

**PÉDOLOGIE.** — Application du traçage isotopique naturel en  $^{13}\text{C}$ , à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. Note de Carlos Cerri, Christian Feller, Jérôme Balesdent, Reynaldo Victoria et Alain Pléneçassagne, présentée par Georges Millot.

La présente étude concerne la dynamique de la matière organique d'un sol sous forêt (végétation type  $\text{C}_3$ ) et de sols sous culture de canne à sucre (végétation type  $\text{C}_4$ ) depuis 12 et 50 ans. Les vitesses de décomposition de la « matière organique forêt » et d'accumulation de la « matière organique canne à sucre » sont estimées à partir des teneurs en  $^{13}\text{C}$  des sols totaux et de différentes fractions organiques (fractionnement granulométrique).

**PEDOLOGY.** — Particle-size Fractionation and stable Carbon Isotope Distribution Applied to the Study of Soil Organic Matter Dynamics.

*The present Note concerns the dynamics of organic matter in soils under forest ( $\text{C}_3$ -type vegetation) and 12 and 50 years old sugar-cane ( $\text{C}_4$ -type vegetation) cultivation. The decomposition rate of "forest organic matter" and the accumulation rate of "sugar-cane organic matter" are estimated through  $^{13}\text{C}$  measurements of total soil and different organic fractions (particle-size fractionation).*

**INTRODUCTION.** — Le renouvellement de la matière organique des sols (stock global ou différentes fractions) a été étudié principalement à l'aide de techniques radio-isotopiques  $^{14}\text{C}$ , à partir d'enfouissements de matières organiques enrichies  $^{14}\text{C}$  ou par mesures des activités spécifiques  $^{14}\text{C}$  en abondance naturelle ([1], [2]).

Nous proposons ici une méthode complémentaire aux techniques  $^{14}\text{C}$ , facile à mettre en œuvre, mais limitée à des situations particulières. Elle s'appuie sur les mesures de la composition isotopique  $^{13}\text{C}$  (en abondance naturelle) de la matière organique du sol et de différentes fractions séparées par granulométrie.

Selon leur métabolisme, on distingue [3] les plantes à cycles  $\text{C}_3$ , CAM et  $\text{C}_4$ . Les abondances en  $^{13}\text{C}$  (exprimées en valeurs  $\delta^{13}\text{C}$ ) des plantes  $\text{C}_3$  ( $\delta^{13}\text{C}$  de  $-20$  à  $-35$ ‰) et  $\text{C}_4$  ( $\delta^{13}\text{C}$  de  $-8$  à  $-18$ ‰) sont, en général, significativement différentes. Les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  de la matière organique des horizons superficiels des sols sont, en première approximation, identiques à celles de la végétation qui l'a constituée. Ainsi, au Brésil [4], les matières organiques d'horizons A sous forêt ( $\text{C}_3$ ) et sous prairie ( $\text{C}_4$ ) ont des valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  respectivement égales à  $-26$  et  $-14$ ‰. Ces variations de  $\delta^{13}\text{C}$  du sol en fonction de la végétation ne semblent pas avoir été à ce jour particulièrement exploitées pour l'étude du renouvellement du stock organique d'un sol subissant un changement brutal, et daté, de la végétation (passage, par exemple, de  $\text{C}_3$  à  $\text{C}_4$ ).

Le fractionnement des matières organiques du sol par voie chimique (extractions acido-alcalines ou hydrolyses acides) ne conduit pas, en général, à des fractions différentes quant à leur vitesse de renouvellement ([1], [2]). Les différences systématiquement observées sont principalement celles qui concernent la matière organique fraîche ou les résidus végétaux à divers degrés d'humification et le complexe organo-minéral [2]. Aussi, pour suivre les transformations du stock organique à la suite d'un changement de végétation, avons-nous utilisé un fractionnement granulométrique du sol [5] qui permet de séparer des fractions végétales à divers degrés d'humification du complexe organo-minéral.

Nous illustrons ici l'intérêt d'associer fractionnement granulométrique et mesures  $\delta^{13}\text{C}$  pour l'étude du renouvellement du stock organique d'un sol, à la suite d'un défrichement d'une forêt ( $\text{C}_3$ ) et d'une mise en culture de canne à sucre ( $\text{C}_4$ ) depuis 12 et 50 ans.

**II. MATÉRIEL ET MÉTHODES.** — Les sols étudiés sont situés dans la région sucrière de Piracicaba (SP, Brésil). Ce sont des oxisols argileux appelés localement « Terra Roxa mista » (Haplustox, U.S.D.A. VII<sup>e</sup> Approx.).

Les trois stations retenues sont distantes de quelques dizaines de mètres. Il s'agit d'une forêt (T0) et de parcelles exploitées en monoculture de canne à sucre depuis 12 ans (T12) et 50 ans (T50), après défrichement de la même forêt. Le modelé est plat.

La matière organique du sol est fractionnée selon une méthode granulométrique qui vise à séparer, le mieux possible, le complexe organo-minéral (fraction de taille 0-50 µm) des résidus végétaux à divers degrés d'humification (fractions de tailles supérieures à 50 µm). La destruction des agrégats organo-minéraux de tailles supérieures à 50 µm, se fait par agitation du sol sous eau (50 g sol+300 ml H<sub>2</sub>O+3 billes de verre) suivie, si nécessaire, d'une ultrasonication (26 kHz, 10 mn) des fractions supérieures à 50 µm. Les différentes fractions sont ensuite séparées par tamisages sous eau, entraînements à l'eau et centrifugations selon [5]. On obtient :

- FO 200-2000 : débris végétaux, taille 200 à 2000 µm;
- FM 200-2000 : sables grossiers, taille 200 à 2000 µm;
- F 50-200 : débris végétaux + sables fins, taille 50 à 200 µm;
- F 0-50 : fraction essentiellement organo-minérale, taille 0 à 50 µm;
- W : fraction hydrosoluble.

La nature des fractions est contrôlée par observation microscopique et confirmée par leur teneur en carbone (mgC.g<sup>-1</sup> fraction), en particulier pour FO 200-2000, et leur rapport C/N.

Dasages. — C et N sont dosés par voie sèche à l'aide d'un analyseur élémentaire C, H, N, O, S « Carlo Erba », Mod. 1106. La teneur en <sup>13</sup>C est déterminée selon [6], par combustion, suivie du dosage sur spectromètre de masse « VG Micromass », Mod. MM60 E. Elle est exprimée en valeur δ<sup>13</sup>C par rapport à la référence PDB avec un écart-type maximal de 0,1 ‰.

$$\delta^{13}C \text{ ‰} = \left[ \frac{(^{13}C/^{12}C) \text{ échantillon}}{(^{13}C/^{12}C) \text{ standard}} - 1 \right] \times 1000.$$

Le <sup>13</sup>C des fractions FM 200-2000 et W, très pauvres en carbone, n'a pas été dosé.

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION. — 1. Expression des résultats. — Les apports végétaux aux sols cultivés ont une valeur δ<sup>13</sup>C moyenne δ<sub>1</sub> = -13 ‰ (feuilles -13,2 ‰, racines -12,7 ‰). La mesure de δ<sup>13</sup>C dans chaque fraction permet d'estimer la proportion x de carbone issu de la canne à sucre (à δ<sup>13</sup>C égal à -13 ‰) et la proportion y de carbone issu de la forêt (à δ<sup>13</sup>C égal à celui de la fraction correspondante du sol sous forêt T0) :

$$x (\%) = \frac{\delta - \delta_0}{\delta_1 - \delta_0} \times 100; \quad y (\%) = 100 - x,$$

δ = δ<sup>13</sup>C de la fraction;

δ<sub>1</sub> = δ<sup>13</sup>C des apports de canne (-13,0 ‰);

δ<sub>0</sub> = δ<sup>13</sup>C de la fraction correspondante dans le sol T0.

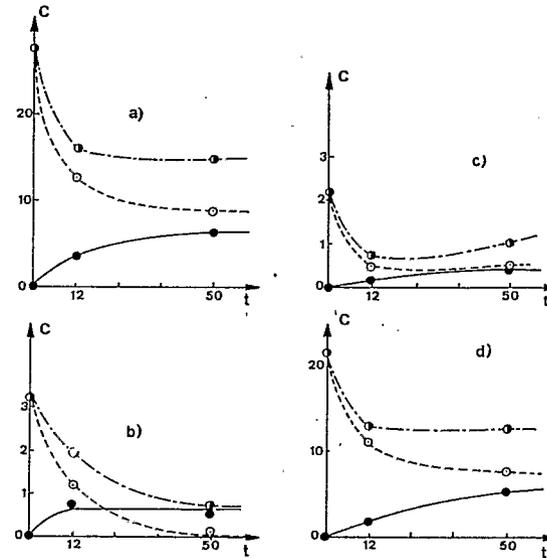
De x de y on déduit les teneurs absolues (mgC.g<sup>-1</sup> sol) en carbone du sol provenant, soit de la culture, « C-canne », soit du stock initial sous-forêt, « C-forêt ».

$$\text{« C-canne »} = \frac{x}{100} \times C \text{ total}, \quad \text{« C-forêt »} = \frac{y}{100} \times C \text{ total} \quad (C \text{ en mg.g}^{-1} \text{ sol}).$$

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE

Évolution du carbone du sol et de différentes fractions granulométriques après mise en culture de canne à sucre (Carbone C en mg.g<sup>-1</sup> sol, temps t en années). —○— carbone total; —●— carbone issu de la forêt initiale; —●— carbone issu de la canne à sucre. a) stock total, b), c) et d) fractions FO 200-2000, F 50-200 et F 0-50.

Carbon variations in soil and different particle-size fractions under sugar cane cultivation (Carbon C in mg.g<sup>-1</sup> soil, time t in years). —○— total carbon; —●— carbon derived from initial forest; —●— carbon derived from sugar-cane. a) total amount b), c), and d) fractions FO 200-2000, F 50-200 and F 0-50.



TABLEAU

Densité apparente, teneur en carbone totale et carbone 13, rapport C/N, des sols et de leurs fractions granulométriques. Bulk density, total carbon and carbon 13 contents, C/N ratio, of soils and particle-size fractions.

Station	Prof. (cm)	Sol non fractionné			Sol fractionné				
		da (*)	C (mg.g <sup>-1</sup> sol)	δ <sup>13</sup> C (‰)	Fraction	C (mg.g <sup>-1</sup> fraction)	C (mg.g <sup>-1</sup> sol)	C/N	δ <sup>13</sup> C (‰)
T0	0-6	1,22	47,8	-25,6	FO 200-2000	356	7,44	12,7	-26,1
					FO 50-200	37,7	6,10	11,0	-25,2
	6-12	1,38	23,2	-25,5	F 0-50	49,8	33,8	9,5	-25,3
					-	330	1,75	16,3	-26,2
					-	5,3	0,73	13,1	-26,2
T12	12-20	1,35	16,4	-25,1	-	27,8	20,3	9,7	-25,1
					-	435	1,65	38	-27,2
	0-10	1,24	16,5	-22,7	-	5,0	0,64	14,1	-26,9
					-	18,1	13,9	10,1	-25,0
					-	339	2,03	37	-20,8
T50	10-20	1,54	15,5	-23,0	-	6,2	0,89	13,6	-22,3
					-	16,7	13,3	9,8	-23,2
	0-10	1,26	14,6	-20,3	-	263	1,85	32	-21,8
					-	3,8	0,53	20,0	-23,5
					-	16,7	12,9	10,0	-23,4
10-20	1,28	15,7	-20,2	-	310	0,53	31	-15,6	
				-	7,4	1,18	17,9	-20,5	
				-	16,7	12,6	11,5	-20,1	
					-	341	0,75	37	-15,2
					-	6,7	1,00	14,6	-20,2
					-	17,9	13,6	11,1	-20,1

(\*) da = densité apparente du sol.

