

## SUR LE ROLE DE LA VEGETATION DANS LE STOCKAGE DU SOUFRE DANS LES SOLS DE MANGROVE (SENEGAL). RESULTATS PRELIMINAIRES

C. FELLER,<sup>1</sup> J. TRICHET,<sup>2</sup> J. C. FONTES<sup>3</sup> et C. MARIUS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ORSTOM, c/o CPB-CNRS, (L.P. 6831, associé à l'Université de Nancy 1), B.P. 5, 54501 Vandœuvre-les-Nancy Cédex, France

<sup>2</sup>Université d'Orléans, Laboratoire de Géologie Appliquée, B.P. 6759, 45067 Orléans Cédex 2, France

<sup>3</sup>Université de Paris-Sud, Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique, 91405 Orsay, France

<sup>4</sup>ORSTOM, c/o Institut de Géologie, 1 rue Blessig, 67084 Strasbourg Cédex, Belgium

(Accepté le 20 février 1989)

**Resumé**—Des organes végétaux, des résidus végétaux à divers degrés de décomposition, ainsi que les premiers centimètres de sol de la mangrove à *Rhizophora* des îles du Saloum au Sénégal, sont caractérisés par leur teneur en C, N et S totaux, en différentes formes d'acides aminés et par leurs compositions isotopiques ( $\delta^{34}\text{S}$ ). Ces résultats préliminaires soulignent le rôle important joué probablement par la végétation sur le stockage du S dans les sols de mangrove par les restitutions foliaires et racinaires.

**Summary**—Upon the role of vegetation in sulfur storage in mangrove soils (Senegal). Preliminary results. Plant organs, plant residues at different degrees of decomposition, and the surface soil (0-5 cm) of a *Rhizophora* mangrove in Saloum Island (Senegal) were analyzed for total C, N, S and amino acid content and for sulfur isotopical composition ( $\delta^{34}\text{S}$ ). These preliminary results emphasize the possible role of vegetation (roots and leaves) on S storage in mangrove soils.

### INTRODUCTION

Les sols de mangrove des régions intertropicales à saisons contrastées sont souvent riches en S total (de 1 à 5%) et ce, dès la zone de bordure avec les eaux marines (mer, lagon ou rivières), zone généralement colonisée au Sénégal par les *Rhizophora mangle* ou *racemosa* (Vieillefon, 1977; Marius, 1985).

Dans ces milieux hydromorphes et souvent riches en matière organique, l'accumulation du S dans les horizons superficiels des sols ou des sédiments marins est généralement attribuée à la sulfato-réduction bactérienne, les sulfates solubles des nappes salées étant réduits en sulfures insolubles. Le processus global est décrit par Berner (1970) et discuté par Pons (1973) pour les mangroves.

Toutefois, quelques déterminations (cf. ci-dessous) de S total dans les organes végétaux aériens et souterrains des *Rhizophora* mettent en évidence des teneurs élevées en cet élément (0.5-2.5%). La végétation pionnière de mangrove, en association ou non avec une activité microbienne, pourrait donc exercer, par ses restitutions foliaires et racinaires, un rôle important dans la nature et l'intensité de l'accumulation du S dans le sédiment. Ce rôle ne semble pas avoir été particulièrement étudié.

Ce travail présente donc des résultats préliminaires sur les différentes formes de S, leurs teneurs dans les feuilles et racines, et leur incorporation dans les premiers centimètres de sol au cours des premiers stades de décomposition des résidus végétaux. Quelques données de teneurs en  $^{34}\text{S}$  complètent cet ensemble.

### MATERIELS ET METHODES

Les échantillons de sols et de végétaux étudiés ont été prélevés à Bassid, dans une île du Saloum au Sénégal (Fig. 1), dans les zones à grands *Rhizophora* (*R. mangle* + *R. racemosa*, unité de végétation Rho) et à *R. mangle* nains (unité de végétation Rh1) le long d'une séquence étudiée par Marius (1985).

L'ensemble de ces deux zones constitue la mangrove à palétuviers qui se poursuit dans la séquence étudiée, du rivage vers le continent, par le tanne inondé, le tanne vif inondé et le tanne vif, ces trois zones étant dépourvues de végétation. Cette séquence, caractéristique des îles du Saloum, se distingue par une texture sablo-argileuse, souvent hétérogène. Les deux profils sous mangroves sont riches en fibres et en débris racinaires de *Rhizophora*. Ces deux zones sont recouvertes deux fois par jour par la marée.

Dans cette étude, l'analyse des sols porte uniquement sur la fraction appelée FL ("fraction liée") qui correspond au sol total débarrassé, par tri manuel, et tamisages sous eau (Feller *et al.*, 1981), de l'essentiel des résidus végétaux de tailles supérieures à 100  $\mu\text{m}$ . L'échantillon FL-f (0-5) est un prélèvement moyen (0-5 cm) dans une zone de quelques  $\text{m}^2$  (unité Rho) recouverte d'une abondante litière de feuilles (f) concentrées à cet endroit par le mouvement des eaux. Les échantillons FL-r (0-5) sont des prélèvements moyens au centre des unités Rho et Rh1 dans la couche (0-5 cm) de l'horizon racinaire (r).

Les échantillons végétaux frais (feuilles, rameaux, branches, troncs et racines) sont constitués d'un

15 OCT. 1991

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 34 758 ex 1

Cote : B M p52

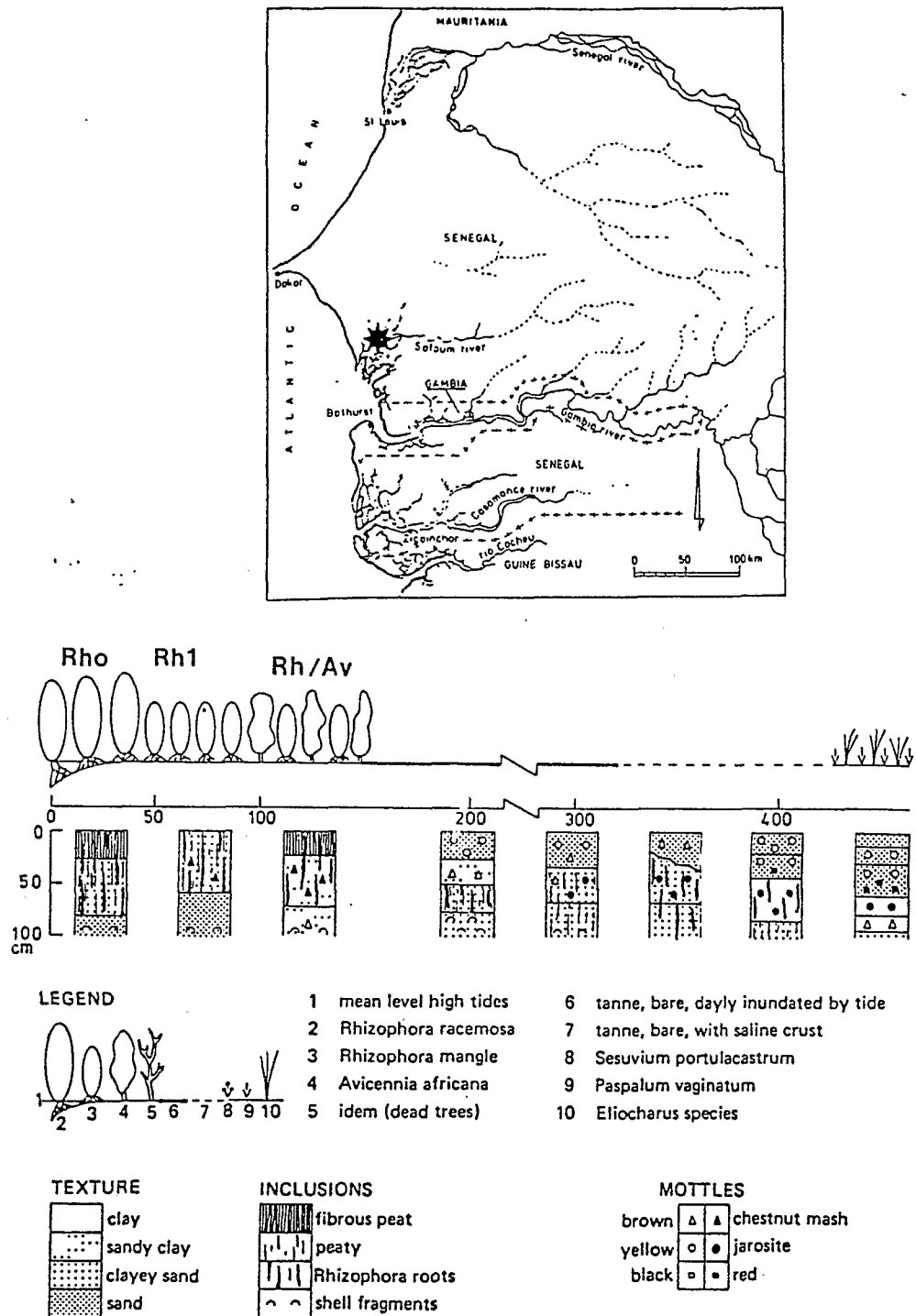


Fig. 1. Situation et caractéristique de la séquence étudiée.

échantillon moyen prélevé en saison sèche (mars) aux dépens de 6 arbres des zones où ont été prélevés les échantillons de sols et de litières. Les résidus végétaux à différents stades de décomposition sont extraits et triés des litières de feuilles, pour les feuilles, et des horizons 0-5 cm pour les racines. L'état de décomposition est apprécié qualitativement par la morphologie du résidu végétal (forme plus ou moins altérée, couleur plus ou moins noirâtre). En ce qui concerne les racines souterraines fines, il est difficile, voire

impossible, de séparer les racines vivantes des racines mortes.

Les échantillons, sols et végétaux, sont lavés à l'eau distillée, séchés à 70°, broyés, séchés à nouveau à 70° jusqu'à humidité constante puis conservés à l'état sec avant analyse.

Quelques échantillons ont donné lieu à des extractions humiques par le mélange pyrophosphate de Na (0.1 M)-soude (0.1 M) dans un rapport échantillon/solution de 1/10 vol. La fraction non extractible

est appelée humine HU. L'extrait, matières humiques totales MHT, est fractionné, par addition d'HCl à pH 2, en acides fulviques AF (solubles) et humiques AH (précipités). Les acides humiques, s'ils contiennent plus de 5% de cendres, sont traités à froid par un mélange HF 0.1 M-HCl 0.1 M (3-4 fois, 24 h) afin d'éliminer quartz et silicates. Après lavages à H<sub>2</sub>O, ils sont lyophilisés.

Le carbone total (C) (absence de carbonate) est dosé par voie sèche au Carmhograph. L'azote total (N), minéralisé selon Kjeldahl, est dosé par colorimétrie. Le soufre total (St) est dosé par voie sèche au Sulmhograph. "Le S lié à la matière organique" est calculé par la différence entre le S total et le S restant après calcination à l'air de l'échantillon à 350° pendant 24 h. Cette méthode est inspirée des travaux de Vieillefon *et al.* (1973) qui ont montré, par couplage ATD/Analyseur de SO<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>, que le soufre libéré avant 350°C correspondrait à une fraction de S liée à la matière organique, appelée, par simplification, "S organique" (Sorg). La nature chimique de cette forme de soufre n'est pas précisée.

Le soufre aminé (Sa) est calculé à partir de la somme des acides aminés soufrés dosés individuellement sous forme d'acide cystéique et de méthionine sulfone.

Les acides aminés totaux (AAT) non soufrés sont obtenus par hydrolyse à HCl 5.6 M (110°C, 24 h) de l'échantillon. Les solutions obtenues sont déminéralisées sur colonnes échangeuses de cations et la solution finale est portée à pH 2. Le mélange d'acides aminés est additionné d'une solution tampon de citrate de sodium 0.2 M (pH 2) et d'une quantité connue de Norleucine qui sert d'étalon interne.

L'analyse des acides aminés soufrés (AAS) (cystéine et méthionine) nécessite un traitement particulier. Ils sont préalablement oxydés par l'acide performique (-14°, 16 h), repris deux fois par l'eau après évaporation de la solution, puis hydrolysés par HCl 5.6 M (110°C, 24 h) comme précédemment.

Les acides aminés sont dosés au moyen d'un chromatographe d'échange d'ions Beckman 118 BL.

Les acides aminés sont classés en:

- AAT: somme de tous les acides aminés,
- AAS: cystéine et méthionine,
- acides aminés "non protéiques" (AANP): ac. muramique,  $\alpha$ -amino butyrique,  $\alpha$ ,  $\gamma$ -di-

aminopimélique,  $\beta$ -alanine,  $\gamma$ -aminobutyrique, ornithine, glucosamine, galactosamine. Dans les sols de mangrove, les AANP seraient issus essentiellement des métabolites microbiens (Cassagrande et Given, 1980),

- acides aminés "protéiques non soufrés" (AAPNS): ac. aspartique, thréonine, sérine, ac. glutamique, proline, glycine, alanine, valine, alloisoleucine, alloleucine, isoleucine, leucine, tryosine, phénylalanine, histidine, lysine, arginine.

Les résultats sont exprimés en micromoles par gramme de l'échantillon ( $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ ) ou, pour comparer des échantillons végétaux, de sols et d'acides humiques à différentes teneurs en matière organique, en micromoles par gramme de carbone de l'échantillon ( $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{C}$ ).

La détermination des teneurs en <sup>34</sup>S exprimées en unités  $\delta$  (étalon de référence: la troilite de Canyon Diablo, indiquée CDT) est faite après préparation des échantillons selon Filly *et al.* (1975), au spectromètre de masse (VG Micromass 602 D).

## RESULTATS ET DISCUSSION

Teneurs en C, N et S dans les organes végétaux des *Rhizophora*

Les teneurs sont données dans le Tableau 1.

Les rapports C/N varient de 40-130, les valeurs les plus faibles étant celles des feuilles vertes. Les rapports C/St varient de 10-100. Ces valeurs basses sont dues aux teneurs élevées en soufre total (St) qui peuvent atteindre 20-30%, dans les feuilles et les racines. A titre de comparaison, les pailles de mil, sorgho ou riz cultivés au Sénégal sur sols non ou peu salés ont des rapports C/St variant de 230-800 (Feller, *inédit*).

Le S organique (Sorg), représente selon les échantillons, de 14-57% du S total, avec de nombreuses valeurs voisines de 30%. Les teneurs absolues les plus élevées se rencontrent dans les feuilles et les racines. Le S minéral représente 43-86% du S total.

Les teneurs en S aminé (Sa) sont faibles, de l'ordre de 0.2-0.4% et représentent de 3-8% du S organique (Sorg).

Table 1. Teneurs en carbone (C), soufre total (St), soufre organique (Sorg) et soufre aminé (Sa) d'organes végétaux de *R. mangle* (unités de végétation Rho et Rhl)

Végét <sup>a</sup>	Ech. <sup>b</sup>	C (mg g <sup>-1</sup> )	St			C/St	C/Sorg	C/Sa	Sorg/St	Sa/Sorg	
			C/N	(mg g <sup>-1</sup> )	Sorg						Sa
Rho	fv	463	41	20.9	4.8	0.37	22	96	1251	0.23	0.08
	ra	448	68	9.7	3.1	0.19	46	145	2358	0.32	0.06
	b	502	73	6.2	3.1	ND	81	162	ND	0.51	ND
	t	476	88	4.7	2.7	0.15	101	176	3173	0.57	0.06
	rga	443	133	25.0	3.6	0.19	18	123	2332	0.14	0.03
Rhl	fv	453	43	20.7	6.2	ND	22	73	ND	0.30	ND
	ra	427	79	12.2	4.0	ND	35	107	ND	0.33	ND
	b	449	79	8.8	2.8	ND	51	160	ND	0.32	ND
	t	442	116	9.3	3.1	ND	48	143	ND	0.34	ND
	rms	340	79	33.5	7.2	ND	10	47	ND	0.22	ND

<sup>a</sup>Rho = unité à *R. racemosa* et *R. mangle* en bordure de marigot, Rhl = unité à *R. mangle*, Rh/Av = unité de végétation à *R. mangle* + quelques *Avicennia*.

<sup>b</sup>fv = feuille verte, ra = rameau, b = branche, t = tronc, rga = grosse racine aérienne, rms = racine moyenne souterraine, ND = non dosé.

Table 2. Teneurs en carbone (C), soufre total (St), soufre organique (Sorg) et soufre aminé (Sa) de feuilles et racines à divers stades de décomposition, et de la fraction liée FL du sol (0-5 cm)

Végét. <sup>a</sup>	Ech. <sup>b</sup>	C		St	Sorg	Sa	C/St	C/Sorg	C/Sa	Sorg/St	Sa/Sorg
		(mg g <sup>-1</sup> )	C/N	(mg g <sup>-1</sup> )							
Feuilles décomposées											
Rho	fs	446	86	24.3	2.3	0.15	19	203	3107	0.09	0.07
	fmd	420	37	14.6	1.9	0.48	29	221	875	0.13	0.25
	fid	358	31	16.5	5.7	0.45	22	63	796	0.35	0.08
	FL-f(0-5)	56.9	18	6.5	4.6	0.14	8.8	12	406	0.71	0.03
Racines décomposées											
Rho	rga	443	133	25.0	3.6	0.19	18	123	2332	0.14	0.05
	rgad	374	73	39.1	10.5	ND	9.6	36	ND	0.27	ND
	rfs	334	68	34.4	4.5	0.13	9.7	62	2659	0.16	0.02
	rfd	353	35	24.6	10.9	0.57	14	32	619	0.45	0.05
	FL-r(0-5)	85.3	22	10.9	4.7	0.24	7.8	18	355	0.47	0.05
Rhl	rms	340	79	33.5	7.2	ND	10	47	ND	0.22	ND
	rfs	316	66	62.1	14.7	ND	5.1	21	ND	0.24	ND
	rfd	264	52	50.5	25.5	ND	5.2	10	ND	0.50	ND
	FL-r(0-5)	46.9	23	12.1	6.5	ND	3.9	7.2	ND	0.54	ND

<sup>a</sup>Rho et Rhl: voir Tableau 1.

<sup>b</sup>fs = feuille sèche, fmd = feuille moyennement décomposée, fid = feuille très décomposée, rga(d) = grosse racine aérienne (décomposée), rms = racine moyenne souterraine, rfs = racine fine souterraine, rfd = racine fine décomposée, FL-f(0-5) = fraction liée FL du sol 0-5 cm sous litière feuille, FL-r(0-5) = fraction liée FL du sol dans horizon racinaire 0-5 cm, HU = humine.

A côté des acides aminés soufrés on trouve aussi (Tableau 3) de faibles quantités (inférieures à 2.3% des acides aminés totaux) d'AANP, l'essentiel des acides aminés étant représenté par les AAPNS.

Les teneurs en <sup>34</sup>S (Tableau 4) des feuilles sèches au sol (fs) et des racines vivantes souterraines (rms) sont très faibles (-7.7 et -7.9‰) comparées aux <sup>34</sup>S du sulfate des nappes (+18.6 et +20.1‰) très proches de celles des sulfates marins (environ +20‰; Longinelli, 1988). Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues par Feller et Trichet (1984) dans une unité de végétation semblable (Rho) d'une mangrove tourbeuse en Guadeloupe: racines (rgs) à <sup>34</sup>S = -6.6‰; nappe à <sup>34</sup>S = +20.1‰.

Ces valeurs négatives de <sup>34</sup>S des végétaux méritent d'être signalées même si les processus mis en jeu pour l'assimilation du S par la plante sont difficiles à préciser dans l'état actuel de nos données.

Ainsi, si l'unique source de S-végétal est S-SO<sub>4</sub> des nappes, les variations de composition isotopiques entre la source et les produits sont très élevées (d'environ -30‰). Ce résultat est surprenant puisque, selon Mckhtiyeva et Pankina (1968), Stout

*et al.* (1975) et Kutsakabe *et al.* (1976), la nutrition en S des plantes à partir de S-SO<sub>4</sub> de sols ou nappes ne s'accompagne que de variations en <sup>34</sup>S comprises entre 0 et -8‰; dans ces conditions, il faudrait faire intervenir dans le processus d'assimilation de S-SO<sub>4</sub> par les *Rhizophora* des fractionnements isotopiques par oxydo-réductions bactériennes successives au niveau de la rhizosphère et/ou simplement par diffusion des sulfates à travers les membranes végétales. En effet:

—d'une part, la sulfato-réduction microbienne implique des variations en <sup>34</sup>S pouvant atteindre -40‰ (Burton et Barker, 1980; Pierre et Fontes, 1979; Skyring et Chambers, 1980; Trudinger, 1982) et la sulfo-oxydation des variations comprises entre 0 et -8‰ (Stout *et al.*, 1975; Krouse, 1980),

—d'autre part, le simple phénomène de diffusion des sulfates à travers les membranes végétales pourrait expliquer une diminution de <sup>34</sup>S d'environ -10‰ (comm. pers. Arnold).

Table 3. Teneurs en AAT, AAS, AANP et AAPNS d'organes végétaux, de litières et de sols (0-5 cm) de l'unité Rho

Ech. <sup>a</sup>	Acides aminés AA (μmol)								
	(mg g <sup>-1</sup> )	AAT		AAS		AANP		AAPNS	
		(g <sup>-1</sup> )	(g <sup>-1</sup> C)	(g <sup>-1</sup> )	(g <sup>-1</sup> C)	(g <sup>-1</sup> )	(g <sup>-1</sup> C)	(g <sup>-1</sup> )	(g <sup>-1</sup> C)
Feuilles décomposées									
fv	463	585	1263	11.6	25.1	8.8	19.0	571	1233
fs	466	263	564	4.6	9.9	5.4	11.6	156	549
fmd	420	508	1209	15.0	35.7	17.8	42.4	484	1152
fid	358	536	1497	14.2	39.7	19.6	54.7	510	1425
FL-f(0-5)	56.9	136	2390	4.4	77.3	6.8	119	127	2236
Racines décomposées									
rga	443	183	413	3.2	7.2	4.2	9.5	178	402
rfs	334	269	805	4.0	11.0	7.0	21.0	261	781
rfd	553	527	1493	17.8	50.4	24.0	68.0	497	1408
FL-r(0-5)	85.3	171	2005	7.4	86.8	10.8	127	158	1852
Acides humiques									
fid	496	1144	2306	39.0	78.6	54.5	110	1074	2163
FL-r(0-5)	459	1481	3227	49.1	107.0	74.2	162	1389	3026

<sup>a</sup>Abbréviations: voir Tableaux 1 et 2.

Table 4. Teneurs en  $^{34}\text{S}$  de végétaux, sols et nappes

Echantillon <sup>a</sup>	Unité végétation <sup>b</sup>	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
Nappes <sup>c</sup>	Rho	+20.1
	Rho1	+18.6
	Rh/Av	+19.8
Végétaux fs	Rho	-7.65
	Rh1	-7.9
	Rho	-23.9
Sols FL-r(0-5)	Rh1	-17.0
	FL-r(0-5)HU	-17.6

<sup>a,b</sup> Abréviations: voir Tableaux 1 et 2.<sup>c</sup> D'après Kalck (1978).

Toutefois, on ne peut négliger S-atmosphérique comme source possible de S pour la plante, ainsi que l'ont mis en évidence divers auteurs pour des végétations situées à proximité d'émissions gazeuses de  $\text{SO}_2$  d'origine industrielle (Krouse, 1980; Krouse *et al.*, 1984) ou de  $\text{H}_2\text{S}$  et de ses produits d'oxydation de certaines sources sulfureuses (Krouse et Van Everdingen, 1984). Dans ce dernier cas, il a été montré qu'à  $\text{SO}_4^{2-}$  (des sources) à  $\delta^{34}\text{S}$  de +19‰ correspondaient  $\text{HS}^-$  aqueux,  $\text{H}_2\text{S}$  et  $\text{SO}_2$  atmosphériques à  $\delta^{34}\text{S}$  négatifs, pouvant varier de -6 à -34‰; dans ces conditions, les feuilles des arbres environnants présentent des valeurs  $\delta^{34}\text{S}$  variant de -15 à -32‰; aussi, dans le cas de l'écosystème mangrove pour lequel la sulfato-réduction au sein des sols et des nappes est intense (Freny *et al.*, 1982), il est possible que les émissions gazeuses ( $\text{H}_2\text{S}$  et ses produits d'oxygénation) soient intenses et que les composés émis aient des  $\delta^{34}\text{S}$  négatifs. Nous ne disposons, pour l'instant, d'aucune mesure de ces flux.

Au total, quels que soient les mécanismes mis en jeu, les résidus végétaux restitués au sol (feuilles et racines) sont riches en S et possèdent des  $\delta^{34}\text{S}$  négatifs, déjà proches de ceux observés dans le sol, mais très différents de ceux des sulfates marins initiaux.

Teneurs en C, N et S des résidus végétaux à divers stades de décomposition et des échantillons de sol (0-5 cm) (Tableau 2)

Au cours de la décomposition des feuilles et des racines et de l'incorporation de leur matière organique aux horizons superficiels du sol, on note une diminution quasiment systématique des rapports C/N, C/St, C/Sorg et C/Sa et une augmentation de Sorg/St. Il y a donc accumulation relative d'azote, de S total, de S organique et de S aminé par rapport à C organique du sol, ainsi qu'une accumulation de S organique par rapport au S total.

L'augmentation observée pour les acides aminés soufrés est retrouvée aussi pour les autres formes d'acides aminés mais dans des proportions variables. Nous appelons "facteur de concentration en acides aminés AA", le rapport F des teneurs en acides aminés des fractions de sol (0-5 cm) les plus humifiées sous litière de feuille (FL-f) ou dans l'horizon racinaire (FL-r) à celle des résidus végétaux les moins décomposés correspondants (feuille sèche fs, racine rga):

$$F = \frac{\mu\text{mol} \cdot (\text{AA}) \cdot \text{g}^{-1} \text{C} [\text{FL-f ou FL-r}]}{\mu\text{mol} \cdot (\text{AA}) \cdot \text{g}^{-1} \text{C} [\text{résidu végétal (feuille fs ou racine rga)}]}$$

On obtient pour: ATT AAS AANP AAPNS  
 dans le cas des  
 feuilles: F = 4.2 7.8 9.7 4.1  
 dans le cas des  
 racines: F = 4.8 12.1 13.4 4.6

Ainsi, dans tous les cas, le facteur de concentration F est plus élevé pour les AAS et AANP que pour les AAPNS, largement dominants, par ailleurs, en quantité globale. L'ensemble de ces résultats sur les acides aminés sont en accord avec ceux de Cassagrande et Given (1980) pour une mangrove tourbeuse de Floride (Everglades) et avec la conclusion des mêmes auteurs sur la part prise, dans le stock des AAT, par les AANP.

Enfin, la comparaison d'acides humiques AH extraits des feuilles très décomposées (fid), ou de la fraction FL du sol racinaire, avec les mêmes matériaux avant extraction, fait apparaître des teneurs plus élevées ( $\mu\text{mol g}^{-1}\text{C}$ ) de toutes les formes d'acides aminés dans les AH que dans les matériaux totaux.

Les  $\delta^{34}\text{S}$  des racines fines décomposées (rfd) et de la fraction organo-minérale du sol racinaire, avant, FL-r (0-5), et après extraction humique, FL-r (0-5) HU, sont très négatifs, -17 à -24‰. Des études sur des fractions de sol de mangrove tourbeuse de Gaudcloupe (unité Rho) conduisent aussi à des valeurs négatives entre -14 et -17‰ (Feller et Trichet, 1984). Comme attendu, la décomposition bactérienne des résidus végétaux et leur incorporation au sol s'effectue avec une nette diminution des teneurs  $^{34}\text{S}$  pour atteindre des valeurs voisines de -20‰.

Les différences de compositions isotopiques mesurées signifient que les transformations sont partielles. Le problème consiste donc, à l'avenir, à déterminer sous quelle(s) forme(s) se trouve la fraction du S végétal qui n'est pas métabolisée.

En conclusion, de nombreuses questions restent posées à la suite de ces premiers résultats quant aux étapes initiales de l'accumulation du S dans les sols de mangrove (premiers centimètres du sol dans les zones où la végétation est pionnière). Dans une première phase on est conduit à considérer, à côté des processus de sulfato-réduction microbienne dans lesquelles les matières organiques d'origine végétale ne joueraient qu'un rôle énergétique, un rôle plus direct de la végétation par "héritage" avec apport au sédiment de feuilles et racines, riches en S et à  $\delta^{34}\text{S}$  déjà négatifs (-8‰). Dans une deuxième phase, la décomposition des résidus végétaux et leur incorporation dans le sédiment s'accompagnerait d'une accumulation relative de S organique, en particulier, de S aminé et d'AANP. Au cours de cette phase, on noterait une nouvelle diminution des teneurs en  $^{34}\text{S}$  jusqu'à des valeurs variant entre -14 et -24‰.

Remerciements—Nous remercions l'ATP-PIREN "Matières organiques dans les sols" pour sa participation au financement de cette étude. Enfin, nous tenons à remercier vivement M. Arnold (CRPG-CNRS, Nancy) pour ses conseils dans la rédaction de ce travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- Berner R. A. (1970) Sedimentary pyrite formation. *American Journal of Science* 268, 1-23.
- Burton H. R. et Barker R. J. (1980) Sulfur chemistry in an antarctic meromictic lake. In *Sulfur in Australia* (J. R. Freney and A. J. Nicholson, Eds), pp. 96-99. Australian Academy of Science, Canberra.
- Cassagrande D. J. et Given P. H. (1980) Geochemistry of aminoacids in some Florida peat accumulations. II. Aminoacid distributions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44, 1493-1507.
- Feller C. et Trichet J. (1984) Rapport final du programme soufre-matière organique dans une mangrove tourbeuse de Gaudeloupe. *Rapport Rone'o* 24, p. ORSTOM-Martinique.
- Feller C., Cheval M. et Ganry F. (1981) Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agrosystème tropical. I. Influence d'une fertilisation azotée (urée) et d'un amendement organique (compost) sur la répartition du carbone et de l'azote dans différents compartiments d'un sol sableux. *L'Agronomie Tropicale* 26, 9-17.
- Filly A., Letolle R. et Pusset M. (1975) L'analyse isotopique du soufre: problèmes techniques. *Analisis* 3, 197-200.
- Freney J. R., Jacq V. A. et Baldensperger J. F. (1982) The significance of the biological sulfur cycle in rice production. In *Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity* (Y. Dommergues and H. G. Diem, Eds). *Developments in Plant and Soil Sciences*, Vol. 5, pp. 271-317. Nijhoff & Junk, Dordrecht.
- Krouse H. R. (1980) Sulphur isotopes in our environment. In *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* (P. Fritz and J. Ch. Fontes, Eds), Vol. 1A, pp. 435-471. Elsevier, Amsterdam.
- Krouse H. R. et Van Everdingen R. O. (1984)  $\delta^{34}\text{S}$  variations in vegetation and soil exposed to intense biogenic sulphide emissions near Paige Mountain, N.W.T Canada. *Water, Air and Soil Pollution* 23, 61-67.
- Krouse H. R., Legge A. H. et Brown H. M. (1984) Sulphur gas emissions in the boreal forest: the Vest Whitecourt case study. V. Stable sulphur isotopes. *Water, Air and Soil Pollution* 22, 321-347.
- Kusakabe H., Rafter T. A., Stout J. D. et Collic T. W. (1976) Sulphur isotopic variations in nature. 12. Isotopic ratios of sulphur extracted from some plants, soils and related materials. *New Zealand Journal of Science* 19, 443-440.
- Longinelli A. (1988) Oxygen-18 and sulphur-34 in dissolved oceanic sulphate and phosphate. In *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* (P. Fritz and J. Ch. Fontes, Eds), Vol. 2, pp. 219-235. Elsevier, Amsterdam.
- Marius C. (1985) Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie, pédologie, géochimie. Mise en valeur et aménagement. *Travaux et Documents* No. 193. ORSTOM, Paris.
- Mekhtiyeva V. L. et Pankina R. G. (1968) Isotopic composition of sulfur in aquatic plants and dissolved sulfates. *Geochemistry International* 5, 624-627.
- Nissenbaum A. et Kaplan I.R. (1976) Sulfur and carbon isotopic evidence for biogeochemical processes in the Dead Sea ecosystem. In *Environmental Biogeochemistry* (J. O. Nriagu, Ed.), Vol. 1, pp. 309-325. Ann Arbor Science Publications, Ann Arbor.
- Pierre C. et Fontes J. C. (1979) Oxygène 18, carbone 13, deuterium et soufre 34: marqueurs géochimiques de la diagenèse et du paléomilieu évaporitiques du Messinien de la Méditerranée. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris* 1C, 3-18.
- Pons L. J. (1973) Outline of genesis, characteristics, classification and improvement of acid sulphate soils. Acid sulphate soils. *Publications of International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen*, 1, 3-27.
- Skyring G. W. et Chambers L. A. (1980) Sulfate reduction in intertidal sediments. In *Sulfur in Australia* (J. R. Freney and A. J. Nicholson, Eds), pp. 88-97. Australian Academy of Science, Canberra.
- Stout J. D., Rafter A. and Troughton J. H. (1975) The possible significance of isotopic ratios in palaeoecology. *Quaternary studies* (R. P. Suggate et M.M. Cresswell, Eds), pp. 279-286. The Royal Society of New Zealand, Wellington.
- Trudinger P. A. (1982) Geological significance of sulphur oxidoreduction by bacteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* B298, 563-581.
- Vicillefon J. (1977) Les sols de mangroves et de tannes de Basse-Casamance (Sénégal). *Mémoire ORSTOM*, No. 83. ORSTOM, Paris.
- Vicillefon J., Chantret F. et Trichet J. (1973) Caractérisation des formes du soufre dans les sols de mangrove. Mise en évidence d'une fraction liée à la matière organique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris* D276, 2629-2632.