

(pinède)

hippodrome de la s

TABLEAU 24

FONTAINBLE

Prof, cm	fractions	P, chaux			P, Alumine			P, Alumine de l'inclusion			P, Fer			P soluble dans l'eau mg/l ₀	P miné- ral + P, S mg/l ₀
		mg /g	mg /g extrait	Pour- centage %	mg /g	mg /g extrait	Pour- centage %	mg /g	mg /g extrait	Pour- centage %	mg, g	mg, g	Pour- centage %		
0-4	f. légère-	0,012			0,003	0,03	70,3	0,01			0,05	0,005	4,3	0,05	0,105
	f. lourde.	0,004	0,0015	37,5	0,005	0,0037	74	0,001			0,006	0,0019	31,1	0,001	0,008
4-10	f. lég	0,024			0,009	0,009	72,2	0,02			0,24	0,04	16,6	0,02	0,125
	f. lou	0,003	0,001	33,3	0,007	0,0042	60	0,001			0,0073	0,0023	31,5	0	0,075
10-15	f. lég	0,025			0,008	0,009	50	0,025			0,225	0,023	54,6	0,05	0,212
	f. lou	0,012	0,004	33	0,005	0,003	60	0,0015			0,012	0,005	75	0,01	0,065
15-20	f. lég	0,025			0,025	0,105	64,8	0,025			0,137	0,081	59,1	0,1	0,237
	f. lou	0,0015	0,0075	50,5	0,0008	0,0007	87,5	0,001			0,0004	0,0004	100	0,0005	0,01
20-30	f. lég	0,04			0,14	0,12	85,7	0,032			0,16	0,11	61,1	0,06	0,31
	f. lou	0,0195	0,0025	12,8	0,0005	0,0004	80	0,001			0,0005	0,0005	100	0,002	0,0054
40-45	f. lég	0,07			0,1	0,079	79	0,022			0,174	0,117	67,2	0,1	0,296
	f. lou	0,021	0,0055	26,1	0,001	0,001	100	0,001			0,0002	0,0002	100	0,0024	0,009

Rappelons de nouveau que les chiffres ci-dessus sont des moyennes des pourcentages d'extractibilité de chacune des fractions dans l'ensemble du profil, mais il est nécessaire de noter que nous n'avons pas tenu compte de ces pourcentages lorsque les teneurs étaient très faibles.

Nous retrouvons ici ce que nous avons déjà constaté dans le profil précédent:

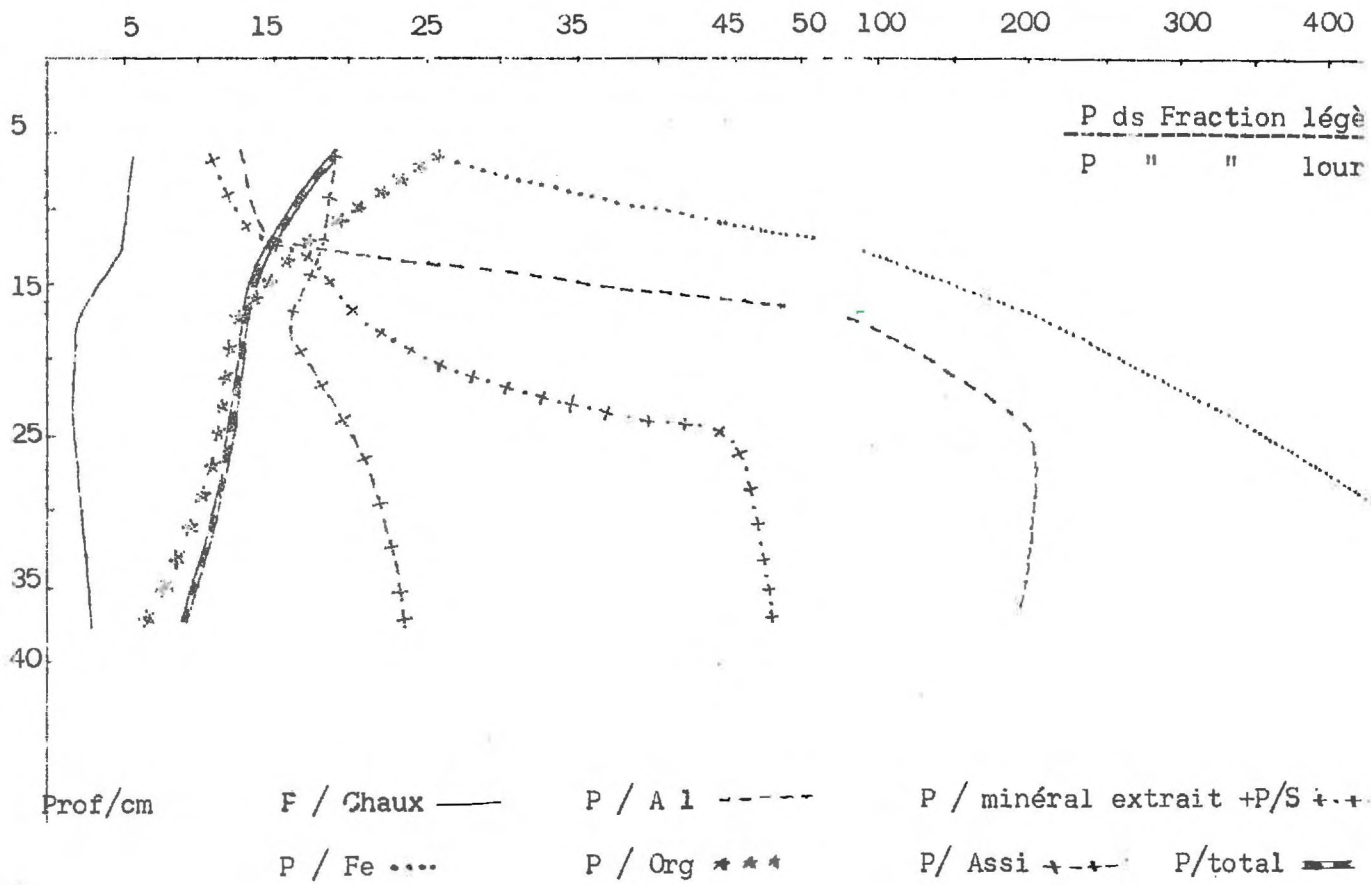
1- La teneur en phosphore assimilable étant supérieure à celle de la somme de phosphores minéraux extraits plus phosphore soluble dans l'eau, une partie de phosphore organique est certainement extraite par l'oxalate d'ammonium.

2- Le pourcentage d'extractibilité des phosphores minéraux est plus important dans la fraction légère que dans la fraction lourde (G.S.X et G.S.XI).

D- ETUDE COMPARATIVE DES DIFFERENTES FORMES DE
PHOSPHORE DANS LA FRACTION LEGERE ET DANS LA
FRACTION LOURDE.

Nous constatons dans ce profil encore les très fortes teneurs en diverses formes de phosphore de la fraction légère par rapport à la fraction lourde. Ce fait est surtout le cas des phosphores

phates d'alumine et de fer (G.S.XII) alors que le phosphate de chaux il est relativement moins important, ce qui n'est pas pour nous surprendre puisque nous avons vu qu'il est intimement lié à la fraction lourde.



(G . S . XII)

CHAPITRE IIIETUDE D'UN PROFIL SOUS UNE FORET DE CHENES.

La tranchée a été faite le 25/Nov/1964 à Fontainebleau près de la route dite "Route du bois Gauthier".

La strate arborescente se composait de:

		Coefficient d'abondance- dominance.
Quercus	sessiliflora	4
Fagus	sylvatica	2

Quant à la strate herbacée, nous pouvons citer les espèces acidiphiles suivantes:

Pteridium	aquilinum	4
Deschampsia	flexuosa	3
Lonicera	periclymenum	1

Jusqu'à la profondeur de 105 cm, les horizons distingués sont les suivants:

0 à 4 cm: horizon A1, couleur gris foncé, structure poudreuse, racines très abondantes.

4 à 8 cm : horizon A2, couleur gris clair, racines abondantes.

8 à 14 cm: horizon B1, couleur chocolat, racines assez abondantes

14 à 23 cm: horizon B2, couleur chocolat clair, moins humide que les horizons au dessus, racines peu abondantes.

23 à 52 cm: horizon intermédiaire B2 - C, couleur jaunâtre.
52 à 85 cm: horizon C de sable de Fontainebleau, couleur blanche.
85 à 105 cm: nous avons atteint un horizon de couleur rouge et de structure très compacte. On peut penser que cet horizon est un ancien horizon B, son horizon A sus-jacent ayant évolué et formé le sol actuel.

RESULTATS ET INTERPRETATION.

Nous avons prélevé un à deux échantillons par horizon; le tableau 25 donne l'ensemble des résultats analytiques obtenus(1).

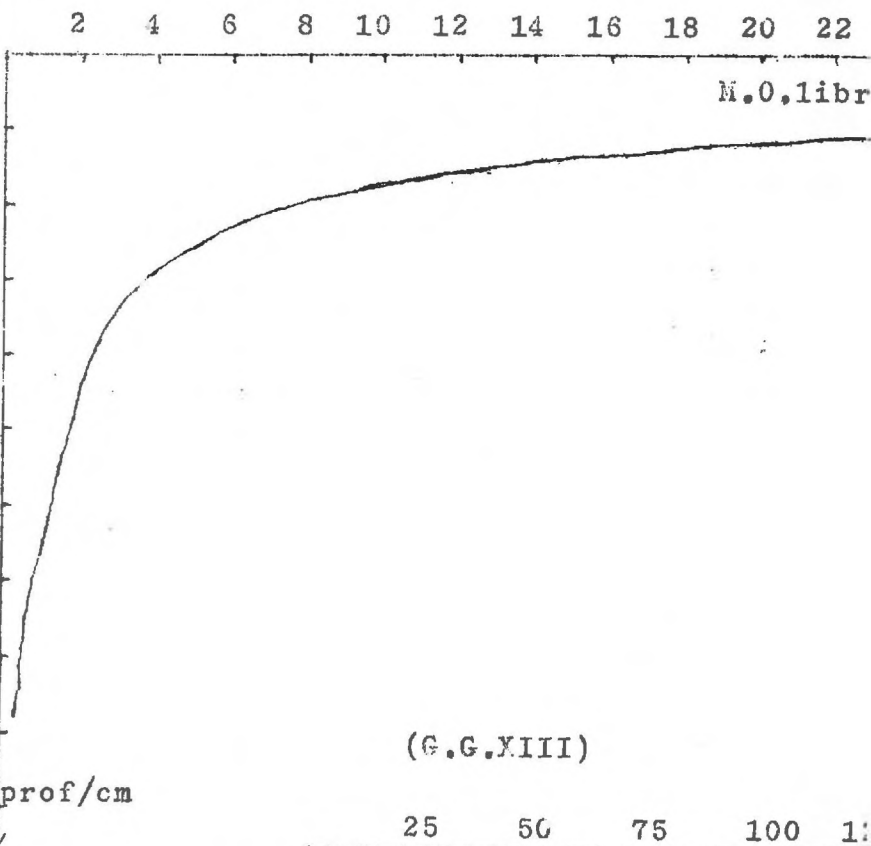
(1) La fraction légère(M.O. libre) étant en très faible quantité à partir de 52 jusqu'à 105 cm de profondeur, nous n'avons pu effectuer nos analyses que sur les fractions lourdes au dessous de 52 cm.

P, Fer		P, Org		Somme P mineral		P, Assi		P, total		Argile	limon	Sable fin	sable grossier	pH eau	pH KCl
mg /g	mg repartis	mg /g	mg repartis	mg, g	mg repartis	mg, g	mg repartis	mg, g	mg repartis	%	%	%	%		
0,13	0,495	0,44	1,676	0,325	1,24	0,5	1,91	0,8	3,05						
0,01	0,062	0,02	0,124	0,033	0,204	0,034	0,211	0,05	0,31						
	0,557		1,8		1,444		2,121		3,36	2,98	11,1	62,25	2,75	3,9	3,1
0,1	0,107	0,6	0,642	0,251	0,269	0,56	0,599	0,83	0,888						
0,011	0,098	0,024	0,213	0,022	0,136	0,034	0,302	0,04	0,356						
	0,205		0,855		0,455		0,901		1,244	2,46	6,14	75,15	3,1	3,85	3,05
0,14	0,046	0,35	0,105	0,216	0,065	0,56	0,168	0,73	0,219						
0,01	0,097	0,04	0,366	0,025	0,242	0,034	0,328	0,05	0,483						
	0,145		0,491		0,307		0,494		0,702	1,91	7,4	77	2,5	3,85	3,25
0,13	0,026	0,4	0,08	0,368	0,074	0,63	0,126	0,75	0,15						
0,011	0,108	0,03	0,294	0,022	0,214	0,034	0,333	0,04	0,392						
	0,134		0,374		0,288		0,459		0,542	2,94	7,4	80,5	2,5	4,25	3,6
0,28	0,015	0,31	0,016	0,66	0,034	0,77	0,04	1	0,052						
0,007	0,07	0,03	0,298	0,016	0,156	0,038	0,377	0,04	0,397						
	0,085		0,314		0,19		0,417		0,449	3,11	8,14	74,9	3	4,88	4,13
0,11	0,002	0,13	0,002	0,71	0,01	0,81	0,011	0,92	0,013						
0,007	0,07	0,024	0,239	0,015	0,152	0,021	0,209	0,04	0,399						
	0,072		0,241		0,162		0,22		0,412	3,11	3,2	80,6	3	5,1	4,4
0,006		0,02		0,011		0,027		0,03		1,69	6,64	81,9	2,6	5,1	4,3
0,014		0,02		0,01		0,021		0,04		3,21	9,13	81,65	3,25	5,5	4,25
0,006		0,012		0,009		0,023		0,03		1,71	9,13	76,9	3	5,4	4,2
0,013		0,03		0,003		0,03		0,04		21,5	7,43	62	3,75	5	3,65

A - PROBLEMES RELATIFS A LA M.O.

1- Distribution de la matière organique libre.

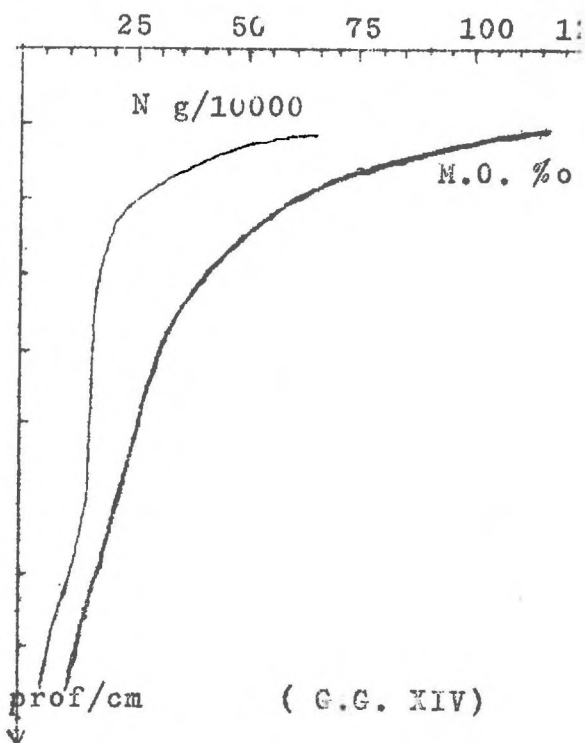
Là encore la matière organique libre est abondante dans les horizons superficiels. Mais il est à souligner que sa proportion est beaucoup plus grande que dans les profils déjà étudiés. D'après le graphique (G.G.XIII) nous



observons que sa quantité décroît assez régulièrement en fonction de la profondeur.

2- Distribution de la matière organique dans l'échantillon total.

La distribution de cette matière organique dans l'échantillon global suit celle de la fraction légère surtout dans la partie



haute du profil, alors que plus bas la fraction lourde fournit des quantités équivalentes ou supérieures à celle de la fraction légère. Donc dans ce profil la matière organique est peu liée à la matière minérale dans son ensemble.

3- Azote et rapport C/N.

La teneur en azote décroît tout le long du profil, brusquement dans l'horizon superficiel, puis lentement au dessous de ce niveau. Sa teneur est très faible par rapport à la matière organique.

Le rapport C/N de la fraction légère croît régulièrement, ce qui laisse penser que cette matière organique évolue de plus en plus mal en fonction de la profondeur (tableau 25). Par contre dans la fraction lourde ce rapport augmente jusqu'à 14 cm; à partir de ce niveau il varie d'une façon irrégulière.

B- ETUDE DE LA VARIATION DE PHOSPHORE.

PHOSPHORE TOTAL.

La distribution du phosphore total est parallèle à celle de la matière organique totale, ce qui prouve que dans l'horizon superficiel le phosphore est fourni en majeure partie par la fraction légère, alors que plus profondément c'est sur-

tout la fraction lourde qui intervient (G.G.XV).

Notons de plus que sa teneur dans la fraction lourde reste sensiblement constante sur toute la profondeur du profil (G.G.XVII).

TENEURS RELATIVES DES DIVERSES FORMES DE PHOSPHORE
PAR RAPPORT AU PHOSPHORE TOTAL.

Phosphore organique.

Le phosphore organique constitue ici encore la plus grosse part du P total dans l'échantillon global et dans la fraction lourde.

Dans l'échantillon global sa teneur relative reste presque constante: environ 60% du phosphore total(G.G.XV). Dans la fraction lourde, sa distribution augmente de 50% à 75% entre 0 et 14 cm, puis baisse relativement peu (G.G.XVII). Dans la fraction légère elle décroît régulièrement en fonction de la profondeur (G.G.XVI).

Donc l'influence de la matière organique libre sur la quantité de phosphore organique est nette dans l'horizon où celle-ci est très abondante. Dès que sa quantité devient faible, le phosphore organique provient de la fraction lourde.

Phosphate de chaux.

Dans l'échantillon total nous en trouvons en moyenne 17% à 18% (G.G.XV). Dans la fraction légère (G.G.XVI) sa teneur relative augmente en fonction de la profondeur (de 10 à 30%), nous en trouvons environ 20% dans la fraction lourde en surface (G.G.XVII), ce pourcentage diminue légèrement jusqu'à 20 cm, et ensuite augmente régulièrement.

Donc la quantité de phosphate de chaux est surtout fournie par la fraction légère, quand celle-ci est importante (horizon superficiel), puis par la fraction lourde lorsqu'on descend en profondeur.

C'est la première fois que nous constatons une liaison entre la fraction légère et cette forme de phosphore, ce que nous pouvons peut-être expliquer par une solubilité plus grande de ce phosphate de chaux dans ce profil, résultant d'un pH très bas 3,5 (tableau 25).

Phosphates d'Alumine et de Fer.

Les graphiques (G.G.XVI et G.G.XVII) ne montrent pas des variations importantes des distributions de ces deux formes de phosphore, et ne mettent pas nettement en évidence les participations de chacune des deux fractions à leur fourniture.

Mais d'après le tableau 25 nous voyons que:

- 1°- Dans l'horizon de surface, c'est la fraction légère qui fournit la majeure partie des phosphates de Fe et d'Alumine.
- 2°- Dans l'horizon immédiatement inférieur, les deux fractions y concourent également.
- 3°- En profondeur, c'est la fraction lourde qui domine.

Cependant il faut remarquer qu'ici la matière organique libre constitue en surface 38% environ de l'échantillon; il n'est donc pas étonnant qu'elle fournisse la majeure partie de ces deux formes.

Mais l'on peut constater, toutefois, un rôle non négligeable de la fraction lourde très net dans l'horizon de 4 à 8 cm où la fraction légère constitue cependant environ 10% de l'échantillon.

Donc, au contraire des profils que nous avons vu précédemment, ici la fraction légère fournit relativement moins de phosphate de fer et de phosphate d'alumine.

Phosphore assimilable.

Il constitue en moyenne 75% du phosphore total de l'échantillon global(G.G.XV), ce qui est beaucoup plus élevé que ce que nous avons déjà rencontré et que l'on peut sans doute mettre en relation avec le pH très bas.

On retrouve ce pourcentage à peu près égal dans les deux fractions dont les influences respectives sont celles déjà vues pour toutes formes de phosphore. Il est à noter un point particulier; l'augmentation du pourcentage de phosphore assimilable dans la fraction lourde(G.G.XVII) au niveau de 30 cm montre que l'on peut peut-être le lier à une très bonne évolution de la matière organique à ce niveau.

En conclusion, nous pouvons tirer les informations suivantes:

1- L'abondance de la matière organique libre impose son influence sur les quantités de phosphore dans le sol.

2- Le phosphate de chaux n'est pas uniquement contenu dans la fraction lourde(comme dans les profils précédents), mais se comporte de la même manière que les autres formes de P .

3- Les teneurs de P/Fe et P/Al dans la fraction légère sont moins importantes que dans les cas antérieurement étudiés.

C- EXTRACTIBILITE DU PHOSPHORE MINERAL.

D'après le tableau 26 nous obtenons la moyenne de pourcentage d'extractibilité dans tout le profil pour trois formes de phosphore minérales. Evidemment si l'on considère le pourcentage d'extractibilité dans les différents horizons, il est très variable d'un horizon à l'autre.

Prof, cm	fractions	P, Chaux			P, Alumine			P, Fer			P miné- ral + P.S	P Assi
		mg/g	mg/g _{extrait}	Pourcentage %	mg/g	mg/g _{extrait}	Pourcentage %	mg/g	mg/g _{extrait}	Pourcentage %	mg/g	mg/g
0 - 4	f. légère	0,1	0,095	95	0,15	0,15	100	0,15	0,09	69,2	0,325	0,5
	f. lourde	0,013	0,0124	95,3	0,013	0,012	92,3	0,01	0,0085	85	0,0329	0,034
4 - 8	f. lég.	0,08	0,071	88,7	0,11	0,11	100	0,1	0,07	70	0,251	0,56
	f. lou.	0,006	0,0054	90	0,01	0,0085	85	0,011	0,008	72,7	0,022	0,034
8 - 14	f. lég	0,11	0,096	87,2	0,13	0,13	100	0,16	0,09	56,2	0,216	0,56
	f. lou	0,007	0,0064	91,4	0,013	0,0117	90	0,01	0,007	70	0,025	0,034
14-23	f. lég	0,11	0,103	93,6	0,16	0,16	100	0,17	0,1	58,8	0,368	0,63
	f. lou	0,005	0,004	80	0,011	0,0099	89	0,015	0,008	53,3	0,028	0,034
23-36	f. lég	0,27	0,082	30,3	0,32	0,32	100	0,28	0,26	92,8	0,662	0,77
	f. lou	0,009	0,007	77,7	0,004	0,0047	78,3	0,007	0,004	57,1	0,0157	0,030
36-52	f. lég	0,42	0,2	47,6	0,42	0,42	100	0,11	0,09	81,8	0,71	0,81
	f. lou	0,01	0,009	90	0,004	0,0022	55	0,007	0,004	57,1	0,0152	0,021
52-60	f. lourde.	0,004	0,003	75	0,007	0,0057	81,4	0,004	0,0025	62,5	0,012	0,027
60-70	f. lourde.	0,003	0,002	66,6	0,01	0,0085	85	0,014	0	0	0,0105	0,021
70-85	f. lourde.	0,003	0,002	66,6	0,006	0,0047	78,3	0,004	0,003	50	0,0097	0,023
85-105	f. lourde.	0,004	0,0025	62,5	0,007	0,005	71,4	0,007	0,004	57,1	0,012	0,027

Phosphore	Fraction légère	Fraction lourde
P /Chaux	74%	79,5%
P /Alumine	100%	81 %
P / Fer	74%	63 %

Ceci nous montre dans l'ensemble une forte extractibilité des formes de phosphore minérales; en particulier le phosphate de chaux de la fraction légère que nous avons toujours jusqu'ici vu inextractible, présente une extractibilité importante (74 %).

Nous pouvons aussi d'après le tableau 26 dire qu'une partie du phosphore organique est extraite par l'oxalate d' NH_4 puisque la somme des formes du phosphore minéral plus P soluble dans l'eau est toujours inférieure à la teneur en P assimilable.

Une dernière remarque; les graphiques (G.G.XVI et G.GXVII) indiquent des variations en fonction de la profondeur de la somme de phosphore minéral extrait. Cette variation est croissante dans la fraction légère et décroissante dans la fraction lourde.

D- COMPARAISON DES TENEURS EN PHOSPHORE DANS LES DEUX FRACTIONS.

Le graphique (G.G.XVIII) met en évidence:

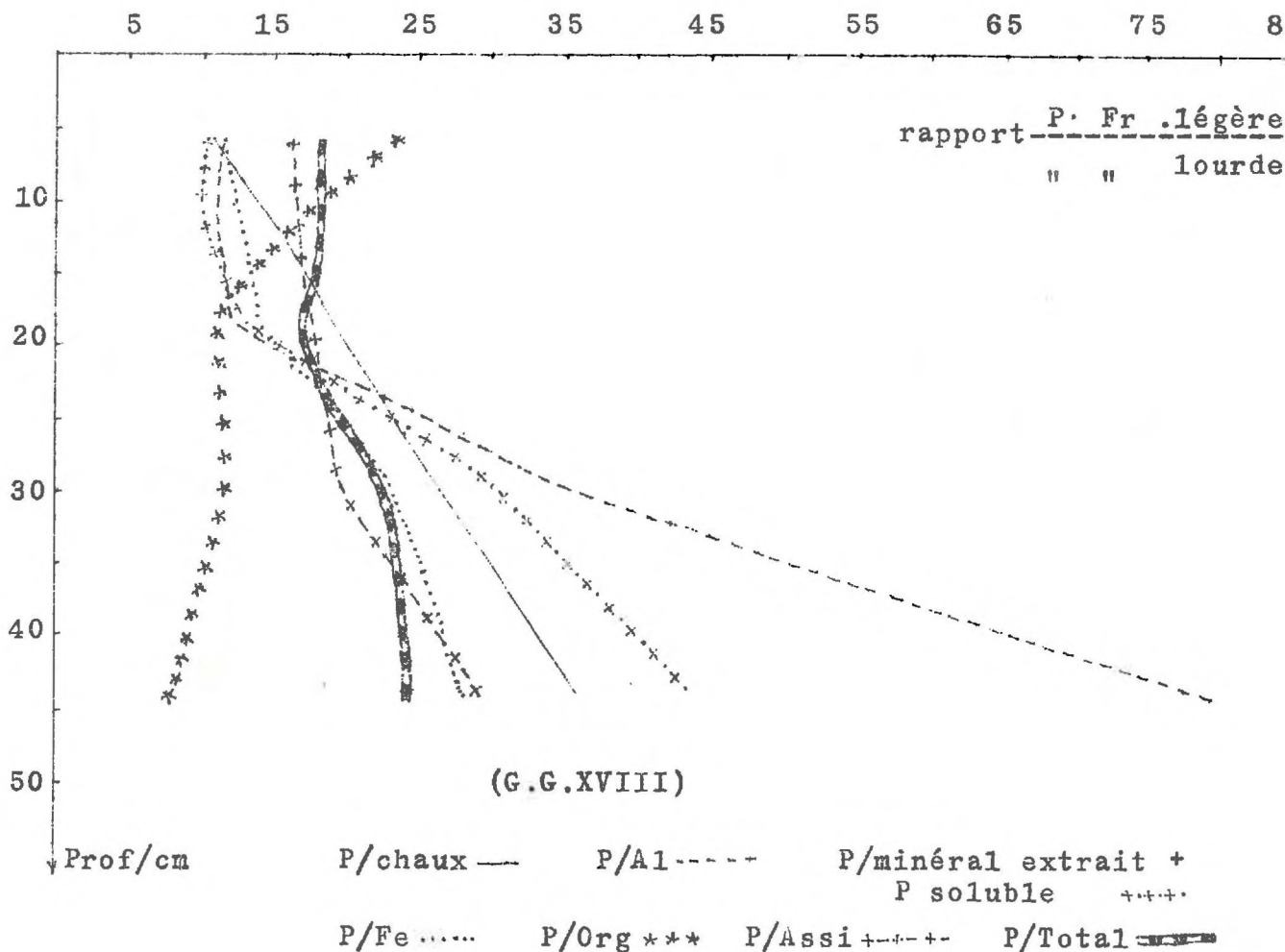
1°- l'importance de la teneur de la fraction légère vis à vis

de la fraction lourde pour toutes les formes de phosphore.

2°- la variation de leur rapport en fonction de la profondeur.

Le niveau 20 à 25 cm dans ce graphique constitue une limite pour toutes les formes de phosphore(excepté le P organique). Au dessus le rapport reste relativement constant, alors qu'en dessous la variation est nette dans le sens d'une augmentation.

Le phosphate d'alumine, une nouvelle fois, présente en profondeur le rapport le plus élevé.



CHAPITRE IV.

ETUDE D'UN PROFIL SOUS UNE PRAIRIE NATURELLE

Voici encore un autre profil sous une prairie naturelle avec une végétation différente de la précédente, qui a été prélevé à Versailles (dans le parc de l'I.N.R.A) à la date du 24/Mai/1965(1); l'espèce la plus abondante, qui recouvrait environ 60% de la surface végétale, était Dactylis glomerata en mélange avec Trifolium repens et un certain nombre d'autres espèces(2).

Nous avons fait une tranchée dans la partie de la prairie assez éloignée du sentier et où le Dactyle recouvrait un peu plus de 90% de la surface. La profondeur allant jusqu'au 40 cm, nous avons distingué les horizons suivants:

(1) Dans la proximité du grand canal, entre celui-ci et le domaine de l'I.N.R.A .

(2) *Ranunculus bulbosus*, *Taraxacum officinale*, *Poa pratensis*.

Horizon I - de 0 à 15 cm, couleur brune, très humide, une structure grumelleuse, racines très abondantes, présence de vers de terre.

Horizon II - de 15 à 40 cm, couleur jaune rougeatre, assez humide, structure compacte, racines abondantes, présence de vers de terre.

Nous avons prélevé trois échantillons de l'horizon I et deux de l'horizon II . Tous les résultats analytiques sont présentés dans le tableau 27 .

TABLEAU 27

Prof, cm	Poids des fractions dans 10 grs de terre.	Mat. Org		Carbone		Azote		C/N		P, soluble dans l'eau		P, Chaux		P, Alumi	
		g/g	g répartie dans fraction	g/g	g répartie	g/g	g répartie	C/N dans fraction	C/N dans échant	mg g	mg répartie dans fraction	mg g	mg répartie	mg g	mg répartie
0-5	f. légère. 1,208	0,326	0,394	0,19	0,227	0,011	0,014	13,9		0,25	0,302	0,15	0,18	0,22	0,0
	f. lourde. 8,742	0,836	0,316	0,62	0,103	0,033	0,027	6,3		0,1	0,874	0,75	6,56	0,079	0,0
			0,708		0,418		0,043		9,5		1,174		6,74		0,0
5-10	f. lég 0,823	0,317	0,261	0,184	0,152	0,011	0,01	16,4		0,074	0,062	0,125	0,103	0,123	0,0
	f. lou 9,16	0,686	0,521	0,033	0,363	0,015	0,027	11		0,026	0,270	0,26	2,38	0,04	0,0
			0,704		0,455		0,039		12,2		0,3		2,483		0,4
0-15	f. lég 0,49	0,207	0,141	0,167	0,002	0,0048	0,0048	17		0,035	0,016	0,12	0,059	0,1	0,0
	f. lou 9,56	0,05	0,425	0,027	0,282	0,0023	0,021	13,4		0,008	0,076	0,17	1,63	0,022	0,0
			0,426		0,364		0,026		14,1		0,092		1,639		0,0
5-25	f. lég 0,2	0,247	0,054	0,151	0,021	0,0065	0,0013	23,9		0,028	0,006	0,15	0,03	0,16	0,01
	f. lou 9,74	0,029	0,29	0,017	0,168	0,0013	0,013	12,7		0,002	0,019	0,14	1,36	0,009	0,01
			0,344		0,199		0,014		13,9		0,025		1,39		0,11
5-40	f. lég 0,11	0,258	0,023	0,15	0,017	0,006	0,0027	25		0,04	0,004	0,12	0,013	0,16	0,02
	f. lou 9,9	0,013	0,134	0,009	0,093	0,0003	0,002	11,7		0,0004	0,0079	0,164	1,03	0,005	0,01
			0,162		0,11		0,0037		12,4		0,012		1,043		0,07

pelouse naturelle.

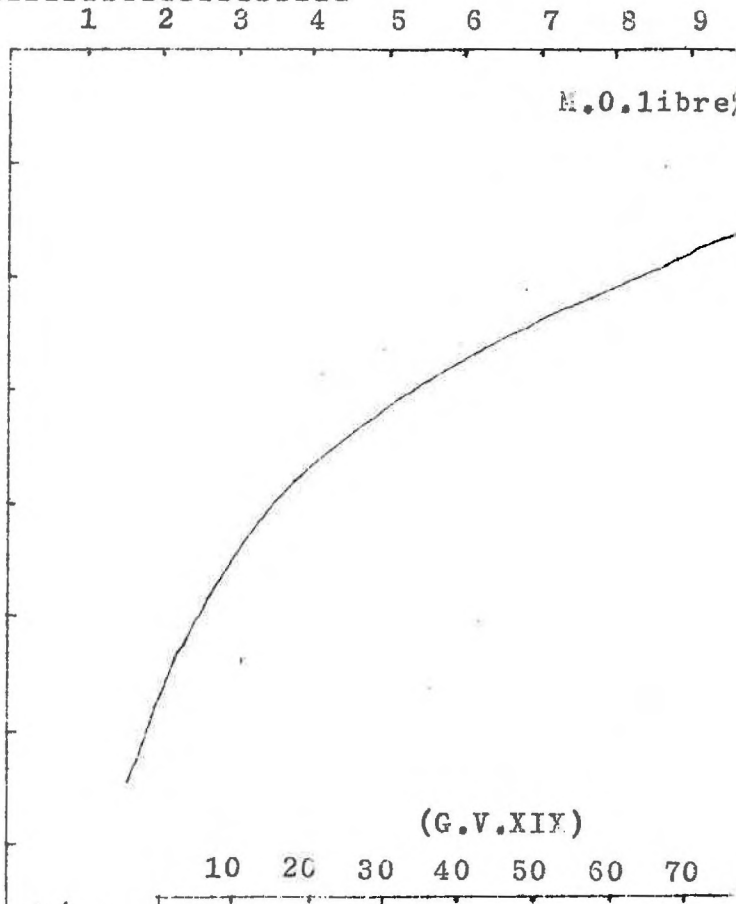
VERSAILLES

P, Alumina de l'inclusion		P, Fer		P, Ors		Somme de P, mine et soluble		P, assi		P, total		Argile	limon	Sable fin	Sable grossier	PH eau
mg/g	mg/raparts	mg/g	mg/raparts	mg/g	mg/raparts	mg/g	mg/raparts	mg/g	mg/raparts	mg/g	mg/raparts	%	%	%	%	
0,018	0,022	0,14	0,169	0,64	0,773	0,533	0,643	0,56	0,676	1,34	1,447					
0,056	0,044	0,019	0,166	0,24	2,01	0,25	2,166	0,25	2,166	1,18	10,32					
	0,066		0,535		2,783		2,629		2,862		11,98	9,14	23,95	14	3	7,6
0,015	0,012	0,135	0,111	0,46	0,395	0,29	0,239	0,51	0,42	1,07	0,281					
0,005	0,046	0,013	0,119	0,19	1,74	0,13	1,191	0,15	1,37	0,58	6,313					
	0,058		0,23		2,155		1,63		1,79		6,104	10,12	24,7	16	2	7,4
0,018	0,009	0,112	0,055	0,53	0,26	0,18	0,09	0,47	0,23	0,89	0,436					
0,005	0,048	0,007	0,067	0,19	1,02	0,065	0,62	0,099	0,95	0,45	4,02					
	0,057		0,122		2,08		0,71		1,16		4,456	15,11	23,78	15	5	7,8
0,010	0,004	0,07	0,014	0,34	0,068	0,045	0,049	0,51	0,102	0,89	0,162					
0,004	0,039	0,002	0,019	0,13	1,264	0,057	0,555	0,081	0,764	0,34	3,312					
	0,043		0,033		1,334		0,604		0,89		3,42	23,7	23,2	16	4	8
0,03	0,013	0,066	0,0073	0,35	0,039	0,221	0,024	0,56	0,062	0,85	0,094					
0,003	0,03	0	0	0,06	0,594	0,033	0,347	0,06	0,594	0,26	2,574					
	0,033		0,0073		0,633		0,371		0,656		2,668	22,3	25,72	15	4,5	8,5

A-PROBLEMES RELATIFS A LA MATIERE ORGANIQUE.

1-Distribution de la matière organique libre.

Le graphique(G.V.XIX) montre que sa quantité baisse très régulièrement en fonction de la profondeur.

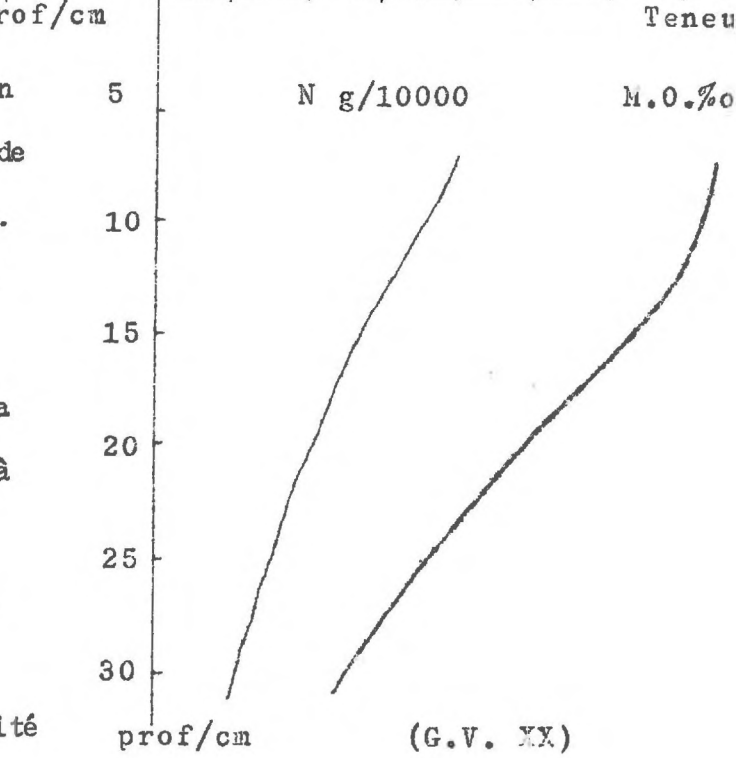


2-Matière organique totale

M.O dosée par la méthode d'Anne.

La variation de la distribution de la matière organique dans l'échantillon global décroît de façon continue depuis l'horizon de surface

(G.V.XX). La forme graphique de cette variation est tout à fait différente de celle de la fraction légère. On peut donc penser, et le tableau 27 nous le prouve aussi, que dans ce profil la matière organique est liée à la fraction lourde. Ce n'est que dans l'horizon de surface que la fraction légère représente une quantité



de matière organique un peu supérieure à celle de la fraction lourde.

3- Azote et rapport C/N.

Les teneurs en azote de ce profil décroissent régulièrement en profondeur suivant la variation de la matière organique totale. Il est intéressant de noter que cet azote est fourni en majeure partie par la fraction lourde, ce que confirme le rapport C/N assez bas dans cette fraction (tableau 27).

L'évolution de la matière organique dans ce sol se fait plus rapidement en surface qu'en profondeur: le rapport C/N est égal à 9,5 dans l'horizon superficiel, tandis que pour les autres horizons il est plus élevé (12 à 14).

Ajoutons qu'ici le rapport C/N de la fraction légère est relativement plus bas que dans les profils déjà vus; ceci laisse penser que la matière organique dans cette prairie évolue assez rapidement.

B- LA VARIATION DU PHOSPHORE ET SES
DIFFERENTES FORMES

PHOSPHORE TOTAL.

Les courbes de variation de la teneur en phosphore total de chacune des fractions se ressemblent grossièrement (G.V.XXII et G.V.XXIII), mais la courbe de la variation de la distribution dans l'échantillon global (G.V.XXI) se rapproche beaucoup plus de celle de la teneur dans la fraction lourde. Et en effet, si l'on se reporte au tableau 27, l'on constate que la fraction lourde fournit des quantités de phosphore beaucoup plus importantes que la fraction légère (rapport de l'ordre de 8 à 25).

TENEURS RELATIVES DES DIVERSES FORMES DE PHOSPHORE
PAR RAPPORT AU PHOSPHORE TOTAL.

Phosphore organique.

Cette forme de phosphore constitue en moyenne environ 35% du phosphore total. La variation de sa teneur relative dans les deux fractions et l'échantillon global (G.V.XXI, G.V.XXIII et G.V.XXII) sont semblables: croissance de 0 à 20 cm, ensuite décroissance. Mais c'est la fraction lourde qui en fournit les

plus grandes quantités; notons cependant, que le rapport des quantités fournies par deux fractions est moins élevé que ce rapport déterminé par le phosphore total.

Nous voyons donc ici l'importance relative de la liaison phosphore organique et matière organique libre dans le sol.

Phosphate de Chaux.

C'est lui qui constitue la majeure partie de phosphore total qui est, rappelons-le, principalement fourni par la fraction lourde (G.V.XXIII). Donc encore une fois on peut mettre en évidence la liaison étroite de cette forme de phosphore avec la fraction lourde du sol: ici le phosphate de chaux représente en moyenne environ 42% de phosphore total de l'échantillon global (G.V.XXI), c'est le pourcentage que l'on retrouve à peu près dans la fraction lourde, alors qu'il n'est que de 10% dans la fraction légère (G.V.XXII).

Phosphates de Fer et d'Alumine.

Que ce soit dans la fraction légère, dans la fraction lourde ou dans l'échantillon total, les teneurs relatives de ces formes de phosphore sont faibles par rapport au phosphore total. Mais si le phosphate d'alumine est en majeure partie fourni par la fraction lourde, le phosphate de fer, lui, est

fourni en quantités pratiquement égales par les deux fractions.

Phosphore assimilable.

Lui aussi, bien entendu, provient surtout de la fraction lourde, mais il faut noter que le phosphore de la fraction légère est plus assimilable que celui de la fraction lourde, puisque dans celle-ci nous avons en moyenne 25% de phosphore assimilable alors que dans celle-là nous en avons environ 55%. D'ailleurs ce fait est confirmé par la valeur du rapport de phosphore assimilable fourni par la fraction lourde sur phosphore assimilable fourni par la fraction légère; qui est de l'ordre de 3 jusqu'au niveau de 15 cm, alors que ce même rapport pour le phosphore total est de l'ordre de 8 .

Cette étude nous permet de tirer les remarques suivantes:

Dans ce profil les diverses formes de phosphore sont liées indiscutablement à la fraction lourde du sol, sauf toutefois, le phosphate de fer qui, étant donné sa faible teneur dans cette fraction, est réparti également dans les deux fractions.

C- EXTRACTIBILITE DES FORMES DE PHOSPHORE MINERAL.

D'après le tableau 28 nous avons obtenu les pourcen -

tages moyens suivants:

Phosphore	Fraction légère	Fraction lourde
P /Chaux	0%	26,4 %
P /Al	67,8 %	47,3 %
P /Al, inclus	0%	20 %
P /Fer	90 %	49 %

Si l'on étudie séparément le degré d'extractibilité dans chacun des horizons on constate que le phosphate d'alumine dans les deux fractions devient de moins en moins extractible en fonction de la profondeur.

Pour le phosphate de fer son degré d'extractibilité varie d'une façon irrégulière d'un horizon à l'autre.

Le phosphate de chaux de la fraction lourde seul est plus ou moins extractible; d'ailleurs, son pourcentage augmente avec la profondeur (tableau 28).

Donc dans ce sol le phosphate de fer est plus extractible alors que le phosphate de chaux l'est moins.

Encore ici on peut noter qu'une partie de phosphore organique est extraite par l'oxalate d'ammonium, signalons que cette partie est très faible pour la fraction lourde.

D-COMPARAISON DES TENEURS EN PHOSPHORE DANS LES
DEUX FRACTIONS

TABLEAU 23 pelouse naturelle.

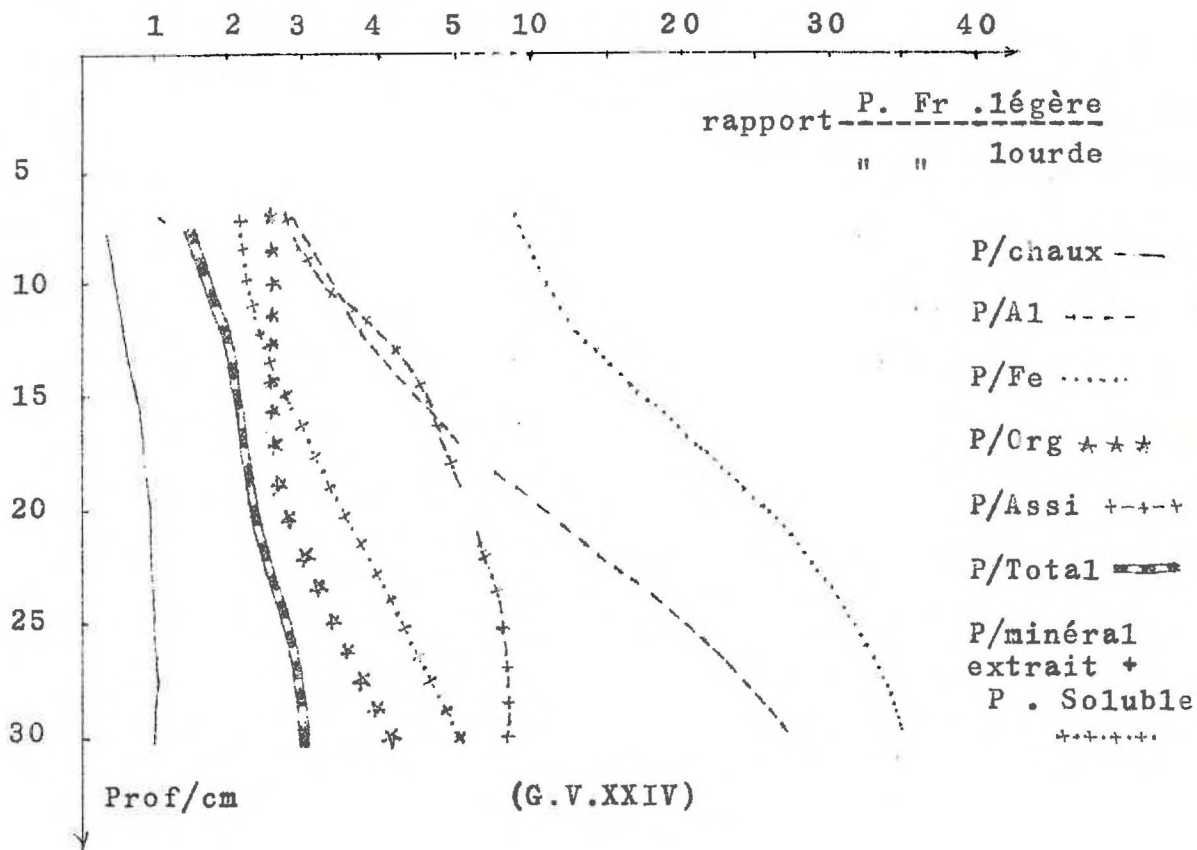
VERSAILL

Prof/ Cm	fractions	P, Chaux			P, Alumine			P, Alumine de l' inclusion			P, Fer			P Soluble dans l'eau mg/g	P minimum + P. soluble mg/g
		mg/g	mg/gr extrait	Pour-Centag %	mg/g	mg/gr extrait	Pour-Centag %	mg/g	mg/gr extrait	Pour-Centag %	mg/g	mg/gr extrait	Pour-Centag %		
0-5	f. légère	0,15	-	-	0,22	0,155	70,4	0,018	-	-	0,14	0,128	91,4	0,25	0,533
	f. lourde	0,75	0,11	14,6	0,079	0,046	59,4	0,005	0,001	20	0,019	0	0	0,1	0,25
5-10	f. lég.	0,125	-	-	0,125	0,092	73,6	0,015	-	-	0,135	0,123	91,1	0,075	0,29
	f. lou.	0,26	0,07	26,9	0,04	0,025	65	0,005	0,001	20	0,015	0,007	53,8	0,026	0,13
10-15	f. lég	0,12	-	-	0,1	0,07	70	0,018	-	-	0,112	0,077	68,7	0,033	0,18
	f. lou	0,17	0,04	23,5	0,022	0,013	59	0,005	0,001	20	0,007	0,003	42,8	0,008	0,065
15-25	f. lég	0,15	0-	-	0,14	0,107	66,8	0,018	-	-	0,07	0,07	100	0,028	0,245
	f. lou	0,14	0,05	35,7	0,009	0,003	33,3	0,004	-	-	0,002	0,002	100	0,002	0,057
25-40	f. lég	0,12	-	-	0,18	0,105	58,3	0,03	-	-	0,066	0,06	100	0,04	0,211
	f. lou	0,104	0,033	31,7	0,008	0,001	20	0,003	-	-	0	0	0	0,000	0,035

Le graphique(G.V.XXIV) nous montre que dans ce profil, une fois plus, la fraction légère est plus riche en toutes formes de phosphore(excepté le P/chaux) que la fraction lourde. Mais notons cependant qu'ici les valeurs des rapports sont beaucoup moins élevées que dans les profils précédemment étudiés, ce qui confirme l'importance du phosphore retenu par la fraction lourde dans le sol. Ce fait est évident pour le P/chaux que le rapport $\frac{P \text{ de fr. légère}}{P \text{ de fr. lourde}}$ est inférieur à 1.

Les P/Al et P/Fe présentent des rapports plus élevés que les autres formes, ce que nous avons toujours rencontré.

La variation croissante de ces rapports en fonction de la profondeur met en évidence l'importance des réserves en phosphore de la fraction lourde.



ETUDE D'UN PROFIL CULTURAL.

Jusqu'à présent nous avons envisagé les différents aspects du problème dans divers types de sols non cultivés, alors qu'ici nous allons étudier un profil de sol qui subit chaque année des interventions variées, en particulier des apports d'engrais et des prélèvements par les cultures.

Ce profil a été prélevé à la date du 23/Nov/1964 à Palaiseau dans une parcelle de blé (après la récolte), la tranchée allant jusqu'à la profondeur de 50 cm; nous avons distingué deux horizons:

Horizon I- de 0 à 30 cm, couleur brune, humide, aucune odeur, bonne structure, débris de tuiles (dimensions 1 à 8 cm), résidus du charbon, cailloux (tailles variables 1 à 5 cm), bon enracinement, présence de vers de terre.

A la profondeur de 25 à 30 cm la semelle de labour se caractérise par sa structure plus ou moins compacte.

Horizon II- de 30 à 50 cm, couleur jaune rougeâtre, assez humide, aucune odeur, structure compacte, résidus de charbon, peu de cailloux, peu de racines, présence de vers de terre et galeries assez abondants.

Voici le tableau d'ensemble (29) des résultats analytiques obtenus.

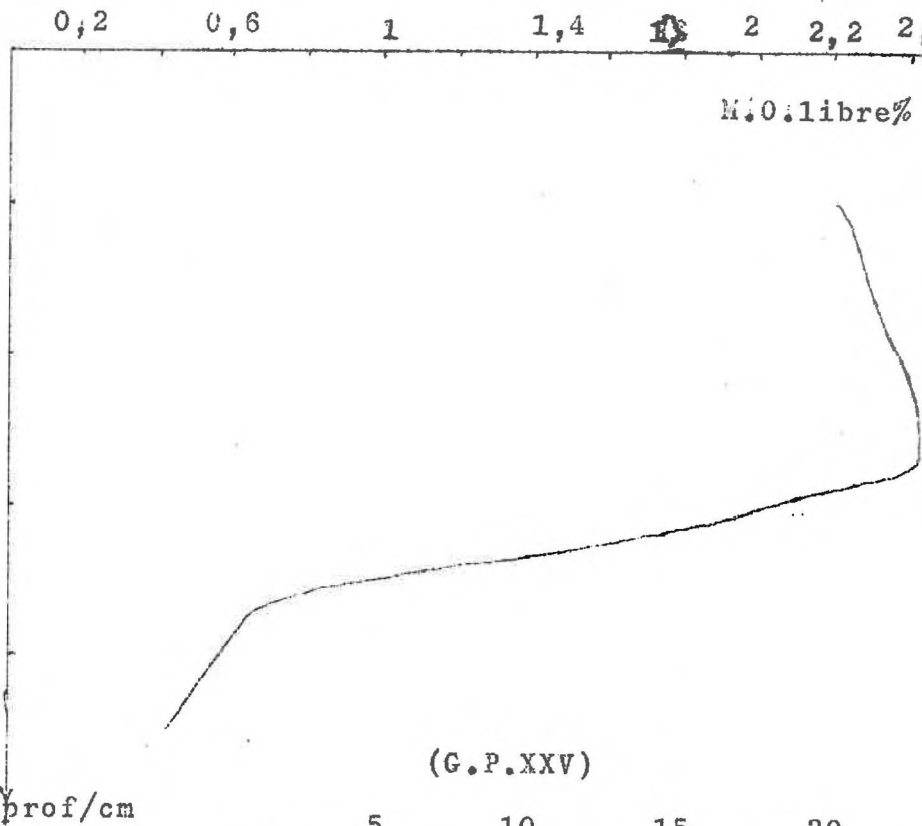
Prof, cm	Poids des fractions dans 10 grs de terre.	Mat. Org		Carbone		Azote		C/N		P, soluble		P, Alumine		P,
		S/g	gr rapartis dans fraction	S/g	g rapartis	S/g	g raparti	C/N dans fraction	C/N dans Echant	mg/g	mg rapartis	mg/g	mg rapartis	mg/g
0-5	f. légère 0,223	0,276	0,06	0,16	0,036	0,012	0,043	13		0,25	0,16	0,31	0,07	0,3
	f. lourde 9,7	0,017	0,17	0,01	0,1	0,001	0,011	9		0,03	0,29	0,004	0,01	0,03
			0,23		0,136		0,014		9,7		0,35		0,00	
5-15	f. lég. 0,218	0,286	0,06	0,166	0,036	0,008	0,002	19		0,18	0,14	0,68	0,15	0,19
	f. lou. 9,76	0,016	0,16	0,009	0,093	0,001	0,011	8		0,02	0,2	0,072	0,7	0,03
			0,22		0,129		0,013		9,9		0,24		0,05	
15-20	f. lég. 0,245	0,286	0,043	0,149	0,037	0,018	0,003	14		0,19	0,047	0,34	0,033	0,27
	f. lou. 9,75	0,017	0,166	0,01	0,097	0,001	0,012	8		0,02	0,195	0,08	0,78	0,14
			0,229		0,124		0,015		8,9		0,242		0,063	
20-25	f. lég. 0,24	0,276	0,071	0,172	0,041	0,018	0,003	16		0,07	0,017	0,46	0,11	0,23
	f. lou. 9,75	0,02	0,196	0,01	0,19	0,001	0,011	18		0,02	0,195	0,085	0,01	0,13
			0,267		0,145		0,014		10,3		0,212		0,92	
25-30	f. lég. 0,247	0,235	0,058	0,137	0,034	0,009	0,002	14		0,01	0,002	0,52	0,128	0,19
	f. lou. 9,74	0,02	0,196	0,011	0,174	0,001	0,012	18		0,014	0,136	0,07	0,682	0,103
			0,254		0,148		0,013		10,5		0,138		0,01	
30-35	f. lég. 0,086	0,235	0,02	0,137	0,012	0,007	0,0007	18		0,004	0,003	0,27	0,023	0,19
	f. lou. 9,9	0,015	0,16	0,009	0,09	0,0009	0,009	18		0,001	0,001	0,016	0,158	0,048
			0,18		0,106		0,0097		10,9		0,0013		0,181	
35-40	f. lég. 0,045	0,286	0,013	0,166	0,007	0,01	0,0005	17		0,08	0,014	0,17	0,008	0,35
	f. lou. 9,93	0,011	0,116	0,007	0,067	0,0007	0,006	12		0,001	0,009	0,009	0,09	0,042
			0,129		0,074		0,0165		11,3		0,015		0,098	
40-50	f. lég. 0,04	0,286	0,012	0,166	0,007	0,009	0,0004	17		0,08	0,003	0,25	0,01	0,25
	f. lou. 9,95	0,011	0,118	0,008	0,109	0,0007	0,007	18		0,001	0,009	0,002	0,08	0,04

P, chaux		P, org		Somme de P, mineral + P, Soluble		P, Resi		P, total		Argile %	Limon %	s. fin %	s. grossier %	PH eau	PH KCl
mg /g	mg /spontis	mg /g	mg /spontis	mg /g	mg /spontis	mg /g	mg /spontis	mg /g	mg /spontis						
0,06	0,015	0,5	0,02	0,7	0,16	0,77	0,17	1,3	0,29						
0,032	0,51	0,3	2,91	0,137	1,33	0,129	1,25	0,5	4,05						
	0,323		3,022		1,49		1,42		5,14	16,03	22,95	24,15	1,75	7,1	6,2
0,04	0,009	0,53	0,06	0,9	0,196	1	0,216	1,16	0,253						
0,03	0,293	0,225	2,2	0,127	1,242	0,11	1,606	1,4	3,912						
	0,302		2,316		1,438		1,304		4,165	11,91	25,69	43,15	1,6	7,2	6,2
0,07	0,017	0,52	0,127	0,65	0,09	0,77	0,109	1,2	0,294						
0,032	0,312	0,24	2,335	0,137	1,356	0,124	1,21	0,46	4,485						
	0,329		2,662		1,495		1,399		4,779	17,91	23,19	50,9	1,6	7,1	6,2
0,07	0,017	0,58	0,139	0,624	0,152	0,6	0,192	1,2	0,280						
0,034	0,331	0,3	2,925	0,143	1,394	0,13	1,267	0,5	4,075						
	0,348		3,064		1,546		1,659		5,163	17,27	25,17	51,8	1,6	7,2	6,3
0,14	0,01	0,55	0,136	0,564	0,139	0,60	0,160	1,17	0,239						
0,03	0,292	0,21	2,045	0,115	1,12	0,125	1,218	0,38	3,7						
	0,302		2,181		1,259		1,386		3,989	17,51	20,72	42,03	1,75	7,4	6,5
0,05	0,004	0,3	0,026	0,354	0,03	0,5	0,043	0,32	0,17						
0,015	0,148	0,03	0,297	0,032	0,317	0,04	0,396	0,12	1,168						
	0,152		0,323		0,347		0,439		1,250	19	19,73	42,75	1,25	7,4	6,5
0,06	0,003	0,1	0,005	0,078	0,017	0,42	0,319	0,75	0,034						
0,012	0,119	0,024	0,230	0,02	0,199	0,04	0,397	0,11	1,092						
	0,122		0,243		0,216		0,416		1,126	24,66	24,43	41,5	0,6	7,5	6,5
0,06	0,002	0,31	0,012	0,4	0,016	0,7	0,028	1	0,04						
0,012	0,119	0,011	0,109	0,02	0,199	0,024	0,239	0,1	1						

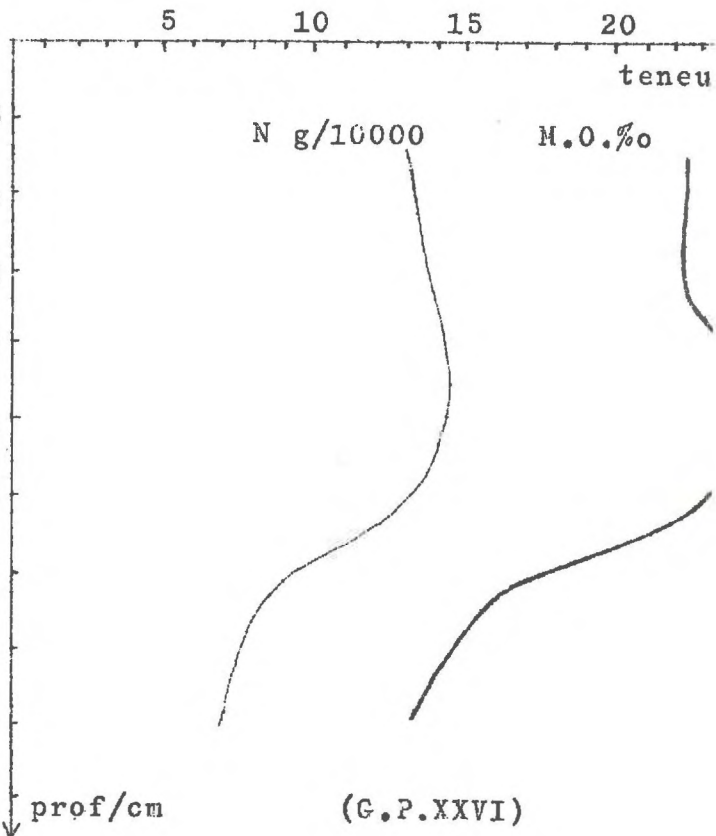
A- PROBLEMES RELATIFS A LA MATIERE ORGANIQUE.

1- Distribution de la matière organique libre.

La distribution de la fraction légère fait apparaître très nettement la solution de continuité constituée par la semelle de labour. Au dessus de cette semelle la quantité de la M.O libre



reste comprise entre 2,2% et 2,4%, au dessous on assiste à une baisse très brusque de ces quantités qui tombent en 10 cm de 2,4% à 0,6%(G.P.XXV).



2- Distribution de la M.O totale.

(M.O dosée d'après Anne) La courbe de sa distribution est très bien marquée par la semelle

(G.P.XXV)

(G.P.XXVI)

de labour (G.P.XXVI). Mais au dessus de cette semelle, nous voyons une légère augmentation. Celle-ci est due à des augmentations d'une part de la matière organique libre, et d'autre part de la matière organique de la fraction lourde.

Compte tenu du mélange effectué par les instruments de travail du sol, il semble que l'on se trouve devant un enfouissement de matière organique dont une partie s'est localisée au dessus de la semelle de labour. Notons aussi que cette matière organique provient surtout de la fraction lourde.

3- Azote et rapport C/N.

Pour l'azote on remarque un parallélisme avec la teneur en matière organique totale (G.P.XXVI).

Quant au rapport C/N, on peut souligner son augmentation dans la fraction légère à partir du niveau de la semelle de labour.

B- PHOSPHORE ET SES DIFFERENTES FORMES.

PHOSPHORE TOTAL

La courbe de la distribution du phosphore total a la même allure que celle de la distribution de la matière organique totale, ce qui prouve que le phosphore est lié en majeure partie à la fraction lourde puisque la matière organique pro -

vient surtout de cette fraction. D'ailleurs les graphiques (G.P.XXVII, G.P.XXVIII, G.P.XXIX) nous montrent cette liaison, d'une part par l'allure des variations et d'autre part par la concordance des teneurs de phosphore total entre la fraction lourde et l'échantillon global.

TENEURS RELATIVES DES DIVERSES FORMES DE PHOSPHORE
PAR RAPPORT AU PHOSPHORE TOTAL.

Phosphore organique.

C'est lui qui constitue encore ici la majeure partie du phosphore dans l'échantillon global (G.P.XXVII), et dans les deux fractions (G.P.XXVIII, G.P.XXIX), tout au moins au dessus de la semelle de labour, ce qui est normal puisqu'en dessous nous n'avons que très peu de restitution de matières organiques libres. Nous retrouvons encore la fraction lourde comme principal fournisseur de cette forme de phosphore.

Phosphate de chaux.

Parmi toutes les formes de phosphore, c'est lui qui présente la quantité la plus faible dans l'échantillon et ses fractions. Sa teneur reste relativement constante, bien que la semelle de labour constitue dans l'échantillon total un

seuil à partir duquel se manifeste une légère augmentation.

Phosphate d'Alumine et phosphate de Fer.

La semelle de labour constitue toujours une limite:
au dessus constance des teneurs, au dessous variation.

Pour le phosphate de fer cette variation est croissante,
par contre est décroissante pour le phosphate d'alumine(
G.P.XXVII).

Phosphore assimilable.

Les quantités relatives de phosphore assimilable par
rapport au phosphore total baissent nettement au niveau de
la semelle de labour. Il est surprenant de constater son aug-
mentation à partir de ce niveau, ce que l'on peut sans doute
expliquer par l'augmentation de la teneur en phosphate de fer
à ce niveau.

Ce profil se caractérise par:

- 1°- l'influence très nette de la semelle de labour sur la
distribution de toutes les formes de phosphore;
- 2°- l'importance de la fraction lourde pour la fourniture de
toutes ces formes, celle-ci jouant un rôle prédominant, étant
donné la faible quantité de matière organique libre.

C-EXTRACTIBILITE DES FORMES MINERALES DE PHOSPHORE.

On peut illustrer d'après le tableau 30 les degrés d'extractibilité des diverses formes de phosphore de chacune des fractions dans le sol et dans le sous-sol, comme ci-dessous :

	Phosphore	Fraction légère	Fraction lourde
	(P/chaux	0%	0%
SOL	(P/Fe	47,2%	51%
	(P/Al	90%	68%
SOUS-	(P/chaux	0%	0%
SOL	(P/Fe	33,6%	38,8%
	(P/Al	100%	54,3%

Il résulte que dans l'ensemble du profil, si le phosphate de fer de la fraction légère est moins extractible que celui de la fraction lourde, c'est l'inverse pour le phosphate d'alumine; le phosphate de chaux n'est extractible dans aucune des fractions.

Jusqu'ici, dans les profils précédemment étudiés nous avons vu qu'en comparant les teneurs en phosphore assimilable avec celles de la somme du phosphore minéral extrait (par oxalate d'ammonium) plus le phosphore soluble dans l'eau, le premier

Prof, cm.	fractions	P, Chaux			P, Alumine			P, Fer			P Soluble dans l'eau mg/g	P miné- ral. + P.Soluble mg/g	P Acid mg/g
		mg/g	mg/s extrait	Pour- Centag %	mg/g	mg/s extrait	Pour- Centag	mg/g	mg/s extrait	Pour- Centag			
0-5	f. légère.	0,86	-		0,31	0,27	87	0,3	0,10	60	0,25	0,7	1,77
	f. lourds.	0,832	-		0,064	0,054	64,3	0,113	0,053	46,9	0,03	0,13	0,12
5-15	f. lég	0,04	-		0,60	0,65	96,5	0,19	0,07	36,8	0,18	0,9	1
	f. lou	0,03	-		0,072	0,052	72,2	0,103	0,055	53,3	0,02	0,12	0,11
15-20	f. lég	0,065	-		0,34	0,29	85,2	0,27	0,10	59,2	0,17	0,55	0,77
	f. lou	0,032	-		0,16	0,053	70	0,14	0,061	53,5	0,02	0,13	0,12
20-25	f. lég	0,07	-		0,46	0,424	92	0,23	0,1	43,3	0,07	0,304	0,2
	f. lou	0,034	-		0,033	0,056	67,4	0,13	0,057	59,4	0,02	0,14	0,13
25-30	f. lég	0,04	-		0,52	0,34	93	0,19	0,07	36,8	0,01	0,504	0,60
	f. lou	0,03	-		0,07	0,047	67	0,102	0,054	52,2	0,016	0,11	0,12
30-35	f. lég	0,05	-		0,17	0,27	100	0,19	0,08	36,2	0,004	0,334	0,5
	f. lou	0,015	-		0,016	0,019	56,2	0,040	0,022	45,0	0,001	0,022	0,04
35-40	f. lég	0,04	-		0,17	0,17	100	0,26	0,09	36	0,03	0,378	0,62
	f. lou	0,012	-		0,009	0,004	44,4	0,042	0,015	35,6	0,001	0,02	0,04
40-50	f. lég	0,06	-		0,25	0,25	100	0,25	0,07	28	0,03	0,4	0,7

étant toujours supérieur au second dans les deux fractions légère et lourde. Dans ce profil, nous observons que la différence entre les deux chiffres est non seulement minime parfois, mais que le second est très légèrement supérieur au premier. Donc ceci laisse supposer qu'au contraire des cas déjà rencontrés, le phosphore organique dans ce profil n'est pratiquement pas extrait par nos méthodes.

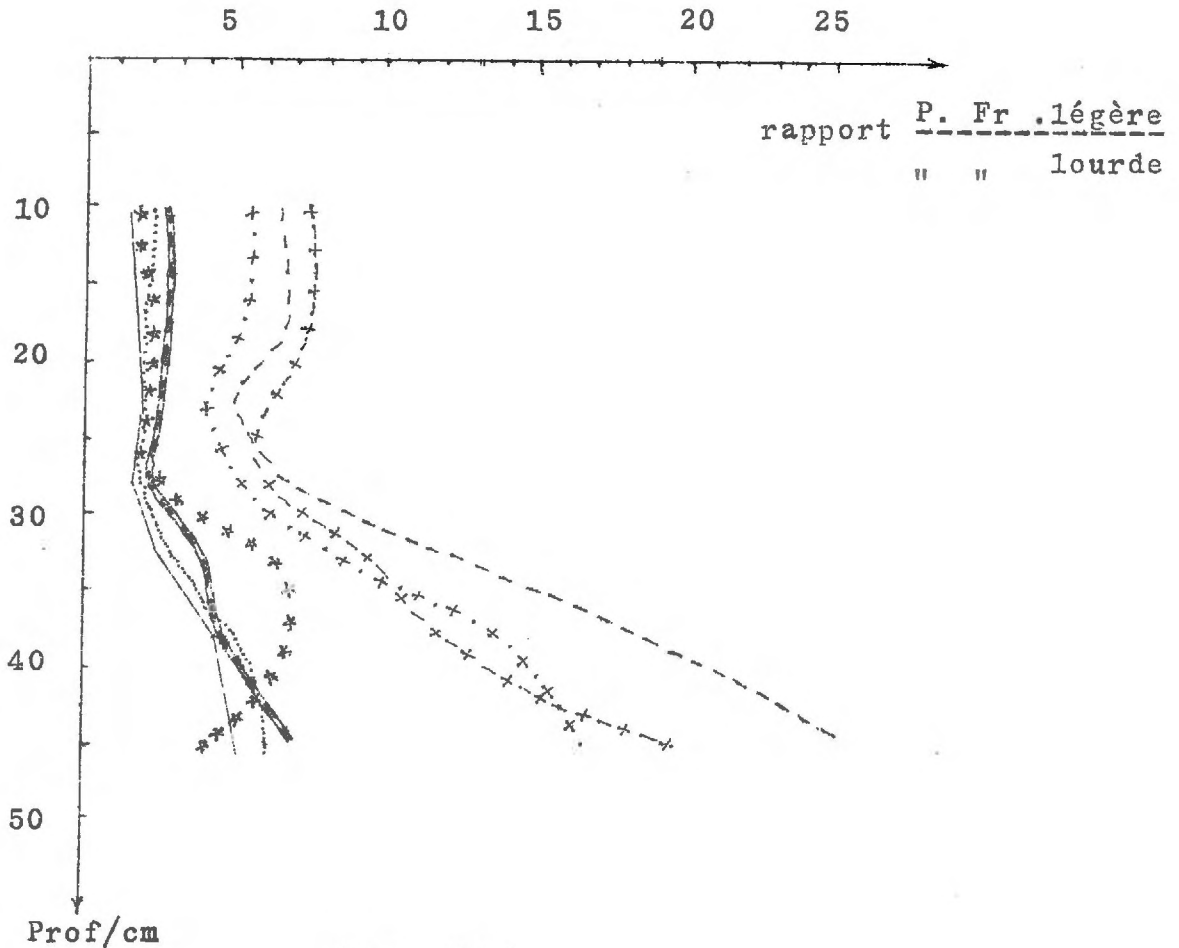
D- ETUDE COMPARATIVE DES TENEURS EN PHOSPHORE DANS
LES DEUX FRACTIONS.

Nous constatons encore ici la richesse en phosphore de la fraction légère par rapport à la fraction lourde (G . P XXX). Ce fait est d'ailleurs, plus net pour le phosphate d'Al et l'est beaucoup moins pour le phosphate de chaux.

Les rapports teneur en P de la fraction légère
" " " " " " " " lourde
sont donc supérieurs à 1, mais beaucoup moins élevés que dans les trois premiers profils étudiés. Nous pouvons relier ceci comme le profil précédent, au rôle prédominant de la fraction lourde.

Si l'on examine la variation de ces rapports en fonction de la profondeur, l'on voit encore que la semelle de labour crée une discontinuité: au dessus ce rapport ne varie pas,

au dessous il augmente régulièrement (sauf pour le phosphore organique dont le rapport croît, puis décroît).



(G.P. XXX)

P/chaux ———	P/Al - - - -	P/minéral extrait + P.S + + + +
P/Fe	P/Org * * *	P/Assi + + + + P/Total ————

CINQUIEME PARTIE.

=====

RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

Nous rappelons tout d'abord que le but de ce travail était d'examiner dans quelle mesure les dosages d'éléments chimiques correspondaient aux modalités de prélèvement des échantillons de terre.

En effet, c'est par rapport à ces prélèvements que l'on pourra porter un jugement de valeur sur l'ensemble du terrain à partir des résultats des analyses.

Ces préoccupations nous ont conduit dans une première partie à examiner d'une façon critique la variabilité des résultats analytiques en fonction des prélèvements, ceux-ci étant effectués à peu près au hasard sur des surfaces de différentes dimensions. Cette première étude nous conduit à calculer des coefficients de variation qui sont rappelés dans le tableau (31) de la page suivante:

TABLEAU 31

	P205	M.O.	K	Ca	Argile	Limon	sable fin	sable grossier
Coefficient de variance Palaiseau (surface 1m ²)	11,3%	3,2%	0,98%	2%	3,48%	4,23%	3,13%	5,3%
Coefficient de variance Palaiseau (surface 4m ²)	11,2%	1,99%	14,2%	-	-	-	-	-
Coefficient de variance la Haizerie (surface 4m ²)	26%	8,66%	25,2%	-	-	-	-	-

A partir du moment où les éléments étaient susceptibles de varier, il était utile d'examiner dans quelle mesure il existait entre ces variations une corrélation. En effet, dans le cas où une corrélation, positive par exemple, existe entre la variation des teneurs, cela veut dire que c'est probablement la même cause qui a provoqué l'enrichissement de tel échantillon par rapport à tel autre. L'étude de ces variations aboutit à calculer des coefficients de corrélation qui figurent sur le tableau (32):

des échantillons de terre en fonction de ces causes et examiner dans quelle mesure le repérage de l'échantillon correspond à une richesse chimique donnée. C'est ainsi que nous avons entrepris l'étude systématique des teneurs en P₂O₅, K, Ca, Mg, et des matières organiques des divers horizons de plusieurs profils culturaux.

Il apparaît très nettement une corrélation en particulier pour l'acide phosphorique entre le niveau de prélèvement et la teneur en éléments fertilisants, les horizons superficiels étant apparus comme toujours beaucoup plus riches que les sous-sols. Cette observation est vraie également pour la matière organique, pour la potasse, mais presque inversée dans le cas du magnésium, le calcium présentant une répartition uniforme.

Ces observations correspondent bien en gros à ce que l'on sait de la mobilité de ces éléments dans le sol. Cela veut dire que l'enrichissement d'un sous-sol en acide phosphorique et en potasse sera toujours très lent par le processus de percolation naturelle et qu'il faudra que l'on intervienne par des mélanges pour assurer l'enrichissement du sous-sol, alors que le calcium et le magnésium migreront assez facilement.

Ayant ainsi établi une correspondance entre le

niveau d'un prélèvement et la richesse chimique, nous avons voulu voir dans quelle mesure il serait possible de préciser des actions plus ou moins récentes ayant amené un bouleversement du profil. Nous avons utilisé dans ce but des échantillons prélevés sur des planches de confection plus ou moins ancienne. On constate dans ce cas que les teneurs en P205 permettent de vérifier l'histoire du profil telle qu'elle apparaissait à l'examen direct. La richesse chimique constitue donc un élément susceptible de préciser le diagnostic extemporané basé sur la structure du sol en place. Lorsqu'on s'adresse à des profils jeunes, c'est-à-dire des planches récemment constituées, il existe des différences moins marquées et l'interprétation est moins sûre. Ceci donne par conséquent une limite à la méthode, mais il a également été possible de retrouver un défoncement vieux d'une dizaine d'années et même quelques indices permettant de préciser l'origine des mottes dans un mélange de terre. Cette dernière observation pourrait être très importante dans la mesure où elle permettrait de vérifier l'existence d'un travail récent, et d'étudier l'évolution des mottes anciennes ramenées en surface en fonction du temps. Il faudrait alors choisir des mottes dont les teneurs en éléments chimiques soient nettement différentes.

L'étude a porté jusqu'à présent sur des profils de

sols récemment et profondément marqués par l'intervention humaine. Nous avons voulu également étudier un profil pédologique complexe apparaissant sous un peuplement (taillis) de mauvaise qualité, sur un sol de texture sableuse. Les échantillons ont été prélevés à mesure que le profil manifestait des différences de couleur, en fonction de divers horizons.

On constate alors que la teneur en acide phosphorique, d'ailleurs toujours faible, ainsi que la teneur en matière organique présentent des fluctuations semblant indiquer l'existence de plusieurs horizons (A) enterrés successivement. Cette interprétation, qui est en bon accord avec l'observation directe et ce que l'on peut savoir de la mise en place du terrain, qui résulte de colluvionnements successifs, se trouve confirmée par une étude de la susceptibilité magnétique. M. LE BORGNE en effet a montré dans sa thèse que les horizons de surface des sols présentent généralement une susceptibilité magnétique plus élevée que les horizons profonds. C'est bien ce qui s'est passé dans ce cas où tous les horizons considérés comme les anciens horizons de surface ont présenté une élévation de susceptibilité magnétique significative. On dispose donc là encore d'un moyen permettant de confirmer le diagnostic basé sur la morphologie.

Jusqu'à présent, nous avons parlé de la teneur en acide phosphorique et nous devons rappeler qu'il s'agit toujours de l'acide phosphorique assimilable. Le choix d'une telle méthode, critiquable à certains égards, était raisonnable à partir du moment où l'on voulait mettre en évidence l'intervention récente de l'homme qui, par l'utilisation de sels solubles présents dans les engrais, relève rapidement la teneur en éléments assimilables. Il est fort possible que les teneurs en acide phosphorique total aient masqué ces différences. Néanmoins, pour préciser le sens de cette donnée, nous avons entrepris une étude systématique d'un certain nombre de profils sur lesquels nous avons dosé les matières organiques libres et les matières organiques liées, et sur chaque fraction les différentes formes du phosphore suivant la méthode de Chang-Jackson. Celle-ci est souvent considérée comme la méthode moderne la plus fine pour analyser des états du phosphore dans le sol. À ces dosages nous avons comparé la méthode d'extraction du phosphore assimilable (Joret-Hébert).

Les résultats de ce travail sont cette fois-ci inattendus, en ce sens que si à l'examen des analyses effectuées sur les échantillons d'un même profil, on voit bien se confirmer les divers caractères morphologiques, soulignant en

particulier les accumulations des matières organiques, par contre il ne semble pas y avoir de relations logiques entre les teneurs en différentes formes de phosphore, leur localisation dans la fraction légère et dans la fraction lourde, et enfin leur extractibilité.

Par exemple le phosphore lié au calcium a une extractibilité qui varie de 95% à 0% dans la fraction légère, donc organique, alors qu'elle varie de 95% à 30% environ dans la fraction lourde (tableau 33).

Dans l'état de phosphate d'alumine et phosphate de fer, le phosphore conserve une extractibilité de l'ordre de 60% à 70% pour les mêmes échantillons. On comprend mal comment ces composés qui ont la réputation d'être stables, donc difficilement assimilables par les végétaux, se trouvent ainsi relativement solubilisés, alors que le phosphore qui est lié au calcium apparaît, lui, comme relativement insoluble.

Si l'on essaye de classer le comportement des échantillons en fonction de leur pH, il semble que lorsque les formations sont à pH bas le taux d'extraction est élevé pour toutes les formes du phosphore; par contre dès que le sol se trouve à un pH 7 ou supérieur à 7 on voit apparaître alors des insolubilités quasi totales, en particulier pour le phosphate de chaux.

différentes formes du Phosphore dans le sol

forêt Mercuria sessiliflora)				Fontainebleau				PINEDE				Fontainebleau			
pH = 3,85		pH = 4,25		pH = 4,95		pH = 6		pH = 8,2		pH = 8,4					
4-60cm		B ₁ 8-14cm		B ₂ 14-23		B _{2-c} 23-52		A ₁ 0-4 cm		A _{2-c} 4-10		B ₂ 10-18			
14,7%		M.O 3%		M.O 2%		M.O 4,55%		M.O 7,7%		M.O 6,84%		M.O 6,4%			
extrac	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T		
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
89,7%	0,0	87,2	0,01	98%	0,345	59	0,013	0	0,004	0	0,013	0	0,013		
90	0,007	91,4	0,005	95	0,0075	64	0,004	57,5	0,003	53,5	0,012	53			
13,3		15,7		22		36,3		5		8		2			
100	0,13	100	0,16	100	0,37	100	0,063	72,3	0,09	52,8	0,078	50			
85	0,013	90	0,011	89	0,005	66,6	0,003	74	0,007	60	0,005	50			
14		10		14,5		74		12,6		12,8		15,6			
70	0,16	56,2	0,13	73	0,19	61,3	0,15	4,3	0,24	16,6	0,225	56,6			
73	0,01	70	0,01	73	0,017	57	0,005	21	0,073	31,5	0,002	75			
9		16		11,8		27		19,1		32,6		112,5			
								0,01	0	0,02	0	0,005	0		
								0,001	0	0,001	0	0,0015	0		
								10		30		16,6			
	0,35		0,4		0,32		0,48		0,3		0,4				
	0,04		0,03		0,027		0,016		0,022		0,024				
25		8,7		13,3		2,1		30		22,7		14,7			
	0,216		0,37		0,666		0,165		0,125		0,210				
	0,025		0,022		0,013		0,005		0,005		0,005				
11,9		6,6		12,1		45,7		13,1		16,6		2,5			
	0,56		0,63		0,79		0,25		0,32		0,41				
	0,034		0,034		0,027		0,016		0,012		0,019				
6,4		16,4		18,5		27,2		16,6		26,6		21,5			
	540		590		566		638		636		472				
	20		19		5		?		8		8				
17		27		30		133		72		67		59			
5		21		36		45		28,7		29,3		36			
6		19,8		5		12,2		18,5		12,8		10,9			

B « Tableau récapitulatif des résultats analytiques »

		Pelouse Fontainebleau				Pelouse Versailles				Terre cultivée Palaiseau							
PH = 5.5		PH = 8		PH = 8.4		PH = 8.4		PH = 8.4		PH = 8.15		PH = 7.1		PH = 7.4			
C 15-45cm		A ₁ 0-7cm		A ₂ 7-20		B 20-40		C 40-60		H de 0-15		H de 15-40		S01 0-30		S05 30-50	
M.O (lira 0.5)		M.O 5.07		M.O 0.67		M.O 0.167		M.O 0.47		M.O 0.47		M.O 0.57		M.O 2.34		M.O 0.567	
Teneur %	extrac- tibilité %	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr	T	extr
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0.065	0	0.012	0	0.02	0	0.02	2.2	0.002	0	0.031	0	0.033	0	0.033	0	0.050	0
0.02	24.5	0.022	34	0.023	20.2	0.015	50	0.005	299	0.003	21.6	0.021	35.7	0.031	0	0.012	0
2.2		3.3		3.4		6.8		5.1		0.33		1.1		4.7		4.5	
0.121	83	0.12	53.3	0.25	91	0.54	94.4	0.21	93	0.140	71	0.17	52.5	0.46	90.5	0.23	140
0.007	89	0.002	50	0.005	100	0.004	58.5	0.000	100	0.047	51.1	0.007	26.6	0.017	60	0.01	54.3
175		60		500		135		525		2.7		24.2		5.9		21	
0.163	62.1	0.12	41.6	0.127	57	0.23	78	0.125	46.5	0.129	83.7	0.267	100	0.23	43.2	0.23	22.5
0.004	100	0.002	35	0.002	100	0.007	82.2	0.005	100	0.013	32.2	0.007	100	0.007	51.2	0.043	31.8
412.5		60		635		40.8		65.3		9.7		47		2.0		5.8	
0.026	0	0.06	70	0.1	61.6	0.22	46	0.19	80	0.016	0	0.01	0				
0.001	0	0.004	70	0.003	61.6	0.004	57.5	0.003	43.3	0.005	20	0.005	0				
26		15		35		55		63		3.2		8.8					
0.51		0.68		0.82		0.4		0.55		0.55		0.94		0.55		0.28	
0.050		0.07		0.057		0.027		0.03		0.2		0.005		0.157		0.021	
8.7		9.7		14.3		14.8		16.3		2.8		3.5		2		10.4	
0.297		0.247		0.675		1.10		0.67		0.334		0.220		0.689		0.377	
0.008		0.015		0.011		0.013		0.011		0.148		0.046		0.100		0.024	
36.6		17.8		61.3		90.7		60.9		2.2		4.9		5.4		15.7	
0.52		0.36		0.9		1.35		0.25		0.51		0.55		0.8		0.54	
0.017		0.035		0.034		0.022		0.017		0.166		0.07		0.12		0.034	
27.3		16		26.4		61.3		50		3		7.5		6.6		15.0	
491		475		472		501		427		310		252		369		269	
0.2		15		6.5		8		7		47		21		18		12	
79		36		73		62		61		6		12		14		22	
25		10.7		20.4		41.5		24.0		15.4		24		15.2		17	
9.3		6.5		7.3		18.5		0.4		10.2		12.2		9		10.6	

Ceci voudrait donc dire que les méthodes d'extraction sont fortement influencées par la composition des échantillons et que de ce fait elles ne reflètent qu'un certain aspect global du comportement, traduisant un équilibre sol-solution qui n'est peut-être pas celui qui se manifestera vis-à-vis des végétaux.

Si l'on compare maintenant, dans la somme totale des éléments extraits, le phosphore minéral, le phosphore soluble dans l'eau et le phosphore organique, on a la surprise de constater que le traitement d'extraction de l'acide phosphorique assimilable arrive parfois à extraire une partie des éléments organiques. Evidemment, on est mal renseigné sur la forme du phosphore organique dans le sol (ce phosphore y est probablement surtout sous la forme d'esters ; il peut donc être hydrolysé et ceci permettrait d'expliquer sa solubilité relative).

Cette remarque attire alors l'attention sur l'importance de la fraction phosphorique liée à la matière organique en tant que réserve utilisable, car quelles que soient les critiques que l'on puisse faire à la méthode d'extraction, il n'en reste pas moins qu'elle met en évidence un comportement qui ne peut être compris que si l'on admet que cette forme d'acide phosphorique présente une certaine labilité.

Si l'on compare l'acide phosphorique de la fraction légère avec celui de la fraction lourde, on constate que dans tous les cas il apparaît du phosphore lié aux trois constituants minéraux Ca, Al, Fe, même dans la fraction organique légère et qu'en définitive, la contribution de cette fraction légère est parfois importante par rapport à la quantité de phosphore provenant de la fraction lourde. Dans les sols riches en argile, celle-ci est toujours beaucoup plus importante. Ceci confirme le rôle du phosphore organique dans l'approvisionnement possible des végétaux et bien entendu, c'est le rapport de " la quantité de phosphore inclus dans la fraction légère " au " phosphore inclus dans la fraction lourde " qui déterminera le rôle de l'une et de l'autre dans le profil global.

En définitive, nous pensons avoir mis en évidence l'intérêt des prélèvements précis dans les sols afin de préciser l'histoire du terrain. C'est l'acide phosphorique qui constitue un des meilleurs marqueurs de cette histoire. La potasse, dans une certaine mesure, permet de confirmer les conclusions tirées de l'étude des variations des teneurs en acide phosphorique. La teneur en phosphore a permis de relier l'état chimique et l'état physique du sol aussi bien dans les

profils culturaux que dans les profils naturels. Par contre il semble qu'il faille reprendre l'interprétation des méthodes actuelles de détermination des différentes formes du phosphore présentes dans le sol. En effet, il n'apparaît pas de relation simple permettant de justifier la méthode suivant les buts pour lesquels elle a été établie. Toutefois, il n'est pas impossible qu'à la suite d'une étude plus approfondie, on comprenne mieux le mode d'action des différents traitements et qu'on puisse en tirer des interprétations, mais sur d'autres bases.

A N N E X E

— METHODES ET TECHNIQUES EMPLOYEES

— VALEURS DE LA MOYENNE, L'ECART-TYPE, LA VARIANCE,
LE COEFFICIENT DE VARIANCE, ET LE COEFFICIENT DE
CORRELATION, CALCULEES ENTRE LES TENEURS EN
ELEMENTS CHIMIQUES ET LE TAUX DE MATIERE
ORGANIQUE SUR DES SURFACES DE DIFFERENTES
DIMENSIONS.

METHODE D'EXAMEN DU PROFIL CULTURAL

Pour délimiter les couches du profil cultural, nous avons utilisé la méthode HENIN dont nous rappelons le principe ci-après.

L'examen d'un profil cultural s'effectue de la manière suivante :

1) Ouvrir une tranchée dans le terrain, sa profondeur doit dépasser largement celle des opérations culturales, c'est-à-dire, atteindre une soixantaine de centimètres dans les terres cultivées normalement, dépasser d'au moins vingt centimètres, la profondeur des sous-solages quand il y a lieu et enfin atteindre de 1 m à 1,5 m dans les cas des cultures fruitières. Quant aux dimensions, elles doivent être telles que l'observateur puisse opérer commodément la tranchée est perpendiculaire à la direction des labours.

2) Lorsqu'on vient d'ouvrir la fosse dans le terrain au moyen d'une pelle et d'une pioche, les parois sont plus ou moins lissées par les outils et l'on distingue difficilement divers accidents susceptibles de retenir l'attention de l'observateur, il y a intérêt à ausculter le sol en procédant de bas en haut et en le frappant à l'aide du manche d'un fort couteau.

On note alors soigneusement les variations d'intensité et de tonalité résultant des chocs. Celles-ci sont particulièrement intéressantes lorsqu'on observe ces brusques changements. On fixe alors la

profondeur à laquelle ils se produisent, l'opération est ensuite recommencée en agissant horizontalement, de manière à vérifier l'homogénéité de chaque couche, là encore les zones présentant des différences de sonorité seront repérées.

L'interprétation de la sonorité est assez délicate, en effet, les sons mats peuvent être attribués à des zones naturellement durcies ou relativement sèches, mais compactes.

3) Après avoir réalisé cette première exploration, on commence avec l'aide de la pointe d'un couteau, à examiner chaque couche, il est même bon d'utiliser deux couteaux : l'un plus robuste, permet de dégager les éléments grossiers engagés dans les structures cohérentes, l'autre du type couteau de poche permet de faire un travail plus délicat, par exemple, l'examen des petites racines ou des galeries d'animaux. On procède avec le couteau en agissant cette fois de haut en bas du profil par arrachement en s'efforçant de dégager les fissures naturelles caractérisées par l'aspect de leurs parois. En aucun cas la lame du couteau ne doit lisser la terre, il est parfois difficile de l'éviter ; c'est pourquoi, il est préférable d'attaquer le terrain parallèlement à la paroi de la tranchée et en poussant les fragments de terre vers l'espace libre pour réduire au maximum l'effet de la cohésion.

De temps en temps on appréciera les propriétés de la paroi, soit par des chocs, soit en éprouvant la résistance à la pénétration de la lame du couteau,

A mesure que l'on définit des couches homogènes, il peut être utile de les attaquer sur une épaisseur de quelques centimètres pour les mettre plus nettement en évidence, c'est une opération qu'il est plus particulièrement indiqué de faire au niveau du fond de labour où l'on retrouve parfois après plusieurs années de lissage produit par les pièces travaillantes de la charrue, c'est à ce niveau particulier que l'on observe la semelle de labour.

Nous étudierons par là une couche de terre durcie par le passage répété des instruments et présentant de ce fait une structure schisteuse assez caractéristique pour la mettre en évidence après avoir dégagé le fond du labour sur une vingtaine de centimètres de largeur.

On enfonce dans le terrain, quelques centimètres en dessous et parallèlement à la surface, la lame d'un couteau en appuyant sur le manche, on fait éclater cette couche de terre dont on examine la cassure. Quand il s'est formé une "semelle" la cassure présente des angles vifs et à ce niveau, le sol tend à se diviser en plans parallèles au fond du labour. Les racines marquent souvent d'une façon très nette leur passage au travers de cette couche plus compacte, soit en formant un coude, soit en émettant à ce niveau des ramifications.

Il faut toutefois remarquer que même en l'absence de semelle de labour, les racines présentent des déformations de même nature quand elles abordent un sous-sol compact.

Une fois ce travail terminé, une paroi de la tranchée primitive prend l'aspect d'une sorte d'escalier à marches inégales dont chaque face verticale est caractérisée par la présence de mottes plus

ou moins adhérentes les unes aux autres qui se présentent avec leur surface de séparation naturelle. Sur ces faces apparaissent en plus des éléments de racines qu'on a eu soin de ne pas briser en explorant le sol et ces racines peuvent retenir, accrochées à elles, des mottes ou des fragments de mottes dégagées de la masse du sol.

On peut observer également des amas de matière organique, on met fréquemment en évidence des semelles de labour successives sur lesquelles reposent les fragments de végétaux de diverses natures permettant de reconnaître la culture portée par le sol avant le labour dont on retrouve ainsi la trace.

On peut donc reconstituer dans les cas favorables l'histoire de culture totale ou partielle du terrain depuis deux à trois ans et parfois beaucoup plus.

METHODE DE FRACTIONNEMENT DENSIMETRIQUE PAR
CENTRIFUGATION DES MATIERES ORGANIQUES DU SOL

Principe de la méthode

La densité de la matière organique libre du sol étant voisine de 1 plus faible que celle du complexe organominéral, l'échantillon est fractionné dans un liquide de densité de 2 (mélange de bromoforme de 2,80 et l'alcool d = 0,80).

Après séparation, chaque fraction s'étudie à part.

- MODE DE TECHNIQUE

L'échantillon constitué à partir de terre séchée à l'air et tamisée à 2 mm, on applique les opérations suivantes :

1) Destruction des agrégats - Cette opération a pour but de libérer des matières organiques libres emprisonnées mécaniquement dans les agglomérats. Elle peut effectuer par broyage et tamisage à 200 μ de l'échantillon sec. En fait, lorsqu'on opère par centrifugation, la deuxième technique donne d'aussi bons résultats : elle est beaucoup plus rapide et ne risque pas de provoquer des redistributions de substances solubles ou pseudo-solubles.

2) Fractionnement - L'échantillon est placé dans un tube de centrifugation de 100 cc qui est ensuite rempli avec le liquide densimétrique choisi. On agite avec une baguette de verre et on centrifuge pendant 5 minutes à une vitesse telle que l'accélération au centre du tube soit de

1000 g (accélération de la pesanteur) le surnageant est recueilli sur un filtre. Le tube est rempli à nouveau de liquide densimétrique, le culot remis en suspension et recentrifugé à 5 mn à la même vitesse de façon à séparer les matières organiques libres qui auraient pu rester emprisonnées lors de la première centrifugation. Ce surnageant est recueilli sur le même filtre que le premier; les parois du tube sont rincées à l'aide d'un jet du liquide densimétrique en prenant soin de ne pas détacher du culot des particules de la fraction dense.

Les filtres contenant les fractions peu denses et les tubes contenant les fractions denses sont séchés à l'étuve à 105° C.

Lorsqu'on désire un séchage rapide ou lorsque des études chimiques des fractions nécessitent un séchage à plus basse température, il est possible d'éliminer le bromoforme par un lavage des fractions à l'alcool, avant leur mise à l'étuve.

Les fractions séchées jusqu'à poids constant sont pesées, on peut effectuer les différents dosages sur chacune des fractions séparément.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

PRINCIPE DE LA METHODE

La granulométrie permet de classer les éléments du sol d'après leur grosseur.

Il faut séparer suivant les limites fixées par l'échelle internationale : argile, limon, sables très fins, sable fin, sable grossier, gravier et cailloux.

Inférieur à 2 microns	Argile
de 2 à 20 microns	Limon
de 20 à 50 "	Sable très fin
de 50 à 200 "	Sable fin
de 200 à 2 mm	Sable grossier

La première opération consiste à détruire la matière organique par attaque à l'eau oxygénée à 20 volumes.



La matière organique étant détruite on procède à la dispersion de l'argile. Cette dispersion a pour but la destruction des agrégats et la mise en liberté des particules élémentaires. Le calcium (coagulant) sera remplacé par du potassium (anti-coagulant). L'échange se fait, l'argile reste flocculée. Du citrate de soude est ajouté comme dispersant.

Lorsque l'argile est dispersée, la séparation des différents éléments commence. Elle se fait par décantation et prises successives à la pipette de Robinson.

Dans le 1er prélèvement on obtient : Argile + Limon

Le second prélèvement (8 heures après le 1er) = Argile

La séparation des sables se fait par tamisage.

REACTIFS

Eau oxygénée à 20 volumes et à 60 volumes

Chlorure de potassium N/5 N/10 N/100

Citrate de sodium Trisodique à 119 g/lit.

Ammoniaque pure.

MODE OPERATOIRE

Methode pipette

Dans un becher à 600 cm³, mettre 20 g de terre, ajouter 50 cm³ d'eau oxygénée à 20 volumes, laisser en contact une nuit, le lendemain matin mettre le becher sur le bain-marie bouillant, recouvrir d'un verre de montre, des bulles ou de la mousse se forment : c'est la matière organique qui se détruit. Agiter de temps à autre. Vers midi ajouter quelques gouttes d'H₂O₂ (60 volumes) ; si des bulles se forment encore, verser à nouveau un peu d'H₂O₂ et laisser sur le bain marie jusqu'à ce que tout le C₂O se soit dégagé.

Vers 16 heures, verser 2 gouttes d'ammoniaque. Cette opération terminée, ajouter dans le becher 100 cm³ environ de KcL $\frac{N}{5}$. Agiter, laisser une nuit au repos.

Le lendemain matin, siphoner le liquide surnageant. Filter ce qui reste dans le becher, faire 5 lavages avec du KcL N/10 un dernier lavage avec du KcL N/100, laisser filtrer.

Entrainer le précipité dans une bouteille de 1000 cm³ avec 400 cc d'eau distillée. Ajouter 10 cm³ de citrate de sodium à 119/1 et une goutte d'NH4OH Agiter pendant 1 heure et demie.

Après l'agitation verser le contenu de la bouteille dans une éprouvette, compléter à 1000 cm³ avec de l'eau distillée. Ces éprouvettes sont placées dans un bain ou dans une pièce à température constante.

Bien agiter l'eau contenue dans l'éprouvette et en mesurer la température.

Prélever à la pipette Robinson (I) la fraction argile + limon à 10 centimètres de profondeur, à un temps donné suivant la température. Cette fraction est versée dans une capsule tarée et mise à l'étuve jusqu'à extrait sec.

A 18 heures, bien agiter le liquide contenu dans l'allonge, le lendemain matin à 9 heures, prélever la fraction argile à une profondeur donnée suivant la température, mettre à l'étuve jusqu'à extrait sec.

Lorsque les fractions argile + limon sont bien sèches, les peser. Il ne reste plus que les sables à séparer, verser le contenu de l'allonge sur le tamis de 50 microns, les sables supérieurs à 50 microns sont recueillis, séchés, puis passés au tamis de 50 microns (sables fins) et de 200 microns (sables grossiers).

CALCUL

La prise d'essai de terre étant de 20 g, on multiplie le poids des sables fins et grossiers par 5 pour en obtenir le pourcentage.

Pour l'argile et le limon

Poids (d'argile + citrate) - Poids de citrate = Poids d'argile

Poids (d'argile + limon + citrate) - Poids (d'argile + citrate) = Poids de limon

La prise d'essai de terre étant de 20 g, complétée à 1000 cm³ lors du prélèvement le pourcentage d'argile et limon se calcule ainsi :

$$\text{Poids d'argile ou poids de limon} = \frac{1000}{\text{tare de la pipette}} \times \frac{100}{20}$$

Le sable très fin est obtenu par différence

$$100 - (\% \text{ argile} + \% \text{ limon} + \% \text{ sable fin} + \% \text{ sable grossier} + \% \text{ M.O.}) = \% \text{ sable très fin}$$

la matière organique est dosée à part.

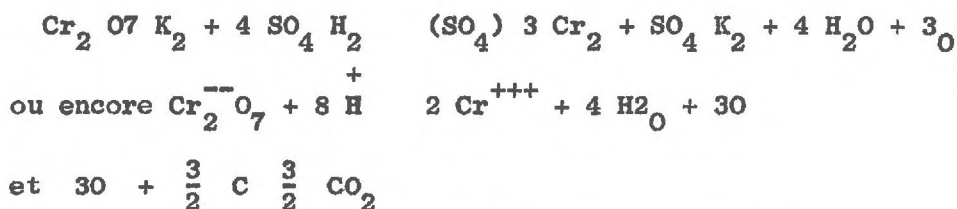
DETERMINATION DU TAUX DE CARBONE ORGANIQUE ET AZOTE

Il s'agit d'évaluer sur le même échantillon, au cours d'une seule manipulation, les pourcentages de C et de N.

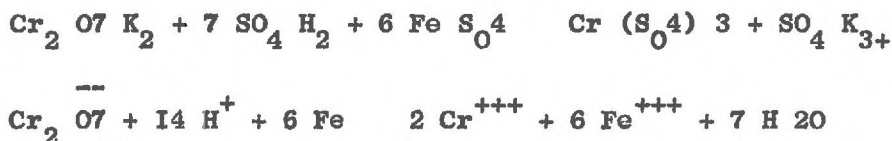
Le carbone se trouve dans les sols sous forme minérale (carbonates) et aussi sous forme organique (débris végétaux, colloïdes humiques). L'intérêt de la connaissance de la teneur en carbone organique est de pouvoir évaluer le taux de matière organique (taux de M.O. = K x taux de C, avec K souvent soivin de 1,72). En outre, le rapport de C/N d'un sol est caractéristique du type d'humus.

PRINCIPE DE LA METHODE

1) On oxyde le C par le bichromate de potassium en excès en présence de l'acide sulfurique pur :



2) On dose en retour le bichromate non utilisé par une solution titrée de sulfate ferreux



3) On sait donc par différence, la quantité de bichromate nécessaire à l'oxydation du carbone, et partant la quantité de C oxydée.

MODE OPERATOIRE

Peser exactement une prise d'essai de 100 - 500 mg (correspondant à environ 30 mg de C) suivant la richesse présumée en C organique.

Introduire dans un ballon à saponification avec 10 ml de $\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{K}_2$ 8 % plus 15 ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ pur.

Ajuster le réfrigérant puis faire bouillir lentement pendant 5 mm à compter de la chute de la 1ère goutte d'eau condensée qui tombe du réfrigérant, laisser refroidir et pendant ce temps titrer le sel de Mohr ($\text{SO}_4 \text{Fe}$, $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$, 6 H_2O).

Dans un becher de 600 ml, verser 100 ml $\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{K}_2$ - 3 ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2$, une pincée de FNa - 8 gouttes de diphénylamine sulfurique, laisser couler goutte à goutte du sel de Mohr N/5 qu'on aura mis dans la burette, jusqu'au virage au vert clair, soit x ml.

Reprendre le ballon refroidi et transvaser après décantation le surnageant dans une fiole de 100 ml, rincer, puis compléter à 100 avec les eaux de rinçage.

Prélever exactement une aliquote de 20 ml et la porter dans un becher de 600 ml d'eau une pincée de F Na et 8 gouttes de diphénylamine. Poser le sel de Mohr comme précédemment, soit y ml.

(Le biochromate se décomposant par chauffage au dosage suivant permet de savoir quel est le taux de cette décomposition spontanée).

Refaire la même manipulation en remplaçant la terre par du sable calciné ou pierre poncée (ne renfermant pas trace de C), soit z ml.

CALCULS

1) Titre du sel de Mohr.-

- La solution de bichromate (M = 294) contient 80 g/l de sel, soit $\frac{80}{294}$ millimole par ml.

Donc les 2 ml utilisés représentent $\frac{160}{294}$ m M de bichromate.

- Comme 1 mM de bichromate oxyde 6 mM de sel de Mohr, les 2 ml utilisés oxydent $\frac{160}{294} \times 6$ mM de sel de Mohr

Ces $\frac{960}{294}$ mM de sel de Mohr étant contenues dans x ml de solution le

titre est donc $t = \frac{960}{294 \times 4 \times x}$

2) Taux de carbone organique.-

- 1 mM de sel de Mohr correspond à 1/4 mM de C, soit 3 mg dont 1 ml de solution de ce sel correspond à 3 t mg de C et le volume utilisé pour le premier dosage (oxydation du carbone et décomposition spontanée du bichromate) à 3 t (x-y) mg de C.

- Lors du second dosage (x-z) ml de sel de Mohr correspondent à la perte de bichromate spontanément décomposé, ce qui équivaut à 3 t (x-z) mg de C.

- Le poids effectif de carbone était donc :

$$3 t (x-y) - 3 t (x-z) \text{ mg soit } 3 t (z-y) \text{ mg}$$

Or, ce poids de carbone correspond au 1/5 de la prise d'essai de terre de P.g.

Le taux de carbone en mg de terre est donc $\frac{5 \times 3 t (z-y)}{P - E}$ mg/g

Pour le taux de la matière organique on le multiplie à 1,72

$$\text{M.O. \%} = \frac{5 \times 3 t (z-y)}{P.E.} \times 1,72$$

II - Principe de la méthode du dosage de l'azote

On soumet l'échantillon de terre à l'action d'un mélange de $\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{K}_2$ et l'acide sulfurique.

Le carbone, sous forme de composés réducteurs, détruit une partie du bichromate, on dose le reste avec un réducteur.

L'azote ammoniacal forme du sulfate d'ammonium

L'azote organique est minéralisé sous l'action de l'oxydant $\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{K}_2$ et donne finalement du sulfate d'ammonium.

Sous l'action de la soude le sulfate d'ammonium libère de l'ammoniaque que l'on dose.

MODE OPERATOIRE

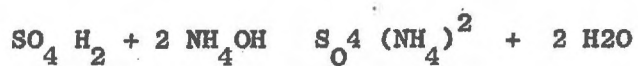
On prend une aliquote de 50 cc de la fiole (I) à 100 ml et on les passe dans un matras avec 30 cc de lessive de soude 10 N, on branche le matras sur un appareil à distiller (Kjeldahl) un courant de vapeur d'eau entraîne le NH_3 formé.

NH_3 va se condenser dans un réfrigérant pour tomber dans un becher de 100 cc contenant 5 cc de l'acide borique à 2 % avec 4 gouttes d'un mélange de rouge de Methylene et vert de Bromocresol servant d'indicateur coloré. On laisse les bechers de 100 se remplir à moitié.

On remplit une burette d'acide sulfurique N/100 (solution étalon) on fait tomber goutte à goutte jusqu'au virage au violet.

(I) De la même fiole qu'on avait pris une aliquote de 20 cc afin de doser le carbone.

CALCULS



On trouve toujours un peu de NH₃ dans le becher correspondant au ballon témoin, soit x le volume de SO₄ H₂ N/100 qu'il faut verser pour neutraliser cet ammoniaque. Pour chaque échantillon, on conduira les calculs en prenant comme volume vrai l'acide sulfurique N/100 le volume x₁ diminué de ce volume x.

DOSAGE DES CATIONS ECHANGEABLES

EXTRACTION

Peser 10 g de terre dans une capsule, remplir une fiole jaugée de 250 cc avec environ 220-230 cc de l'acédiate d'ammonium N à pH 7. Verser dans la capsule quelques cc de l'acétate de NH_4 contenu dans la fiole pour bien imprégner la terre. Faire passer la terre sur filtre avec un peu d'acétate. Retourner la fiole sur l'entonnoir de la maintenir de telle façon que l'ouverture de la fiole vienne en contact avec la terre. Recueillir le percolat dans une autre fiole jaugée de 250 cc.

La filtration ne doit pas être trop rapide (30 minutes au minimum).

Compléter le percolat à 250 cc avec de l'acétate d'ammonium. Garder les extraits au froid pour doser le potassium, le calcium et le magnésium échangeables.

DOSAGE DU K

Le dosage du K dans l'extrait se fait au photomètre à flamme.

- Principe du photomètre à flamme

L'extraction des atomes d'un corps donné porté à haute température s'accompagne d'une émission d'ondes lumineuses pour chaque élément, l'analyse spectrale a permis de déterminer une ou plusieurs raies caractéristiques. De plus, pour un élément donné, on peut se placer dans des conditions telles que l'intensité lumineuse

d'une raie caractéristique soit proportionnelle à la quantité de cet élément présent lors de l'excitation thermique.

La photométrie de flamme permet d'introduire suivant des conditions déterminées une substance à analyser dans une flamme, de manière à pouvoir réaliser l'analyse qualitative et quantitative de la lumière émise.

La sélection qualitative est possible, grâce à des filtres interférentiels très sélectifs. Quant à la détermination quantitative de la lumière émise, elle est obtenue à l'aide de deux cellules photo-électriques et d'un galvanomètre.

TECHNIQUE

A partir d'une solution mère à 0,391 g de potassium par litre (I), différentes concentrations de K dans de l'acétate d'ammonium sont préparées pour éloigner le photomètre à flamme et faire une courbe.

Etalonner le photomètre à flamme avec la gamme étalon de potassium. Vérifier que les points se trouvent sur une courbe régulière.

Passer la solution à analyser et l'encadrer par deux solutions étalon. Interpoler en assimilant à une droite la portion de courbe comprise entre les solutions étalons. Les concentrations des étalons exprimées en milliéquivalent de K par litre. Comme il y a 250 cc d'extrait pour 10 g de terre, un litre d'extrait correspond à 40 g de terre, si on a trouvé par interpolation x meq.

(I) Peser 0,7456 g de KCl rigoureusement pur, dissoudre dans 1 litre d'eau distillée.

La terre contient $\frac{x}{40} \times 100 \text{ meq} = 2,5 X \text{ meq}$ pour 100 g de sol.

Si on veut exprimer le résultat en K_2O %, il faut multiplier le résultat trouvé en meq par 0,47.

DOSAGE DU CALCIUM

Principe -

Le versénate ou complexon III est un sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique qui, mis en solution, réagit avec un certain nombre de cations tels que le calcium et le magnésium pour donner des complexes solubles stables. Le dosage du magnésium et du calcium se fait directement par titrage en présence de colorants servant d'indicateurs de fin de réaction. Les colorants sont le noir d'Eriochrome pour Mg et le noir bleu au chrome en présence de cyanure de potassium pour Ca.

Le noir bleu au chrome donne avec le calcium une teinte rouge bordeaux. Si on verse du versénate en présence de cyanure de potassium de 2 %, la solution rouge bordeaux vire au bleu lorsque tout le calcium est complexé.

TECHNIQUE

Introduire 10 cc d'extrait de sol, ajouter dans l'ordre :

2 cc de soude caustique 30 % une pincée de poudre d'indicateur (coloration bordeaux)

1 cc de cyanure de potassium à 2 %

Agiter, verser goutte à goutte du versénate (complexon III 0,005 M dissoudre 1,861 g dans 100 cc d'eau distillée) jusqu'au virage au bleu.

1 cc de complexon III à 0,005 correspond à 0,01 meq de Ca (ou à 0,2004 mg de Ca).

Il le nombre de cc de complexon pour une prise d'essai de 10 cc.

Il y a $\frac{0,01}{10}$ x M meq de Ca par cc d'extrait.

Comme il y a 250 cc d'extrait pour 100 g de sol, l'échantillon analysé contient 2,5 M meq de calcium pour 100 g de sol.

DOSAGE DU MAGNESIUM

Principe

Si on ajoute du versénate à une solution contenant du Magnésium, en présence de noir d'Eriochrome et de solution tampon à pH 10,1, la solution rouge vire au bleu lorsque tous les ions calcium, puis magnésium sont complexés.

Le dosage donne la somme calcium + magnésium.

Après avoir dosé le calcium, on obtient par différence le magnésium.

TECHNIQUE

Introduire 10 cc d'extrait de sol, ajouter à l'ordre :

5 cc de la solution tampon (570 cc d'ammoniaque pur + 67,5 de chlorure d'ammonium amené à 1000 cc de l'eau distillée)

5 gouttes d'indicateur colorant noir d'Eriochrome (0,1 g de noir d'Eriochrome + 1 g de chlorhydrate de hydroxylamine + 25 cc alcool méthylique)

Verser le complexon III jusqu'au virage au bleu.

1 cc de complexon III à 0,005 M correspond à 0,01 meq de (Ca + Mg) ou à 0,1016 mg de Mg + Ca.

Il y a $\frac{0,01}{10}$ x M meq de (Ca + Mg) par cc d'extrait, comme il y a 250 cc d'extrait pour 100 g de sol. L'échantillon analysé contient 2,5 M meq de (Ca + Mg) pour 100 g de sol. Par différence on peut obtenir la quantité de Magnésium.

DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE ASSIMILABLE
----- (I)

PRINCIPE

L'acide phosphorique extrait par l'oxalate d'ammonium donne en présence d'ions vanadiques et molybdiques, une coloration jaune proportionnelle à la concentration en PO_4 de l'extrait. Cette coloration jaune est très stable. La lecture se fait au colorimètre.

TECHNIQUE

4 gr de sol strictement pesés sont agités pendant 2 heures en présence de 100 cc d'oxalate d'ammonium N/5 et neutre. Filtrer et prélever 50 cc de filtrat que l'on porte à l'ébullition, laisser réduire jusqu'à 30 - 35 cc. Les ions oxaliques n'ont pas d'influence sur la lecture, tant que la quantité ajoutée d'oxalate N/5 ne dépasse pas 10 cc dans les 100 cc utilisés pour le dosage. Sinon dans ces conditions les ions oxaliques restant risquent d'être gênants. Il faut les éliminer par un excès de permanganate car les ions Mn ne gênent pas le dosage.

Dans les extraits de sol, les humates extraits par l'oxalate d'ammonium et les composés de fer peuvent également gêner la colorimétrie.

Les humates solubilisés par l'oxalate colorent les solutions et précipitent si l'on acidifie le milieu avant l'addition de permanganate. Il convient d'ajouter d'abord un excès de permanganate N/5 de porter à l'ébullition, d'ajouter la quantité néces-

saire d'acide sulfurique au 1/2 et de détruire l'excès de permanganate par la quantité minimum d'oxalate qui permet dans la majorité des cas de supprimer les colorations dues aux humates.

L'extrait oxalique était parfois teinté en jaune, dans le cas des terres acides, et cette coloration a pu être attribuée au fer.

Dans ces conditions le plus petit excès d'ions oxaliques ramène la teinte jaune et empêche tout dosage colorimétrique par cette méthode.

Ajouter de l'acide nitrique pur 1/3.

Vanadate d'ammonium (Metavanadate de NH_4 2,345 g/litre en présence de 10 cc $\text{NO}_3 \text{H R.P.}$).

Molybdate d'ammonium à 10 % (amener à 1000 cc avec l'eau distillée)

Homogénéiser la solution et laisser reposer pendant 1/2 heure.

Pour chaque série de dosages, vérifier la courbe étalon, préparer 3 points de la courbe en même temps et dans les mêmes conditions que les extraits de sol à analyser. Passer au colorimètre les trois solutions étalon, vérifier qu'ils correspondent bien à la courbe, colorimétrer ensuite les solutions à analyser.

GAMME ETALON

Ajouter de 0,5 à 10 cc d'une solution contenant 200 mg de P_2O_5 /litre (I) dans 50 cc d'oxalate d'ammonium et traiter ces solutions comme les extraits de sol.

(I) Peser exactement 0,3835 g de Phosphate mono-potassique, dissoudre dans un litre d'eau distillée.

Ce qui donne finalement de 0,1 à 2 mg de P_2O_5 pour 100 cc. La lecture est faite au colorimètre, et les points sont portés sur une courbe. Cette courbe est vérifiée à chaque série de dosages par 2 ou 3 points.

CALCUL

La lecture colorimétrique de l'extrait de sol correspond sur la courbe à x mg de P_2O_5 dans 100 cc. On est parti de 4 g de sol dans 100 cc d'oxalate ; 50 cc ont été prélevés et dilués à 100 cc, ce qui correspond à 2 g de terre dans 100 cc. Le sol contient donc 500 x mg par kilogramme de terre, ou 0,5 X mg P_2O_5 ‰.

DOSAGE DES DIFFERENTES FORMES DU PHOSPHORE
DANS LE SOL

Principe de la méthode

Avant d'opérer sur les sols, les auteurs ont effectué un certain nombre d'essais de contrôle (1) sur les phosphates de fer et d'alumine. Préparés synthétiquement à partir de $\text{Cl}_3 \text{Fe}$ et $\text{Cl}_3 \text{Al}$ et $\text{PO}_4 \text{Na}$ et de composition bien connue, ainsi que sur l'Apatite.

La méthode a été ensuite essayée sur des sols de natures différentes, les différentes formes du phosphore sont extraites par des réactifs différents.

I - FN H_4 neutre :

L'ion F^- a la propriété de complexer Al^{+++} et Fe^{+++} en solution acide et en conséquence de déplacer le phosphore fixé dans le sol par ces ions trivalents.

Ces phosphates de Fe et d'alumine sont des phosphates hydratés incluant des formes adsorbées et précipitées à la surface des aluminosilicate ou des oxydes.

La réaction ne se produit pas lorsque les phosphates sont recouverts d'une pellicule d'oxyde de Fe (Phosphates d'inclusion)

D'autre part, en solution neutre ou alcaline, le fluoroferrate est instable, et seule peut être extrait le phosphate d'alumine.

Les essais qui ont été réalisés sur les phosphates synthétiques ont montré que pour une teneur en P inférieur à 1 mg dans 50 cc de NH_4F 0,5 N (correspondant à 1000 ppm P pour 1 g de sol), la dissolution du phosphate d'alumine était totale.

La dissolution du phosphate de Fer est faible (elle est de 2 % pour 3000 ^{pp} m P et croît jusqu'à 7 % pour 100 ppm de P). Une correction est possible en fonction de la teneur en phosphate de fer extraite à la soude.

2 - NaOH 0,1 N :

50 cc de NaOH 0,1 N dissolvent complètement les phosphates de fer et alumine synthétiques jusqu'à concurrence de 4 mg de P (soit 4000 ^{pp} m pour 1 g de sol), donc après extraction de phosphate d'alumine par FNH_4 , le phosphate de fer est extrait en totalité par la soude. L'essai sur apatite a montré que la soude ne dissolvait pratiquement pas cette forme de phosphore.

3 - SO_4H_2 0,5 N

SO_4H_2 0,5 N dissout en totalité l'apatite (jusqu'à une concentration de 3 000 ppm P) et dissout moins de la moitié des phosphates de Fe et d'alumine présents).

Après élimination des phosphates de fer et d'alumine, l'acide sulfurique extrait donc la totalité du phosphate de chaux.

4 - Citrate de soude

Réactif au citrate de soude, suivi de réduction à l'hydro-sulfite, ce réactif dissout en totalité le phosphate de fer synthétique et pas du tout le phosphate d'alumine.

Fractionnement du phosphore du sol :

Le phosphate d'alumine est extrait en premier lieu, par le fluorure d'ammonium après desaturation du sol en bases, puis le phosphate de Fer est extrait sur le résidu par la soude (le phosphate de fer est dosé après élimination du P organique par floculation) enfin, après élimination de ces différentes formes du phosphore, le phosphate de chaux est extrait en dernier lieu par l'acide sulfurique dilué.

Après les différentes extractions, il reste encore dans le sol une fraction importante de phosphore insoluble. Cette fraction atteint parfois 40 % du P total. Il a été montré que cette fraction peut être presque entièrement extraite par un procédé de réduction et complexation (réactif 4). Ce procédé étant essentiellement spécifique de l'extraction des oxydes de fer, le phosphore solubilisé est attribué à des formes d'inclusion dans des oxydes concretionnés, protégés par des revêtements d'oxydes de fer qui entourent les agrégats et concrétions et résistent aux traitements à la soude et à FNH_4 et $\text{SO}_4 \text{H}_2$ dilué, alors que les phosphates de fer et d'alumine fraîchement précipités ou complexés à l'humus sont largement extraits par la soude. Les phosphates d'inclusion sont si peu solubles qu'ils sont difficilement utilisables par les végétaux.

Après extraction du phosphate de fer d'inclusion ; par l'action du citrate de soude et de l'hydrosulfite ; le phosphate d'alumine d'inclusion est extrait par FNH_4 , et un résidu de phosphate double de fer et d'alumine (type barraudite) peut être extrait par la soude.

Il peut rester, enfin, un très faible résidu insoluble que l'on extrait par fusion alcaline.

Le phosphore organique est dosé sur un échantillon différent.

Les essais effectués sur sols ont montré une bonne reproductibilité des résultats, la somme des différentes formes extraites est égale au phosphore total déterminé par fusion.

Pour notre part, nous avons constaté que la somme des formes de phosphore extraite était un peu supérieure au phosphore total obtenu par la méthode de Legg et Black (par la calcination).

METHODE DE DOSAGE DE PHOSPHORE ORGANIQUE

Principe de la méthode

Le phosphore est extrait par SO_4H_2 0,5 N et FNH_4 2 % sur deux échantillons du même sol dont un est traité par calcination de 2 heures au four à moufle à 400 ° pour détruire la matière organique et l'autre sans calcination. La différence de teneur en phosphore entre les deux traitements donne le phosphore organique.

Mode d'opérateur

1) Peser 1 g d'échantillon de sol dans un tube de centrifugeuse -agiter pendant une heure avec 40 cc SO_4H_2 0,5 N -ajouter 10 ml de FNH_4 à 10 % - Agiter de nouveau une heure faire une série de gamme étalon dans SO_4H_2 , centrifuger et décanter, colorimétrer, doser le phosphore inorganique extrait par les réactifs précédents.

2) Peser 1 g d'échantillon de terre dans un creuset en porcelaine, chauffer au four à moufle à 400° centigrade pendant deux heures -Reprendre par 40 ml de SO_4H_2 0,5 N agiter pendant une heure -Ajouter 10 ml de FNH_4 à 10 % agiter de nouveau pendant une heure Centrifuger 5 minutes et décanter la solution pour le dosage du phosphore total. Faire une série de gamme étalon comme précédemment. Colorimétrer. Le phosphore organique est calculé par différence (P total - P inorganique = P organique)

Mode opératoire des formes de phosphore

1ère PARTIE

Extraction des phosphates d'alumine de Fer et de Chaux :

On opère sur 1 g de sol (tamisé à 200) dans les cas des sols pauvres en phosphore, on peut opérer sur 2 g.

1ère EXTRACTION.-

Ajouter 50 cc de ClNH_4 N, agiter 30 minutes à l'agitateur rotatif. Cette extraction déplace phosphore soluble dans l'eau ainsi que les bases échangeables.

Centrifuger 5 minutes, le liquide surnageant se conserve pour le dosage.

2ème EXTRACTION.-

Sur le sol restant dans le tube de centrifugeuse, on ajoute 50 cc de FNH_4 0,5 N (ajusté à pH 7) agitation pendant une heure.

La suspension est centrifugée 5 minutes, le liquide décanté est conservé pour le dosage de phosphate d'Alumine.

L'échantillon restant dans le tube est lavé une fois avec 25 cc de la solution saturée de NaCl (400 g/lit), le sol agité avec NaCl, puis centrifugé 5 minutes. Le liquide surnageant est décanté et jeté, après lavage avec NaCl un dernier lavage est effectué avec 25 cc d'eau distillée en lavant bien les bords du tube de centrifugeuse pour éliminer NaCl déposé sur les parois, après centrifugation et décantation, les eaux de lavage sont jetées.

3ème EXTRACTION.-

50 cc de NaOH 0,1 sont ajoutés dans le tube qui est soumis à une agitation de 7 à 8 heures.

La suspension est centrifugée 15 minutes à 2400 tours minutes.

La solution surnageant est décantée, elle est généralement fortement colorée par l'humus (si elle ne l'est pas, c'est qu'il restait un excès de NaCl dans le tube).

La solution versée dans un becher est floculée avec SO_4H_2 (2 cc de SO_4H_2 2N).

On agite puis on ajoute 4 gouttes de SO_4H_2 concentré jusqu'à ce que les colloïdes commencent à floculer, on laisse la floculation se produire puis on filtre.

La solution claire obtenue est conservée pour le dosage au phosphate de Fer.

L'échantillon resté dans le tube est lavé précédemment avec NaCl et eau distillée.

4ème EXTRACTION.-

Agiter une heure avec 50 cc de SO_4H_2 0,5 N

Centrifuger 5 minutes, pour le dosage de phosphate de chaux.

Deuxième partie

Extraction des phosphates de fer et d'alumine d'inclusion

L'échantillon de sol est lavé dans le tube comme précédemment avec NaCl et H_2O .

colorimétrie est faite simplement à l'eau distillée, le résultat du blanc représente tout le phosphore provenant des réactifs en particulier de H_2O_2 et doit être retranché des résultats obtenus avec les solutions d'extraction.

Phosphate d'alumine d'inclusion

Le résidu de sol dans le tube de centrifugeuse, après lavage dans NaCl et H_2O distillée, est traité par 50 cc de FNH_4 0,5 N, agiter une heure, le liquide centrifugé est conservé pour le dosage de phosphate d'alumine d'inclusion.

COLORIMETRIE

LES FORMES DE PHOSPHORES

1) Phosphate de fer d'inclusion

-Par cl2sm - faire une gamme à l'eau distillée avec 0,5 2%, 4%, 8%, 16%, 40%, 80%, 100%, 150%, 200%, de P dans 50 cc à partir des solutions étalon de P à 2 ppm et 50 ppm (I).

-Ajouter 2 cc de mélange sulfomolybdate (25 g de Molybdate d' UN_4 dissout dans 200 cc d'eau chauffée à 60°, la solution filtrée, ajouter un volume de 275 cc d' SO_4H_2 concentré pour toxicologie (exempt d'As) qui est dilué à 800 cc refroidi, la solution finale complétée à 1 litre).

(I) Solution standard de P (50 ppm, et 2 ppm) - On pèse exactement 0,2195 g de KH_2PO_4 dissout dans l'eau distillée et amené à 1 litre donne la solution à 50 ppm.
20 cc de solution dans 500 cc d'eau Solution à 2 ppm
1 = 1 ppm = 0,001 mg de P.

-Agiter, colorimétrer au bout de 8 minutes à 660 m

faire un blanc dans les mêmes conditions. Retrancher le blanc des solutions à doser.

2) Phosphate d'alumine et phosphate d'alumine d'inclusion

Par Cl_2Sn

-Prélever 10 cc de solution 2 et 6, verser dans des fioles jaugées de 50 cc, ajouter :

15 cc acide borique 0,8 M (50 g/litre)

2 cc de la solution sulfomolybdique, compléter à 50 cc, agiter

-Ajouter 3 gouttes de Cl_2Sn , agiter, colorimétrer au bout de 8 minutes

-Faire une gamme avec 10 cc de PNH_4 , 0,5 N + 15 cc d'acide borique, 2%, 4%, 8%, etc... de solution étalon à 2 ppm, déterminer comme précédemment.

3) Phosphate de Fe

Prélever 5 cc de solution 3, placer dans une fiole jaugée à 50 cc, ajouter 20 cc d'eau distillée, quelques gouttes de 2,4 dinitrophénol, amener au jaune avec NaOH 2N, revenir à incolore avec SO_4H_2 2N.

-Ajouter 2 cc de solution sulfomolybdique, compléter à 50, agiter.

-Ajouter 3 gouttes de Cl_3Sn , agiter, colorimétrer après 8 minutes.

-Préparer un blanc avec 50 cc NaOH N/10, 2 cc de SO_4H_2 2N, 3 ou 4 gouttes de SO_4H_2 concentré (toxicologie).

-Préparer une gamme avec 0,2%, 4% de P et C dans des fioles de 50 cc, mettre 5 cc du blanc dans chaque fiole de la gamme étalon, ajouter le dinitrophénol, colorer en jaune par NaOH 2 N, revenir à incolore par SO_4H_2 (2N)

-Ajouter 2 cc de solution sulfomolybdique, compléter à 50.

-Ajouter 3 gouttes de Cl_2Sn , agiter, colorimétrer après 8 minutes à 660 m.

Phosphate de chaux

Par Cl_2Sn

Opérer sur 10 cc de prise d'essai

-Ajouter 20 cc d'eau distillée plus quelques gouttes de 2,4 dinitro-phénol

-Ajouter NaOH 2N virage au jaune, revenir à l'incolore par SO_4H_2 2N

-Ajouter 2 cc de mélange de sulfomolybdique, compléter à 50 cc, agiter

Ajouter 3 gouttes de Cl_2Sn , agiter, colorimétrer au bout de 8 minutes à 660 m

Faire une gamme étalon, ajouter 10 cc de SO_4H_2 0,5 N dans chaque flacon de la gamme opérer comme précédemment.

REMARQUE

La coloration obtenue par Cl_2Sn est bleue.

La méthode colorimétrique avec SnCl_2 employé comme réducteur est la méthode manuelle préconisée par Chang et Jackson.

Une technique plus rapide a été mise au point au Laboratoire de Bondy, elle consiste en une colorimétrie automatique par "Autoanalyseur Technicon" directement sur les extraits de sol.

Les gammes étalon sont les mêmes que précédemment, la co-

loration bleue du complexe phosphomolybdique est développée par réduction à l'acide ascorbique L.G à chaud (méthode en vue de Publication - Cahiers de Pédologie O.R.S.T.O.M. 1966).

Cette technique automatique a été testée par rapport à la méthode manuelle, outre sa rapidité, elle a l'avantage de supprimer les erreurs dues aux manipulations, elle est plus précise et plus fidèle.

La plus grande partie des dosages a été réalisée avec cette technique.

CALCUL DE LA MOYENNE ET DE LA VARIANCE
ENTRE LES TENEURS EN M.O. (Palaiseau)

X	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
2,52	+0,0385	0,0015
2,44	-0,0414	0,0017
2,70	+0,2186	0,0477
2,52	+0,0386	0,0015
2,52	+0,0386	0,0015
2,44	-0,0414	0,0017
2,36	-0,1214	0,0147
2,36	-0,1214	0,0147
2,46	-0,0214	0,0004
2,54	+0,0586	0,0034
2,44	-0,0414	0,0017
2,46	-0,0214	0,0004
2,52	+0,0386	0,0015
2,46	-0,0214	0,0004
$\Sigma X = 34,74$		$\Sigma (x - \bar{x})^2 = 0,0928$

$$\bar{x} = 2,4814$$

$$V = 0,0066$$

$$\sigma = 0,08$$

$$\text{Coefficient de variance} = 3,22\%$$

CALCUL DE LA MOYENNE ET VARIANCE

ENTRE LES TENEURS EN ARGILE (Palaiseau)

X	$x-\bar{X}$	$(x-\bar{X})^2$
14,91	-0,0007	0,0000
15,15	+0,2393	0,0572
14,42	-0,4907	0,2407
15,15	+0,2392	0,0572
16,15	+1,2393	1,5358
14,91	-0,0007	0,0000
14,67	-0,2406	0,0575
14,91	-0,0007	0,0000
14,42	-0,4907	0,2407
15,15	+0,2393	0,0572
13,70	-0,2107	1,4657
15,15	+0,2393	0,0572
15,15	+0,2393	0,0572
14,91	-0,0007	0,0000
$\Sigma X = 208,75$		$\Sigma (x-\bar{X})^2 = 3,8267$

$$\bar{X} = 14,9107$$

$$V = 0,2733$$

$$\sigma = 0,519$$

$$\text{Coefficient de variance} = 3,48\%$$

CALCUL DE LA MOYENNE ET DE LA VARIANCE

ENTRE LES TENEURS EN LIMON (Palaiseau)

X	$x-\bar{X}$	$(x-\bar{X})^2$
20,20	-0,4464	5,9848
23,32	+0,6736	0,4537
21,64	-1,0064	1,0128
22,60	-0,0464	0,0021
23,32	+0,6736	0,4537
22,84	+0,1936	0,0374
22,12	-0,5264	0,2770
22,84	+0,1936	0,0374
22,60	-0,0464	0,0021
22,84	+0,1936	0,0374
24,78	+2,1336	4,5522
22,60	-0,0464	0,0021
22,70	+0,0536	0,0028
22,65	+0,0036	0,0000
$\Sigma X= 317,05$		$\Sigma (x-\bar{X})^2 = 12,8555$

$$\bar{X} = 22,6464$$

$$V = 0,9182$$

$$\sigma = 0,958$$

$$\text{Coefficient de variance} = 4,23\%$$

CALCUL DE LA MOYENNE ET DE LA VARIANCE
 ENTRE LES TENEURS EN SABLE GROSSIER.(Palaiseau)

X	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$
25	-1,6	2,5600
28,75	+2,15	4,6225
26,25	-0,35	0,1225
25	-1,6	2,5600
28,75	+2,15	4,6225
26,25	-0,35	0,1225
28,25	+1,65	2,7225
28	+1,4	1,9600
25	-1,6	2,5600
25	-1,6	2,5600
27,5	+0,9	0,8100
25	-1,6	2,5600
26,25	-0,35	0,1225
27,5	+0,9	0,8100
$\sum X = 372,5$		$\sum (x-\bar{x})^2 = 28,715$

$\bar{x} = 26,6$

$V = 2,051$

$\sigma = 1,43$

Coefficient de variance = 5,3%

CALCUL DE LA MOYENNE ET DE LA VARIANCE
ENTRE LES TENEURS EN SABLE FIN (Palaiseau)

X	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
33,75	-1,34	1,7956
37,5	+2,41	5,8081
33,75	-1,34	1,7956
35	-0,09	0,0081
36,25	+1,16	1,3456
35	-0,09	0,0081
36,25	+1,16	1,3456
35	-0,09	0,0081
33,75	-1,34	1,7956
35	-0,09	0,0081
35	-0,09	0,0081
35	-0,09	0,0081
35	-0,09	0,0081
33,75	+1,34	1,7956
$\Sigma X = 491,25$		$\Sigma (x - \bar{x})^2 = 17,0759$

$$\bar{x} = 35,09$$

$$V = 1,2197$$

$$\sigma = 1,1$$

$$\text{Coefficient de variance} = 3,13\%$$

LES TENEURS EN M.O. (Palaiseau)

X	$X-\bar{X}$	$(X-\bar{X})^2$	$(X-\bar{X})^3$
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,05	+0,0496	0,0025	+0,00012
1,97	-0,0303	0,0009	-0,00003
1,97	-0,0303	0,0009	-0,00003
1,93	-0,0703	0,0049	-0,00034
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
1,99	-0,0103	0,0001	-0,00000
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
1,95	-0,0503	0,0025	-0,00012
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
1,97	-0,0303	0,0009	-0,00003
1,97	-0,0303	0,0009	-0,00003
2,02	+0,0197	0,0004	+0,00000
1,97	-0,0303	0,0009	-0,00003
1,91	-0,0903	0,0082	-0,00074
1,95	-0,0503	0,0025	-0,00012
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,08	+0,0797	0,0064	+0,00051
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,02	+0,0197	0,0004	+0,00000
1,99	-0,0103	0,0001	-0,00000
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
1,93	-0,0703	0,0049	-0,00034
2,02	+0,0197	0,0004	+0,00000
1,99	-0,0103	0,0001	-0,00000
1,99	-0,0103	0,0001	-0,00000
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,08	+0,0797	0,0064	+0,00051
2,05	+0,0497	0,0025	+0,00012
2,05	+0,0497	0,0025	+0,00012
1,99	-0,0103	0,0001	-0,00000
2,08	+0,0797	0,0064	+0,00051
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,05	+0,0497	0,0025	+0,00012
2,05	+0,0497	0,0025	+0,00012
2,04	+0,0397	0,0016	+0,00006
1,95	-0,0503	0,0025	-0,00012
1,99	-0,0103	0,0001	-0,00000
1,91	-0,0903	0,0082	-0,00074
1,95	-0,0503	0,0025	-0,00012
1,95	-0,0503	0,0025	-0,00012
2,11	+0,1097	0,0120	+0,00132
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,04	+0,0397	0,0016	+0,00006
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,05	+0,0497	0,0025	+0,00012
1,97	-0,0303	0,0009	-0,00003
2	-0,0003	0,0000	-0,00000
2,04	+0,0397	0,0016	+0,00006
$\Sigma X = 102,02$		$\Sigma(X-\bar{X})^2 = 0,097$	$\Sigma(X-\bar{X})^3 = +0,00081$

$\bar{X} = 2,0003$

$V = 0,0019$

$\sigma = 0,04$

coefficient de variance =

TENEURS EN K .(Palaiseau).

X	$X-\bar{X}$	$(X-\bar{X})^2$	$(X-\bar{X})^3$
0,26	+0,0489	0,0024	+0,00012
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,25	+0,0389	0,0015	+0,00005
0,19	-0,0211	0,0004	-0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,16	-0,0511	0,0026	-0,00013
0,25	+0,0389	0,0015	-0,00005
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,24	+0,0289	0,0008	+0,00002
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,23	+0,0189	0,0004	+0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,23	+0,0189	0,0004	+0,00000
0,24	+0,0289	0,0008	+0,00002
0,26	+0,0489	0,0024	+0,00012
0,23	+0,0189	0,0004	+0,00000
0,22	+0,0089	0,0000	+0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,25	+0,0389	0,0015	+0,00005
0,23	+0,0189	0,0004	+0,00000
0,30	+0,0889	0,0079	+0,00070
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,18	-0,0311	0,0010	-0,00003
0,16	-0,0511	0,0026	-0,00013
0,13	-0,0811	0,0066	-0,00053
0,22	+0,0089	0,0000	+0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,23	+0,0189	0,0004	+0,00000
0,16	-0,0511	0,0026	-0,00013
0,22	+0,0089	0,0000	+0,00000
0,26	+0,0489	0,0024	+0,00012
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,18	-0,0311	0,0010	-0,00003
0,20	-0,0111	0,0001	-0,00000
0,19	-0,0211	0,0004	-0,00000
0,23	+0,0189	0,0004	+0,00000
0,22	+0,0089	0,0000	+0,00000
0,19	-0,0211	0,0004	-0,00000
0,19	-0,0211	0,0004	-0,00000
0,15	-0,0611	0,0037	-0,00023
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
0,21	-0,0011	0,0000	-0,00000
$\Sigma X=10,77$		$\Sigma(X-\bar{X})^2=0,0462$	$\Sigma(X-\bar{X})^3=+0,00004$

$\bar{X}=0,2111$ $V=0,0009$ $\sigma' = 0,03$

Coefficient de variance = 14,21%

LES TENEURS EN P205 .(la Haizerie)

X	$X-\bar{X}$	$(X-\bar{X})^2$	$(X-\bar{X})^3$
0,80	+0,1953	0,0381	+0,00744
0,60	-0,0047	0,0000	-0,00000
0,44	-0,1647	0,0271	-0,00446
0,64	+0,0353	0,0012	+0,00004
0,90	+0,2953	0,0872	+0,02575
0,56	-0,0447	0,0020	-0,00000
0,26	-0,3447	0,1188	-0,04095
0,72	+0,1153	0,0133	+0,00153
0,70	+0,0953	0,0090	+0,00086
0,86	+0,2553	0,0652	+0,01596
0,72	+0,1152	0,0133	+0,00153
0,72	+0,1153	0,0133	+0,00153
0,70	+0,0953	0,0090	+0,00086
0,58	-0,0247	0,0006	-0,00001
0,58	-0,0247	0,0006	-0,00001
0,52	-0,0847	0,0072	-0,00061
0,76	+0,1553	0,0241	+0,00374
0,62	+0,0153	0,0002	+0,00000
0,66	+0,0553	0,0030	+0,00002
0,72	+0,1153	0,0133	+0,00153
0,40	-0,2047	0,0419	-0,00858
0,50	-0,1047	0,0110	-0,00115
0,60	-0,0047	0,0000	-0,00000
0,70	+0,0953	0,0090	+0,00086
0,86	+0,2553	0,0652	+0,01664
0,40	-0,2047	0,0419	-0,00858
0,36	-0,2447	0,0599	-0,01466
0,82	+0,2153	0,0464	+0,00999
0,52	-0,0847	0,0072	-0,00061
0,76	+0,1553	0,0241	+0,00374
0,34	-0,2647	0,0700	-0,01853
0,62	+0,0153	0,0002	+0,00000
0,42	-0,1847	0,0341	-0,00630
0,62	+0,0153	0,0002	+0,00000
0,70	+0,0953	0,0090	+0,00086
0,48	-0,1247	0,0156	-0,00196
0,32	-0,2847	0,0811	-0,02309
0,70	+0,0953	0,0090	+0,00086
0,48	-0,1247	0,0156	-0,00195
0,80	+0,1953	0,0381	+0,00744
0,48	-0,1247	0,0156	-0,00195
0,72	+0,1152	0,0133	+0,00153
0,44	-0,1647	0,0271	-0,00446
0,76	+0,1553	0,0241	+0,00374
0,58	-0,0247	0,0006	-0,00001
0,32	-0,2847	0,0811	-0,02309
0,72	+0,1153	0,0133	+0,00153
0,66	+0,0553	0,0031	+0,00017
0,66	+0,0553	0,0031	+0,00017
0,64	+0,0353	0,0012	+0,00004
0,40	-0,2047	0,0419	-0,00858
$\Sigma X = 30,84$		$\Sigma(X-\bar{X})^2 = 1,2504$	$\Sigma(X-\bar{X})^3 = -0,06117$

$\bar{X} = 0,6047$

$V = 0,02451$

$\sigma = 0,156$ coefficient de variance = 25,79%

ENTRE LES TENEURS EN K .(la Haizerie)

X	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	$(x-\bar{x})^3$
0,47	-0,1132	0,0140	-0,00165
0,53	-0,0682	0,0047	-0,00032
0,69	+0,0918	0,0084	+0,00077
0,53	-0,0182	0,0003	-0,00000
0,73	+0,1318	0,0174	+0,00230
0,43	-0,1682	0,0283	-0,00480
0,56	-0,0382	0,0015	-0,00006
0,76	+0,1818	0,0331	+0,00602
0,50	-0,0982	0,0096	-0,00094
0,64	+0,0418	0,0017	+0,00007
0,47	-0,1282	0,0164	-0,00210
0,58	-0,0382	0,0015	-0,00006
0,73	+0,1318	0,0174	+0,00230
0,63	+0,0318	0,0010	+0,00003
0,50	-0,0982	0,0096	-0,00094
0,42	-0,1782	0,0318	-0,00567
0,79	+0,1918	0,0368	+0,00706
0,78	+0,1813	0,0331	+0,00602
0,50	-0,0982	0,0096	-0,00094
0,73	+0,1318	0,0174	+0,00230
0,45	-0,1482	0,0220	-0,00320
0,74	+0,1418	0,0201	+0,00280
0,78	+0,1818	0,0331	+0,00602
0,70	+0,1618	0,0262	+0,00424
0,74	+0,1418	0,0201	+0,00285
0,41	-0,1882	0,0354	-0,00666
0,37	-0,2282	0,0521	-0,01189
0,75	+0,1518	0,0230	+0,00349
0,62	+0,0218	0,0005	+0,00001
0,87	+0,2718	0,0739	+0,02008
0,30	-0,2982	0,0890	-0,02654
0,56	-0,0382	0,0015	-0,00006
0,32	-0,2282	0,0521	-0,01189
0,81	+0,2118	0,0449	+0,00951
0,76	+0,1618	0,0262	+0,00424
0,33	-0,2682	0,0720	-0,01931
0,38	-0,2182	0,0476	-0,01038
0,67	+0,0718	0,0052	+0,00037
0,58	-0,0182	0,0003	-0,00000
0,66	+0,0618	0,0038	+0,00023
0,37	-0,2282	0,0521	-0,01189
0,62	+0,0218	0,0005	+0,00001
0,50	-0,0982	0,0096	-0,00094
0,72	+0,1218	0,0148	+0,00180
0,80	+0,2018	0,0407	+0,00821
0,38	-0,2182	0,0476	-0,01038
0,69	+0,0913	0,0084	+0,00077
0,72	+0,1218	0,0148	+0,00180
0,62	+0,0218	0,0005	+0,00001
0,73	+0,1318	0,0174	+0,00229
0,47	-0,1282	0,0164	-0,00210
$\Sigma X = 30,51$		$\Sigma(x-\bar{x})^2 = 1,165$	$\Sigma(x-\bar{x})^3 = -0,037$

 $\bar{x} = 0,5982$ $V = 0,0228$ $\sigma = 0,151$

coefficient de variance = 25,24%

CALCUL DE LA MOYENNE ET DE LA VARIANCE
ENTRE LES TENEURS EN M.O. (la Haizerie)

X	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	$(x-\bar{x})^3$
3,44	+0,1938	0,0376	+0,00729
3,17	-0,0762	0,0058	-0,00044
2,92	-0,3262	0,1064	-0,03471
3,17	-0,0762	0,0058	-0,00044
3,40	+0,1538	0,0237	+0,00365
4,10	+0,8538	0,7290	+0,62242
3,03	-0,2162	0,0467	-0,01010
3,10	-0,1462	0,0214	-0,00313
3,06	-0,1862	0,0347	-0,00546
3,72	+0,4838	0,2341	+0,11326
3,17	-0,0762	0,0058	-0,00044
3,35	+0,1038	0,0108	+0,00112
3,07	-0,1762	0,0310	-0,00546
3,03	-0,2162	0,0467	-0,01010
3,21	-0,0362	0,0013	-0,00005
3,10	-0,1462	0,0214	-0,00313
3,30	+0,0538	0,0029	+0,00016
3,25	+0,0038	0,0000	+0,00000
3,73	+0,4838	0,2341	+0,11326
3,20	-0,0462	0,0021	-0,00010
2,87	-0,3762	0,1415	-0,05323
3,30	+0,0538	0,0029	+0,00016
3,10	-0,1462	0,0214	-0,00313
3,10	-0,1462	0,0214	-0,00313
3,35	+0,1038	0,0108	+0,00112
3,49	+0,2438	0,0594	+0,01448
2,96	-0,2862	0,0819	-0,02344
3,49	+0,2438	0,0594	+0,01448
3,01	-0,2362	0,0558	-0,01318
3,30	+0,0538	0,0029	+0,00016
2,86	-0,3862	0,1492	-0,05762
3,10	-0,1462	0,0214	-0,00313
3,20	-0,0462	0,0021	-0,00010
3,15	-0,0962	0,0093	-0,00090
3,30	+0,0538	0,0029	+0,00016
2,89	-0,3562	0,1269	-0,04520
2,90	-0,2862	0,0819	-0,02344
3,30	+0,0538	0,0029	+0,00016
3,34	+0,0938	0,0088	+0,00082
3,59	+0,3438	0,1182	+0,04064
3,06	-0,1862	0,0347	-0,00646
3,92	+0,6738	0,4540	+0,30590
3,44	+0,1938	0,0376	+0,00729
3,20	-0,0462	0,0021	-0,00010
3,44	+0,1938	0,0370	+0,00717
2,89	-0,3562	0,1269	-0,04520
3,58	+0,3338	0,1114	+0,03718
3,16	-0,0362	0,0074	-0,00063
3,39	+0,1438	0,0207	+0,00298
3,34	+0,0938	0,0088	+0,00082
2,96	-0,2862	0,0819	-0,02344
$\Sigma X=165,55$		$\Sigma(x-\bar{x})^2=3,50$	$\Sigma(x-\bar{x})^3=+0,917$

$\bar{x} = 3,2462$ $V = 0,0637$ $\sigma = 0,262$ Coefficient de variance = 8,66%

ENTRE LES TENEURS EN P205 et EN 41 . 0

X	Y	X- \bar{X}	Y- \bar{Y}	(X- \bar{X})(Y- \bar{Y})
0,19	2	+0,0108	-0,0003	-0,0000
0,15	2,05	-0,0292	+0,0497	-0,0015
0,15	1,97	-0,0292	-0,0303	+0,0009
0,17	1,97	-0,0292	-0,0303	+0,0003
0,16	1,93	-0,0192	-0,0703	+0,0013
0,13	2	-0,0492	-0,0003	+0,0000
0,16	1,99	-0,0192	-0,0103	+0,0002
0,14	2	-0,0392	-0,0003	+0,0000
0,17	1,95	-0,0392	-0,0503	+0,0005
0,16	2	-0,0192	-0,0003	+0,0000
0,19	1,97	+0,0108	-0,0303	-0,0003
0,19	1,97	+0,0108	-0,0303	-0,0003
0,15	2,02	-0,0292	+0,0197	-0,0003
0,22	1,97	+0,0408	-0,0303	-0,0012
0,17	1,91	-0,0092	-0,0903	+0,0008
0,18	1,95	+0,0008	-0,0503	-0,0000
0,16	2	-0,0192	-0,0003	+0,0000
0,18	2,08	+0,0008	+0,0797	+0,0001
0,19	2	+0,0108	-0,0003	-0,0000
0,21	2	+0,0308	-0,0003	-0,0000
0,16	2	-0,0192	-0,0003	+0,0000
0,25	2,02	+0,0708	+0,0197	+0,0014
0,16	1,99	-0,0192	-0,0103	+0,0002
0,16	2	-0,0192	-0,0003	+0,0000
0,20	1,93	+0,0208	-0,0703	-0,0015
0,19	2,02	+0,0108	+0,0197	+0,0002
0,19	1,99	+0,0108	-0,0103	-0,0001
0,16	1,99	-0,0192	-0,0103	+0,0002
0,16	2	-0,0192	-0,0003	+0,0000
0,18	2,08	+0,0008	+0,0797	+0,0000
0,14	2,05	-0,0392	+0,0497	-0,0019
0,20	2,05	+0,0208	+0,0497	+0,0010
0,20	1,99	+0,0208	-0,0103	-0,0002
0,18	2,08	+0,0008	+0,0797	+0,0000
0,21	2	+0,0308	-0,0003	-0,0000
0,21	2,05	+0,0308	+0,0497	+0,0015
0,19	2,05	+0,0108	+0,0497	+0,0005
0,16	2,04	-0,0192	+0,0397	-0,0008
0,22	1,95	+0,0408	-0,0503	-0,0021
0,23	1,99	+0,0508	-0,0103	-0,0005
0,19	1,91	+0,0108	-0,0903	-0,0010
0,14	1,95	-0,0392	-0,0503	+0,0018
0,13	1,95	+0,0008	-0,0503	-0,0000
0,19	2,11	+0,0108	+0,1097	+0,0012
0,24	2	+0,0608	-0,0003	-0,0000
0,15	2,04	-0,0292	+0,0397	-0,0012
0,16	2	-0,0192	-0,0003	+0,0000
0,15	2,05	-0,0292	+0,0497	-0,0015
0,16	1,97	-0,0192	-0,0303	+0,0006
0,21	2	+0,0308	-0,0003	-0,0000
0,20	2,04	+0,0208	+0,0397	+0,0008
$\Sigma X = 9,14$	$\Sigma Y = 102,02$			$\Sigma (X-\bar{X})(Y-\bar{Y}) = -0,0012$

Coefficient de corrél $r = 0,02$

ENTRE LES TENEURS EN K.P (Palaiseau)

X	Y	X- \bar{X}	Y- \bar{Y}	(X- \bar{X})(Y- \bar{Y})
0,19	0,26	+0,0108	+0,0489	+0,0005
0,15	0,21	-0,1292	-0,0011	+0,0000
0,15	0,25	-0,0292	+0,0389	-0,0011
0,17	0,19	-0,0092	-0,0211	+0,0002
0,16	0,21	-0,0192	-0,0011	+0,0000
0,13	0,16	-0,0492	-0,0511	+0,0025
0,16	0,25	-0,0192	+0,0389	-0,0007
0,14	0,21	-0,0392	-0,0011	+0,0000
0,17	0,20	-0,0092	-0,0111	+0,0001
0,16	0,21	-0,0192	-0,0011	+0,0000
0,19	0,24	+0,0108	+0,0289	+0,0003
0,19	0,20	+0,0108	-0,0111	-0,0001
0,15	0,20	-0,0292	-0,0111	+0,0003
0,22	0,21	+0,0408	-0,0011	-0,0000
0,17	0,23	-0,0092	+0,0189	-0,0002
0,18	0,21	+0,0008	-0,0011	-0,0000
0,16	0,20	-0,0192	-0,0111	+0,0002
0,18	0,23	+0,0008	+0,0189	+0,0000
0,19	0,24	+0,0108	+0,0289	+0,0003
0,21	0,26	+0,0308	+0,0489	+0,0015
0,16	0,23	-0,0192	+0,0189	-0,0004
0,25	0,22	+0,0708	+0,0089	+0,0006
0,16	0,20	-0,0192	-0,0111	+0,0002
0,16	0,25	-0,0192	+0,0389	-0,0007
0,20	0,23	+0,0208	+0,0189	+0,0004
0,19	0,30	+0,0108	+0,0889	+0,0010
0,19	0,21	+0,0108	-0,0011	-0,0000
0,16	0,18	-0,0192	-0,0311	+0,0006
0,16	0,16	-0,0192	-0,0511	+0,0010
0,18	0,13	+0,0008	-0,0811	-0,0000
0,14	0,22	-0,0392	+0,0089	-0,0003
0,20	0,20	+0,0208	-0,0111	-0,0002
0,20	0,21	+0,0208	-0,0011	-0,0000
0,18	0,20	+0,0008	-0,0111	-0,0000
0,21	0,20	+0,0308	-0,0111	-0,0003
0,21	0,23	+0,0308	+0,0189	+0,0006
0,19	0,16	+0,0108	-0,0511	-0,0006
0,13	0,22	-0,0192	+0,0089	-0,0002
0,22	0,23	+0,0408	+0,0489	+0,0020
0,23	0,21	+0,0508	-0,0011	-0,0000
0,19	0,21	+0,0108	-0,0011	-0,0000
0,14	0,18	-0,0392	-0,0311	+0,0012
0,18	0,20	+0,0008	-0,0111	-0,0000
0,19	0,19	+0,0108	-0,0211	-0,0002
0,24	0,23	+0,0308	+0,0189	+0,0011
0,15	0,22	-0,0292	+0,0089	-0,0003
0,16	0,19	-0,0192	-0,0211	+0,0004
0,15	0,19	-0,0292	-0,0211	+0,0006
0,16	0,15	-0,0192	-0,0611	+0,0012
0,21	0,21	+0,0308	-0,0011	-0,0000
0,20	0,21	+0,0208	-0,0011	-0,0000
				$\Sigma(X-\bar{X})(Y-\bar{Y}) =$ +0,0115

r= 0,278

ENTRE LES TENEURS EN P2O5 ET M.O.

(la Haizerie)

X	Y	X- \bar{X}	Y- \bar{Y}	(X- \bar{X})(Y- \bar{Y})
0,80	3,44	+0,1953	+0,1938	+0,0378
0,60	3,17	-0,0047	-0,0762	+0,0003
0,44	2,92	-0,1647	-0,3232	+0,0537
0,64	3,17	+0,0353	-0,0762	-0,0027
0,90	3,40	+0,2953	+0,1538	+0,0454
0,56	4,10	-0,0447	+0,8538	-0,0382
0,26	3,03	-0,3447	-0,3162	+0,0745
0,72	3,10	+0,1153	-0,1462	-0,0169
0,70	3,06	+0,0953	-0,1862	-0,0177
0,86	3,72	+0,2553	+0,4838	+0,1235
0,72	3,17	+0,1153	-0,0762	-0,0088
0,72	3,35	+0,1153	+0,1038	+0,0120
0,70	3,07	+0,0955	-0,1762	-0,0168
0,58	3,03	-0,0247	-0,2162	+0,0053
0,58	3,21	-0,0247	-0,0362	+0,0009
0,52	3,10	-0,0847	-0,1462	+0,0124
0,76	3,80	+0,1553	+0,0538	+0,0084
0,62	3,25	+0,0153	+0,0038	+0,0000
0,66	3,72	+0,0553	+0,4838	+0,0268
0,72	3,20	+0,1153	-0,0462	-0,0053
0,40	2,87	-0,2047	-0,3762	+0,0770
0,50	3,30	-0,1047	+0,0538	-0,0056
0,60	3,10	-0,0047	-0,1462	+0,0007
0,70	3,10	+0,0953	-0,1462	-0,0139
0,86	3,35	+0,2553	+0,1038	+0,0265
0,40	3,49	-0,2047	+0,2438	-0,0499
0,36	2,96	-0,2447	-0,2862	+0,0700
0,82	3,49	+0,2153	+0,2438	+0,0525
0,52	3,01	-0,0847	-0,2362	+0,0200
0,76	3,30	+0,1553	+0,0538	+0,0084
0,34	2,86	-0,2647	-0,3662	+0,1022
0,62	3,10	+0,0153	-0,1462	-0,0022
0,42	3,20	-0,1847	-0,0462	+0,0085
0,62	3,15	+0,0153	-0,0962	-0,0015
0,70	3,30	+0,0953	+0,0538	+0,0051
0,48	2,89	-0,1247	-0,3562	+0,0444
0,32	2,96	-0,2847	-0,2862	+0,0815
0,70	3,30	+0,0953	+0,0538	+0,0051
0,48	3,34	-0,1247	+0,0938	-0,0117
0,80	3,59	+0,1953	+0,3438	+0,0671
0,48	3,06	-0,1247	-0,1862	+0,0232
0,72	3,92	+0,1152	+0,6738	+0,0776
0,44	3,44	-0,1647	+0,1938	-0,0319
0,76	3,20	+0,1553	-0,0462	-0,0071
0,58	3,44	-0,0247	+0,1938	-0,0048
0,32	2,89	-0,2847	-0,3562	+0,1014
0,72	3,58	+0,1153	+0,3338	+0,0385
0,66	3,16	+0,0553	-0,0862	-0,0048
0,66	3,39	+0,0553	+0,1438	+0,0080
0,64	3,34	+0,0353	+0,0938	+0,0033
0,40	2,96	-0,2047	-0,2862	+0,0583
				$\Sigma(X-\bar{X})(Y-\bar{Y}) =$ +1,0408

r = 0,39

(1a Haizerie)

X	Y	$X-\bar{X}$	$Y-\bar{Y}$	$(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})$
0,80	0,48	+0,1953	-0,1182	-0,0230
0,60	0,53	-0,0047	-0,0682	+0,0003
0,44	0,69	-0,1647	+0,0918	-0,0151
0,64	0,58	+0,0353	-0,0182	-0,0006
0,90	0,72	+0,2953	+0,1318	+0,0390
0,56	0,43	-0,0447	-0,1682	+0,0075
0,26	0,56	-0,3447	-0,0382	+0,0131
0,72	0,78	+0,1153	+0,1818	+0,0210
0,70	0,50	+0,0953	-0,0982	-0,0094
0,86	0,64	+0,2553	+0,0418	+0,0107
0,72	0,47	+0,1153	-0,1282	-0,0148
0,72	0,56	+0,1153	-0,0382	-0,0044
0,70	0,73	+0,0953	+0,1318	+0,0128
0,58	0,63	-0,0247	+0,0318	-0,0008
0,58	0,50	-0,0247	-0,0982	+0,0024
0,52	0,42	-0,0847	-0,1782	+0,0151
0,76	0,79	+0,1553	+0,1918	+0,0298
0,62	0,78	+0,0153	+0,1818	+0,0028
0,66	0,50	+0,0553	-0,0982	-0,0054
0,72	0,73	+0,1153	+0,1318	-0,0153
0,40	0,45	-0,2047	-0,1482	+0,0303
0,50	0,47	-0,1047	+0,1418	-0,0148
0,60	0,78	-0,0047	+0,1818	-0,0009
0,70	0,76	+0,0953	+0,1618	+0,0154
0,86	0,74	+0,2553	+0,1418	+0,0362
0,40	0,41	-0,2047	-0,1882	+0,0385
0,36	0,37	-0,2447	-0,2282	+0,0558
0,82	0,75	+0,2153	+0,1518	+0,0327
0,52	0,63	-0,0847	+0,0218	-0,0018
0,76	0,87	+0,1553	+0,2718	+0,0422
0,34	0,30	-0,2647	-0,2982	+0,0789
0,62	0,56	+0,0153	-0,0382	-0,0006
0,42	0,32	-0,1847	-0,2282	+0,0421
0,62	0,81	+0,0153	+0,2118	+0,0032
0,70	0,76	+0,0953	+0,1618	+0,0154
0,48	0,33	-0,1247	-0,2682	+0,0334
0,32	0,38	-0,2847	-0,2182	+0,0621
0,70	0,67	+0,0953	+0,0718	+0,0068
0,48	0,58	-0,1247	-0,0182	+0,0032
0,80	0,66	+0,1953	+0,0618	+0,0121
0,48	0,37	-0,1247	-0,2282	+0,0282
0,72	0,62	+0,1152	+0,0218	+0,0026
0,44	0,50	-0,1647	-0,0982	+0,0162
0,76	0,73	+0,1553	+0,1218	+0,0190
0,58	0,80	-0,0247	+0,2018	-0,0050
0,32	0,38	-0,2847	-0,2182	+0,0621
0,72	0,69	+0,1153	+0,0918	+0,0108
0,66	0,72	+0,0553	+0,1218	+0,0067
0,66	0,62	+0,0553	+0,0218	+0,0012
0,64	0,73	+0,0353	+0,1318	+0,0047
0,40	0,47	-0,2047	-0,1282	+0,0262

$$\Sigma(X-\bar{X})(Y-\bar{Y}) = +0,758$$

$$r = 0,45$$

K ET M.O. (la Haizerie)

X	Y	$X-\bar{X}$	$y-\bar{y}$	$(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})$
0,48	3,44	-0,1182	+0,1938	-0,0229
0,53	3,17	-0,0682	-0,0762	+0,0052
0,69	2,92	+0,0918	-0,3269	-0,0299
0,58	3,17	-0,0182	-0,0762	+0,0014
0,73	3,40	+0,1318	+0,1538	+0,0203
0,43	4,10	-0,1682	+0,8538	-0,1436
0,56	3,03	-0,0382	-0,2162	+0,0083
0,78	3,10	+0,1818	-0,1462	-0,0266
0,50	3,06	-0,0982	-0,1862	+0,0183
0,64	3,72	+0,0418	+0,4838	+0,0202
0,47	3,17	-0,1282	-0,0762	+0,0098
0,56	3,35	-0,0382	+0,1038	-0,0040
0,73	3,07	+0,1318	-0,1762	-0,0232
0,63	3,03	+0,0318	-0,2162	-0,0069
0,50	3,21	-0,0982	-0,0362	+0,0036
0,42	3,10	-0,1782	-0,1462	+0,0261
0,79	3,30	+0,1918	+0,0538	+0,0103
0,78	3,25	+0,1818	+0,0038	+0,0007
0,50	3,73	-0,0982	+0,4838	-0,0475
0,73	3,20	+0,1318	-0,0462	-0,0061
0,45	2,87	-0,1482	-0,3763	+0,0558
0,74	3,30	+0,1418	+0,0538	+0,0076
0,78	3,10	+0,1818	-0,1462	-0,0266
0,78	3,10	+0,1618	-0,1462	-0,0237
0,74	3,35	+0,1418	+0,1038	+0,0147
0,41	3,49	-0,1682	+0,2438	-0,0459
0,37	2,93	-0,2282	-0,2862	+0,0653
0,75	3,19	+0,1518	+0,2438	+0,0370
0,62	3,01	+0,0218	-0,2362	-0,0052
0,87	3,30	+0,2718	+0,0538	+0,0146
0,30	2,87	-0,2982	-0,3862	+0,1152
0,56	3,10	-0,0382	-0,1462	+0,0056
0,32	3,20	-0,2282	-0,0462	+0,0005
0,81	3,15	+0,2118	-0,0962	-0,0204
0,76	3,30	+0,1618	+0,0538	+0,0087
0,33	2,89	-0,2682	-0,3562	+0,0955
0,38	2,96	-0,2182	-0,2862	+0,0624
0,67	3,30	+0,0718	+0,0538	+0,0039
0,58	3,34	-0,0182	+0,0938	-0,0017
0,66	3,59	+0,0618	+0,3438	+0,0212
0,37	3,06	-0,2282	-0,1862	+0,0425
0,32	3,92	+0,0218	+0,6738	+0,0147
0,50	3,44	-0,0982	+0,1938	-0,0190
0,72	3,20	+0,1218	-0,0462	-0,0056
0,80	3,44	+0,2018	+0,1938	+0,0391
0,38	2,89	-0,2182	-0,3562	+0,0777
0,69	3,58	+0,0918	+0,3338	+0,0306
0,72	3,16	+0,1218	-0,0862	-0,0105
0,62	3,39	+0,0218	+0,1438	+0,0031
0,73	3,34	+0,1318	+0,0938	+0,0124
0,47	2,96	-0,1282	-0,2362	+0,0367
				$\Sigma(X-\bar{X})(Y-\bar{Y}) =$ +0,4297

Coefficient de corrélation = $r=0,18$

BIBLIOGRAPHIE.

- ANNE (P), 1945 -Dosage rapide du carbone organique des sols.
Ann & Agro. n°2 . p 161 .
- BARBIER (G), 1959 -Définition de l'acide phosphorique assimila-
ble du sol. C. Infor . Doc. Soc. Potasse d'Alsace
n° 173 . p 487 - 499 .
- BOEUF (F) et VESSEREAU (A), 1960 -Nouvelle Encyclopédie Agricole
Tome 2 . Méthodes statistiques en Biologie et en
Agronomie. Edit .J.B.Baillièrè et Fils.
- BOEUF (F),1948 -Nouvelle Encyclopédie Agricole. Tome 1.
Objectifs de la recherche Agronomique- Méthodes d'
experimentation. p 299 . Edit . Baillièrè-Fils.
- BRYAN (O.C.) et NEAL (W.M.), 1936 -Influence en phosphore solub-
le à l'eau dans les différents types de sols sur la
réponse des récoltes. Jol.of.Agri.Res.vol 52.p 459.
- CHAMINADE (R),1949 - Influence de l'humus sur la fixation et
assimilabilité de l'acide phosphorique dans les sols
Bulletin.Etude.Doc.Cha.Synle.Nale. des fertilisations
et Amendements. n° 2 .
- DEMOLON (A), 1948- Principes d'Agronomie.Tome 1 .Dynamique du
sol. Edit. Dunod.Analyse mécanique du sol. p 138 .
- DEMOLON (A), 1956- Principes d'Agronomie.Tome 2. Edit . Dunod.
Croissance des végétaux cultivés. p 385 .

- DEMORTIER (G) et VAN HOECK (G), 1952- Application à la spectrométrie à flamme dans le domaine agricole: dosage du potassium, sodium, calcium dans les extraits de sol. Bulletin . Ins.Agro . Gembloux XX . p 57-65 .
- DE PARCEVEAU (S), 1965- Etude sur l'Ecologie du lin. Rapport d'activité de l'association générale des producteurs de lin .
- DUCHAUFOR (P), 1960 - Précis de Pédologie. Edit .Masson et Cie. Dosage du carbone organique des horizons riches en matière organique. p 383 .
- DUCHAUFOR (P), 1960 - Précis de Pédologie. Détermination de la capacité d'échange par percolation à l'acetate d'ammonium . p 387 .
- DUCHAUFOR (P) , 1960 - Précis de Pédologie. Dosage rapide de l'azote total. (Méthode Anstet) . p 384 .
- GAROLA (C.V.), 1894 - Encyclopédie Agricole. Les céréales . Edit.J.B.Baillièrre-Fils. Besoins d'engrais des céréales . p 125 .
- GAROLA (C.V.), 1931 - Encyclopédie Agricole.La pratique de la Fumure. Edit . J.B.Baillièrre-Fils . p 44 .
- GESLIN (H), 1944 - Etude des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat . Edit .Imprimerie Nationale. -La croissance en matière sèche. p 32 .

- CHANG & JACKSON , 1957 - Fractionnement des formes du phosphore du sol. Soil Science, vol 84, n° 2 .
- HAMMOND (L.C.) & PRITCHETT (L.W.), 1958 - Soil sampling in relation to soil heterogeneity. Soil Science, of America "Proceeding" , vol 22, p 548 .
- HENIN (S) & MONNIER (G) & FEODOROFF (A) & GRAS (R), 1960 - Le Profil cultural - Soc, Edit, Ing ,agricoles. Méthode d'examen d'un profil cultural. p 13 .
- HELLER (R), 1962 - Croissance et développement-Edit Presses Universitaires de France. Les cours de la Sorbone . (B.M.P.V.) .
- HIROUX (G) & SOIGNET (G), 1956 - Colorimétrie au vanadate d'ammonium de l'acide phosphorique par l'oxalate d'ammonium . Ann, Agro, A , n° 3 , p 445 .
- JONARD (D), 1964 - Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Ann, Amelio , des plantes. 14 (2) ; p 101-130 .
- JORET (G) & HEBERT (J), 1955 - Contribution à la détermination du besoin des sols en acide phosphorique. Ann , Agro , A n° 2 p 233 .
- LAMOTTE (M), 1962 - Initiation aux méthodes statistiques en Biologie. Edit Masson et Cie . p 15 .
- LE BORGNE (E), 1955 - Sur la susceptibilité magnétique du sol. Thèse , Fac . Sci . de Paris . p 27 .

- LEFEVRE (P), 1961 - Contribution à l'étude de la capacité d'échange et des bases échangeables des sols non calcaires. Ann, Agro, 12 (2) , p 169-206 .
- LEGG & BLACK , 1957 - Méthode de dosage du phosphore organique dans les extraits du sol.
(Méthode modifiée au laboratoire de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M. non publiée).
- MASSIBOT (J.A.), 1954 - La technique des essais culturaux et des études d'Ecologie agricole . Edit, Georges et Frères Tourcoing . p 34 .
- MAZOYER (R), 1954 - Possibilité d'emploi du versnate pour le dosage du Calcium, Magnésium échangeables dans les extraits du sol. Ann, Agro, A n° 6 , p 1009 .
- MONNIER (G) & TURC (L) & JEANSON-LUSINANG , 1962 - Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques.
Ann , Agro , vol 13 , n° 1 , p 55 .
- PERRSON (E.S.) & HARTELEY (H.O.), 1959 - Biometrika tables for staticians . p 182 .
- ROUX (E) & HOUSSON (G), 1951 - Méthodes spectrographiques de dosages des éléments minéraux dans le sol et dans les plantes.
Ann , Agro , n° 2 , série 4 , p 155 .

VESSEREAU (A) , 1962 - La statistique "Que sais-je" Edit ,
Presses Universitaires de France.

Les principales lois de statistique. p 29 .

WEY (R) , 1956 - Etude de retention des anions phosphoriques
par les argiles : Montmorillonite, Kaolinite.
Ann, Agro , A n° 1 , p 1 .

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

" LES COURBES DE CROISSANCE "

Vu et approuvé :

Paris le 6 Mai 1966

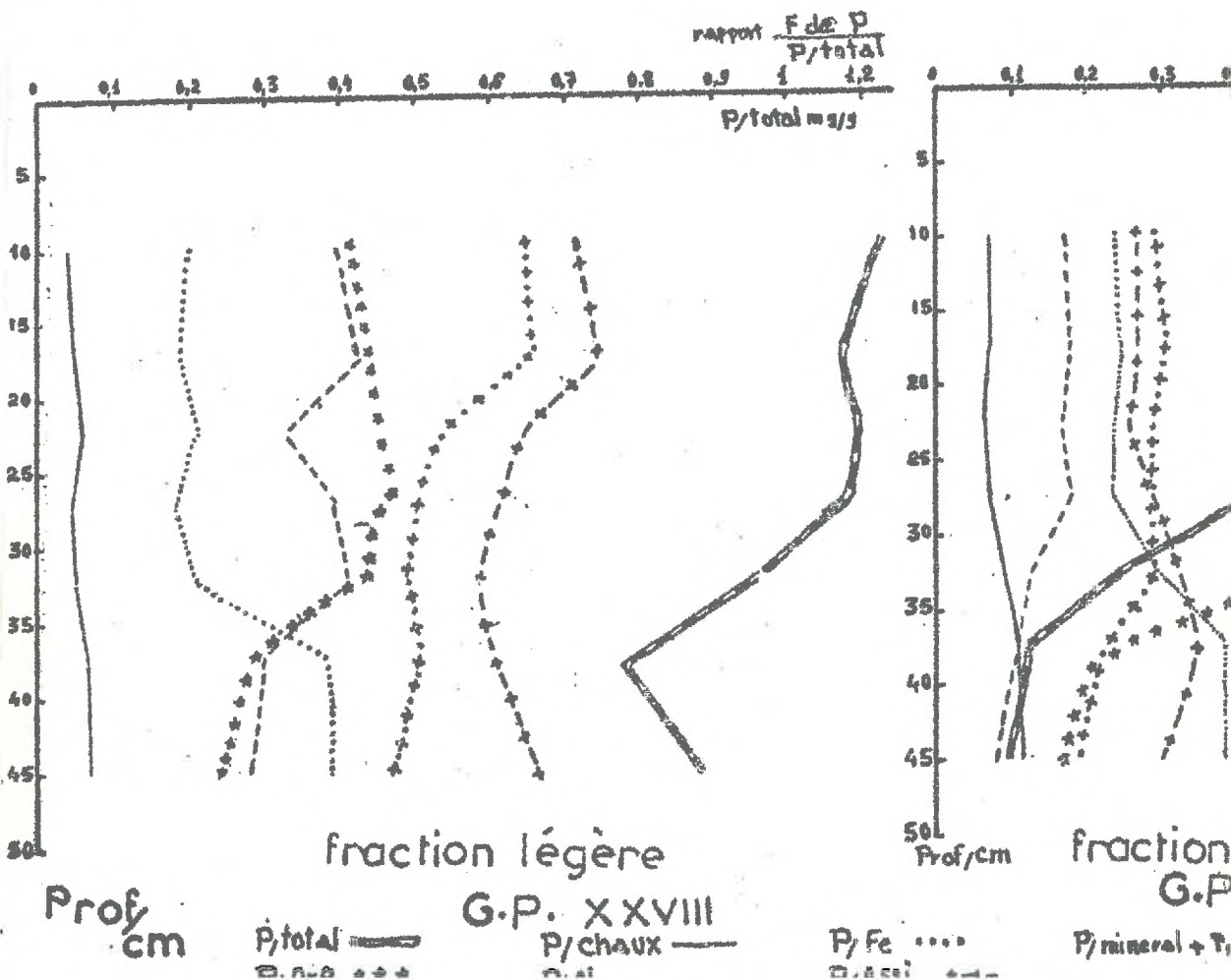
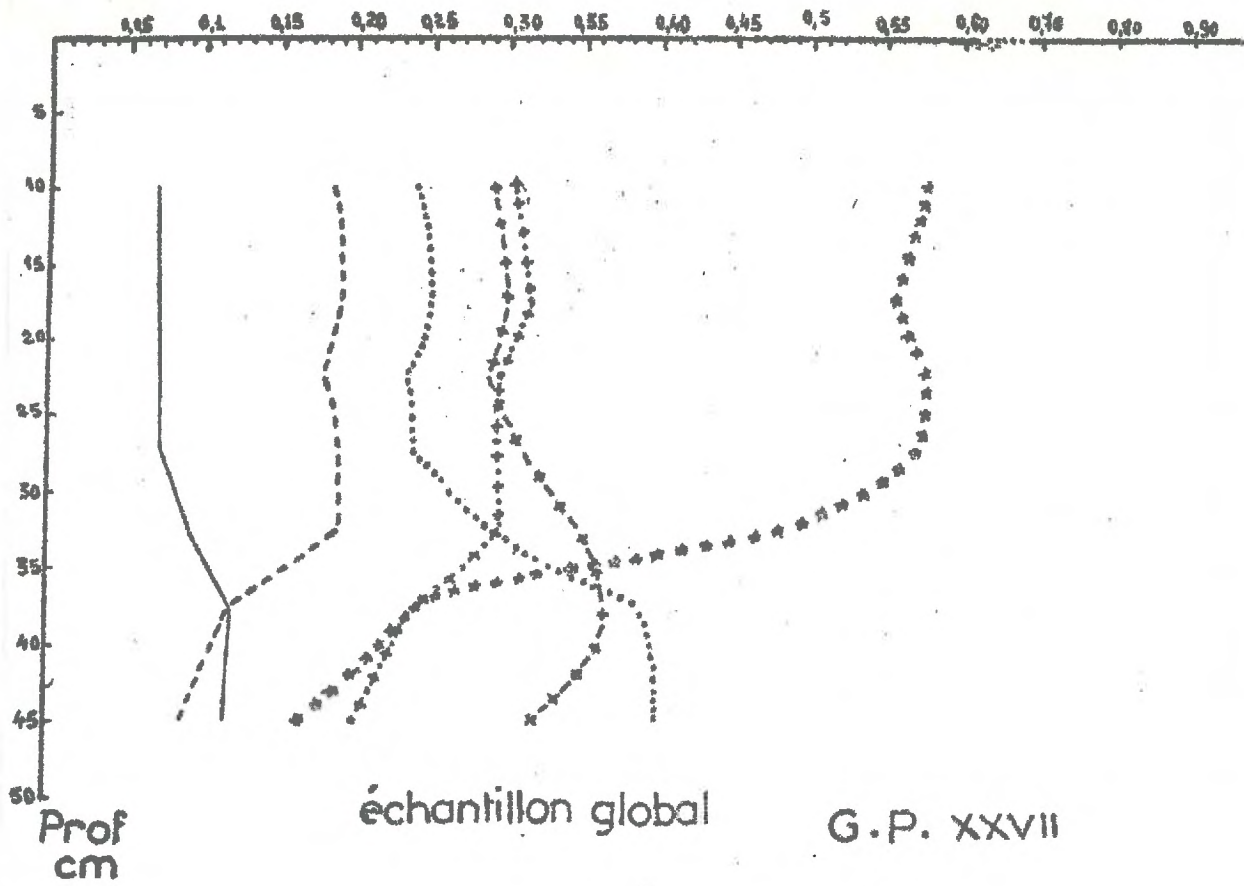
Le Doyen de la Faculté des Sciences

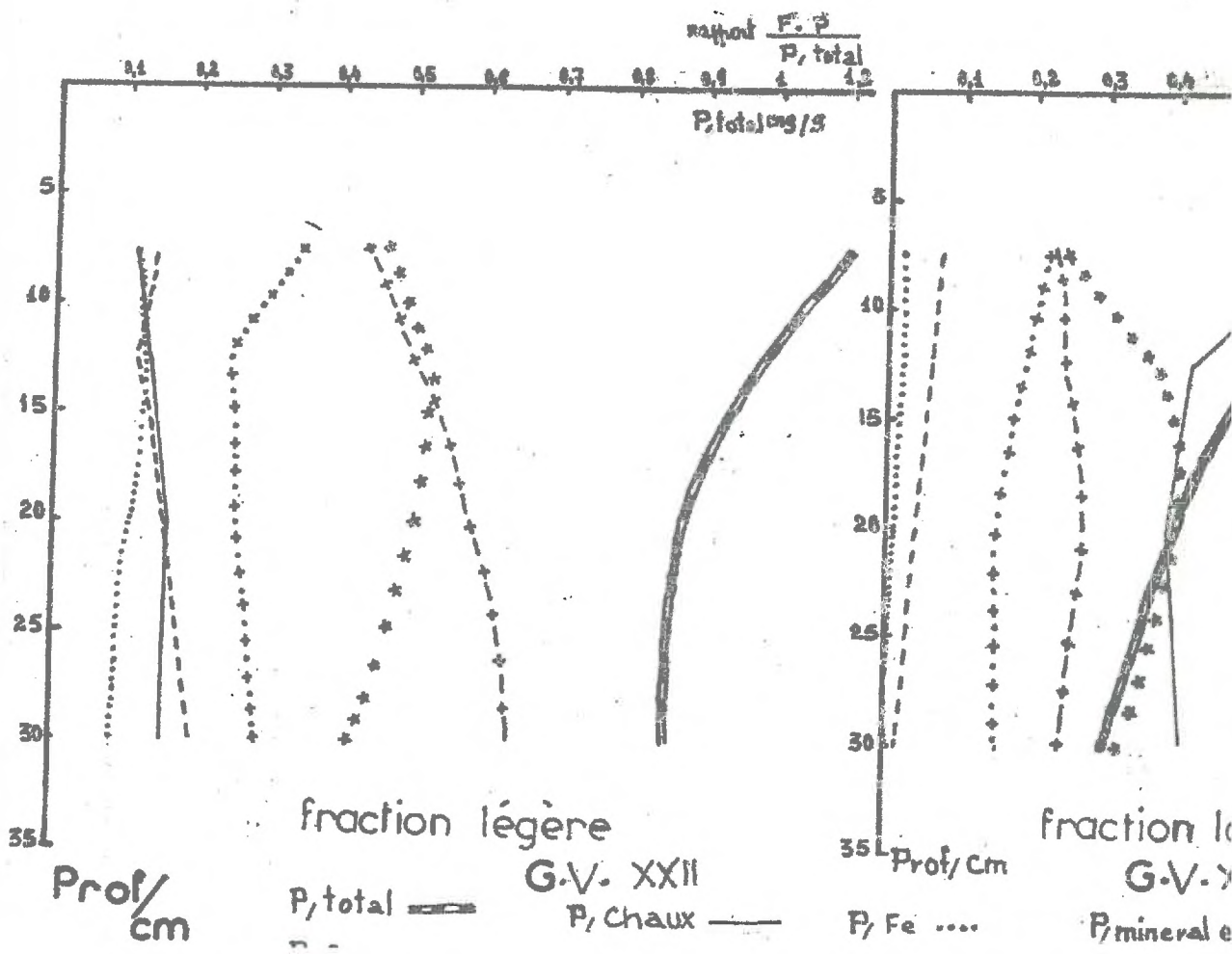
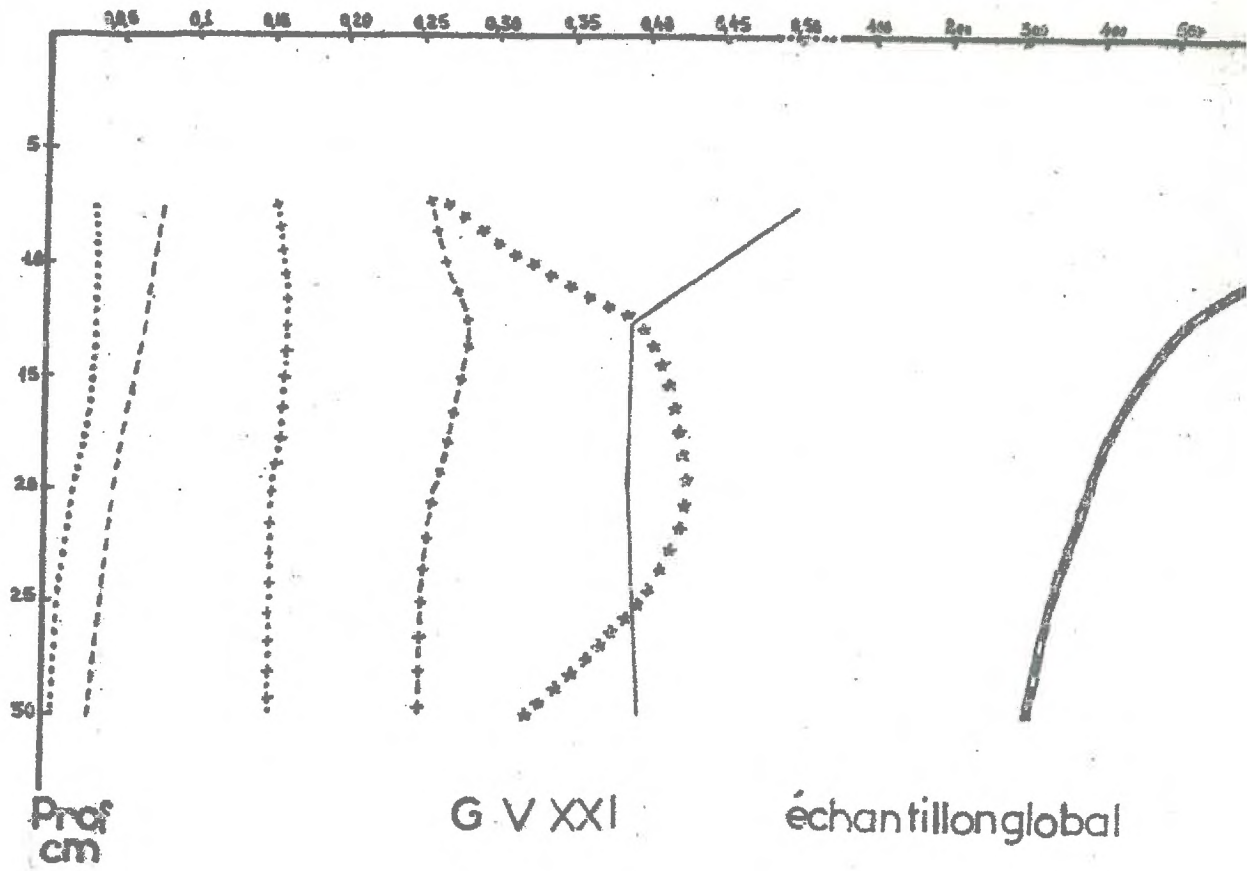
BERGERARD

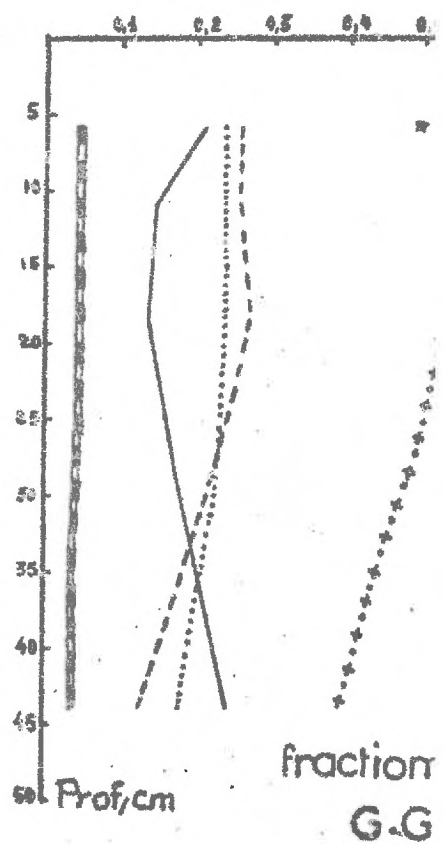
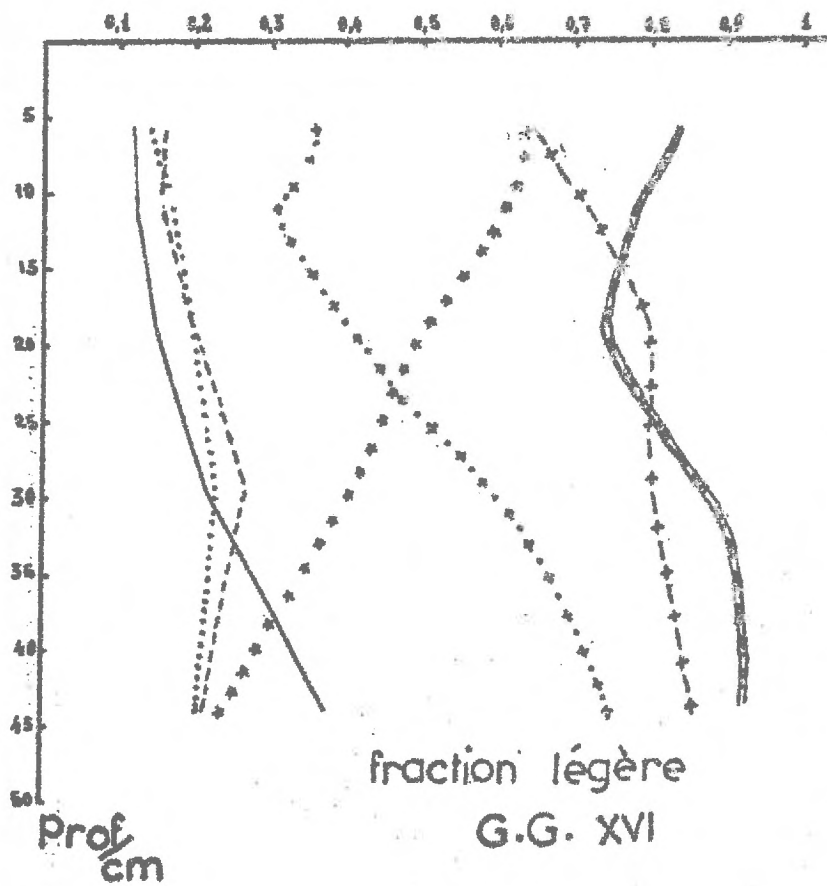
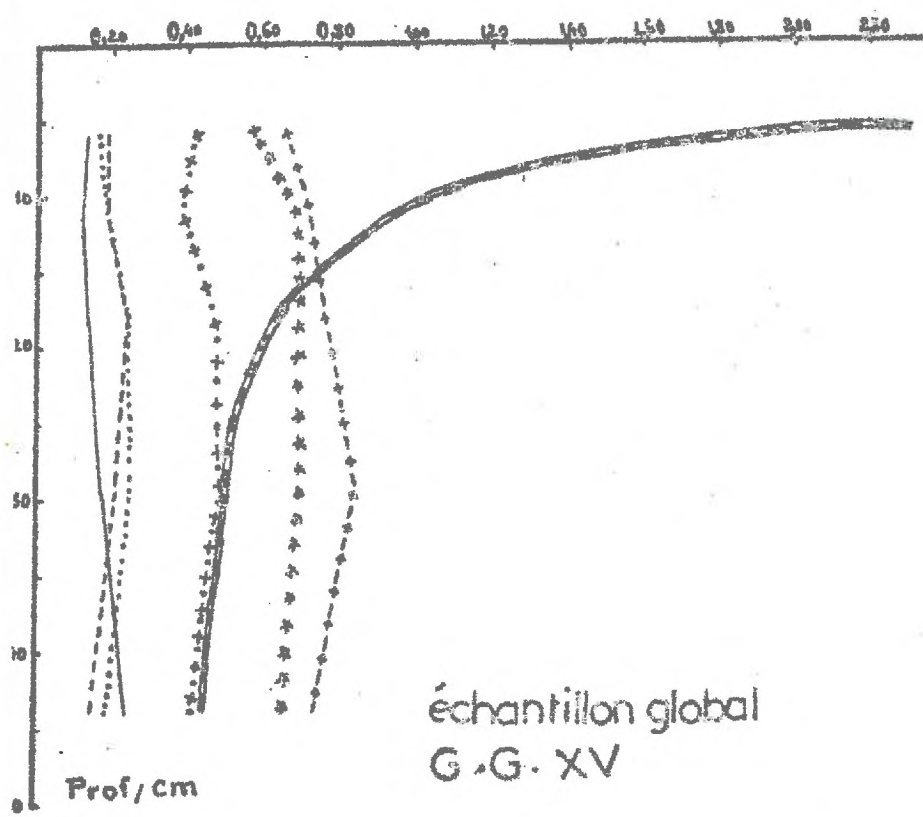
Vu
et Permis d'imprimer

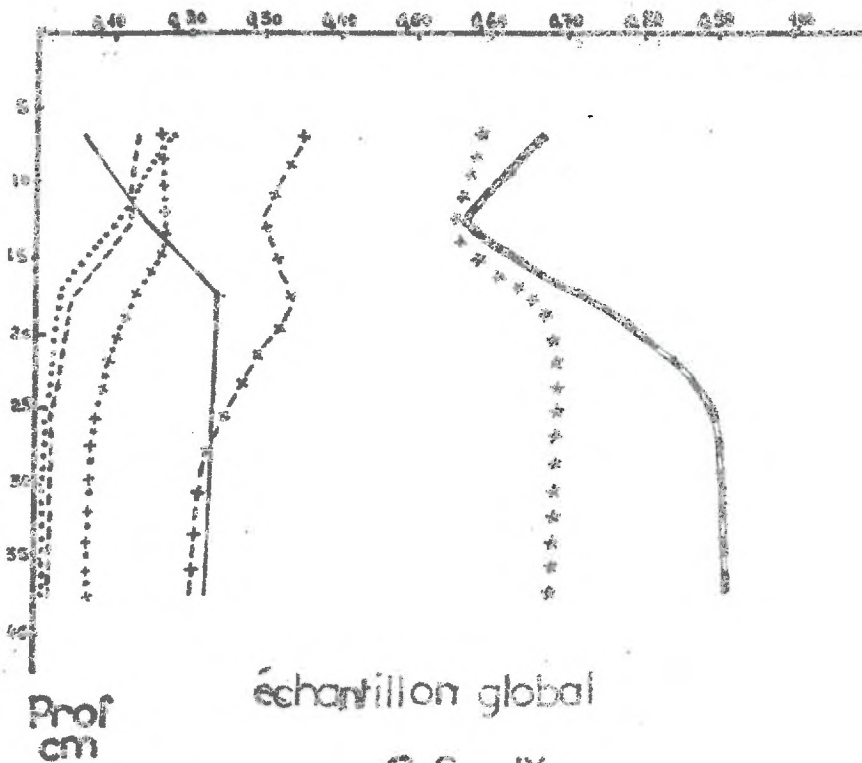
Le Recteur de l'Académie
de Paris

J. ROCHE









G.S. XI ab
G.S. X
G.S. IX a

P_i total ———
P_i Org
P_i Chaux ———
P_i Alumine - - -
P_i Fe - · - · -
P_i Assi + - + - +
P_i mineral extract + P_i * * *

