

1976

MESURES D'ACTIVITE SPECIFIQUE DE FRACTIONS DE MATIERE ORGANIQUE
APPLIQUEES A L'ETUDE DE L'EVOLUTION DES SOLS
DE GUYANE

J.L. RAPAIRE

CENTRE SCIENTIFIQUE DE MONACO, PRINCIPAUTE DE MONACO

et

J.F. TURENNE

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DES ANTILLES

SOMMAIRE

La cartographie pédologique de la Plaine côtière de Guyane Française met en évidence le passage progressif en de très courtes distances de sols ferrallitiques à l'aval des séquences, à des podzols à l'amont.

L'analyse de l'activité spécifique en Carbone 14 de trois fractions de la matière organique - acides fulviques - acides humiques - humine - est ici appliquée à la différenciation progressive de l'horizon B humique, caractéristique des podzols, à partir des sols ferrallitiques. Les résultats sont donnés par un modèle mathématique qui permet de calculer le temps de résidence et d'en déduire un taux de renouvellement des fractions organiques.

Cette analyse permet de déterminer le sens et la vitesse de l'évolution podzolique, et confirme l'envahissement progressif du paysage par la nappe : la podzolisation a commencé par les points hauts de la chaîne de sols et progresse vers l'aval ; une maturation et une biodégradation lentes affectent inégalement toutes les fractions étudiées, les acides humiques paraissant subir le renouvellement le plus faible, à partir de leur insolubilisation.

INTRODUCTION

La cartographie pédologique de la Plaine côtière ancienne de Guyane Française met en évidence le passage progressif en de très courtes distances de sols ferrallitiques fortement dessaturés à morphologie de sols lessivés, à l'aval des séquences, à des podzols hydromorphes à l'amont.

~~PÉDOLOGIE~~

~~PÉDOLOGIE~~

~~GUY. 76.4~~

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

N° : 42516 ex1

Cote : B

L'analyse de l'activité spécifique en ^{14}C de 3 fractions de la matière organique - acides fulviques, acides humiques et humine - est ici appliquée à la différenciation progressive de l'horizon B humique à partir de l'horizon Bt ferrallitique.

Cette différenciation progressive peut être observée dans des séquences de sols développées sur matériau ferrallitique (sables fins argileux), sous végétation de savane ; ces séquences présentent un certain nombre de caractères :

- Le climat est du type tropical humide à saison sèche (1 à 3 mois), avec température moyenne de 26°C .

- La nappe, en relation avec la topographie, affleure au centre des formes de relief et varie saisonnièrement (Fig. 1a).

- La différenciation pédologique s'exerce sur un matériau homogène.

- Le stade d'évolution podzolique se situe à l'amont des séquences.

- Les variations latérales le long de la pente sont importantes et rapides, le passage d'une morphologie ferrallitique à la morphologie podzolique s'effectue en quelques mètres de manière continue.

Nous avons montré dans un travail précédent [1] le rôle fondamental de la matière organique solubilisée en milieu hydromorphe, dans l'hydrolyse intense des minéraux non seulement primaires, mais secondaires (kaolinite) qui intervient au cours de cette podzolisation.

Le développement continu de la séquence de sol fournit le moyen d'apprécier la validité des mesures de ^{14}C et de leur attribuer une signification pédogénétique : moins que les valeurs absolues, c'est l'évolution latérale de ces valeurs qui est prise en considération.

I - MATERIEL - METHODES

Les fractions humiques sont extraites au pyrophosphate de Na, pH 10 qui assure un taux d'extraction supérieur à 50% dans les horizons Bh étudiés.

Cinq échantillons, prélevés en 1974, sont analysés : un échantillon, PAR 91, correspond à l'horizon de surface A1 du podzol le plus en amont. Quatre échantillons correspondent à l'horizon profond dans lequel on note à la fois un maximum de matière organique, un taux d'extraction au pyrophosphate de Na à pH 10 maximum et également une teneur maximum en acides fulviques. Ces échantillons concernent de l'aval vers l'amont, un sol ferrallitique intergrade podzolique, un podzol peu différencié et deux podzols différenciés. Ces horizons sont situés au sommet d'un ancien horizon B argillique, peu perméable.

I.1 Distribution latérale et verticale de la matière organique (Fig. 1)

La répartition de la matière organique dans les profils ferrallitiques ou intergrades podzoliques montre une diminution régulière avec la profondeur. L'individualisation de la morphologie podzolique se produit avec l'apparition d'un horizon Bh de différenciation maximum qui se forme au-dessus de l'ancien horizon argillique qui disparaît progressivement par hydrolyse acide ; le degré d'induration de l'argile augmente vers l'amont lié à la plus grande amplitude de l'hygroperiodisme saisonnier.

I.2 Analyse de l'activité spécifique ^{14}C , calcul du coefficient de renouvellement

Les mesures d'activité spécifique en ^{14}C des différentes fractions sont appliquées à la résolution d'un modèle mathématique [2] [3] [4] supposant constante pour un horizon donné la quantité Q de matière organique présente dans cet horizon :

$$\frac{dQ}{dt} = 0 \text{ avec } \frac{dQ}{dt} = a F - b Q$$

et F : quantité de matière organique présente dans la litière ou dans l'horizon immédiatement supérieur.

a : pourcentage de F pénétrant dans l'horizon considéré par unité de temps.

b : pourcentage de Q sortant de l'horizon considéré par unité de temps.

La même équation s'applique au nombre d'atomes de ^{14}C :

$$\frac{d\theta}{dt} = a F - \theta (b + \lambda) \text{ avec } \lambda \text{ constante de désintégration.}$$

Les activités spécifiques F^* , Q^* , supposées constantes jusqu'en 1950, début de l'ère atomique, permettent alors de calculer le temps de résidence :

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{\lambda} \frac{F^*}{Q^*} - 1 \text{ avec } Q^* = \frac{\theta}{Q}$$

Le taux de renouvellement $q = b \cdot Q$ exprimé en $\text{g.m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ s'en déduit.

Pour l'horizon de surfacé, on suppose que cette matière organique provient uniquement de la litière qui se décompose dans l'année ; elle a dans ces conditions l'activité spécifique de l'air l'année de sa chute. Les valeurs de l'activité spécifique trouvées pour l'horizon étudié sont peu élevées, et laissent prévoir un temps de résidence inférieur à 80 ans : dans ces conditions la courbe de variation d'activité de divers composés est donnée par la formule récurrente suivante, à calculer à partir de 1950 :

$$Q_T^* = \frac{Q^* (T - 1) (TR - 1) + F_T^*}{TR}$$

TR temps de résidence

Q_T^* activité spécifique de la matière organique l'année T

F_T^* activité spécifique de l'air l'année T à la latitude du point de prélèvement ($5^\circ 10' \text{ N}$, $52^\circ 39' \text{ W}$).

Les activités spécifiques sont exprimées sous la forme :

$$Q^* = 1 + (\delta^{14}\text{C}^\circ/\text{o}_\text{o}) \cdot 10^{-3}$$

II RESULTATS

Les hypothèses proposées pour le calcul du temps de résidence permettent d'obtenir une valeur exprimant en fait la labilité de la fraction organique considérée ("temps de vie"), valeur égale à l'inverse du coefficient de renouvellement. Par ailleurs, rappelons que l'acceptation du modèle mathématique conduit à ne pas tenir compte des variations possibles dans le temps des quantités de carbone présentes dans l'horizon, ni de la vitesse de descente depuis la surface.

III TAUX DE RENOUVELLEMENT - ESSAI D'INTERPRETATION

Les âges reportés sur le tableau 1 sont ceux calculés à partir de l'équation représentant la décroissance d'un élément radioactif (période du ^{14}C : 5570 ans). Nous les donnons pour comparaison avec les valeurs mentionnées dans d'autres travaux.

A notre avis, ces âges ne sont significatifs que lorsqu'ils se rapportent à des composés très stables, autrement dit, lorsqu'un phénomène d'accumulation continue existe. Dans ces conditions, la date du début de ce phénomène serait le double de l'âge attribué à l'ensemble des fractions ainsi stockées [5]. L'interprétation tient compte, par ailleurs, des résultats donnés par d'autres auteurs [6].

III.1 Taux de renouvellement de l'horizon supérieur des podzols

Les taux de renouvellement calculés à partir des activités spécifiques mesurées sont faibles, 10 fois inférieurs aux moyennes citées [7] pour des sols tropicaux ; ceci fait supposer l'existence de fractions résiduelles et la migration rapide en profondeur des composés récents entraînés par le battement saisonnier de la nappe. De plus, les conditions hydromorphes ne sont pas favorables à des transformations très rapides. Par ailleurs, le taux de renouvellement et le temps de résidence de l'humine comparés à ceux des acides humiques, laissent prévoir l'existence, dans l'humine, d'une part héritée (débris végétaux peu transformés, récents) [1].

III.2 Taux de renouvellement et différenciation de l'horizon B humique

a) le sol ferrallitique intergrade podzologique, PAR 4 montre une fraction fulvique accumulée au niveau étudié (sommet de l'horizon B) présentant un temps de résidence 2 à 4 fois plus grand que celui des autres composés. Il est donc probable que les acides fulviques ne participent que faiblement à la formation des autres fractions dans ce niveau. Par ailleurs, l'humine présente le coefficient de renouvellement le plus élevé. Elle serait constituée donc d'une part prépondérante de fractions insolubilisées susceptibles d'être alimentées par des composés récents [1].

b) Podzols : le profil PAR 5 montre un vieillissement simultané des fractions humine et acides fulviques avec un taux de renouvellement similaire.

Par contre, les acides humiques seraient d'âge moderne : ils correspondraient alors à l'insolubilisation directe des composés jeunes en provenance de la surface.

On observe enfin dans les profils PAR 8 et 9, vers l'amont, des coefficients de renouvellement très faibles pour les acides fulviques et humiques et l'existence d'un rapport constant entre les temps de résidence des acides

humiques, d'une part, et des acides fulviques ou de l'humine, d'autre part, traduisant un vieillissement simultané.

- L'augmentation du contraste climatique saisonnier vers le haut de la séquence (Fig. 1) peut être responsable de la maturation des composés organiques : il y a formation d'un horizon Bh de type alios avec cimentation et induration.

- Il faut également admettre devant les âges apparents très anciens que l'on est en présence d'une fossilisation des horizons étudiés. Plusieurs caractères favorables à celle-ci s'accroissent de l'aval vers l'amont.

1) Ralentissement de l'activité biologique dû à l'existence d'un taux de plus en plus élevé d'acides fulviques (35% de C total, PAR 43, à 75%, PAR 95) [8].

2) Persistance de l'humidité et présence de produits amorphes [9] pouvant entraîner la possibilité de maintien de certaines fractions organiques. C'est le cas ici où l'on observe les teneurs suivantes en fer et aluminium amorphes correspondant à l'attaque des minéraux argileux.

	PAR 95	PAR 85	PAR 54	PAR 43
Al Tamm mg/g	1390	1350	720	510
Fe Tamm mg/g	390	660	380	220

Le début de la podzolisation correspondrait alors, au minimum, au double de l'âge le plus ancien observé, soit 22.000 ans. Enfin, l'horizon PAR 95 (le plus ancien) serait passé successivement par les stades représentés par PAR 85, 54, 43. Ceci induit un envahissement progressif du paysage par la nappe (remontée du niveau marin, augmentation de la pluviométrie en période holocène) et la progression de la podzolisation vers l'aval.

IV CONCLUSION

L'application d'un modèle mathématique simple, permet dans une certaine mesure d'apprécier le renouvellement des fractions organiques lors de la transformation du sol ferrallitique en podzol. A partir de valeurs théoriques, l'observation d'une séquence de sol permet d'attribuer une signification pédogénétique aux calculs du taux de renouvellement des composés organiques. Les acides humiques paraissent subir, après leur insolubilisation, le renouvellement le plus faible. Dans les conditions pédoclimatiques de la Plaine côtière de Guyane (hydropériodisme passant à hydromorphie permanente), on aboutit à une insolubilisation efficace des composés organiques, puis à leur fossilisation.

REFERENCES

- [1] TURENNE, J.F., Modes d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaises, Thèse Univ. Nancy (1975) 181.
- [2] LOBO, P.F.S., Utilisation du ^{14}C atmosphérique comme traceur de la matière organique des sols. Univ. fédérale, Salvador, Bahia (1972) 63.
- [3] FLEXOR, J.M., Medida da radioatividade específica ^{14}C ^{12}C aplicação ao estudo do comportamento dinâmico do carbono no solo. Tese Inst. Física da Univ. de São Paulo (1972) 93.

- [4] LOBO, P.F.S., FLEXOR, J.M., RAPAIRE, J.L., SIEFFERMANN, G., Essai de détermination du temps de résidence des fractions humiques de deux sols ferrallitiques par l'utilisation du radiocarbonate naturel et thermonucléaire. Cah. ORSTOM, ser. pédol., XII 1 (1974) 115-123.
- [5] GUILLET, B., Relation entre l'histoire de la végétation et la podzolisation dans les Vosges, Thèse Univ. Nancy (1972) 112.
- [6] SHARPENSEEL, H.W., RONZANI, C., PIETIG, F., Comparative age determination on different humic-matter fractions. IAEA Vienne (1968) 67-74.
- [7] BOISEZON, P. de, MOUREAUX, C., BOQUEL, G., BACHELIER, G., Les sols ferrallitiques Tome IV - La matière organique et la vie dans les sols ferrallitiques. ORSTOM PARIS (1973) 146.
- [8] MATHUR, S.P., Can. J. Microbiol., 15 (1969) 677.
- [9] SIEFFERMANN, G., Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun ORSTOM Paris (1973) 183.

TABLEAU 1 - ANALYSE DE L'ACTIVITE SPECIFIQUE, TAUX DE RENOUVELLEMENT

Echantillon	AMONT						AVAL						Sol ferrallitique intergrade podzolique		
	Podzols			Horizon B Humique			Horizon Bt								
	Horizon de surface			Horizon B Humique			Horizon Bt								
	PAR 91			PAR 95			PAR 85			PAR 54			PAR 43		
	AF	AH	HMN	AF	AH	HMN	AF	AH	HMN	AF	AH	HMN	AF	AH	HMN
1) Age BP	-	-	-	7160	11300	7250	3300	5270	3560	2500	Mo-	2270	1030	270	570
				±120	±270	±100	±160	±460	± 90	±100	derne	±100	± 90	±150	±210
Age moyen BP	-				7530			3560			2110			715	
2) Q*	1,427	1,128	1,217	0,410	0,245	0,405	0,664	0,519	0,642	0,732	1,028	0,754	0,880	0,967	0,930
3) TR	9	42	25	11600	25000	11800	4100	7500	4500	2940	-	2600	1100	270	600
4) gm ⁻² an ⁻¹	8,4	4	35	0,16	0,01	0,02	0,25	0,02	0,08	0,14	-	0,17	0,30	0,32	0,74

AF = Acides fulviques ; AH = Acides humiques ; HMN = Humine

2) Par définition $Q^* = 1$ correspond à $\delta^{14}C^{\circ}/\text{‰} = 0$ ($Q^* = 1 \pm (\delta^{14}C^{\circ}/\text{‰}) \cdot 10^{-3}$)

3) Temps de résidence

4) Taux de renouvellement pour une épaisseur de sol de 10 cm; $d = 1,5$ ($d = 1,3$ pour PAR 91)

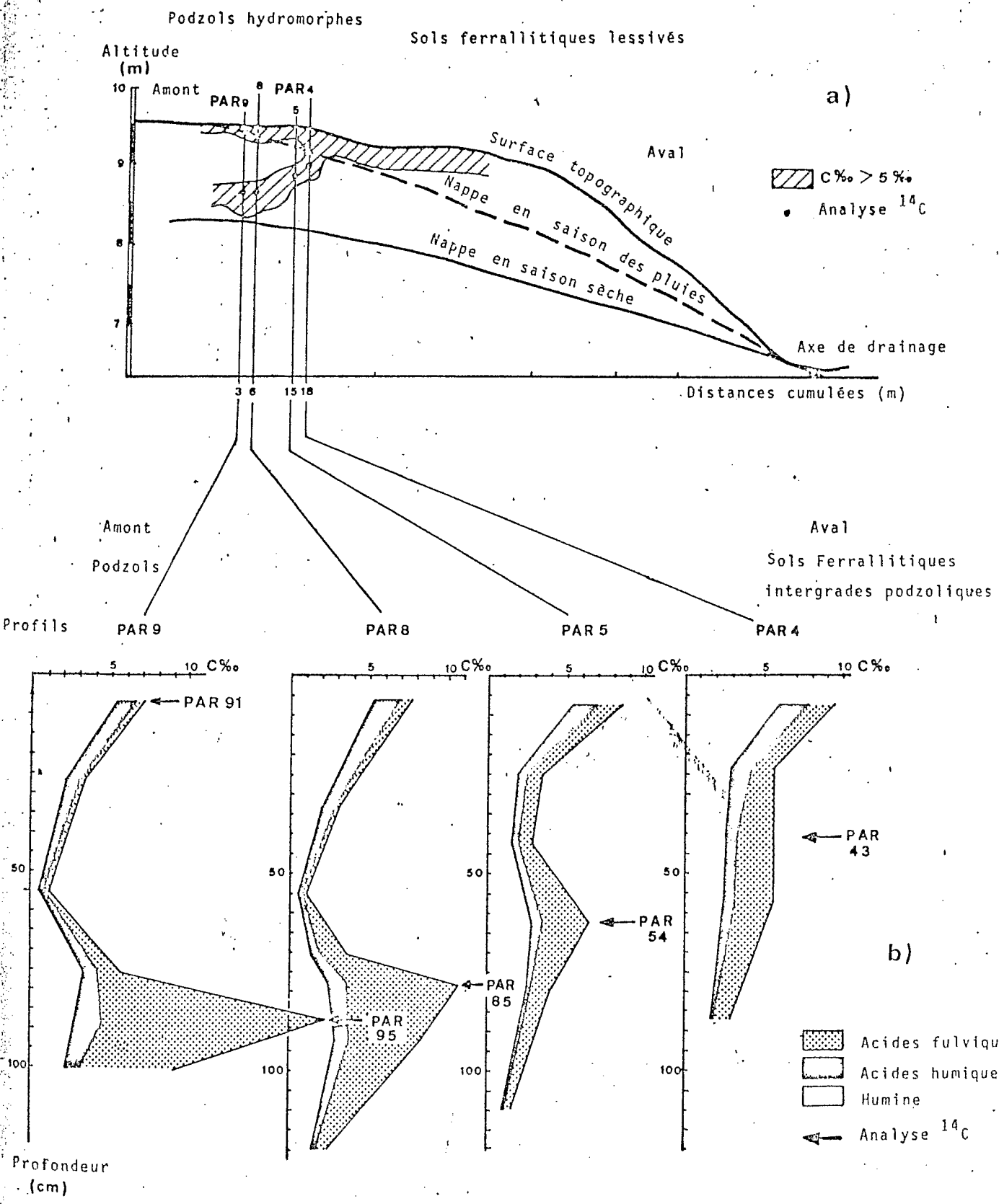


Fig. 1 - Répartition verticale et latérale de la matière organique .