

PÉDOLOGIE. — *Modifications fondamentales de la dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux d'Afrique occidentale sous l'influence de la mise en culture.* Note (*) de **Éric J. Roose, Roger Fauck, François Lelong et Georges Pédro**, présentée par Georges Millot.

L'étude des transferts de matière par bilans géodynamiques dans différents écosystèmes naturels « sol-végétation » d'Afrique de l'Ouest a été étendue à des parcelles de sols cultivés. On met ainsi en évidence l'augmentation considérable des pertes de matière, essentiellement par érosion superficielle, par rapport au milieu naturel et le basculement de la dynamique actuelle du sol : essentiellement lente et verticale sous couvert végétal naturel, celle-ci devient très rapide et latérale en milieu cultivé.

The study of geodynamical balances and mass transfers in several natural soil-greencover ecosystems of West Africa, has been extended to cultivated plots. The enormous increase of losses, essentially by superficial erosion, resulting from the agricultural use of the soil, and the complete change of the present day soil evolution are emphasized: essentially slow and vertical in natural ecosystems, the soil dynamics become quick and lateral in cultivated plots.

I. INTRODUCTION. — Dans une Note précédente [1], nous avons été amenés à souligner l'importance des *transports solides* dans la dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux d'Afrique occidentale évoluant sous couvert végétal naturel.

Les mesures effectuées dans le cadre d'un programme de l'Office de la Recherche scientifique et technique Outre Mer (O.R.S.T.O.M.) sur des parcelles expérimentales représentatives des principaux écosystèmes « sol-végétation » de la zone intertropicale (forêt et savane) ont porté également sur des parcelles mises en culture : cultures annuelles (Maïs, Sorgho) ou plantations tropicales (Banancier, Ananas et Hévéa). Les huit stations étudiées sont réparties depuis la zone forestière de la basse Côte-d'Ivoire (près d'Abidjan) jusqu'à la zone présaharienne (région de Ouagadougou, Haute-Volta).

Chaque station était équipée d'une série de dispositifs de mesures (pluviomètres, lysimètres, cases d'érosion et de lessivage oblique) permettant de chiffrer les divers écoulements d'eau (pluies, ruissellement, drainage vertical, drainage oblique) et de prélever des échantillons en vue de déterminer la charge solide et en solution de ces eaux. En outre, les

TABLEAU I

Caractéristiques écologiques des secteurs étudiés.

Stations	Climat		ETP annuelle (mm)	Végétation naturelle	Géomorphologie	Sol	Roche mère
	Pluies annuelles (mm)	T(°C)					
Adiopodoumé. Basse Côte-d'Ivoire.	2 150	Subéquatorial 26,2°	1 250	{ Forêt dense secondarisée	Plateau incisé pente jusqu'à 65 %	Ferrallitiques très désaturés	Sables tertiaires
Korhogo Côte-d'Ivoire septen- trionale.	1 350	Tropical de transition 27,0°	1 660				
Ouagadougou. (parcelle de Gonsé) Haute-Volta	860	Tropical pur 28,1°	1 905	{ Savane	{ Croupes résiduelles et très longs glacis pente 1 %	{ Ferrugineux tropicaux	Granites

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 29183. ex 1

Cote : B

transferts de matière dûs aux agents biologiques ont été évalués par cubage sur le terrain des édifices fabriqués par ces agents (turricules de Vers de terre, termitières...) et par analyse chimico-minéralogique de ces édifices. L'importance des litières (chutes annuelles de feuilles et de débris végétaux) a été également quantifiée.

Le protocole des mesures et la méthode utilisée pour établir les bilans géodynamiques des huit stations étudiées ont été exposés ailleurs en détail [2]. On se contentera ici de présenter les bilans géodynamiques des trois stations bioclimatiquement contrastées (Adiopodoumé, près d'Abidjan; Korhogo au nord de la Côte-d'Ivoire; Gonsé près de Ouagadougou), dont la dynamique actuelle sous végétation naturelle a été analysée antérieurement [1], afin de mettre en évidence l'impact de la mise en culture sur l'évolution pédologique. Les conditions écologiques des trois secteurs étudiés sont rappelées dans le tableau I.

II. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION. — Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux II et III. Le tableau II présente les différents termes — gains et pertes — des bilans géodynamiques des trois stations retenues et fait ressortir, pour chaque station, le *contraste* entre le milieu naturel et le milieu cultivé. Le tableau III indique, pour chaque écosystème, les tonnages impliqués dans les « cycles internes » annuels ou stockés au sein de l'écosystème.

La signification des nombres des colonnes 1, 4, 5, 7 et 8 est la suivante :

- premier nombre : éléments organophiles (C, N, P);
- second nombre : éléments basiques (Na, K, Ca, Mg);
- troisième nombre : sesquioxides (SiO_2 combiné, Al_2O_3 , Fe_2O_3);
- dernier nombre : matière totale (organique et minérale).

La différence entre la matière totale et les trois premiers nombres résulte soit des anions non reportés (SO_4 , Cl, HCO_3), soit de minéraux résiduels inertes (quartz, oxydes de fer..., cf. colonne 4), soit de l'eau de constitution (cf. colonne 8).

Notons que l'écosystème est défini ici comme la tranche de 2 m d'épaisseur de sol, plus la végétation qu'elle porte; les chutes de feuilles et les remontées biologiques peu profondes sont donc incluses dans les « cycles internes », mais non les remontées biologiques profondes — venant de plus de 2 m — qui sont comptées comme gains.

1. *Effet de la mise en culture sur les transferts de matières.* — On constate immédiatement que les bilans (tableau II) qui étaient essentiellement équilibrés sous végétation naturelle (pertes annuelles du même ordre de grandeur que les gains annuels) basculent à la suite de la mise en culture; le déséquilibre est dû alors essentiellement à l'augmentation énorme des pertes solides par érosion superficielle, qui sont 50 à 1 000 fois plus fortes que sous végétation naturelle. Les matières solides transportées en suspension dans les eaux de drainage n'ont pas été régulièrement mesurées sous parcelles cultivées, mais l'importance de cette forme de transfert devient secondaire face à l'écrasante prépondérance de l'érosion. En conséquence, la part des transports solides est fortement accrue par rapport au milieu naturel : elle atteint 89 % à Adiopodoumé, 97 % à Korhogo et 99 % à Gonsé, contre 62, 88 et 96 % respectivement dans un milieu naturel. Les autres termes du bilan sous cultures varient peu par rapport au milieu naturel, sinon la sensible augmentation des transports en solution dans les eaux de ruissellement par suite des apports de fertilisants chimiques.

Les « cycles internes » (tableau III) sont également fortement modifiés par la mise en culture. Les résidus de culture varient d'une culture à l'autre, mais restent d'un ordre de grandeur comparable aux retombées végétales naturelles, à condition que ces résidus (pailles, fanes...) ne soient pas exportés; par contre, les transferts biologiques, quoique non quantifiés, semblent être considérablement diminués.

TABLEAU II

Bilans géodynamiques comparés de parcelles couvertes de végétation naturelle et de parcelles cultivées, dans trois stations d'Afrique de l'Ouest.

PLANCHE I

	Gains annuels			Pertes annuelles						Pertes en solution (%)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
	Pluies	Fertilisants chimiques	Transferts biologiques profonds (a)	Érosion de surface (transport solide)	Érosion de surface (transport en solution)	Drainage profond (transport solide) (b)	Drainage profond (transport en solution)	Exportation par les récoltes	Pertes totales	
Adiopodoumé : Forêt	$\left\{ \begin{array}{l} 5,9 \\ 6,9 \\ 17,2 \\ \hline 32,2 \end{array} \right\}$	0	Importants	$\left\{ \begin{array}{l} 1,4 \\ 0,03 \\ 1,5 \\ \hline 5,0 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,2 \\ 0,15 \\ 0,05 \\ \hline 0,7 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ - \\ \hline 103,0 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 10,5 \\ 17,1 \\ 7,3 \\ \hline 64,6 \end{array} \right\}$	0	173	38
Adiopodoumé : Maïs	$\left\{ \begin{array}{l} 5,9 \\ 6,9 \\ 17,2 \\ \hline 32,2 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} N 12,0 \\ P 2,0 \\ K 3,6 \end{array} \right\}$	Faibles	$\left\{ \begin{array}{l} 197,3 \\ 12,0 \\ 852,0 \\ \hline 9,000 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 10,7 \\ 5,4 \\ 2,4 \\ \hline 32,7 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ ? \\ \hline - \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 5,8 \\ 17,2 \\ 3,8 \\ \hline 64,2 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 126,3 \\ 1,7 \\ 0,5 \\ \hline 300 \end{array} \right\}$	9,396	11
Korhogo : Savane	$\left\{ \begin{array}{l} 2,8 \\ 3,3 \\ 1,2 \\ \hline 17,3 \end{array} \right\}$	0	Moyens	$\left\{ \begin{array}{l} 0,6 \\ 0,03 \\ 5,5 \\ \hline 10 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,3 \\ 0,17 \\ 0,15 \\ \hline 1,2 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ - \\ \hline 102,6 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,9 \\ 4,0 \\ 2,1 \\ \hline 14,3 \end{array} \right\}$	0	127	12
Korhogo : Maïs	$\left\{ \begin{array}{l} 2,8 \\ 3,3 \\ 1,2 \\ \hline 17,3 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} N 9,0 \\ P 2,0 \\ K 7,0 \end{array} \right\}$	Faibles	$\left\{ \begin{array}{l} 7,0 \\ 1,6 \\ 19,4 \\ \hline 550 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 1,5 \\ 1,3 \\ \hline 9 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ ? \\ \hline - \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,7 \\ 1,1 \\ 1,3 \\ \hline 9,3 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 104,4 \\ 0,7 \\ 0,2 \\ \hline 200 \end{array} \right\}$	768	3
Ouagadougou : Savane (parcelle de Gonsé)	$\left\{ \begin{array}{l} 1,9 \\ 2,4 \\ 0,6 \\ \hline 11,8 \end{array} \right\}$	0	Moyens	$\left\{ \begin{array}{l} 0,95 \\ 0,1 \\ 5,2 \\ \hline 15 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,14 \\ 0,17 \\ 0,1 \\ \hline 0,5 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ - \\ \hline 14,3 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,16 \\ 0,22 \\ 0,15 \\ \hline 0,7 \end{array} \right\}$	0	30	4
Ouagadougou : Sorgho (parcelle de Saria)	$\left\{ \begin{array}{l} 1,9 \\ 2,4 \\ 0,6 \\ \hline 6,7 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} N 9,7 \\ P 2,2 \\ K 5,0 \end{array} \right\}$	Faibles	$\left\{ \begin{array}{l} 16,4 \\ 5,7 \\ 260,0 \\ \hline 730 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ 2,0 \\ 0,7 \\ \hline 7 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ ? \\ \hline - \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,19 \\ 0,51 \\ 0,34 \\ \hline 1,1 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 94,6 \\ 1,0 \\ 1,2 \\ \hline 200 \end{array} \right\}$	938	1

Tous les nombres sont exprimés en tonne par kilomètre carré sauf ceux de la colonne 10.

Ces bilans portent sur la tranche de 2 m de sol superficielle et sur la végétation annuelle qui s'y développe.

(a) Ces transferts correspondent à des remontées de terre provenant de plus de 2 m de profondeur.

(b) Valeurs obtenues d'après la charge moyenne en fractions fines et colloïdes, contenue dans les eaux de drainage oblique, prélevées vers 1,50 m de profondeur.

Signification du tableau II (voir paragraphe II).

ERIC J. ROOSE

Au total, l'exploitation agricole perturbe profondément la dynamique naturelle des sols, en entraînant l'augmentation massive des pertes et en réduisant l'intensité des cycles biologiques internes (fig.); les stocks de matière immobilisés dans le sol ne peuvent alors que diminuer et la diminution est très nette au bout de quelques années, notamment en ce qui concerne la matière organique et les éléments nutritifs (à moins que la fertilisation chimique ne compense les pertes [2]).

2. *Effet de la mise en culture sur l'évolution dynamique du sol.* — La dynamique pédologique qui était caractérisée sous végétation naturelle par une composante verticale prépondérante devient essentiellement latérale (fig.); elle correspond surtout à l'entraînement de particules solides par les eaux de ruissellement, sous forme tractée ou de suspension, et cet entraînement concerne sélectivement les particules fines; d'où un appauvrissement en ces fractions dans la tranche des premiers décimètres de sol. La vitesse de ce processus est très élevée. Un calcul simple montre qu'il suffit de quelques centaines d'années à Adiopodoumé et à Ouagadougou et un millier d'années à Korhogo pour

TABLEAU III

Masses impliquées dans les cycles internes et stockés dans les trois couples d'écosystèmes considérés (milieux naturels et cultivés dans trois stations d'Afrique de l'Ouest).

	Cycles internes annuels			Stocks	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Retombées végétales	Transferts biologiques (a)	Pluvio- lessivats	Éléments stockés dans les arbres	Éléments stockés dans le sol (b)
Adiopodoumé :	523 16 — 1 000	13,4 0,4 51,3 400	12,4 13,0 1,0 54,5	25 650 233 — 51 000	5 107 42 66 250 390 000
Forêt					
Adiopodoumé :	246 8 2 600	Faibles	?	0	2 771 61 66 350 450 000
Maïs					
Korhogo :	261 40 6 500	10,5 1,5 140,5 500	?	Négligeable	2 402 87 180 680 530 000
Savane					
Korhogo :	255 6 2 500	Faibles	?	0	2 402 87 180 680 530 000
Maïs					
Ouagadougou :	219 7 5 450	1,8 0,3 8,0 120	?	Négligeable	2 305 205 58 292 450 000
Savane (parcelle de Gonsé)					
Ouagadougou :	231 7 4 450	Faibles	?	0	2 083 154 112 600 450 000
Sorgho (parcelle de Saria)					

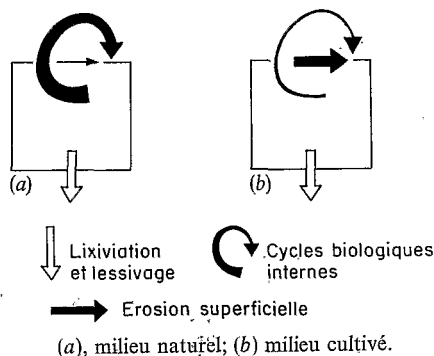
Tous les nombres sont exprimés en tonne par kilomètre carré. Même signification que pour tableau II.

(a) Ces transferts correspondent à des remontées de terre provenant de moins de 2 m de profondeur, donc à l'intérieur de l'écosystème.

(b) Les quantités se rapportent à la tranche de 0,30 cm superficielle de sol.

expliquer le déficit en fractions fines existant dans cette tranche superficielle par rapport à un profil initial granulométriquement homogène [2].

La dynamique du sol est donc qualitativement et quantitativement perturbée. L'enchaînement des causes de cette perturbation est le suivant : la diminution ou la suspension de l'activité biologique du sol, à la suite des travaux agricoles et de la fertilisation chimique, réduit la stabilité structurale; la macroporosité du sol diminue, les phénomènes de battance se développent à la surface du sol et les capacités d'infiltration deviennent beaucoup plus faibles. Une part importante des grosses averses provoque alors un ruissellement intense, responsable de l'érosion.



III. CONCLUSION. — Les résultats obtenus dans cette étude permettent en définitive de faire ressortir les points suivants.

La mise en culture provoque, dans ces régions tropicales, une augmentation considérable des pertes de matière par érosion superficielle et conduit à un basculement de la dynamique pédologique : *essentiellement lente et verticale sous couvert végétal naturel, elle devient latérale et très rapide en milieu cultivé.*

Ainsi, à un régime d'équilibre *biogéochimique* en conditions naturelles favorisant l'approfondissement des sols et assurant la quasi-stabilité du paysage, s'oppose un régime d'évolution *géodynamique accéléré* conduisant à un appauvrissement des horizons supérieurs du profil et même éventuellement à leur ablation, donc en dernière analyse à un « démantèlement » des paysages.

(*) Remise le 25 mai 1981.

[1] E. J. ROOSE, R. FAUCK, F. LELONG et G. PEDRO, *Comptes rendus*, 292, série II, 1981, p. 1323.

[2] E. J. ROOSE, *Thèse Sci.*, Orléans, 1980, 587 p.

E. J. R. et R. F. : O.R.S.T.O.M., 24, rue Bayard, 75008 Paris,
 F. L. : Laboratoire de Géologie appliquée, Université d'Orléans,
 45046 Orléans Cedex;

G. P. : Laboratoire des sols, C.N.R.A.,
 route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.