

**UNE APPLICATION DU FRACTIONNEMENT GRANULOMETRIQUE  
EN VUE DE LA CARACTERISATION  
DE LA MATIERE ORGANIQUE ET DU PHOSPHORE DES SOLS**

**CAS D'UN SOL FERRALITIQUE (COTE D'IVOIRE)  
ET D'UN VERTISOL (NOUVELLE CALEDONIE)**

**Communication présentée aux "Journées-Laboratoires"  
de l'ORSTOM (Montpellier, 19-21 septembre 1989)**

**par Jean-Yves LAURENT**

**LABORATOIRE MATIERE ORGANIQUE DES SOLS TROPICAUX  
ORSTOM FORT DE FRANCE  
BP 81  
97256 FORT DE FRANCE Cedex**

**I. INTRODUCTION**

---

Pour ces travaux concernant l'étude du fonctionnement actuel des sols tropicaux cultivés et les mécanismes de stockage de la matière organique et du phosphore dans les sols, le Laboratoire Matière Organique des Sols Tropicaux de MARTINIQUE utilise une méthode de caractérisation des sols : le fractionnement granulométrique à dispersion maximale.

Dans le cadre de nos "JOURNEES-LABORATOIRE", je présente les résultats obtenus sur des échantillons de sols qui font partie de la série "témoins laboratoires ORSTOM" afin d'illustrer cette méthodologie.

## **II. MATERIEL ET METHODES**

---

### **ECHANTILLONS**

Les échantillons analysés comprennent un sol ferrallitique de COTE D'IVOIRE (lot analysé G 8 T 1-5) et un vertisol de NOUVELLE CALEDONIE (lot analysé G 26 T 2-51). Les analyses mécaniques, les teneurs en carbone, azote et formes du phosphore de ces sols sont présentées dans le tableau 1.

### **METHODE DE FRACTIONNEMENT** (figure 1)

#### **1. Dispersion**

Sur chacun des échantillons (35 g de sol tamisé à 2 mm pour 350 ml d'eau), deux types de dispersion ont été faits avec une répétition. Le rapport 1/10 et avec 17 heures d'agitation permet d'extraire les formes solubles à l'eau du phosphore.

##### **a) Dispersion à pH 10**

Après 17 heures d'agitation à l'eau, la suspension de sol est amenée à pH 10 sous agitation pendant 2 heures, par de la soude N/10 (au titrateur automatique).

##### **b) Dispersion résine**

Cette dispersion est obtenue par agitation pendant 17 heures de la suspension de sol avec 100 ml de résine cationique (RN 77, saturée Na<sup>+</sup>) contenue dans des sacs de toile calibrés à 60 et 45 µm.

#### **2. Séparation des fractions**

##### **a) Tamisage**

Les fractions supérieures à 200 µm, 50-200 µm et 20-50 µm sont isolées sur des tamis de 200, 50 et 20 µm par tamisage sous eau. Dans les fractions supérieures à 50 µm, on isole

la fraction organique de la fraction minérale par battée dans l'eau, ces fractions sont appelées FO et FM.

La fraction inférieure à 20  $\mu\text{m}$  est centrifugée à 16 000 tr/mn pendant 20 mn. Le surnageant constitue la fraction soluble notée W. Le culot contenant argiles + limons est redispersé et ajouté à l'eau de lavage des fractions supérieures à 20  $\mu\text{m}$ . L'ensemble de la fraction inférieure à 20  $\mu\text{m}$  est mis en allonges à sédimenter.

#### b) Sédimentation

La séparation des argiles (FO - 2 $\mu\text{m}$ ) des limons fins (F2 - 20  $\mu\text{m}$ ) se fait par sédimentation et par épuisements successifs.

#### c) Floculation

Les argiles soutirées lors de la sédimentation sont floculées avant d'être séchées, le liquide surnageant est jeté.

Les argiles des échantillons dispersées par NaOH sont floculées par HCl jusqu'à obtenir un pH voisin de 3, les argiles des échantillons dispersés par les résines sont floculées par une solution de chlorure de zinc à pH 5.

Les différentes fractions sont séchées à 60°C, pesées et broyées.

### 3. Analyses de carbone, azote et formes du phosphore

#### a) Dosages du carbone et de l'azote

Les teneurs en carbone et en azote des fractions sont obtenues à l'aide de l'analyseur élémentaire ANA 1500 de CARLO ERBA. Pour la fraction W, elle s'effectue par adsorption d'un volume connu sur une masse connue de quartz pulvérisé, après acidification, avant séchage dans le cas de la dispersion soude.

L'analyseur élémentaire ANA 1500 permet de doser le carbone avec une erreur < 2 % et l'azote avec une erreur < 5 % sur des prises d'essai de 3 à 4 mg pour les fractions organiques et jusqu'à 60-70 mg pour les fractions minérales.

### b) Dosages des formes du phosphore

Le seuil de fiabilité des méthodes colorimétriques du dosage du phosphore nécessite que l'on regroupe certaines fractions compte tenu de leur faible teneur en phosphore. Les fractions FO et FM supérieures à 200  $\mu\text{m}$  et FO et FM supérieures à 50  $\mu\text{m}$  sont regroupées pour chaque répétition.

Pour les fractions inférieures à 20  $\mu\text{m}$ , on ne regroupe que les deux répétitions pour pouvoir comparer l'effet de l'agent dispersant.

### EXTRACTIONS

1) Le phosphore total est obtenu par attaque de l'échantillon à l'acide nitrique bouillant après calcination de l'échantillon à 550°C, après élimination de l'acide nitrique par évaporation à sec, le phosphore est solubilisé dans une solution  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{N}$ .

2) Le phosphore organique est déterminé par différence entre deux extraits ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 N, 17 heures d'agitation) : sans et avec calcination de l'échantillon à 550°C pendant 2 heures (méthode SAUDERS et WILLIAMS modifiée par ANDERSON, 1960).

### DOSAGES

Le phosphore des extraits de sols et fractions est dosé selon DUVAL (1962). Les phosphates libres des fractions W sont dosés par la méthode de JOHN (1970), complexe molybdo-vanadique réduit.

## III. RESULTATS

### a) Les bilans pondéraux (figure 2)

Les bilans pondéraux sont compris entre 99,7 et 100,2 % pour le sol ferrallitique. Pour l'un des fractionnement de ce sol, le bilan déficitaire correspond à un manque dans la fraction supérieure à 200  $\mu\text{m}$  indiquant une perte lors des tamisages. Les bilans pondéraux sont compris entre 100,5 et 102 % pour le vertisol.

## b) Effet de l'agent dispersant

Nous comparons les résultats des fractionnements granulométriques à l'analyse mécanique :

- sol ferralitique : les fractions  $F > 200 \mu\text{m}$  et  $F 50-200 \mu\text{m}$  des fractionnements granulométriques sont voisines de celles obtenues par l'analyse mécanique, on ne note pas d'effets du mode de dispersion sur ces fractions, ainsi que sur la fraction  $F 0-2 \mu\text{m}$ . Le sol ferralitique peut être considéré comme étant bien dispersé sans que le type de dispersion utilisé influence la répartition pondérale des fractions ;
- vertisol : il y a une bonne correspondance entre les résultats obtenus par le fractionnement granulométriques et l'analyse mécanique pour la fraction  $F > 200 \mu\text{m}$ . Pour cette fraction, on ne peut noter un effet du mode de dispersion, compte tenu de la variabilité en sables grossiers induite par le quartage de l'échantillon.

La dispersion totale du vertisol étudié est meilleure avec la dispersion aux résines  $\text{Na}^+$ . Par rapport à la dispersion à pH 10, les fractions  $0 - 2 \mu\text{m}$  obtenues après dispersion par les résines augmentent au détriment des fractions de la taille des limons.

## b) Le carbone et l'azote (tableau 2)

### 1) Le carbone

- Les bilans carbonés sont de 97 % au minimum et 100,5 % au maximum pour le vertisol, et de 100 et 102 % pour le sol ferralitique malgré une faible teneur en carbone 3,87 %/...
- La qualité de la battée peut être jugée par les teneurs en carbone des FO et des FM, en général les teneurs des FO (débris végétaux exempts de sables) sont supérieures à 30 % de carbone.

### 2) L'azote

- Les bilan azotés sont proches de 100 % de l'azote du sol non fractionné pour le sol ferralitique malgré une très

faible teneur en azote total de l'échantillon 0,33 %/., et autour de 96 % pour le vertisol.

- Il faut noter la présence de 150 ppm d'azote minéral dans le vertisol qui ne sont pas accessibles à l'issue du fractionnement granulométrique. En effet, cette forme de l'azote est entraînée avec les différentes eaux de rinçage. Il est donc nécessaire d'effectuer par ailleurs une mesure de l'azote minéral par extraction au KCl N sur le sol total. Un traitement préalable au KCl est possible dans le cas de la dispersion aux résines.

### 3) Le rapport C/N

- Ce rapport C/N élevé (> 30) des fractions grossières montre que l'on a à faire à des débris végétaux pas ou peu humifiés (matière organique figurée).
- Ce rapport décroît lorsque l'on tend vers les fractions plus fines, signe d'une humification de plus en plus poussée.

### c. Le phosphore

Voir tableau 3 pour le sol ferrallitique et tableau 4 pour le vertisol.

#### 1) Le phosphore total

- Les bilans en phosphore total du fractionnement après dispersion à pH 10 sont acceptables (99 - 105 % pour le vertisol et 97 - 100 % pour le sol ferrallitique).
- Dans les fractions 0 - 2  $\mu\text{m}$ , les teneurs en P total sont toujours plus fortes dans le cas de la dispersion aux résines.

#### 2) Le phosphore minéral

- Pour les deux sols, par rapport à la dispersion aux résines, les bilans sont significativement déficitaires (94 - 105 % pour le vertisol et 90 - 99 % pour le sol ferrallitique).
- Une différence de 30 % est enregistrée sur la fraction 0 - 2  $\mu\text{m}$  entre le traitement pH 10 et résines, on peut

supposer un effet de mise en solution des phosphates lors de la floculation acide, non dosés ici.

- Dans le cas du sol ferrallitique, on note une augmentation de P minéral dans la fraction W issue du fractionnement à pH 10, ce mode de dispersion à pH 10 solubilise plus de phosphates que la dispersion aux résines.

### 3) Le phosphore organique

- Les bilans sont bons pour le vertisol (101 et 95 %) et le sont moins pour le sol ferrallitique (77 et 78 %). Il n'existe pas de méthode pour doser directement le phosphore organique qui est obtenu par différence entre phosphore extrait par  $H_2SO_4$ , sans et après calcination.
- On ne note pas de différence significative quelle que soit la méthode de dispersion ou de floculation employée, sur les teneurs en P organique des fractions fines.

## IV. CONCLUSIONS

---

Nous avons vérifié que les bilans pondéraux sont bons, que les bilans carbonés, azotés et phosphorés sont bons, nous pouvons donc dire que le fractionnement granulométrique est une méthode fiable pour avoir un aperçu des compartiments du sol, et avec un intervalle de confiance satisfaisant, même avec des sols pauvres en matière organique.

L'agent de dispersion a un effet sur la dispersion dans les fractions fines sur le vertisol étudié.

Il faut noter aussi que les résines enfermées dans un sac peuvent avoir une action mécanique sur des fractions grossières en cours d'altération ou friables.

Le fractionnement granulométrique couplé avec des incubations et du marquage isotopique à l'azote 15 permet une étude du comportement dynamique du sol. Ce genre d'étude est faite de façon courante au laboratoire M.O.S.T. de MARTINIQUE.

**REFERENCES**

---

ANDERSON, G. (1960) : Factors affecting the estimation of phosphate-esters in soils. *J. of Sci. of Food and Agric.*, 11, 497-503.

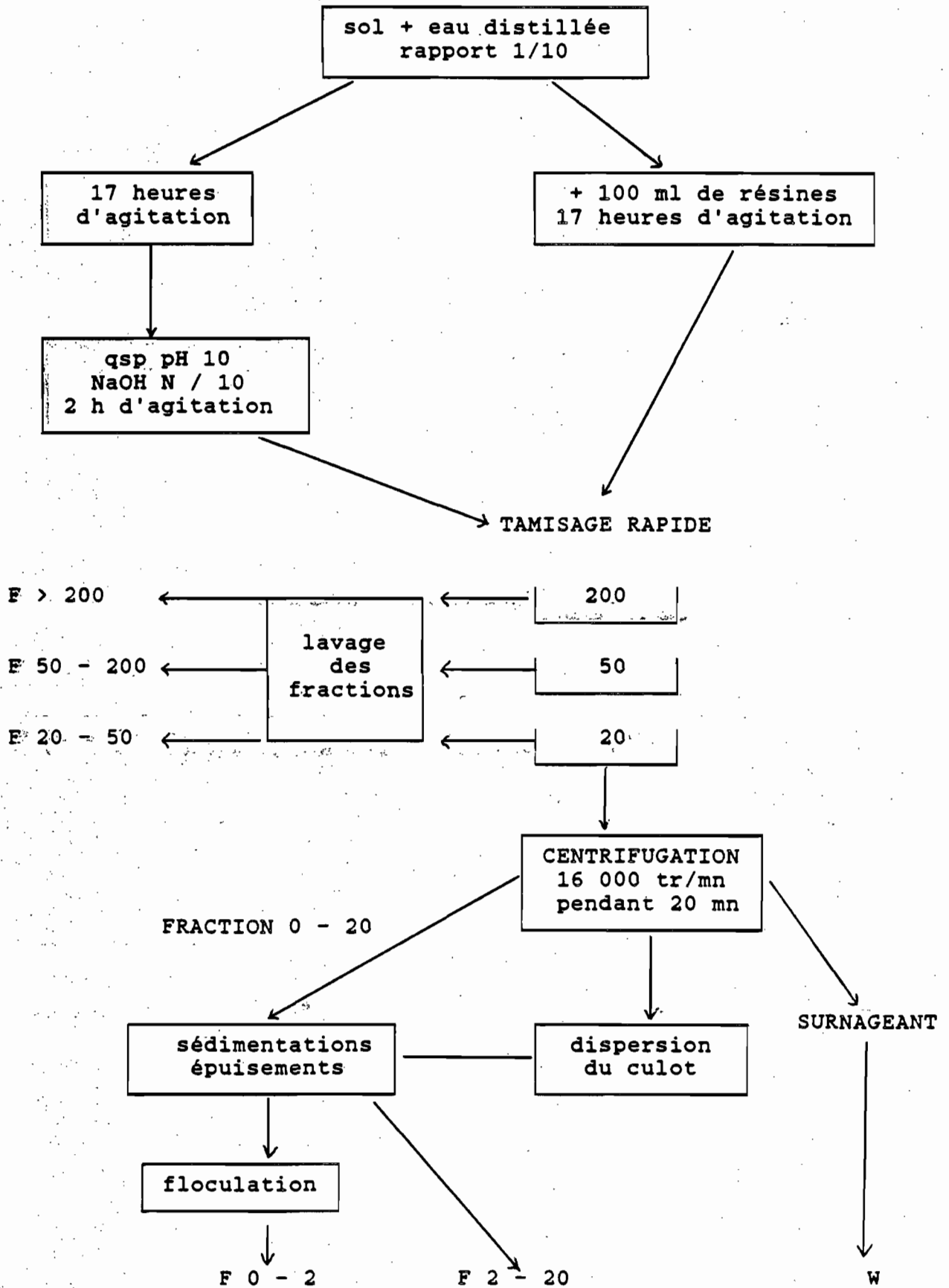
DUVAL, L. (1962) : Dosage céruléomolybdique de l'acide phosphorique dans les sols, les végétaux et les engrais. *Ann. Agro.*, 469-482.

JOHN, M.K. (1970) : Colorimetric determination of phosphorus in soil and plant material with ascorbic acid. *Soil Science*, 109 (4), 214-220.



**TABLEAU 1 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SOLS**

	SOL FERRALITIQUE	VERTISOL
<b>ANALYSE MECANIQUE (% T.S. air)</b>		
Fraction $\mu\text{m}$		
2 000 - 200	43,09	3,35
50 - 200	28,75	6,82
20 - 50	4,93	8,66
2 - 20	7,75	20,53
0 - 2	12,34	51,26
Humidité	1,05	7,00
M.O.	0,67	4,04
Total	98,58	101,66
<b>MATIERE ORGANIQUE (mgC ou N.g-1 sol)</b>		
C	3,87	23,45
N	0,33	1,7
C/N	11,7	13,8
<b>AZOTE MINERAL (KCl N)</b>	<b>(PPM de N de T.S. AIR)</b>	
N de $\text{NO}_3$	N.D.	50
N de $\text{NH}_4$	N.D.	100
<b>PHOSPHORE (<math>\mu\text{gP.g-1 T.S. } 70^\circ\text{C}</math>)</b>		
P total	155	184,2
P minéral	66,8	95,2
P organique	83,4	61,5
P assimil. OLSEN-DABIN	39,6	57,6



1 : Tableau synoptique du fractionnement granulométrique

**Tableau 2 : Bilan des fractionnements granulométriques de la matière organique des sols  
SOLS FERRALITIQUES DE COTE D'IVOIRE**

FRACTION	DISPERSION pH 10 (NaOH 0.1 N)						DISPERSION RESINES					
	1			2			1			2		
	C mg.g-1	N de sol	C/N	C mg.g-1	N de sol	C/N	C mg.g-1	N de sol	C/N	C mg.g-1	N de sol	C/N
FO 200	0.46	0.01	33.06	0.29	0.01	30.03	0.34	0.01	29.90	0.37	0.01	27.49
FM 200	0.27	0.01	30.10	0.17	0.01	21.59	0.24	0.01	25.49	0.24	0.01	22.37
FO 50 - 200	0.33	0.02	20.72	0.33	0.01	23.12	0.28	0.02	16.88	0.23	0.01	16.20
FM 50 - 200	0.32	0.02	16.00	0.26	0.01	19.59	0.14	0.01	14.30	0.19	0.01	15.69
F 20 - 50	0.41	0.03	14.74	0.40	0.02	16.91	0.34	0.02	13.70	0.32	0.02	13.17
F 2 - 20	0.77	0.06	13.51	0.92	0.07	13.80	0.84	0.07	12.76	0.81	0.06	12.74
F 0 - 2	1.11	0.13	8.26	1.32	0.16	8.29	1.54	0.18	8.78	1.52	0.18	8.64
W	0.26	0.03	8.97	0.28	0.03	8.88	0.22	0.02	11.00	0.19	0.02	11.18
TOTAL	3.93	0.31		3.96	0.33		3.93	0.33		3.88	0.33	
Sol non frac.	3.87	0.330	11.73	3.870	0.330	11.73	3.870	0.330	11.73	3.870	0.330	11.73

**VERTISOL DE NOUVELLE CALEDONIE**

FRACTION	DISPERSION pH 10 (NaOH 0.1 N)						DISPERSION RESINES					
	1			2			1			2		
	C mg.g-1	N de sol	C/N	C mg.g-1	N de sol	C/N	C mg.g-1	N de sol	C/N	C mg.g-1	N de sol	C/N
FO 200	1.67	0.05	35.84	1.79	0.04	45.11	1.73	0.06	31.51	1.68	0.04	39.18
FM 200	0.16	0.01	19.17	0.17	0.01	30.42	0.26	0.01	19.75	0.34	0.01	24.80
FO 50 - 200	2.90	0.12	24.06	2.16	0.07	29.47	1.96	0.08	25.05	1.90	0.07	25.65
FM 50 - 200	0.26	0.02	16.15	0.66	0.03	23.91	0.37	0.02	20.98	0.32	0.02	20.80
F 20 - 50	2.57	0.14	19.02	2.92	0.13	21.90	2.28	0.11	21.10	2.00	0.09	21.76
F 2 - 20	5.34	0.28	19.04	5.58	0.28	16.96	5.42	0.27	13.93	5.51	0.28	19.68
F 0 - 2	8.98	0.77	11.70	9.26	0.80	11.62	10.09	0.82	12.23	10.03	0.82	12.22
W	0.89	0.12	7.43	1.02	0.14	7.10	0.93	0.11	8.85	1.25	0.16	7.95
N minéral		0.15			0.15			0.15			0.15	
TOTAL	22.77	1.64	13.85	23.57	1.65		23.04	1.62		23.02	1.65	
Sol non frac.	23.45	1.70	13.79	23.46	1.70	13.80	23.45	1.70	13.79	23.45	1.70	13.79

Tableau 3 : Bilan des fractionnements granulométriques du phosphore du sol ferrallitique

DISPERSION à pH 10 (NaOH 0.1 N)

FRACTION	P TOTAL			P ORGANIQUE			P MINERAL		
	µg/g F	µg/g SOL	% P TOTAL	µg/g F	µg.g SOL	% P ORG.	µg/g F	µg/g SOL	% P MIN.
F 200	57.1	24.3	15.7	15.1	6.4	7.71	28.6	12.2	18.25
F 50 - 200	43	12.5	8.04	15.6	4.5	5.42	19.2	5.6	8.34
F 20 - 50	124	6.6	4.25	51.1	2.7	3.26	55.6	3	4.42
F 2 - 20	291.8	22.4	14.47	153	11.8	14.1	81.4	6.3	9.36
F 0 - 2	512.8	71.2	51.35	264.7	36.8	44.08	164.6	22.9	15.69
W		12.8	8.28		2.3	2.81		10.5	15.69
TOTAL		149.9	96.72		64.5	77.38		60.3	90.28
SOL TOTAL		155			83.4			66.8	

DISPERSION RESINES

FRACTIONS	P TOTAL			P ORGANIQUE			P MINERAL		
	µg/g F	µg/g SOL	% P TOTAL	µg/g F	µg/g SOL	% P ORG.	µg/g F	µg.g SOL	% P MIN.
F 200	57.1	24.3	15.7	15.1	6.4	7.71	28.6	12.2	18.25
F 50 - 200	43	12.5	8.04	15.6	4.5	5.42	19.2	5.6	8.34
F 20 - 50	124	6.6	4.25	51.1	2.7	3.26	55.6	3	4.42
F 2 - 20	258.8	18.7	12.05	133.8	9.7	11.57	83.6	6	9.03
F 0 - 2	575.5	85	54.85	264.2	39	46.77	231.3	34.1	51.11
W		8.5	5.51		3.3	3.99		5.2	7.81
TOTAL		155.6	100.39		65.6	78.72		66.1	98.95
SOL TOTAL		155			83.4			66.8	

**Tableau 4: Bilan des fractionnements granulométriques du phosphore du vertisol**

**DISPERSION à pH 10 (NaOH 0.1 N)**

FRACTION	P TOTAL			P ORGANIQUE			P MINERAL		
	µg/g F	µg/g SOL	% P TOTAL	µg/g F	µg.g SOL	% P ORG.	µg/g F	µg/g SOL	% P MIN.
F 200	292.7	9.4	5.13	97.5	3.1	5.11	101.2	3.3	3.43
F 50 - 200	123.4	11.3	6.15	31.4	2.9	4.68	62.6	5.8	6.04
F 20 - 50	112.6	11.6	6.28	29.9	3.1	4.98	62	6.4	6.69
F 2 - 20	95	24.7	13.42	49.1	12.8	20.77	34.2	8.9	9.36
F 0 - 2	218.1	105.8	57.45	67	32.5	52.8	108.3	52.5	55.18
W		0.7	11.22		8.1	13.15		12.6	13.21
TOTAL		183.5	99.65		62.5	101.49		89.4	93.91
SOL TOTAL		184.2			61.5			95.2	

**DISPERSION RESINES**

FRACTIONS	P TOTAL			P ORGANIQUE			P MINERAL		
	µg/g F	µg/g SOL	% P TOTAL	µg/g F	µg/g SOL	% P ORG.	µg/g F	µg.g SOL	% P MIN.
F 200	292.7	9.4	5.13	97.5	3.1	5.11	101.2	3.3	3.43
F 50 - 200	123.4	11.3	6.15	31.4	2.9	4.68	62.6	5.8	6.04
F 20 - 50	112.6	11.6	6.28	29.9	3.1	4.98	62	6.4	6.69
F 2 - 20	90.1	22.4	12.18	56.6	14.1	22.92	34	8.5	8.89
Æ5302 - 2	112.7	61.21	48.2	21.5	34.86	147.2	65.5	68.85	
W		25.8	14.01		14.3	23.25		11.5	12.08
TOTAL		193.3	104.96		59	95.81		100.9	105.97
SOL TOTAL		184.2			61.5			95.2	