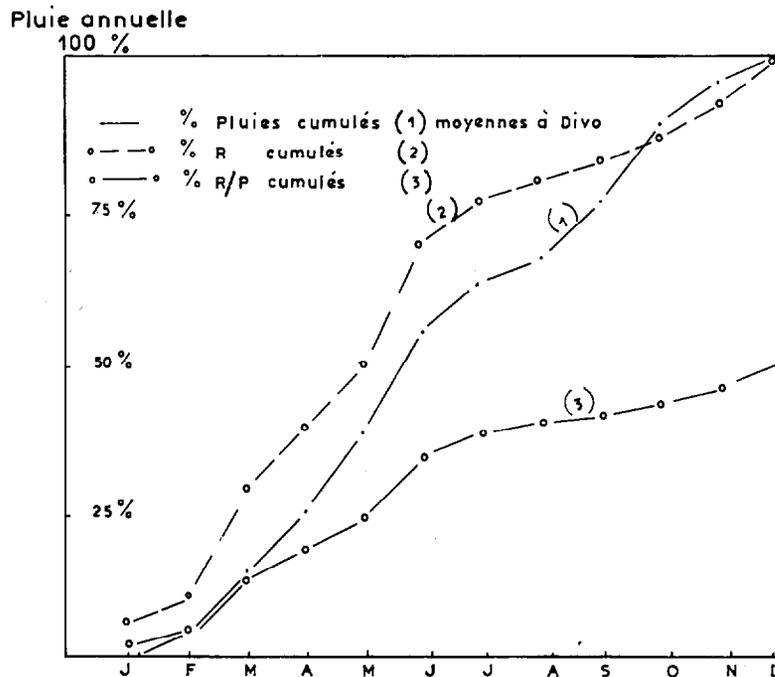


FIG. 5. — Répartition de la pluviosité et de l'index d'érosivité « R » en % cumulé au cours de l'année Moyennes à Divo (ASECNA)

3.3. L'ÉROSION sous forêt est presque toujours très faible (504 kg/ha à Divo en 1967 et 644 kg/ha en 1968) ; à ce rythme, il faudrait presque 3 000 ans pour décaper les dix centimètres de terre fine qui recouvrent la nappe gravillonnaire en l'absence de remontée par la microfaune. Notons cependant qu'à Adiopodoumé, en basse Côte d'Ivoire (pluie 2 100 mm), sur sables tertiaires, nous avons mesuré deux fois moins d'érosion sous une jeune forêt secondaire (plus touffue) malgré une pente trois fois plus forte. A Divo, plus de la moitié de l'érosion s'est effectuée sous forme de suspension : il s'agit d'une érosion en nappe qui transporte sur de longues distances des particules fines (érosion sélective). Les particules grossières sont entraînées sur de courtes distances et iront finalement se déposer sur les sols colluvionnaires de bas de pente.

3.4. LE DRAINAGE OBLIQUE dans la tranche de sol étudiée (1,90 m) est négligeable dans le cadre du bilan hydrique annuel : il n'a même pas atteint 1 ‰ des précipitations annuelles, et à peine 1,3 % d'une pluie unitaire.

Il s'est manifesté 8 fois en 1967 et 12 fois en 1968 sur 55 pluies de plus de 20 mm : c'est pourtant un phénomène naturel qui existe réellement dans les sols (mais à des intensités diverses) puisque à plusieurs reprises nous avons recueilli des dizaines de litres à certains niveaux.

Il semble qu'il s'agisse bien d'un « drainage oblique » classique, c'est-à-dire d'un écoulement qui tarit très rapidement après la fin de la pluie : il provient d'une diminution de la perméabilité du sol d'un horizon au suivant (ROOSE et JADIN, 1969).

L'intérêt de l'étude du drainage oblique résulte donc moins ici de l'aspect quantitatif que qualitatif : elle permet de se faire une idée des teneurs en colloïdes et en différents éléments chimiques des eaux de drainage s'écoulant dans chaque horizon étudié : on peut ainsi évaluer les migrations par drainage vertical dans les différents horizons.

3.5. LES RÉSULTATS ANALYTIQUES¹ des eaux de ruissellement et de drainage oblique sont résumés dans le tableau 1.

TABLEAU 1

	Valeurs fréquentes		Moyennes pondérées	
	Ruissellement	Drainage oblique	Ruissellement	Drainage
Température	22 à 24	21 à 23	23	22
pH	6,5 à 7,2	6,6 à 7,5	6,92	7,33
Résistivité	9 000 à 18 000	1 000 à 5 000	15 096	4 079
Ca mg/l	6 à 12	15 à 25	8,18	17,69
Mg —	1,2 à 3	10 à 20	1,78	13,81
K —	3 à 10	20 à 40	4,71	36,10
Na —	0,4 à 2	8 à 30	1,26	12,97
C mg/l	5 à 30	5 à 35	15,74	16,90
N-total	5 à 20	10 à 30	11,40	18,22
N-NH ₄ mg/l	0,1 à 1,5	0,1 à 20	0,73	0,67
N-NO ₃ —	0,5 à 4	1 à 17	2,74	7,90
PO ₄ —	0,1 à 3	0,1 à 1,5	0,93	0,34
Fe ₂ O ₃ mg/l	0,3 à 2	0,3 à 1,5	1,12	0,50
Al ₂ O ₃ —	0,1 à 1,5	0,2 à 1	0,84	0,43
SiO ₂ —	2 à 13	8 à 24	9,04	16,66

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes par litre excepté la température (degrés centigrades) le pH et la résistivité (ohm-centimètres).

La moyenne pondérée est la somme des produits des concentrations par les volumes de chaque échantillon, somme divisée par la somme des volumes.

Les valeurs trouvées pour les eaux de drainage sont beaucoup plus dispersées que pour les eaux de ruissellement.

Les « valeurs fréquentes » sont celles que l'on trouve le plus souvent à l'analyse des eaux.

1. Les nombreuses analyses d'eau et de terre ont été réalisées au laboratoire central du Centre ORSTOM de Côte d'Ivoire à Adiopodoumé sous la direction de M. NALOVIC, puis, à son départ, de M. GOUZY. Qu'ils trouvent ici nos remerciements.

La température des eaux est très constante (± 23 °C).

Le pH reste près de la neutralité ; un peu plus acide pour le ruissellement qui est chargé en matières organiques que pour le drainage.

Les résistivités sont faibles surtout pour le drainage : les eaux sont donc relativement fort chargées.

Les teneurs en bases des eaux de drainage sont nettement plus fortes que celles des eaux de ruissellement. Elles baissent sensiblement lorsque le volume des écoulements augmente. Si donc on apporte des cations solubles (engrais), ils seront facilement entraînés. C'est le potassium qui est entraîné en plus forte quantité puis le magnésium et le calcium. Le sodium est presque absent du complexe absorbant du sol : il a été lixivié au niveau de l'altération de la roche mère. Les eaux de ruissellement et de drainage sont riches en matières organiques (carbone et azote) : elles contribuent à redistribuer dans le profil pédologique et tout au long de la séquence topographique les produits de l'humification de la litière. 20 à 50 % de l'azote total des eaux de drainage sont minéralisés, dont les 9/10 sous forme de nitrate. Les formes nitriques et organiques de l'azote sont donc très facilement lixivées par les eaux.

Le phosphore présente toujours des teneurs très faibles dans les eaux : il serait vite insolubilisé par les matières organiques, puis par le fer libre du sol.

Les teneurs en silice sont quatre à dix fois plus élevées que les teneurs en fer et alumine, ce qui reflète bien le caractère ferrallitique de l'évolution pédogénétique.

3.6. APPAUVRISSEMENT EN ARGILE ET LIMON

La comparaison des granulométries des terres érodées (terre grossière + terre en suspension) et du sol en place (0-10 cm) montre qu'une sélectivité très importante se développe dans l'érosion des matières organiques, des argiles et des limons fins (0 à 20 μ). Par contre, dans les terres grossières (sables et agrégats), le taux d'argile est plus faible que dans le sol en place mais on ne constate que peu de variation (0,28 à 0,25) du rapport sable fin/sable grossier donc peu de classement dans les éléments lourds charriés. Donc le rapport SG/SF relativement plus élevé dans les horizons supérieurs que dans les horizons situés sous la nappe gravillonnaire ne peut s'expliquer par une érosion sélective actuelle des sables fins en même temps que de l'argile et des limons.

Aucune détermination de la charge colloïdale n'a pu être effectuée. Cependant, d'avance on peut prévoir que le lessivage oblique est peu important (drainage oblique $\neq 1$ ‰) : il n'en va pas de même du lessivage vertical qui fera l'objet d'expérimentations ultérieures.

3.7. SCHÉMA DE BILAN HYDRIQUE

En vue de fixer les ordres de grandeur, on a tenté un bilan hydrique schématique (fig. 6) selon la formule :

$$\text{Pluie} = \text{Ruissellement} + \text{Drainage} + \text{E.T.R.} \pm \text{variation stock d'eau du sol.}$$

Les variations du stock d'eau du sol ont été négligées, car elles se compensent plus ou moins d'une année à l'autre. L'évapotranspiration réelle décadaire a été définie comme étant la plus grande fraction de l'E.T.P. compatible avec l'eau susceptible de s'évapotranspirer (pluies décadaires, moins ruissellement,

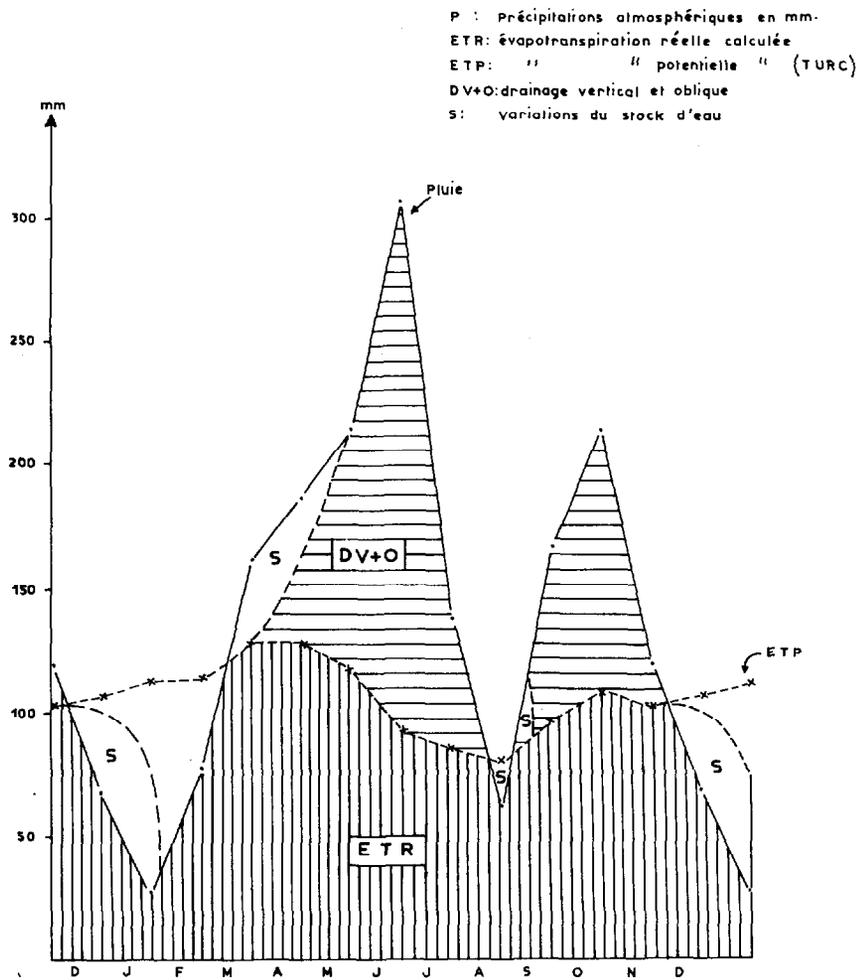


FIG. 6. — Schéma de bilan hydrique d'une parcelle sous forêt dense. Station IFCC près de Divo (Moyenne Côte d'Ivoire). Précipitations (ASECNA) ; ETP « Turc » (ELDIN et DAUDET 1967). Moyennes 1959/1968.

plus stock d'eau du sol). Dans ces conditions on a trouvé que, pour une année de pluviosité moyenne de 1 748 mm, l'E.T.R. est de l'ordre de 63 % et le drainage vertical d'environ 36 %. Notons que le drainage calculé suivant la formule de Hénin et Aubert est de 45 %, soit 140 mm de plus si on adapte un coefficient de texture « b » égale à 1.

Or il faudrait encore soustraire au drainage 100 à 150 mm correspondant aux variations du stock d'eau du sol durant les saisons sèches, car le sol doit être ramené à la capacité de rétention au début des saisons des pluies avant que ne débute le drainage (fig. 6).

L'influence de la pente sur ce bilan hydrique est relativement faible. HUDSON (1957) avait déjà remarqué en Rhodésie qu'au-delà d'un certain seuil de pente, le ruissellement n'augmentait plus guère. A Adiopodoumé sur sol nu, nous observons des ruissellemens très voisins pour des pentes de 5, 7 et 28 %.

Par contre la couverture végétale a une influence déterminante. Le ruissellement ne dépasse guère 1 à 2 % sous forêt, comme d'ailleurs sous n'importe quelle couverture suffisamment dense (2 cm de paillis suffisent) (FOURNIER, 1967 - ROOSE, 1967). Par contre, sous une culture couvrant mal le sol (manioc, maïs, etc.) le ruissellement peut dépasser 20 % des précipitations annuelles. Dans ce cas, l'E.T.R. baisse de 63 à 60 % et le drainage de 36 à 20 %.

On voit donc que si l'augmentation du ruissellement entraîne l'assèchement du milieu écologique en saison sèche (baisse de l'E.T.R. et de la production de matière verte) elle provoque surtout une diminution importante du drainage, les trois-quarts du ruissellement ayant lieu en saison des pluies.

3.8. ESSAIS DE BILAN DES PERTES CHIMIQUES

Partant du bilan hydrique ci-dessus et des résultats analytiques des terres et des eaux, nous avons dressé un tableau récapitulatif des pertes par érosion, par drainage oblique (mesurés) et par drainage vertical estimé (tableau 2).

TABLEAU 2

ESSAIS DE BILAN DES PERTES CHIMIQUES PAR ÉROSION, DRAINAGE OBLIQUE ET VERTICAL SOUS FORÊT DENSE SEMI-DÉCIDUE. STATION IFCC PRÈS DE DIVO (CÔTE D'IVOIRE) SUR GRANITO-GNEISS. MOYENNES DES CAMPAGNES 1967-1968.

	Erosion kg/ha an	Drainage oblique kg/ha an	Drainage vertical kg/ha an	Total kg/ha an	Charge solide %	Charge soluble %
CaO	4,024	0,419	151,400	155,843	1,3	98,7
MgO	0,989	0,391	141,300	142,680	0,3	99,7
K ₂ O	1,664	0,862	311,400	313,926	0,2	99,8
Na ₂ O	0,339	0,255	92,100	92,694	0,1	99,9
C	40,879	0,288	104,200	145,367	25,8	74,2
N	4,807	0,336	121,500	126,643	2,2	97,8
P ₂ O ₅	1,030	0,011	3,800	4,841	16,1	83,9
Fe ₂ O ₃	31,356	0,010	3,540	34,906	89,2	10,8
Al ₂ O ₃	54,503	0,007	2,530	57,040	95,3	4,7
SiO ₂	59,845	0,272	98,240	158,357	36,8	63,3

Il en ressort que les pertes par érosion et drainage obliques sous forêt semi-décidue sont faibles par rapport aux pertes par drainage vertical estimé. Les premières correspondent à :

- 6 à 22 kg/ha de dolomie à 30 % de chaux et 20 % de magnésie,
- 7 à 15 kg de chlorure de potasse à 20 % de potasse,
- 200 à 400 kg de fumier frais à 13 % de carbone,
- 15 à 32 kg de sulfate d'ammoniaque à 21 % d'azote,
- 4 à 7 kg de superphosphate à 18 % de P₂O₅.

Les bases et l'azote migreraient presque exclusivement sous forme soluble, de même qu'une bonne partie de la silice et du carbone. Le fer et l'alumine par contre resteraient sous forme solide.

Il est évident que, si l'on venait à défricher la forêt et à cultiver ces sols, les pertes par érosion seraient d'autant plus élevées que le sol est mal couvert et les proportions des pertes par érosion ou par drainage seraient considérablement modifiées.

3.9. LIXIVIATION DES ENGRAIS

Nous n'avons effectué aucune expérimentation de fertilisation à Divo en 1967-68, mais les résultats analytiques que nous venons de présenter très succinctement et les observations faites sous bananeraie irriguée et fertilisée à Azaguié (GODEFROY, ROOSE et MULLER, 1969) confirment la rapidité de la lixiviation par les eaux de drainage, non seulement de l'azote (sous forme organique ou nitrique) et de la potasse, mais aussi de la chaux et de la magnésie. Seuls les phosphates rapidement insolubilisés pourraient faire l'objet d'une fumure de fond.

Pour le reste de la fumure, il faudrait sous ce type de climat très humide s'occuper moins du sol, qui n'a qu'une très faible capacité de rétention des bases, que de la plante, c'est-à-dire qu'il faut lui fournir de nombreuses petites doses (4 à 6 pour les cultures arbustives) durant les périodes de forte croissance végétative (forte activité des racines). Le problème de l'amélioration du pH des sols est une question délicate (prix de revient) sous ces climats où une pluviosité annuelle de 1 800 mm suffit à faire disparaître chaque année 1 300 kg/ha de dolomie à 30 % de CaO et 20 % de MgO. Notons enfin que, plus on apporte d'éléments fertilisants solubles au sol, plus les teneurs en ces éléments dans les eaux de drainage seront élevées, et plus on perdra des engrais dans ce type de sol bien drainant à faible capacité d'échange de bases.

4. CONCLUSIONS

Après deux années de mesure de la pluviosité, de l'érosion, du ruissellement et du lessivage oblique sur une parcelle située sous forêt dense semi-décidue près de Divo (Moyenne Côte d'Ivoire) on peut dégager les conclusions suivantes concernant la pédogenèse actuelle :

1. *Le ruissellement* est peu important dans le cadre d'un bilan hydrique annuel sous forêt dense ($\pm 1\%$).

2. *L'érosion* décape peu l'horizon humifère superficiel, mais entraîne préférentiellement les matières organiques et les particules fines (argile et limons). Si l'érosion en nappe explique en partie l'appauvrissement en éléments fins (A + L) des horizons supérieurs, il ne semble pas que les sables fins soient plus entraînés que les sables grossiers. Donc la proportion SG/SF plus élevée en surface que sous la nappe gravillonnaire ne peut s'expliquer par une érosion sélective entraînant un certain tri des sables. La nappe gravillonnaire et les colluvions susjacentes seraient donc des matériaux allochtones anciens.

Si le climat s'avère très érosif, la protection du sol par la forêt est extrêmement efficace.

3. *Le drainage oblique* existe, mais il est négligeable dans le cadre d'un bilan annuel. Ce qui trompe l'observateur, c'est qu'il peut se manifester de façon assez spectaculaire à l'occasion de l'un ou l'autre événement pluvial durant lequel l'eau peut gicler du sol dans une tranchée par des canalicules pouvant dépasser une dizaine de millimètres (ancienne racine, etc.).

4. Un schéma de bilan hydrique de la parcelle fait apparaître que pour une pluviosité annuelle moyenne de 1 750 mm, on peut compter sur 500 à 650 mm d'eau drainant à travers tout le profil. Le drainage vertical fera donc l'objet de mesures ultérieures plus précises, mais on peut déjà avancer qu'il joue probablement un rôle important dans la lixiviation des bases (moins qu'en basse Côte d'Ivoire) et dans l'appauvrissement en colloïdes des horizons superficiels.

5. Le bilan des pertes chimiques montre que le fer et l'alumine migrent « horizontalement » sous forme solide liée aux particules fines entraînées par érosion, tandis que les bases et l'azote sont lixiviés par les eaux de drainage sous forme soluble. La silice et le carbone participent aux deux types de migration.

Le caractère ferrallitique de la pédogenèse actuelle est bien marqué par la présence de 4 à 10 fois plus de silice que de fer et d'alumine dissous dans les eaux.

Dans le site écologique naturel étudié (à savoir pluviosité de 1 750 mm, couverture végétale forestière dense, pente 9,5 %, sol ferrallitique remanié), la pédogenèse ferrallitique actuelle évolue :

1° par appauvrissement en colloïdes des horizons superficiels (érosion sélective et probablement lessivage vertical) et

2° par lixiviation des bases et de l'azote (drainage vertical) compensé d'une année à l'autre par les apports de la litière et les remontées biologiques (vers de terre).

Tant que la couverture végétale reste dense, la pente intervient peu par elle-même, mais si on installe des cultures qui ne couvrent que médiocrement le sol, celui-ci risque d'évoluer fort différemment : décapage de l'horizon humifère, mise à nu des gravillons et durcissement probable des horizons sous-jacents riches en argile et en fer ; augmentation du ruissellement, diminution du drainage vertical et dessèchement du pédoclimat.

Manuscrit déposé le 29 octobre 1970

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), HENIN (S.), 1945 — « Relations entre le drainage, la température et l'évolution des sols ». *C.R. Acad. Sci.*, 220, pp. 330-332.
- AUBERT (G.), SEGALIN (P.), 1966 — Projet de classification des sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. IV, n° 4, pp. 97-112.
- ELDIN (M.), DAUDET (A.), 1967 — Notice des cartes climatologiques de Côte d'Ivoire. Carte 1 : déficits hydriques cumulés et durée de la saison sèche. Carte 2 : données pluviométriques. ORSTOM, Adiopodoumé, 18 p. *multigr.*
- FOURNIER (F.), 1967 — La recherche en érosion et conservation des sols dans le continent africain. *Sols africains*, XII, n° 1, pp. 5-32.
- GODEFROY (J.), MULLER (M.), ROOSE (E.-J.), 1970 — Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de Basse Côte d'Ivoire : bilan de trois années. *Fruits* vol. 25, n° 6, pp. 403-423.
- GUILLAUMET (J.-L.), 1968 — La végétation de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, 116 p. *multigr.*, 118 réf., 6 cartes, 6 tableaux.
- HUDSON (N.-W.), 1957 — « Soil erosion and tobacco growing ». *Rhodes. agric. j.*, vol. 54, n° 6, pp. 547-555.
- ROOSE (E.-J.), 1967 — « Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures ». Colloque sur la fertilité des sols tropicaux : Tananarive 19-25/11/1967. IRAT, Paris, Communication n° 113, t. 2, pp. 1385-1404, 3 tableaux, 14 photos, 21 références.
- ROOSE (E.-J.), 1968 — « Un dispositif de mesure du lessivage oblique dans les sols en place ». *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, VI, n° 2, pp. 235-249, 21 références, 4 figures.
- ROOSE (E.-J.), JADIN (P.), 1969 — Erosion, ruissellement et drainage oblique sur un sol à cacao de Moyenne Côte d'Ivoire. Station IFCC, près de Divo. 1. Milieu, dispositif et résultats des campagnes 1967-1968. ORSTOM-IFCC, Abidjan, 77 p. *multigr.*, 23 tableaux, 15 figures, 154 références.
- SMITH (D.-D.), WISCHMEIER (W.-H.), 1962 — « Rainfall Erosion ». *Adv. agron.*, vol. 14, pp. 109-148.
- WISCHMEIER (W.-H.), 1959 — « A rainfall erosion index for a universal soil loss equation ». *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23, pp. 246-249.

TABLEAU 3

ANNEXE

RÉSULTATS ANALYTIQUES DU PROFIL DE LA CASE DE MESURE DE L'ÉROSION ET DU DRAINAGE OBLIQUE
DE LA STATION IFCC PRÈS DE DIVO (BRABODOUGOU). 1967

Profondeur en cm	0-1	1-10	20-30	50-65	80-100	125-135	175-200	240-260	300-320
BASES ÉCHANGEABLES mé% gr.									
Ca	11,07	1,95	0,91	1,11	0,28	0,13	0,08	0,10	0,10
Mg	2,90	1,60	0,68	0,65	0,66	0,65	0,33	0,18	0,17
K	0,30	0,03	0,04	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Na	0,05	0,04	0,06	0,03	0,04	0,08	0,04	0,06	0,17
S	14,32	3,62	1,69	1,82	0,99	0,88	0,47	0,36	0,48
T	21,80	4,09	4,15	5,24	4,73	4,38	3,85	4,67	4,23
V	65,6	88,5	40,7	34,7	20,9	20,0	12,2	7,7	11,3
pH	5,1	6,6	5,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,2	5,6
BASES TOTALES mé % gr.									
Ca	14,25	2,72	1,28	1,26	0,53	0,21	0,86	0,53	0,49
Mg	5,02	4,32	2,84	2,58	1,68	2,02	1,28	2,04	2,08
K	0,86	0,59	0,58	0,30	0,31	0,28	0,16	0,43	0,33
Na	0,43	0,52	0,55	0,37	0,32	0,37	0,15	0,37	0,37
Somme	20,56	8,15	5,25	4,51	2,84	2,88	2,45	3,37	3,27
P ₂ O ₅ total ‰	0,73	0,29	0,54	0,32	0,22	0,92	0,31	0,27	0,48
C ‰	69,22	6,04	4,36						
M.O. ‰	119,4	10,4	7,5						
N ‰	3,49	0,57	0,42						
C/N	19,9	10,5	10,4						
C humifié %	8,05	16,72	25,69						
TRIACIDE %									
SiO ₂ total	10,15	10,13	15,87	25,86	27,08	28,51	29,15	32,25	29,66
Al ₂ O ₃ —	9,03	9,48	14,54	22,95	23,71	24,94	25,30	27,51	25,85
Fe ₂ O ₃ —	2,42	2,82	5,80	8,90	10,10	10,15	9,40	5,72	9,32
Fe ₂ O ₃ libre	1,53	1,76	3,59	5,41	6,18	6,39	5,83	3,26	5,83
TiO ₂ total	0,59	0,62	0,68	0,82	0,80	0,85	0,71	0,94	0,78
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,91	1,81	1,85	1,91	1,94	1,94	1,95	1,99	1,95
GRANULOMÉTRIE									
Argile	24,5	26,0	34,7	50,0	43,5	40,9	33,3	44,0	32,3
Limon	5,3	3,7	3,4	8,4	8,4	12,4	15,1	22,1	25,3
Limon grossier	1,4	1,4	1,3	1,9	1,4	2,3	1,6	0,8	0,9
Sable fin	12,3	13,2	9,4	11,3	11,1	12,2	10,7	9,0	12,1
Sable grossier	53,7	52,4	50,1	26,9	34,1	28,2	36,6	21,1	25,9
Refus		4,4	53,3	6,9	6,9				
Perméabilité K cm/h	49,00	1,64	1,05	5,56	4,79	3,05	2,49	1,76	1,25
Instabilité Structurale : I _s	0,10	5,58	2,77	2,83	2,27	2,57	2,78	5,11	4,37
pF 4,2	21,13	8,71	12,68	21,37	20,08	13,18	14,24	19,02	15,39
pF 3,0	21,19	11,54	15,80	25,39	25,39	24,77	25,90	31,22	29,88
pF 2,5	23,92	12,69	19,30	27,74	27,40	29,50	30,53	34,92	35,68
pF 2,0	24,63	29,74	32,15	34,66	37,67	38,59	39,25	44,37	46,26