

**Caractéristiques pédologiques et microbiologiques
des sols de la station R. C. P. 40
de la Forêt de Sénart et du Parc de Brunoy**

PAR

D. BAUZON

J. ROUILLER

Centre de Pédologie - C.N.R.S. - NANCY

Centre de Pédologie - C.N.R.S. - NANCY

G. BACHELIER

S.S.C. - O.R.S.T.O.M. - BONDY

Deux notes, publiées récemment ici-même (DOMMERGUES et DUCHAUFOR, 1966 ; GILOT et DOMMERGUES, 1967), ont défini les caractéristiques pédologiques et microbiologiques générales des sols des stations lorraines et alpines étudiées dans le cadre du programme de recherche coopérative en écologie du sol ou R.C.P. 40 (DELAMARE et VANNIER, 1966). Le travail que nous présentons ci-dessous a trait à deux sols typiques de la station R.C.P. 40 de l'Ile-de-France :

1° Un sol faiblement podzolique à pseudogley.

Ce sol, bien représentatif de la *forêt de Sénart*, est formé sur des limons de plateaux remaniant un cailloutis pliocène et se trouve marqué par une hydromorphie temporaire proche de la surface en hiver.

Acidité, pauvreté chimique, structure fragile, accumulation organique superficielle, lessivage annuel du profil avec engorgement saisonnier et formation d'un pseudogley, caractérisant ce premier sol.

2° Un sol brun calcaire forestier (ou rendzine à horizons pour certains auteurs).

Ce sol est situé à Brunoy dans le parc même du laboratoire d'Écologie général du Muséum National d'Histoire Naturelle. De par ses caractéristiques

(1) Reçu le 26-4-67.

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

1

Collection de Référence

23 JANV 1968

n° 2025 ex 4

toutes différentes du premier sol, il constitue pour la microflore et la faune un second milieu bien distinct.

pH basique, calcaire abondant, forte structuration et rapide dégradation de la litière caractérisent ce second sol.

I. — DESCRIPTION DES PROFILS ET ÉTUDE PÉDOLOGIQUE

1. **Profil 1** : Sol faiblement podzolique à pseudogley et à hydromorphie temporaire proche de la surface.

1) *Emplacement* : Parcelle d'étude du Laboratoire d'Écologie Générale du Muséum dans la zone de reboisement de la forêt de Sénart à Brunoy. Plateau recouvert de limons remaniant un cailloutis pliocène. Topographie plane avec nombreuses petites mares tout aux alentours.

2) *Végétation* * :

Strate arborescente — *Quercus sessiliflora*.

Strate herbacée — *Molinia coerulea*, *Deschampsia flexuosa*, *Teucrium scorodonia*, *Rubus* sp., *Brachypodium pinnatum*, *Lonicera periclymenum*, *Convallaria maialis*, *Quercus sessiliflora*, *Hypericum pulchrum*, *Anemone nemorosa*, *Calluna vulgaris*, *Carex* cf *pilulifera*, *Potentilla tormentilla*, *Castanea sativa*, *Sorbus torminalis*.

Strate muscinale — *Polytrichum formosum*.

3) *Description du profil* :

A00	Litière à décomposition lente, épaisse de 1 à 2 cm.
A0/A1 (0-4,5 cm)	Horizon humifère très organique et brun-gris foncé, de type mormoder et à feutrage serré de racines. Texture limoneuse. Structure particulière avec aspect grenu à l'état humide. Consistance meuble à sec. Forte porosité.
A2 (4,5-5 cm)	Apparition locale d'un léger blanchiment à la base de l'horizon humifère.
B1 (5-25 cm)	Horizon limoneux de couleur brun-jaune clair de 5 à 15 cm, puis brun-jaune claire à jaune pâle de 15 à 25 cm. Structure polyédrique, fragile à sec et meuble à l'état humide. Horizon collant à l'état trempé. Porosité faible et fine. Racines horizontales tendant à s'arrêter à 20-25 cm.
B2 (25-30 cm)	Même matériau renfermant de nombreux morceaux de meulière gréseuse, moins abondants, plus petits et à orientation horizontale moins nette que dans le profil du rond-point donné ci-dessous en note additive (1).

* Les relevés botaniques ont été exécutés par A. LACOSTE du Laboratoire du Prof. LEMÉE à Orsay, que nous tenons à remercier vivement ici.

(1) *Note additive* : Description d'un profil voisin situé à quelques centaines de mètres de là, à proximité du rond-point (profil F1).

- g1 (30-60 cm) Pseudo-gley gris clair, à texture limoneuse et à 20 à 30 % de taches rouge-jaune limono-argileuses. Niveau d'eau dans cet horizon de novembre à mai.
- g2 (60-150 cm) Pseudo-gley à plus de 50 % de taches rouge-jaune. Texture argileuse, très plastique à l'état trempé. Horizon peu poreux et faiblement calcaire à partir de 120 cm. Cet horizon reste humide en été, même avec une nappe descendant en-dessous de 2 mètres, comme c'est ici le cas.

4) *Interprétation des résultats analytiques* (tableaux I, II, III, IV) :

Ce sol est intéressant par la complexité et le dynamisme saisonnier des facteurs qui en déterminent la morphologie et la biochimie.

TABLEAU I

Caractéristiques granulométriques du sol faiblement podzolique

N° échantillon	en %					C (W.B.) %	Graviers et cailloux %
	2 μ		20 μ	50 μ	0,2 mm 2 mm		
	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers		
F2 1 (0-5)..	16,0	21,7	25,8	15,5	21,0	12,18	13,9
F2 2 (5-10)..	13,7	21,3	28,0	16,4	20,3	2,75	13,3
F2 3 (10-15)..	12,5	21,6	28,9	16,4	20,6	1,76	15,9
F2 4 (15-20)..	12,9	21,7	28,0	16,1	21,3	1,36	18,5
F2 5 (20-30)..	12,0	21,3	27,8	16,3	22,6	1,10	23,1
F2 6 (30-40)..	16,2	19,7	26,9	16,0	21,2	0,50	23,7
F2 7 (40-50)..	22,0	20,6	24,9	13,1	19,4	0,40	12,3
F2 8 (50-60)..	28,4	16,2	21,2	13,0	21,2	0	9,3
F2 9 (60-70)..	35,4	14,5	18,3	13,2	18,6	0	6,9
F2 10 (70-80)..	41,7	9,3	11,7	15,7	21,6	0	28,3
F2 11 (80-90)..	48,4	6,0	7,1	26,3	12,2	0	7,8
F2 12 (90-100)..	42,8	4,5	6,6	33,3	12,8	0	3,1
F2 13 (100-110)..	42,9	3,9	6,3	38,0	8,9	0	2,3
F2 14 (110-120)..	40,0	4,9	6,5	41,0	7,6	0	1,5
F2 15 (120-130)..	38,8	3,4	6,2	47,4	4,2	0	2,1

(suite de la note additive)

- A00 Litière à décomposition lente épaisse de 1 à 2 cm.
- A0/A1 Horizon humifère brun foncé de type *moder* à dense chevelu de racines. Texture limoneuse. (0-2 à 5 cm) Structure particulaire avec aspect grenu à l'état humide. Consistance meuble à sec. Forte porosité. Limite irrégulière de cet horizon : de 2 à 5 cm.
- B1 Horizon limoneux de couleur brun jaune pâle avec descente irrégulière de substances humiques. Structure polyédrique fragile à sec (éclate facilement dans les doigts) et meuble à l'état humide. Horizon collant à l'état trempé. Porosité faible et fine. Racines horizontales tendant à s'arrêter au-dessus des dalles sous-jacentes.
- B2 Dallage de meulrières gréseuses, aplaties et à dépôts ferrugineux éventuels sur les faces supérieures. (17-22 cm)
- g Pseudo-gley gris clair à 20 à 30 % de taches rouge-jaune. Texture limoneuse (un peu plus argileux que les horizons sus-jacents). Structure polyédrique fragile à sec, plastique à l'état trempé. Porosité faible et fine. (23-35 cm) A 35 cm (fond du trou) : niveau d'eau au 28 avril 1965 (nappe vraisemblablement à plus de 1,5 à 2 mètres en été).

Comme le montre la représentation graphique de sa granulométrie (cf. fig. 1), ce sol est très nettement limoneux dans les 50 centimètres supérieurs; il devient progressivement plus argileux de 50 à 90 cm, sa teneur en sables demeurant constante, puis, à partir de cette profondeur de 90 centimètres, il évolue vers un matériel argilo-sableux constitué de 50 % de sable, 40 % d'argile et seulement 10 % de limons.

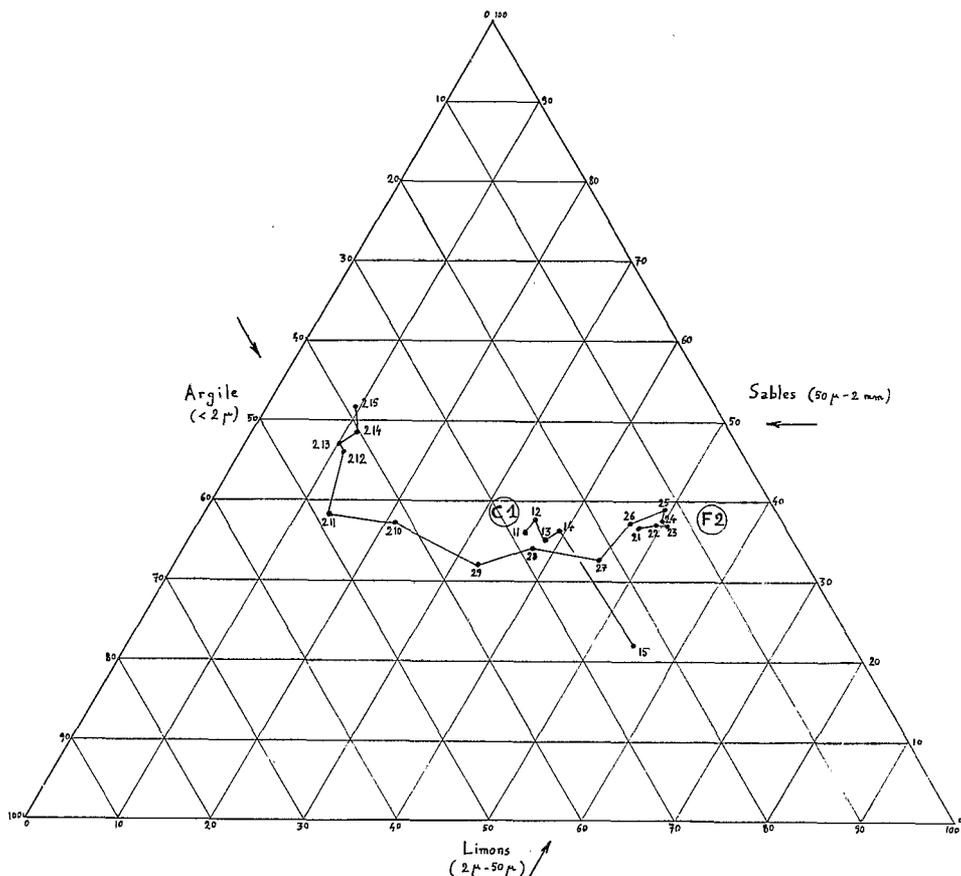


FIG. 1. — Granulométries des profils

La fraction argileuse de ce sol est constituée de 20 à 30 cm par de la vermiculite et de l'illite ouverte (liaisons entre les feuillets de ces deux argiles), de 40 à 50 cm par de l'illite ouverte et de la vermiculite, de 60 à 70 cm essentiellement par de l'illite, et en-dessous de 80-90 cm par une nette dominance de montmorillonite.

Tout le profil est assez riche en cailloutis pliocènes: éclats de silex à gaine superficiellement ternie et usée, silex jaspés parfois arrondis, quartz roulés. Ce cailloutis diminue à travers le profil avec toutefois un banc assez finement gravillonnaire entre 70 et 80 cm (28,3 % de graviers, 6,9 % au-dessus, 7,8 % en-dessous).

En-dessous de ce banc gravillonnaire, le gravier devient très faible et change de nature, avec des silex à gaine bien blanche, des petits quartz hyalins aux arêtes fortement émoussées ou arrondies, et à 120-130 cm de toutes petites poupees calcaires constituant 38 % des graviers et 0,08 % de la terre totale. De plus, vers 25-30 centimètres, ce profil présente une formation très discontinue de meulière gréseuse, de 5 à 15 cm de plus grande largeur. Ces meulière sont très siliceuses, aplaties et orientées horizontalement, ce qui en laisse supposer la formation en place.

TABLEAU II

pH et rétention eau du sol faiblement podzolique

Échantillon	pH		Rétentions eau en %		
	eau	KCl	Points de flétrissement pF 4,2	Rétention aux champs (1) pF 2,5	Sur buchner pF 2 à 2,2
F2 1 (0-5) ..	3,70	2,95	23,9	38,2	58,3
F2 2 (5-10) ..	3,95	3,35	8,8	21,7	32,1
F2 3 (10-15) ..	4,20	3,70	6,9	19,6	27,3
F2 4 (15-20) ..	4,25	3,85	6,2	18,2	25,2
F2 5 (20-30) ..	4,40	3,90		17,5	
F2 6 (30-40) ..	4,50	4,00		16,2	
F2 7 (40-50) ..	4,40	3,70		19,5	
F2 8 (50-60) ..	4,60	3,60		22,5	
F2 9 (60-70) ..	5,00	3,70		24,5	
F2 10 (70-80) ..	5,10	3,70		29,0	
F2 11 (80-90) ..	5,20	3,70		33,0	
F2 12 (90-100) ..	5,25	3,90	CaCO ₃ actif %	32,5	
F2 13 (100-110) ..	5,60	4,40	traces	32,5	
F2 14 (110-120) ..	7,40	6,10	traces	32,0	
F2 15 (120-130) ..	8,00	6,60	1	29,0	

(1) Mesures faites sur échantillons séchés à l'air.

TABLEAU III

Teneur en Carbone, Azote et bases échangeables du sol faiblement podzolique

N° échantillon	C (W.B.) %	N ‰	C/N	Bases échangeables en m. eq. p. 100 g.						S/T × 100
				Ca	Mg	K	Na	S	T	
F2 1 (0-5) ..	12,18	4,85	25,1	3,00	0,60	0,40	0,09	4,09	26	15,7
F2 2 (5-10) ..	2,75	1,19	23,1	1,10	0,23	0,25	0,08	1,66	11	15,0
F2 3 (10-15) ..	1,76	0,66	26,7	0,44	0,10	0,13	0,06	0,73	7,5	9,7
F2 4 (15-20) ..	1,36	0,44	30,9	0,06	0,06	0,11	0,06	0,29	6,5	4,5

On peut penser que ce sol a subi un profond lessivage de sa fraction argileuse sur 50 cm et passe à une roche-mère plus sableuse et de nature argileuse différente à partir de 90 cm ; la carte géologique indique d'ailleurs en ce lieu un affleurement des sables de Fontainebleau.

D'après des études de physique des sols faites par A. COMBEAU, l'humidité de ce sol se situe toute l'année au-dessus de pF 2,5, exception faite des mois d'août et septembre, où l'humidité est généralement plus faible mais demeure cependant toujours au-dessus du point de flétrissement. L'humidité entre 40 et 80 cm, c'est-à-dire dans le pseudo-gley, correspond toujours à un pF plus faible que dans les autres horizons, ce qui en souligne nettement le caractère d'engorgement.

Toujours d'après les études de A. COMBEAU, la stabilité structurale, testée selon l'indice de HENIN, est très élevée dans la couche superficielle 0-5 cm, riche en matière organique (I_s compris entre 0,10 et 0,20), mais elle diminue rapidement avec la profondeur : 0,20 à 0,30 entre 5 et 10 cm, 0,40 à 0,60 entre 15 et 20 cm. Cette stabilité subit une évolution saisonnière sensible en particulier en profondeur, le minimum de stabilité des horizons 10-20 cm se situant de décembre à mai, le maximum de juin à août. En profondeur, la stabilité structurale est très mauvaise, ce qui explique la stagnation des eaux de pluie et l'engorgement consécutif des horizons superficiels.

La capacité d'échange de bases (T) de ce sol est très faible et son complexe absorbant n'est saturé qu'à 15 % dans les 10 premiers centimètres, 10 % entre 10 et 15 cm, et seulement 5 % entre 15 et 20 cm. Les bases échangeables y sont très rares : 1,7 milliéquivalent pour 100 g. (dont 1,1 m.éq. de calcium) entre 5 et 10 cm, et 0,3 milliéquivalent pour 100 g. entre 15 et 20 cm. Seul l'horizon humifère de type mor-moder et à feutrage de racines renferme 4 milliéquivalents pour 100 g., dont 3 milliéquivalents de calcium absorbé par les arbres dans la profondeur du sol et ramené en surface avec la litière annuelle.

Cette très faible saturation du complexe absorbant explique le pH nettement acide de la partie supérieure de ce sol, dont une des particularités insolites est la neutralisation régulière du pH en profondeur et son passage à un pH basique vers 110 cm avec apparition de calcaire.

La matière organique voit son évolution contrariée par le régime d'hydromorphie temporaire du sol, d'où un rapport $\frac{C}{N}$ de 25 en surface (tableau III).

Chaque année, l'horizon supérieur de ce sol se trouve engorgé de décembre à mai et la nappe disparaît l'été en profondeur en entraînant avec elle les divers éléments chimiques solubilisés. L'eau est à plus de 2 mètres en septembre. Il ne semble pas, en effet, d'après les premières études, qu'on ait affaire à la fin de l'automne à une remontée de nappe, mais plutôt à la création superficielle d'une nouvelle nappe perchée qui disparaîtra lentement à son tour en profondeur l'année suivante en lessivant le sol.

Cet appauvrissement des limons et l'engorgement de décembre à mai de la partie supérieure du sol y détermine une évolution acide des matières organiques. Les substances humiques entraînées en profondeur contribuent, étant donné la forte compacité du milieu à l'état humide, à y accélérer les processus de réduction conduisant à la création du pseudogley. L'apparition, liée à l'évolution de ce sol, d'une végétation acidophile de sous-bois doit encore en accélérer l'évolution naturelle et aider à l'affirmation de l'horizon humifère de type moder.

2. Profil 2 : Sol brun calcaire (ou rendzine à horizons pour certains auteurs).

1) *Emplacement* : à proximité immédiate du laboratoire d'Écologie Générale, dans le parc même du laboratoire, un peu au-dessus et à droite du bassin. Situé

sur un replat à mi-pente du versant, ce sol s'est formé sur le calcaire de Champigny avec apports de produits colluviaux de nature limoneuse.

2) Végétation :

Strate arborescente — *Carpinus betulus*, *Quercus pedunculata*.

Strate herbacée — *Mercurialis perennis*, *Hedera helix*, *Dactylis glomerata*, *Geum urbanum*, *Viola silvestris*,

et plantes de 20 à 30 cm au maximum de : *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus pedunculata*, *Carpinus Betulus*, *Ulmus campestris*, *Picea excelsa*, *Crataegus oxyacantha*.

Strate muscinale — inexistante.

3) Description du profil :

A1 (0-20 cm)	Pas de litière. <i>Mull</i> brun-gris très foncé. Texture limono-argileuse. Structure nuciforme. Consistance très dure des mottes à sec. Forte porosité. Racines nombreuses mais assez horizontales. 2,4 % de graviers et cailloux de 0 à 10 cm, 17 % de graviers et cailloux de 10 à 20 cm.
A2 (20-60 cm)	Horizon limono-argileux brun-gris. Apparence plus argileuse. Structure polyédrique moyenne. Consistance très dure des mottes. Horizon collant à l'état humide. Compacité plus forte qu'en A1, mais porosité encore élevée. Quelques racines de petit diamètre. 18 % de graviers et de cailloux de 20 à 40 cm, 26 % de graviers et de cailloux de 40 à 60 cm.
C' en-dessous 60 cm	plus de 85 % de graviers et cailloux. Calcaire de Champigny.

4) Interprétation des résultats analytiques (tableaux IV, V, VI) :

Ce sol est anormalement riche en calcaire actif, comme le montrent les valeurs en calcium échangeable très nettement supérieures aux capacités d'échange de bases T. Du calcium soluble, issu vraisemblablement en partie d'un apport de pente, vient s'ajouter au calcium échangeable proprement dit.

TABLEAU IV

Caractéristiques granulométriques du sol brun calcaire

N° échantillon	en %					C (W.B.) %	Graviers et cailloux %
	2 μ		20 μ	50 μ	0,2 mm 2 mm		
	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier		
C11 (0-10)	28,2	18,3	17,4	12,8	23,3	4,66	2,4
C12 (10-20)	26,4	19,3	16,6	11,7	26,0	3,31	17,0
C13 (20-40)	26,8	20,8	17,4	11,7	23,3	1,28	18,0
C14 (40-60)	24,4	23,0	16,5	12,4	23,7	0,82	26,0
C15 (60-80)	23,4	39,7	15,0	10,7	11,2	0,38	85,0

Cette abondance de calcium actif contribue à la formation d'agrégats très stables de structure nuciforme en A₁, puis polyédrique en A₂. Ces agrégats, dont les colloïdes (argile et limons fins) se trouvent énergiquement floculés, retiennent en leur sein une matière organique de couleur sombre et renferment un pourcentage élevé de limons grossiers et de sables.

Le profil est de type AC.

La granulométrie de la fraction inférieure à 2 mm demeure constante dans le profil de ce sol limono-argileux qui devient assez rapidement graveleux et caillouteux. Les 25 % d'argile et les 20 % de limons fins ne donnent qu'une capacité d'échange de bases relativement faible.

TABLEAU V

pH et rétentions eau du sol brun calcaire

N° échantillon	pH		Rétention d'eau au champ en % pF 2,5
	eau	KCl	
C11 (0-10)	7,40	6,75	36,8
C12 (10-20)	7,80	7,20	30,1
C13 (20-40)	8,15	7,40	25,3
C14 (40-60)	8,25	7,40	22,3
C15 (60-80)	8,40	7,60	26,7

Cette capacité de fixation de bases échangeables diminue rapidement en profondeur avec le carbone, alors que proportionnellement le calcium actif diminue beaucoup plus lentement, d'où un pH eau qui de 7,4 en surface augmente régulièrement jusqu'à 8,2 en A₂ et même 8,4 en C'.

Le complexe absorbant est totalement saturé par le calcium, avec en surface 1 m.éq. de magnésium, moins de 0,8 m.éq. de K et 0,4 m.éq. de Na.

TABLEAU VI

Teneur en carbone, azote, calcaire et bases échangeables du sol brun calcaire

N° d'échantillon	C (W.B.) %	N ‰	C N	CaCO ₃ %	Bases échangeables en m. eq. p. 100 g.				
					Ca (1)	Mg	K	Na	T
C11 (0-10)	4,66	3,95	11,8	17,4	56,3	1,03	0,77	0,42	28
C12 (10-20)	3,31	2,61	12,7	20,2	52,2	0,95	0,54	0,35	20,5
C13 (20-40)	1,28	1,15	11,1	16,9	49,5	0,68	0,35	0,83	13,5
C14 (40-60)	0,82	0,82	10,0	27,7	44,2	0,62	0,25	0,50	12
C15 (60-80)	0,38	0,38	10,0	45,5	48,0	0,70	0,24	0,70	12

(1) Le calcium soluble rend le calcul de S impossible et sature entièrement le complexe absorbant.

La disparition de la litière est très rapide par suite d'une très forte activité biologique et la teneur en azote est suffisante pour donner des $\frac{C}{N}$ de 12 en A₁ et 11 à 10 en A₂ (tableau VI), valeurs correspondant à une matière organique bien évoluée.

II. — CARACTÉRISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES PROFILS ÉTUDIÉS

L'étude microbiologique a porté sur deux profils 1' et 2' très voisins des profils 1 et 2 dont on vient de présenter les caractéristiques physiques et chimiques.

1. Méthodes de prélèvement et d'analyse.

Les échantillons de sol du profil 1' (sol fortement podzolique) ont été prélevés le 30 septembre 1966 aussi stérilement que possible dans les horizons suivants :

- (1) horizon de surface A₀-A₁ (0-5 cm),
- (2) horizon B (20-30 cm),
- (3) horizon G₁ (50-60 cm),
- (4) horizon G₂ (110-120 cm).

Les échantillons de sol du profil 2' (sol brun calcaire) ont été récoltés le 2 janvier 1967 ; en raison de la proximité de la nappe à la surface du sol, il n'a pas été possible de prélever au-dessous de 40 cm :

- (1) horizon humifère de surface A₁ (0-5 cm),
- (2) horizon humifère (15-20 cm),
- (3) horizon A₂ partie supérieure (25-30 cm),
- (4) horizon A₂ partie inférieure (35-40 cm).

Les analyses qui ont été effectuées le lendemain des prélèvements ont porté sur :

- (1) *les densités microbiennes suivantes :*
 - numération de la microflore totale,
 - numération des bactéries dégradant les complexes organo-ferriques,
 - numération des bactéries ammonifiantes,
 - numération des *Azotobacter*,
 - numération des *Clostridium*, fixateurs d'azote,
 - numération des bactéries nitreuses.

TABLEAU VII

Caractéristiques chimiques concernant le pH, le carbone, l'azote total et l'azote minéral (NH₄ et NO₃), les acides humiques et fulviques dans les échantillons de sol qui ont fait l'objet des analyses biologiques détaillées présentées aux tableaux VIII et IX

Types pédologiques et date de prélèvement	N°	Profond. en cm	pH	C %	N %	C/N	N-NH ₄ ppm	N-NO ₃ ppm	Acides fulviques exprimés en C %	Acides humiques exprimés en C %
<i>Profil 1'</i> Sol faiblement podzolique (30 sept. 1966)	10	0-8	3,7	5,29	0,26	20	—	—	1,18	1,37
	20	20-30	4,1	0,55	0,04	14	—	—	0,61	0,26
	30	50-60	4,2	0,33	0,03	13	—	—	0,33	0,08
	40	110-120	4,7	0,15	0,02	10	—	—	0,21	0,03
<i>Profil 2'</i> Sol brun calcaire (2 janv. 1967)	10	0-5	7,6	5,24	0,50	11	2	12	—	—
	20	15-20	7,9	3,06	0,27	11	2	9	—	—
	30	25-30	8,0	1,15	0,12	10	2	3	—	—
	40	35-40	8,2	1,02	0,09	12	2	1	—	—

(2) les activités enzymatiques suivantes :

- activité saccharasique,
- activité amylasique,
- activité déshydrogénasique.

(3) la mesure de l'activité respiratoire et la détermination du coefficient de minéralisation du carbone.

Les techniques utilisées ont été décrites récemment ici-même (GILLOT et DOMMERGUES, 1967) à l'exception de la technique de numération des *Azotobacter* qui a été la suivante : les suspensions-dilutions de sol 10⁻¹ et 10⁻² ont été mélangées à de la gélose nutritive à 45° C (POCHON et TARDIEUX, 1962) et coulées en boîtes de Pétri ; les lectures ont été effectuées après 4 jours d'incubation à 28° C.

TABLEAU VIII. — Distribution verticale des b

Type pédologique et date de prélèvement	N°	Profond. en cm	MT (10 ³)		MFe (10 ³)	
			Sol	C	Sol	C
<i>Profil 1'</i> Sol faiblement podzolique (30 septembre 1966)	10	0-5	430	8 000	98	1 850
	20	20-30	170	31 000	3,5	640
	30	50-60	59	18 000	0,6	180
	40	110-120	0,4	270	0,03	20
<i>Profil 2'</i> Sol brun calcaire forestier (2 janvier 1967)	10	0-5	4 080 000	77 800 000	4 700	90 000
	20	15-20	28 800	941 000	250	8 000
	30	25-30	6 500	57 000	480	42 000
	40	35-40	17 100	168 000	60	6 000

N. B. — Les résultats sont exprimés en unités ou en milliers de microorganismes par gramme de sol sec à l'air (sol) ou par g de carbone du sol (C). MT = microflore totale ; MFe = microflore dégradant

Les résultats ont été exprimés en fonction du poids du sol sec à l'étuve ou en fonction du carbone organique total du sol, ce dernier mode d'expression facilitant la comparaison entre des échantillons de sol caractérisés par des teneurs en matière organique différentes.

2. Caractéristiques microbiologiques du sol faiblement podzolique à hydromorphie temporaire proche de la surface (profil 1').

a) Résultats analytiques.

i) Caractéristiques chimiques succinctes (tableau VII).

Les résultats qui figurent au tableau VII (profil 1) diffèrent quelque peu des résultats inscrits aux tableaux précédents qui correspondent à un profil voisin (profil 1) mais non identique. Les caractéristiques majeures soulignées antérieurement n'en sont pas moins confirmées : il s'agit d'un sol particulièrement acide où le rapport C/N élevé indique une matière organique à faible vitesse de décomposition et où la prédominance nette des acides fulviques sur les acides humiques en profondeur dénonce une tendance podzolique accentuée.

ii) Caractéristiques biologiques relatives aux densités microbiennes.

Il ressort, du tableau VIII, que le sol faiblement podzolique (profil 1') est caractérisé par des densités microbiennes très faibles, même dans les horizons supérieurs.

Les densités, par rapport au poids de sol, de la microflore totale et de la microflore ammonifiante sont seulement de l'ordre du demi-million ou du million de microorganismes/g. La microflore dégradant les complexes organo-ferriques est encore dix fois moins dense. Les *Clostridium*, fixateurs d'azote, sont assez peu abondants : 2 100/g en surface. Quant aux bactéries nitreuses et aux *Azotobacter*, ils sont totalement absents.

La distribution dans le profil des densités exprimées par rapport au sol de chacun des groupes physiologiques de microorganismes est typiquement

variant aux cinq groupes bactériens étudiés

Am (10 ³)		Clos. (unités)		Nx (unités)		Azotobacter (unités)	
Sol	C	Sol	C	Sol	C	Sol	C
060	20 000	2 100	40 000	0	0	0	0
320	58 000	200	36 000	0	0	0	0
14	4 000	54	16 000	0	0	0	0
0,1	70	0	0	0	0	0	0
500 000	276 700 000	6 900	132 000	> 5 500	> 105 000	500	9 000
23 500	77 000	760	25 000	> 4 700	> 154 000	2 410	79 000
1 300	11 000	5 300	461 000	860	75 000	5 950	517 000
4 500	44 000	720	70 000	90	9 000	910	89 000

les complexes organo-ferriques ; Am = microflore ammonifiante ; Clos = *Clostridium* fixateurs d'azote moléculaire ; Nx = bactéries nitreuses.

décroissante. La distribution des densités exprimées par rapport au carbone du sol présente un maximum net dans l'horizon 20-30 cm.

iii) Caractéristiques enzymatiques (tableau IX).

Considérons d'abord l'horizon de surface, le plus important pour la comparaison biologique de la matière organique du sol :

L'activité saccharasique exprimée par rapport au sol est faible à moyenne pour ce sol forestier tempéré ; mais exprimée par rapport au carbone du sol, elle est faible à très faible : moins de 1 000 (929 exactement), dans l'horizon supérieur. L'activité amylasique est relativement plus importante. Quant à l'activité déshydrogénasique, elle est faible, qu'elle soit exprimée par rapport au sol ou par rapport au carbone du sol.

TABLEAU IX

Caractéristiques enzymatiques et respirométriques

Type pédologique et date de prélèvement	N°	Pro- fond. en cm	Enzymes $10^{-3} \times \mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$				Activité déshydrogénasique $\mu\text{l H}/24 \text{ h.}$		mg CO_2/g sol/7 j.	Coeff. de minéral. du carbone
			Saccharase		Amylase		Sol	C		
			Sol	C	Sol	C				
<i>Profil 1'</i> Sol faiblement pod- zolique (30 septembre 1966)	10	0-5	49	929	31	595	23	436	1,78	1,07
	20	20-30	27	4 841	13	2 352	4	774	0,30	1,72
	30	50-60	9	2 753	3	937	0,3	82	0,10	0,92
	40	110-120	3	2 216	2	1 017	0,3	190	0,07	1,46
<i>Profil 2'</i> Sol brun calcaire (2 janvier 1967)	10	0-5	446	8 505	39	738	104	1 975	4,06	2,46
	20	15-20	181	5 909	16	524	31	1 027	1,47	1,53
	30	25-30	41	3 528	6	557	8	697	0,64	1,78
	40	35-40	16	1 546	3	293	4	419	0,39	1,22

N. B. — Les teneurs en saccharase et en amylase sont exprimées en millièmes d'unités internationales ($10^{-3} \mu\text{M}/\text{min}$) par g de sol ou de carbone. L'activité déshydrogénasique est exprimée en $\mu\text{l H}/24$ heures par g de sol ou de carbone. Le dégagement de CO_2 est exprimé en mg CO_2 par g de sol en 7 jours d'incubation à 28°C . Le coefficient de minéralisation du carbone est calculé comme suit :

$$\frac{\text{Carbone du gaz carbonique dégagé}}{\text{carbone total du sol}} \times 100$$

La distribution verticale des activités enzymatiques présente des caractéristiques voisines de la distribution des microorganismes :

- il s'agit d'une distribution de type décroissant, lorsque les activités sont exprimées par rapport au sol lui-même ;

- il s'agit d'une distribution présentant un maximum dans l'horizon 20-30 cm, lorsque les activités sont exprimées par rapport au carbone du sol.

iv) Caractéristiques respirométriques (tableau IX).

Le dégagement de gaz carbonique est de l'ordre de 1,8 mg CO_2/g de sol en surface, il décroît très vite avec la profondeur. Le coefficient de minéra-

lisation du carbone est de l'ordre de l'unité dans tout le profil à l'exception de l'horizon 20-30 cm qui présente une pointe très nette de l'ordre de 1,7.

b) *Commentaires.*

i) *Activité biologique de l'horizon de surface.*

Le sol podzolique de Sénart est caractérisé par une *activité biologique très réduite* que soulignent les faibles densités microbiennes (un million ou moins d'un million de microorganismes/g de sol) et une teneur en déshydrogénase faible (lorsqu'elle est exprimée par rapport au sol), très faible (lorsqu'elle est exprimée par rapport au carbone : 436 μ l H/ 24 h). Ces résultats suggèrent une inhibition de l'activité biologique dans l'horizon de surface qui serait due à la toxicité relative des litières de chêne en milieu acide. On a signalé, dans la description de la végétation, que la strate arborescente était pour ce sol, essentiellement constituée de chêne (*Quercus sessiliflora*) et, dans la description pédologique, que le sol est particulièrement acide (pH = 3,7). D'autre part, une étude expérimentale en cours au laboratoire a montré que la litière de chêne pouvait, en milieu acide, s'avérer inhibitrice pour une fraction de la microflore. *In situ*, le ralentissement de l'activité biologique, mis en évidence par les différents tests biologiques, pourrait donc être dû à l'action de substances hydrosolubles libérées dans le sol par la litière de chêne. Ce problème fait l'objet de recherches dont les résultats seront publiés ultérieurement par DOMMERGUES et BECK (1967).

Quant aux activités saccharasiques et amylasiques exprimées par rapport au carbone du sol, elles sont nettement faibles. Le coefficient de minéralisation du carbone peu élevé (1,07) confirme l'impression donnée par les numérations microbiennes et l'analyse enzymatique : la matière organique du sol se décompose lentement et présente une tendance nette à s'accumuler.

Ces différentes caractéristiques typiques d'un humus brut (mor) rapprochent nettement le sol considéré des podzols, tel que celui de Taintrux (Vosges) dont nous donnons au tableau X quelques-unes des caractéristiques biologiques majeures. Rappelons, à ce propos, qu'une activité biologique très ralentie — comme c'est le cas ici — favorise les processus de podzolisation ainsi que DOMMERGUES et DUCHAUFOUR (1965) l'ont déjà signalé.

En effet, si les complexes organo-métalliques sont peu dégradés ou dégradés lentement, ils peuvent migrer et ainsi entraîner en profondeur (dans l'horizon B) certains éléments métalliques notamment le fer et l'aluminium.

En ce qui concerne les microorganismes fixateurs d'azote moléculaire habituellement recherchés (*Azotobacter* et *Clostridium*), on constate que les premiers n'y jouent aucun rôle ; quant aux seconds, leur densité réduite laisse penser que leur activité est peu importante.

La nitrification n'a pas été étudiée systématiquement ; mais les premiers résultats qui portent sur les densités des bactéries nitrifiantes indiquent que ce processus serait peu intense.

ii) *Distribution verticale des microorganismes et des enzymes.*

Dans l'interprétation que nous donnons ici, il ne sera pas tenu compte de l'horizon profond 110-120 où les erreurs relatives sur les résultats sont

TABLEAU X

Comparaison de quelques caractéristiques biologiques des horizons de surface du sol faiblement podzologique de la forêt de Sénart et du podzol de Taintrux étudiés l'un et l'autre au mois de septembre 1966

Type pédologique	Densité de la microflore totale en millions par rapport		Activité saccharasique $10^{-3} \mu\text{M}/\text{min}/\text{g C}$	Activité amylasique $10^{-3} \mu\text{M}/\text{min}/\text{g C}$	Activité déshydrogénasique $\mu\text{l H}/24 \text{ h}/\text{g C}$	Coefficient de minéralisation du carbone
	au sol	au C				
Sol faiblement podzologique de la forêt de Sénart (sept. 1966)	0,4	8,0	929	595	436	1,07
Podzol humo-ferrugineux* de Taintrux (sept. 1966).	1,8	21,0	1 202	308	263	0,52

* Le podzol humo-ferrugineux de Taintrux fait partie des sols étudiés dans le cadre de la R.C.P. 40 ; il a fait l'objet d'une première note publiée récemment ici même (DOMMERGUES et DUCHAUFOR, 1966).

importantes. Si l'on examine les résultats exprimés par rapport au sol lui-même, on constate que la distribution verticale des microorganismes, comme celle des enzymes est du type décroissant ; mais si l'on examine les résultats exprimés en fonction du carbone du sol, on observe dans l'horizon 20-30 cm un maximum de densité de la microflore totale et de la microflore ammonifiante, une recrudescence des activités enzymatiques ainsi qu'un accroissement très important du coefficient de minéralisation. Cette stimulation relative de l'activité biologique dans l'horizon 20-30 cm pourrait s'expliquer par le fait que les substances inhibitrices d'origine végétale qui perfusent dans le sol sont biodégradées ou retenues par adsorption avant de parvenir à ce niveau.

3. Caractéristiques microbiologiques du sol brun calcaire forestier ou rendzine à horizon (profil 2').

a) Résultats analytiques.

i) Caractéristiques chimiques succinctes (tableau VII).

Tous les résultats portés au tableau VII sont relatifs aux échantillons du profil 2', profil voisin du profil 2 dans la première partie.

Bien que les échantillons prélevés diffèrent sensiblement, les conclusions générales de l'analyse chimique antérieure sont confirmées. Il s'agit essentiellement d'un sol basique (le pH est de 7,6 en surface et 8,2 en profondeur) dont le C/N est faible pour un sol forestier, ce qui suggère la présence d'un mull biologiquement actif.

ii) Caractéristiques biologiques relatives aux densités microbiennes (tableau VII).

L'horizon supérieur du sol brun calcaire forestier étudié ici est caractérisé par une étonnante richesse en microorganismes : les densités observées pour la microflore totale et ammonifiante dépassent largement le milliard par g de sol*. On sait pourtant que la méthode de numération employée sous-estime fortement les densités réelles ; il est vraisemblable que celles-ci atteignent en fait la centaine de milliards (10^{11} microorganismes/g de sol).

Ces densités diminuent nettement avec la profondeur, mais elles sont encore importantes à 40 cm. La densité des bactéries nitreuses est élevée (plus de 5 000 unités en surface). Quant aux microorganismes fixateurs d'azote moléculaire, on notera une densité assez faible des *Clostridium* et une densité relativement élevée des *Azotobacter* ; dans l'horizon 25-30 cm, la densité de ces deux espèces fixatrices est plus élevée (5 300 pour les *Clostridium* ; 5 950 pour les *Azotobacter*).

iii) Caractéristiques enzymatiques (tableau IX).

Quelque soit le mode d'expression adopté (activité par rapport au sol lui-même ou par rapport au carbone du sol), l'horizon supérieur du sol brun calcaire est caractérisé par :

- une activité saccharasique très élevée,
- une activité amylasique moyenne,
- une activité déshydrogénasique très élevée.

La distribution verticale des activités enzymatiques est du type décroissant ; il n'a malheureusement pas été possible de l'étudier au-delà de 40 cm de profondeur en raison de la présence à 45 cm de la nappe phréatique d'hiver.

iv) Caractéristiques respirométriques (tableau IX).

Le dégagement de CO_2 , élevé en surface (4,1 mg CO_2 /g sol/7 jours), décroît avec la profondeur. Le coefficient de minéralisation du carbone est très élevé (2,46) en surface, mais tombe à 1,22 à 40 cm de profondeur.

b) Commentaires.

i) Activité biologique de l'horizon de surface.

Le sol brun calcaire de Brunoy est, contrairement au précédent, caractérisé par une activité biologique considérable qui est attestée en particulier :

- par une densité microbienne très élevée : elle dépasse le milliard pour la microflore totale,
- par une activité déshydrogénasique considérable : (1 975 $\mu\text{l H}/24$ heures).

* On notera sur le tableau VIII que la densité de la microflore ammonifiante est supérieure à la densité de la microflore totale (14,5 milliards contre 4,1 milliards) alors que, théoriquement, elle devrait au plus lui être égale. Cette anomalie est due au fait que le milieu utilisé pour les ammonificateurs s'avère fréquemment plus sensible que le milieu à l'extrait de terre utilisé pour la microflore totale.

Le dégagement élevé de CO_2 suggère une minéralisation rapide de la matière organique, peu stable, puisque le coefficient de minéralisation du carbone est de 2,46.

La nitrification est très active puisque la teneur en nitrate atteint 12 ppm et la densité de microorganismes nitrificateurs est supérieure à 5 500 unités/g de sol sec.

TABLEAU XI

Comparaison de quelques caractéristiques biologiques des horizons de surface du sol brun calcaire (rendzine à horizon) de BRUNOY et de la rendzine colluviale de Bellefontaine (Lorraine), étudiées l'une et l'autre au mois de janvier 1967

Type pédologique	Densité de la microflore totale en millions par rapport		Activité saccharasique $10^{-3} \mu\text{M}/\text{min}/\text{g C}$	Activité amylasique $10^{-3} \mu\text{M}/\text{min}/\text{g C}$	Activité déshydrogénasique $\mu\text{l H}/24 \text{ h}/\text{g C}$	Coefficient de minéralisation du carbone
	au sol	au C				
Sol brun calcaire (rendzine à horizon) de Brunoy (profil 2')	4 080	77 800	8 505	738	1 975	2,46
Rendzine forestière* colluviale de Bellefontaine (Lorraine)	550	25 800	2 010	437	2 105	1,18

N. B. (x) La rendzine forestière colluviale de Bellefontaine fait partie des sols étudiés dans le cadre de la R.C.P. 40; Elle a fait l'objet d'une première note publiée récemment ici même (DOMMERMUES et DUCHAUFOUR, 1966).

Ces différentes caractéristiques biologiques sont typiques de l'humus doux (mull); elles rapprochent ce sol de la rendzine forestière de Bellefontaine (tableau XI) dont il diffère cependant par (1) une activité saccharasique plus élevée, (2) une activité déshydrogénasique plus faible, (3) par un coefficient de minéralisation du carbone plus élevé. Ces différences sont vraisemblablement liées à des différences de nature de litière: à Bellefontaine, c'est essentiellement une litière de Hêtre; à Brunoy, c'est essentiellement une litière de Charme, litière qui stimule considérablement l'activité microbienne (DOMMERMUES et BECK, 1967).

ii) Distribution verticale des microorganismes et des enzymes.

- La microflore non ou peu spécialisée (microflore totale, microflore ammonifiante, microflore dégradant les complexes organo-métalliques) présente une distribution de type régulièrement décroissant de surface en profondeur. La distribution des enzymes est également du type décroissant. On notera, en outre, que dans l'horizon profond, la matière organique, qui y est en contact intime avec le calcaire, est caractérisée par une bonne stabilité mise en évidence par une activité déshydrogénasique réduite

(419 μl H/24 h/g de C à 40 cm de profondeur contre 1975 en surface) et un coefficient de minéralisation du carbone relativement faible (1,22 en profondeur contre 2,46 en surface). On peut attribuer cette stabilisation de la matière organique en profondeur (1) à la différence de structure des composés humiques (2) au renforcement des liaisons entre ces composés humiques et les colloïdes minéraux (3) à la prédominance des processus anaérobies par suite de la proximité de la nappe.

- Les microorganismes à exigences écologiques particulières — microorganismes fixateurs d'azote et microorganismes nitrificateurs — ont, par contre, tendance à proliférer un peu en-dessous de la surface du sol. Le phénomène est particulièrement net dans le cas des *Azotobacter* et *Clostridium*. On pourrait expliquer l'« enfoncement » de ces microorganismes par le fait qu'en surface même du sol, certains végétaux autres que le charme (*Hedera helix* par exemple) pourraient libérer en petite quantité des substances (1) assez toxiques pour réduire en surface la densité des *Azotobacter* et autres microorganismes très sensibles, (2) pas assez toxiques, ou peut-être même stimulantes, vis-à-vis de la masse des autres microorganismes qui prolifèrent, au contraire, très activement.

RÉSUMÉ

La station R.C.P. de la forêt de Sénart et la station R.C.P. du parc de Brunoy dans la région parisienne sont installées sur deux sols très différents dont les caractéristiques pédologiques et microbiologiques ont été présentées dans cette note.

1° Sol faiblement podzolique à hydromorphie temporaire de la forêt de Sénart.

Ce sol, dont l'étude pédologique a fait ressortir le caractère complexe, est caractérisé dans sa partie supérieure par une grande acidité liée à une faible saturation du complexe absorbant et par une matière organique à décomposition lente : l'horizon A_0/A_1 est constitué par un mor-moder typique. La lenteur de la biodégradation dans ce sol serait due en partie à la présence de substances toxiques hydrosolubles libérées par la litière de chêne qui, en milieu acide, inhibent fortement l'activité de la microflore dont la densité est effectivement très faible (moins d'un million de microorganismes/g de sol). Les tests enzymatiques confirment parfaitement les résultats des numérations : l'activité déshydrogénasique, en particulier, est faible comme dans tous les sols à tendance podzolique.

Dans sa partie profonde en-dessous de 120 cm, ce sol devient calcaire et de pH basique et il est intéressant de constater que ce changement n'influence en rien le dynamisme de la partie supérieure du sol. Ceci s'explique par le régime hydrique du profil qui, reposant en profondeur sur un matériel plus perméable, se voit chaque année lessivé par le très lent passage de la nappe perchée, formée par les eaux de pluie au-dessus d'un matériel peu perméable, compact et à structure alors effondrée. La dégradation en milieu insuffisamment aéré des substances organiques entraînées par la nappe de lessivage est vraisemblablement responsable de la formation du pseudo-gley.

2° *Sol brun calcaire (rendzine à horizons) du parc de Brunoy.*

Ce sol, de type AC, est anormalement riche en calcaire actif, ce qui contribue à lui assurer une structure très stable. Son C/N de l'ordre de 12 dans l'horizon supérieur s'équilibre rapidement autour de 10. En surface, la matière organique de type mull est rapidement biodégradée en raison de la présence d'une microflore très dense (plusieurs milliards de microorganismes/g de sol); la nitrification y est très active; l'activité déshydrogénasique y est intense. En profondeur, on observe une tendance nette à la stabilisation de la matière organique.

Les *Azotobacter*, *Clostridium* et bactéries nitreuses sont plus abondants à une profondeur de 25 à 30 cm. On a émis l'hypothèse qu'ils pourraient être « refoulés » dans cet horizon par des substances végétales hydrosolubles auxquelles ils sont très sensibles, alors que la grande majorité des microorganismes telluriques est, au contraire, stimulée.

SUMMARY

In this note the author describes two typical soils of the R.C.P. stations near Paris..

I. *The slightly podzolic temporary hydromorphic soil of Senart Forest.*

a) The upper horizon of this soil is characterized by a high acidity and a low percentage base saturation, by a slowly decaying organic matter: the A₀ horizon is typically a mor-moder. The low biodegradation rate of this soil could be partly referred to toxic hydrosoluble compounds leached from the oak litter; in an acid environment, those compounds would strongly inhibit the microflora activity. The total microflora density is actually very low (less than one million per gram of soil). The enzymatic tests give strong support to the enumeration results: the dehydrogenase activity is particularly low as in all podzolic soils.

b) Under 120 cm depth, this soil becomes calcareous and basic; but this fact does not influence the upper horizon pedological evolution, probably because the profile is slowly leached by the annual perched water table.

II. *The calcareous brown soil (rendzine with horizons) of Brunoy park.*

The unusual high « active calcium carbonate » content of this soil promotes a very stable structure. Its C/N ratio ranges from 12-15 in the upper horizon to 10 immediately underneath.

In the upper horizon, the mull type organic matter is quickly biodegraded by a very dense microflora (several milliards of microorganisms per gram of soil); nitrification is very active; dehydrogenase activity is intense. In the lower part of the profile, the organic matter clearly exhibits some resistance to decay.

Azotobacter and *Clostridium* are more abundant at a depth of 25 to 30 cm. The authors suppose that those bacteria would be pushed down by hydrosoluble products of plant origin to which they are very susceptible at the very time when the largest part of the soil microflora would, on the contrary, be stimulated.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Notiz beschreiben die Verfasser zwei typische, der Stationen R.C.P. 40 nahe von Paris, Böden.

I/ Der Boden-dünner Podsol, vorübergehende Hydromorphie des Senart Waldes.

a) Der Oberhorizont dieses Bodens ist durch eine starke Azidität und eine schwache Basensättigung, sowie durch eine langsame Zersetzung des organischen Stoffes, charakterisiert; der Horizont A₀ ist ein typischer Mor-Moder. Der geringe Grad der Biodegradierung dieses Bodens könnte man durch die toxische, wasserlösliche, aus der Auslaugung des Eichenwaldstreues entstammende Verbindungen, erklären; diese Verbindungen, in einem saueren Medium, könnten die Wirkung der Mikroflora stark hemmen. Die Dichte der gesamten Mikroflora ist sehr gering (weniger als eine Million per Bodengramm). Die enzymische Tests stellen die Ergebnisse der bakteriellen Auszählung fest; die Dehydrierungswirkung ist besonders gering, sowie in allen podsoligen Böden.

b) Bei 120 cm Tiefe, wird der Boden kalkig und basisch, aber dies beeinflusst die Entwicklung des pedologischen Oberhorizontes nicht, denn wahrscheinlich, jedes Jahr, das Profil langsam ausgelaugt ist bei einem vorübergehenden hangenden Grundwasser.

II/ Die kalkige Braunerde (Horizontrendzina) des Brunoy Parks.

Ein starkes und ungewöhnlich aktives Calciumcarbonatgehalt bestimmt das sehr stabile Gefüge dieses Bodens. Die Beziehung C/N variiert von 12 zu 15 im Oberhorizont und zu 10 fast gleich nach unten.

Im Oberhorizont, des organische Stoff des Mulltypes, ist schnell biodegradiert bei einer sehr starken Mikroflora (mehrere Milliarde der Mikroorganismen per Bodengramm), die Nitrifikation ist sehr aktiv, die Dehydrierungswirkung ist intensiv. In den unteren Teil des Profils, zeigt der organische Stoff einen deutlichen Widerstand zur Degradierung.

Die *Azotobakter* und die *Clostridium*, an 20-30 cm, sind mehr reichhaltig. Die Verfasser nehmen an, dass diese Bakterien bei den wasserlöslichen, vegetabilischen Produkten gehemmt würden, weil sie zu denen sehr empfindlich sind, während, im Gegenteil, der grösste Teil der Bodenmikroflora bei den obengenannten Produkten stimuliert würde.

BIBLIOGRAPHIE

- DELAMARE DEBOUTTEVILLE (C.) et VANNIER (G.), 1966. — La recherche coopérative sur programme en écologie du sol ou R.C.P. 40. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 3 (4): 523-531.
- DOMMERMUES (Y.) et DUCHAUFOR (Ph.), 1965. — Étude comparative de la dégradation biologique des complexes organo-ferriques dans quelques types de sols. *Science du sol*, 1: 43-59.
- DOMMERMUES (Y.) et DUCHAUFOR (Ph.), 1966. — Caractérisations pédologiques et microbiologiques des stations lorraines. R.C.P. 40. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 3 (4): 533-547.
- DOMMERMUES (Y.) et BECK (G.), 1967. — (en préparation).
- GILOT (J. C.) et DOMMERMUES (Y.), 1967. — Note sur le lithosol calcaire à mor de la station subalpine de la R.C.P. 40. *Rev. Écol. Biol. Sol* (sous presse).