

10^e congrès international de la
science du sol. Moscou. 1974.

NATURE DES COMPOSÉS HUMIQUES DES EAUX DE RUISSELLEMENT
ET DE DRAINAGE ET ESSAI D'ÉVALUATION DES MIGRATIONS DES MATIÈRES
ORGANIQUES SOUS VÉGÉTATION NATURELLE EN RÉGION TROPICALE

E. Roose
ORSTOM, Abidjan, Côte d'Ivoire
A. Perraud
ORSTOM, Dakar, Sénégal

Introduction

L'étude de la pédogenèse actuelle au départ des analyses du sol lui-même est extrêmement délicate étant donné l'hétérogénéité du matériau et la lenteur de certains processus.

Par contre, la méthode des bilans permet pendant quelques années d'observation et d'analyse fine d'établir les vitesses relatives des principaux processus actuels d'évolution du sol (Roose, 1972).

Avec la collaboration de cinq Instituts Français de Recherches spécialisées (Note 1), l'ORSTOM a mis en place en huit stations écologiques bien différentes (depuis la forêt sempervirente de basse Côte d'Ivoire jusqu'à la savane sahélo-soudanaise du centre de la Haute-Volta) toute une batterie de dispositifs permettant de mesurer les précipitations, le ruissellement et l'érosion, le drainage oblique et vertical ainsi que certains types de remontées biologiques sur différents sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux.

Note 1

ORSTOM = Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer;

IRCA = Institut de Recherche sur le Caoutchouc en Afrique;
IRAT = Institut de Recherche en Agronomie Tropicale;
IFCC = Institut Français du Café et du Cacao;
IFAC = Institut Français de Recherche Fruitière Outre-Mer;
CTFT = Centre Technique Forestier Tropical.

La présente note voudrait apporter quelques précisions sur la nature des composés humiques des eaux de ruissellement et de drainage et tenter une évaluation des pertes de carbone sous des forêts et des savanes tropicales.

Méthodes et Milieu

De même que le médecin procède à des analyses d'urine et de sang pour suivre l'état physiologique de son malade parce que le sang irrigue chaque cellule et en ramène des informations, de même on peut recueillir des données de base concernant les processus de pédogenèse actuelle au départ de l'eau libre, de sa charge soluble et solide puisqu'elle circule tout autour des agrégats.

La méthode de séparation et de fractionnement des composés humiques mise au point pour l'étude des horizons humifères des forêts de Côte d'Ivoire (Duchaufour, Jacquin, 1966; Perraud, 1970) a été appliquée au condensat des eaux de ruissellement et de drainage recueillies dans les cases de lessivage oblique installées en divers points de Côte d'Ivoire et de Haute-Volta (Roose, 1968).

- Station d'Adiopodoumé: basse Côte d'Ivoire.
 - Modelé accidenté, pente supérieure à 60%;
 - Sol ferrallitique fortement désaturé, appauvri - modal, issus des sables tertiaires. (Perraud, 1967; Roose, Cheroux, 1966).
 - Forêt dense humide sempervirente, à *Turreanthus africanus* et *Heisteria parvifolia*; (Guillaumet, 1968)
 - Climat sub-équatorial; précipitations annuelles 2100 mm répartis en 2 saisons humides alternant avec deux saisons sèches dont le déficit hydrique cumulé est inférieur à 300 mm (Bldin, Daudet, 1967).
- Station du Téké: basse Côte d'Ivoire (collaboration avec l'IFAC).
 - Modelé ondulé à pente de l'ordre de 14%;
 - sol ferrallitique fortement désaturé, remanié colluvionné, issus de schistes
 - Forêt dense humide sempervirente, à *Diospyros* sp. et *Mapania* sp.
 - Climat sub-équatorial: précipitations annuelles de 1 800 mm répartis en 2 saisons humides alternant avec 2 saisons sèches durant de 3 à 4 mois avec un déficit hydrique cumulé inférieur à 300 mm.
- Station de Korhogo: Nord Côte d'Ivoire.

O. R. S. T. O. M. 75

Collection de Référence

no 8606

Pédo

5 AVR. 1977

- Modelé largement ondulé à pentes de l'ordre de 3 à 4%
- Sol ferrallitique moyennement désaturé, remanié modal faciès induré issus de granite; (Perraud, 1967);
- Savane sub-soudanaise à *Panicum phragmitoides*, savane arbustive dégradées par les feux annuels;
- Climat sub-soudanais: précipitations 1.400 mm en une saison humide; saison sèche de huit mois avec un déficit hydrique cumulé de 800 mm.

- Station de Gonsé: près de Ouagadougou en Haute-Volta (Collaboration avec le C.T.F.T.).

- Modelé plat à mi-pente de 0,5%; (Roose, Birot, 1970).
- Sol ferrugineux tropical remanié à taches et concrétions, issus de granite;
- Savane soudano-sahélienne arborée à *Butyrospermum Parkii*, *Parkia biglobosa*, *Combretum* et *Acacia*;
- Climat soudano-sahélien, précipitations annuelles de 850 mm répartis en une saison humide suivie de huit mois secs totalisant 1.280 mm de déficit hydrique.

Ces résultats montrent que:

1. Le coefficient d'humification des matières organiques circulant dans les eaux de ruissellement et de drainage varie entre 60 et 88%. La majorité des migrations du carbone par ces eaux se fait donc sous forme humifiée, ce qui expliquerait pourquoi le taux de carbone humifié dans ces sols augmente avec la profondeur (migration au départ de la surface)).

2. Le rapport A.F./A.H. dans les eaux varie de 2,5 à 6,0 : les acides fulviques sont donc les plus facilement entraînés, que ce soit sous forêt ou sous savane. Le rapport A.F./A.H. dans les sols est nettement plus faible (de 1 à 2 dans les horizons humifères des sols sous forêt dense humide et inférieur à 1 sous savane); il augmente cependant avec la profondeur ce qui pourrait s'expliquer par la migration importante des acides fulviques dans les eaux de drainage.

3. Quantitativement, les migrations du carbone sont très faibles: 7 et 3,2 kg/ha/an de carbone pour les forêts denses de basse Côte d'Ivoire, 8,8 et 9,2 kg/ha/an de carbone pour les savanes soudanaises et sahélo-soudanaises étudiées.

3a. L'entraînement du carbone par les eaux de ruissellement et de drainage oblique est très faible par rapport à l'apport annuel sous forme de litière (feuilles et bois mort).

En effet, l'apport annuel de litière mesuré sous forêt dense humide (Bernhard, 1970) et Côte d'Ivoire est d'environ 9 t/ha/an de matière sèche dont 30% de carbone. La perte de carbone par ruissellement et drainage oblique est donc de 7/3000 kg/ha/an soit 0,23%.

Sous savane l'apport de carbone peut être évalué à environ 1/5 de celui de la forêt soit 600 kg/ha/an. Le taux d'entraînement par les eaux de ruissellement et de drainage oblique est donc encore très faible; $9/600 = 1,5\%$.

3b. Par rapport au stock de carbone des 15 premiers centimètres du sol, les pertes de carbone par ruissellement et drainage oblique sont encore plus faibles. En prenant des teneurs moyennes de carbone du sol de 1,5% pour la basse Côte d'Ivoire, 1,0% pour la zone de Korhogo et 0,5% pour le sol de Gonsé, les stocks de carbone peuvent être évalués respectivement à 33, 22 et 11 t/ha/15 cm -

Les pertes en carbone par ruissellement et drainage oblique s'élèvent à:

- 7 / 33.000 kg/ha/an soit 0,021% pour les sols de basse Côte d'Ivoire;
- 8,8 / 22.000 kg/ha/an soit 0,040% pour les sols de Korhogo;
- 9,2 / 11.000 kg/ha/an soit 0,090% pour les sols de Gonsé.

4. Les pertes par drainage vertical par contre sont beaucoup plus élevées et plus variables en fonction des précipitations. En effet les concentrations en carbone des eaux de drainage oblique et vertical sont du même ordre de grandeur.

En basse Côte d'Ivoire, le drainage vertical annuel moyen est estimé à 850 mm (Roose, 1970): en prenant 10 mgr./l comme teneur moyenne en carbone des eaux de drainage on obtient des pertes de l'ordre de 85 kg/ha/an soit dix fois plus que les pertes par ruissellement et drainage oblique.

Dans la savane de Korhogo, le drainage vertical est estimé à 400 mm (Roose, 1970), ce qui entraîne une perte en carbone de 40 kg/ha/an soit cinq fois plus que les pertes par ruissellement et drainage oblique.

Dans la savane soudano-sahélienne de Gonsé, le drainage vertical est pratiquement nul. (Roose, 1970; Roose, Birot, 1970).

5. L'entraînement de carbone par les eaux de ruissellement et de drainage oblique et vertical s'élève à

- 92 kg/ha/an en basse Côte forestière soit 3% des apports par la litière;
- 49 kg/ha/an dans la savane de Korhogo soit 8% des apports par la litière;

- 9 kg/ha/an dans la savane de Gonsé soit 1,5% des apports par la litière.

L'analyse des eaux de ruissellement et de drainage a donné des renseignements utiles à l'interprétation des migrations des matières organiques dans les profils pédologiques. La proportion importante d'acide fulvique dans les eaux explique probablement l'augmentation régulière du rapport A.F./A.H. dans les horizons de profondeur du sol.

Par ailleurs, on constate que les pertes de carbone par les eaux de ruissellement et de drainage sont faibles sous forêt et sous savane; par conséquent la majeure partie du carbone apporté annuellement par la litière est soit brûlée et perdue sous forme gazeuse, soit utilisée pour la synthèse des composés humiques du sol puisqu'il y a moins de 2 à 10% du carbone qui s'échappent sous forme organique en solution.

B i b l i o g r a p h i e

- Bernhard F. Oecol. Plant., Gauthier-Villars, 5, 247-266, 1970.
Duchaufour Ph., Jacquin F. Bull. de l'ENSAN, 8, fascicule 1, 3-24, 1966.
Eldin M., Daudet A. Notice des cartes climatologiques de Côte d'Ivoire. 1, Rapport ORSTOM multigr, Abidjan 9, 1967.
Guillaumet J.L. La végétation de Côte d'Ivoire. Rapport multigr. ORSTOM, Abidjan 116, 1968.
Perraud A. Carte des sols de la Côte d'Ivoire au 1/500 000. Rapport multigr. ORSTOM, 93, 1967.
Perraud A. C.R. Acad. Sciences de Paris, série D, 270, 1302-1305, 1970.
Roose E., Cheroux M. Cahier O.R.S.T.O.M. Série Pédologie - 4, 2, 51-92, 1966.
Roose E.J. Cahier ORSTOM, Série Pédol, 6, 2, 235-249, 1968.
Roose E.J. Les termes du bilan hydrique à l'échelle du sol: ruissellement, érosion, drainage et migrations. Rapport multigr. ORSTOM du Comité Technique de Côte d'Ivoire - 30-43, 1970.
Roose E.J., Birot Y. Mesure de l'érosion et du lessivage oblique et vertical sous une savane arborée du plateau Mossi (Gonsé: Haute-Volta) - I Résultat des campagnes 1968-69 - Rapport ORSTOM - (Abidjan) - CTFT (Ouagadougou) multigr. 148, 1970.
Roose E.J. ORSTOM Bull. liaison thème A, N° 1, 19-41, 1972.

Résumé

Les auteurs ont procédé à l'analyse fine des matières organiques des eaux de ruissellement et de drainage prélevées sous diverses forêts et savanes tropicales. Ils constatent que:

- 60 à 88% du carbone migrent sous forme humifiée;
- les teneurs en acides fulviques sont très élevées dans les eaux étudiées (A.F./A.H. = 2,5 à 6);
- moins de 2 à 10% des apports annuels de carbone par la litière migrent sous forme soluble; le reste est donc brûlé et s'échappe sous forme gazeuse ou est recombéné pour former l'humus du sol.

Summary

The authors have analysed organic matter in runoff and drainage waters collected under tropical forests and savannas. They have found that:

- 60 to 88 percent of organic carbon migrates in the humified form;
- concentrations of fulvic acids are very high in waters studied (F.A./H.A. = 2,5 to 6);
- less than 2 to 10% of the annual carbon supply by litter migrates in the soluble form; the rest is volatilized as CO₂ or recombined to form soil humus.

Zusammenfassung

Es ist eine feine Analyse des organischen Stoffes aus dem Regen-spülungs- und Entwässerungswasser unter Tropenwäldern und Savannen gemacht worden. Folgende Ergebnisse wurden erhalten:

1. 60 bis 88% von Kohlenstoff bewegen sich als Humusstoffe.
2. der Gehalt an Fulvosäuren (Fulvosäure/Huminsäure = 2.5 - 6) in den zu untersuchenden Wässern ist sehr hoch.
3. 2-10% vom aus Pflanzenstroh jährlich zugeführten Kohlenstoff bewegen sich in löslicher Form; der Rest ist entweder gebrannt und gasförmig verflüchtigt oder nimmt an der Bildung von Bodenhumus teil.

Резюме

Авторами проведен анализ органического вещества стекающих и дренажных вод, взятых в различных типах тропических лесов и саванн.

Они пришли к выводу, что:

- 1 - от 60 до 88% углерода мигрирует в форме гумусовых веществ
- 2 - в изученных водах отмечается очень высокое содержание фульвокислот (Ф.К./Г.К.=2,5-6):

8 - от 2 до 10 % ежегодного поступления углерода из подстилки мигрирует в растворимой форме; остаток или сжигается и улетучивается в газообразной форме, или перестраивается, образуя почвенный гумус.

Les résultats et leur interprétation

Tableau 1.

Ils sont résumés au tableau 1 et concernent l'année 1969

	Carbone mgr./l	Volume l./ha.	Carbone kg/ha	Coefficient AF/AH. d'humifica- tion	
Adiopodoumé					
R 20 : ruissellement.	9,5	522 000	4,949	61	2,5
R 21 : drain. 0 à 15 cm	9,1	55 645	0,506	75	3,0
R 22 : " 15 à 50 cm	8,5	92 097	0,782	78	3,9
R 23 : " 50 à 100cm	12,6	36 290	0,453	66	4,5
R 24 : " 100 à 180cm	15,2	20 355	0,309	70	3,3
Téké					
T 0 : ruissellement	8,3	385 900	3,193	75	6,0
T 1 : drain. 0 - 30 cm	-	660	-	-	-
T 2 : " 30 - 60 cm	-	460	-	-	-
T 3 : " 60 -100 cm	12,5	1 470	0,018	70	3,3
T 4 : " 100 -130 cm	8,7	2 700	0,023	70	3,1
Korhogo					
K 0 : ruissellement	7,6	953 300	7,274	87	2,8
K 1 : drain. 0 - 15 cm	29,3	40 012	1,174	80	4,2
K 2 : " 15 - 50 cm	11,1	18 804	0,208	88	2,6
K 3 : " 50 -110 cm	13,8	7 477	0,103	82	6,0
K 4 : " 110 -180 cm	7,2	3 260	0,023	74	2,8
Gonsé					
G 0 : ruissellement	5,3	1 733 700	9,212	76	5,1
G 1 : drain. 0 - 20 cm	-	96	-	-	-

ГЕНЕЗИС ПОЧВ, ФАКТОРЫ И МЕХАНИЗМЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КИСЛЫХ ПОЧВ
ИЛИ ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ ЕЙ

GENESIS OF SOILS, FACTORS AND MECHANISMS CONDITIONING OR
PREVENTING THE DIFFERENTIATION OF ACID SOIL GENETIC PROFILE

LES DEUX GRANDES VOIES DE L'EVOLUTION PEDOLOGIQUE A CARACTERE
ACIDE EN MILIEU TEMPERE FROID ET HUMIDE
(Caractérisation des processus et comparaison des mécanismes)

G. Pedro, M. Jamagne et J. C. Begon

Institut National de la Recherche Agronomique, C.N.R.A.-
Versailles, Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédolo-
logique de France, France.

Résumé

En couplant les données pédologiques habituelles à une analyse détaillée de type biogéochimique et cristallogénétique, il est aisé de mettre en évidence 2 grandes voies évolutives au sein de la zone tempérée froide et humide:

- La première voie est le produit direct de l'altération acido-lytique des minéraux sous l'influence de composés organiques solubles engendrés lors de la décomposition des litières végétales; elle résulte donc d'une acidification provoquée ou de mode extrin-sèque: c'est la PODZOLISATION.

- La seconde voie ne se développe que d'une manière progressive au cours d'une véritable "séquence évolutive". Les mécanismes géochimiques mis en jeu sont ici, d'une part l'autoaluminisation du complexe d'altération consécutive à une désaturation hydrolytique des argiles (Acidification induite de type minéral) et d'autre part la déferrification sous l'influence d'une réduction d'origine hydromorphique. C'est la DEGRADATION.

La distinction fondamentale, qui est établie ainsi entre ces 2 grandes voies, permet de répondre finalement à un certain nombre de problèmes relatifs à la classification des sols des régions tempérées.