

DIRECTION POUR LE DEVELOPPEMENT
DE L'ECONOMIE RURALE

SERVICE DE LA RECHERCHE, DE LA
FORMATION ET DE LA DIFFUSION

CENTRE DE RECHERCHE ET
D'EXPERIMENTATION AGRONOMIQUES
DE NESSADIOU

C.I.D.E.R - SUD

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION(ORSTOM)

CENTRE DE NOUMEA

UR E9

Bernard DENIS
William NIGOTE

RECHERCHE DE DEUX VERTISOLS NON MAGNESIENS EN VUE D'UNE
ETUDE MULTILOCALE DE LEUR FERTILITE.
DEDUCTION D'UNE METHODOLOGIE POUR UNE TELLE PROSPECTION

TOME I
TEXTE

Février 1987

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT

RESUME

- 1) OBJECTIFS DU RAPPORT
- 2) CHOIX DES SITES
- 3) CHOIX DES DEUX TERRAINS
- 4) REALISATION DES PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS DE SOL
- 5) PREMIERES DEDUCTIONS APRES EXAMEN DES RESULTATS D'ANALYSE

- 5.1) Terrain "Marchand"
- 5.2) Terrain "Greppo"
- 5.3) Conclusions

6) DEDUCTIONS COMPLEMENTAIRES

- 6.1) Définitions
- 6.2) Introduction
- 6.3) Variabilité des différentes caractéristiques analysées dans les deux horizons.
 - 6.3.1) Acidité du sol
 - 6.3.2) Matière organique
 - 6.3.3) Phosphore
 - 6.3.4) Complexe échangeable
- 6.4) Appréciation sur la plus ou moins grande homogénéité du champ concerné.

7) CONCLUSIONS GENERALES

- 7.1) Relatives à la technique des prélèvements d'échantillons et à la méthode d'étude des résultats analytiques (graphiques et calculs).
- 7.2) Relatives à la recherche d'autres terrains d'essai : le terrain d'essai de Pouembout sert de point de comparaison.

8) BIBLIOGRAPHIE

AVERTISSEMENT

Ce document est le premier de la série concernant l'étude de la variabilité de la fertilité des vertisols non magnésiens

Celle-ci est, pour mémoire, la première étude prévue dans le cadre de la convention particulière signée au début de l'année 1985 entre le territoire de la Nouvelle-Calédonie et dépendances et l'ORSTOM pour l'étude de la variabilité de la fertilité des vertisols non magnésiens

Cette convention particulière s'inscrit elle-même dans le cadre plus large du Protocole Général passé entre le Territoire et l'ORSTOM pour l'étude de la fertilité naturelle et de l'évolution sous culture des sols de la Nouvelle-Calédonie.

Le travail de prélèvement de terrain et la longue préparation des échantillons ont été réalisés par l'ORSTOM de Nouméa (William NIGOTE, Dudley NICHOLLS et Bernard DENIS). Les analyses du laboratoire ont été effectuées au laboratoire du Centre de Recherche et d'Expérimentation Agronomique (CREA) de NESSADIOU dirigé par Madame GOURDON. Les tests rapides sur les échantillons du terrain "Greppo" ont été faits au laboratoire de l'ORSTOM de Nouméa.

RESUME

Le but de ce travail est de trouver 2 terrains aussi homogènes que possible dont le sol soit un vertisol modal équilibré, c'est à dire très proche de celui retenu dans la zone de Pouembout pour l'essai de fertilisation sur 5 années. (notamment MGE/CAE= 1.5).

En dehors des contingences techniques (irrigation possible, agriculteur actif pouvant effectuer au moins 50% des travaux), il fallait que les terrains soient situés dans des plaines céréalières. Il y avait donc à choisir entre les zones de Gomen-Temala, la Foa et Tontouta. La première a été éliminée au moment de la prospection (fin 85) pour des raisons liées à des problèmes non techniques; la seconde est en fait une zone où l'on trouve surtout des sols alluvionnaires récents; restait la plaine de Tontouta.

Avec l'aide de la Cider Sud (et spécialement sa section "céréale"), il a été possible de retenir 2 terrains, l'un chez Mr Marchand, l'autre chez Mr Greppo. Les résultats d'analyses fournies par la Cider Sud avaient permis d'éliminer un certain nombre de zones dont les vertisols présentaient un complexe échangeable trop déséquilibré (teneur en magnésium échangeable trop élevée par rapport à celle du calcium échangeable).

Le carroyage des prélèvements a d'abord été établi dans le champ de Mr Marchand. Huit hectares ont été piquetés (2 bandes parallèles de 4 hectares). Dans chacune, ont été délimitées 25 parcelles de 400 m² chacune (20 x 20). Dans chaque parcelle, un échantillon moyen a été prélevé; il était formé de 9 prélèvements élémentaires réalisés selon les 2 diagonales.

Pour des raisons de délai, il a été décidé que l'on analyserait 5 échantillons par hectare, formés chacun à partir de 5 échantillons élémentaires. S'il s'avérait nécessaire d'avoir plus de précision spatiale, on pourrait toujours analyser les échantillons élémentaires.

Comme les premiers résultats d'analyse ont permis de voir que le terrain était en réalité hyper-magnésien, les analyses ont été arrêtées après le 4ème hectare.

Pour le champ de Mr Greppo, afin d'éviter des analyses coûteuses, des tests rapides ont été effectués au laboratoire de l'ORSTOM à Nouméa. Ils ont aussi hélas ! montré que cette seconde zone était également hyper-magnésienne.

Il fallait donc recommencer sur d'autres terrains le travail long et fastidieux effectué sur celui de Mr Marchand. Il restait malgré tout les 80 séries de résultats analytiques. Il a donc été décidé de faire comme si le terrain convenait pour l'essai projeté et de se rendre compte si ce genre de méthode de prélèvements convenait pour tester l'hétérogénéité ou l'homogénéité d'une zone de plusieurs hectares.

Pour cela il a été fait appel non seulement aux techniques classiques de calcul statistique (cf.annexe 5) mais aussi et surtout à des représentations graphiques spatiales, globales ou orientées dans deux directions orthogonales. Pour ces deux dernières, les 20 moyennes de chaque caractéristique ont été réparties dans cinq classes de "dimension" égale définies à l'intérieur de l'écart existant entre les valeurs minimales et maximales. Cette répartition peut se réaliser par des graphiques aussi bien pour les colonnes (direction verticale) que pour les lignes (direction horizontale). Le calcul des indices pondérés - qui caractérisent la moyenne de la classe représentative pour une colonne ou une ligne-permet de mettre en évidence des gradients, des répartitions aléatoires ou des distributions homogènes. (cf.annexes 4).

La représentation graphique spatiale globale donne un aperçu de la répartition des 20 valeurs moyennes dans le parcellaire. (cf.annexe 2). Elle permet soit de confirmer les déductions des répartitions en classes selon l'une ou l'autre direction ainsi que des données chiffrées, soit de moduler le jugement porté sur l'état homogène ou hétérogène du terrain par une amplification ou une diminution de l'état constaté. Il a été ainsi possible de visualiser une beaucoup plus grande hétérogénéité que ne le laissèrent prévoir les trois séries de déductions.

Ceci signifie simplement que chacune des 4 interprétations successives ne peuvent à elles seules autoriser à porter un jugement. Seul la confrontation des 4 rend possible l'appréciation entachée de l'erreur la moins importante et donc la moins préjudiciable pour l'essai (ou les essais) à installer.

En conclusion, il serait intéressant d'opérer de façon identique sur les 2 ou 3 zones qui vont être délimitées sur des sols testés rapidement (CAE,MGE) et qui ,de ce fait, pourraient convenir. Ce serait le moyen de savoir si une telle façon de procéder est utile et autorise à porter un jugement de valeur satisfaisant.

Mais il sera probablement difficile de trouver le nombre d'hectares suffisants pour réaliser le type d'essai envisagé. Peut-être serait-il plus prudent de prévoir 3 ou 4 zones caractérisées par 2 ou 3 "Variétés" de Vertisols modaux; dans ce cas, on pourrait cultiver chaque hectare (9 parcelles, 3 x 3 en carré latin) de chaque zone durant 3 ou 4 ans et effectuer des comparaisons:

- entre chaque hectare identique de chaque zone (essais multilocaux sensu stricto),

- entre les différents hectares de la même zone pour tester, par exemple, l'influence d'un facteur de variation (phosphore, calcium, azote....), toutes autres conditions (notamment climatiques) étant par ailleurs identiques.

1- OBJECTIFS DU RAPPORT

Ce document concerne les premières recherches entreprises sur la Côte Ouest du Territoire pour trouver deux sites dont les sols seraient des vertisols modaux équilibrés (rapport Mg/Ca compris entre 0,5 et 1,5). Les surfaces couvertes par chaque sol doivent être suffisantes pour que les résultats des études qui y seront menées soient extrapolables à d'autres régions dont les sols et l'environnement climatique seront similaires à ceux des sols retenus.

Il rend compte de l'issue de la recherche des sites le long de la Côte Ouest, des raisons du choix des deux zones retenues, enfin des résultats analytiques portant sur quelques caractéristiques analytiques fondamentales pour des sols à vocation agricole.

2- CHOIX DES SITES

La recherche des sites s'est limitée à la Côte Ouest; en effet les cartes de synthèse de M.LATHAM (synthèse à 1/1.000 000 et carte de l'atlas de Nouvelle Calédonie) mais surtout les cartes morpho-pédologiques à 1/25.000 réalisées par les pédologues de l'ORSTOM entre 1983 et 1985 entre Canala et Pouébo ont permis de conclure à la quasi absence de vertisols sur la Côte Est.

Pour établir les essais envisagés (deux, voire trois dans le cas le plus favorable), la zone de Kone-Pouembout a été écartée dans un premier temps; en effet l'essai sur vertisol installé en 1980 et qui s'achevait à la fin de 1985 apportait suffisamment de renseignements pour l'instant.

Il restait donc la région de Gomen-Temala-Koumac d'une part, celle s'étendant de la Foa à Tontouta d'autre part. La seconde nous est apparue plus propice du fait de l'installation imminente d'un réseau d'irrigation et de la meilleure connaissance des sols que l'on en avait (prospection pédologique de l'ORSTOM et nombreux prélèvements de la CIDEF SUD).

Les régions de Boulouparis et de la Foa ont été rapidement éliminées. La première présentait essentiellement des vertisols magnésiens et sodiques; la seconde était surtout caractérisée par des surfaces d'alluvions récentes importantes avec des sols peu évolués d'apport mais peu d'alluvions anciennes à vertisols. Finalement seule restait la région de Tontouta où se sont développés de nombreux vertisols, de l'équilibré à l'hypermagnésien.

Cette région est l'une des deux zones céréalières importantes du territoire avec celle du Centre Nord Calédonien. Une dizaine d'agriculteurs cultivent les céréales sur de grandes surfaces et ils s'intéressent non seulement à leurs rendements mais au devenir de leur "Capital-sol". Deux raisons supplémentaires et indispensables dont il avait été décidé de tenir compte.

3- CHOIX DES DEUX TERRAINS

- 3.1 - Une réunion de synthèse avait lieu au début du second trimestre 1985 à la CIDER SUD. Etaient présents :

- Mr Philippe Lombardet, responsable de la section "céréales" à la CIDER SUD
- Mr Laurent Collet, Directeur du Centre de Recherche et Expérimentation Agronomique (C.R.E.A.) de Nessadiou.
- Melle Ch. Thomann, pédologue Orstom
- Mr B. Bonzon, agronome Orstom
- Mr Ph. André, VAT Agronome Orstom
- Mr B. Denis, pédologue Orstom

Etant donné la variabilité importante du rapport Mg/Ca et des valeurs absolues des deux cations, qui a été notée dans les résultats d'analyses des pédologues (variabilité due à des changements rapides et difficilement expliquables sur un terrain apparemment homogène), il a été jugé opportun d'utiliser les documents pédologiques dans un premier temps seulement pour délimiter sur le terrain les zones de vertisols.

Ce travail ayant été fait rapidement après lecture de la carte, il fallait procéder par élimination selon des critères préalablement établis.

* Il était indispensable de connaître les agriculteurs volontaires d'abord pour immobiliser une partie de leurs terres de culture pendant au moins trois ans, voire cinq ans; ensuite pour participer aux différentes phases de l'essai dans la proportion de 50% du temps nécessaire à un cycle cultural; enfin pour apporter le matériel indispensable et notamment un système d'irrigation adapté à ce type de sol argileux à perméabilité réduite.

** Il était nécessaire d'éliminer alors tous les vertisols qui présentaient soit des rapports Mg/Ca trop élevés, soit des teneurs en magnésium trop fortes, soit enfin des rapports Na/T > 10% pour éviter d'avoir des problèmes avec des migrations d'ions (Na^+) du fait de l'irrigation.

Pour ce faire, afin d'accélérer ce travail préliminaire, Mr Philippe Lombardet nous a fourni un listing informatique des résultats d'analyses d'une quarantaine d'échantillons prélevés en des endroits très précis par la CIDER SUD chez un certain nombre de céréaliers de la région (cf. Tableau 1). Nous nous sommes donc appuyés sur ces résultats dont la situation parcellaire connue permettait de retenir de suite les terrains dont le chimisme paraissait satisfaisant.

Tableau 1 - Resultats d'Analyses Fournis par la CIDER-Sud

NOM		C	N	CN	P	CA	HG	NA	K	PASS	PH	CAE	HGE	NAE	KE	CA/HG	H/CA	VAL(T)	Na/T %	S/T %
DUBATON	1	32.27	2.53	12.75	0.13	7.95	331.62	0.69	0.87	10	6.46	4.55	20.91	0.16	0.10	0.22	4.59	28.18		
AUJOUCE	2	28.75	2.74	10.49	0.36	31.52	30.44	1.56	1.47	40	6.22	10.09	10.61	0.32	0.04	0.95	1.05	40.00		
MOUREN	3	18.55	1.38	13.44	0.36	40.22	72.82	2.48	1.13	33	5.74	22.37	18.75	0.76	0.31	1.19	0.83	42.17		
MOUREN	4	28.97	2.01	14.41	0.67	35.16	68.14	1.95	2.29	66	6.19	26.20	24.62	1.01	0.43	1.06	0.93	46.60		
MOUREN	5	32.47	2.29	14.18	0.90	27.17	71.74	2.30	2.26	75	5.55	19.30	22.26	1.46	0.57	0.66	1.15	47.20		
MOUREN	6	23.48	1.74	13.49	0.99	91.40	127.95	3.87	1.33	154	6.00	35.27	16.58	0.59	0.29	1.09	0.52	53.46		
MOUREN	7	26.88	2.03	14.23	0.75	43.01	83.67	2.88	3.14	65	5.83	25.12	18.75	0.95	0.40	1.33	0.74	46.21		
KATU	8	34.69	2.91	11.92	0.90	15.32	65.59	0.80	2.51	999	6.30	8.90	18.23	0.67	0.66	0.46	2.04	28.95		
KATU	9	16.04	1.19	13.48	0.24	2.06	4.89	1.40	2.70	10	5.50	2.00	1.00	0.14	0.26	9.99	9.99	5.03		
BALLANDE K	10	16.62	1.99	9.36	0.24	32.26	79.57	4.49	2.36	90	6.98	22.07	27.16	0.67	0.09	0.81	1.23	47.91		
BALLANDE K	11	12.64	1.47	8.60	0.79	47.37	96.84	4.49	4.76	260	6.92	17.63	17.10	0.20	0.09	1.04	0.95	36.11		
BALLANDE O	12	18.51	1.36	13.61	0.27	11.70	38.30	3.98	0.71	10	5.58	10.02	21.80	1.00	0.03	0.46	2.17	40.88		
BALLANDE N	13	29.38	2.64	11.13	0.56	21.28	43.61	2.60	3.02	105	5.23	16.17	14.46	1.79	0.97	1.11	0.89	36.63		
BALLANDE N	14	27.77	2.00	13.89	0.41	46.81	80.85	4.98	3.87	46	6.08	23.91	19.10	1.69	0.32	1.25	0.79	45.09		
BALLANDE N	15	22.51	1.28	17.59	0.27	40.86	67.10	4.43	2.80	31	6.68	22.19	20.47	1.84	0.20	1.08	0.92	43.05		
MAITRE	16	22.73	1.85	14.45	0.68	17.02	111.70	2.08	1.77	90	6.23	9.19	15.66	0.13	0.08	0.58	1.70	35.53		
MAITRE	17	30.43	1.99	15.29	0.71	20.21	100.00	1.43	1.47	90	6.03	9.59	16.00	0.10	0.07	0.60	1.66	36.99		
MAITRE	18	35.84	2.31	15.56	0.71	9.57	91.49	1.06	1.39	70	5.63	6.23	11.24	0.06	0.08	0.55	1.80	27.24		
MAITRE	19	29.69	1.68	17.67	0.68	28.89	87.78	1.45	2.33	150	6.26	15.12	32.35	0.29	0.14	0.46	2.13	51.65		
MAITRE	20	26.13	1.94	14.50	0.66	26.09	69.56	1.04	2.50	300	6.11	16.09	23.91	0.27	0.19	0.67	1.48	45.43		
MAITRE	21	35.67	2.58	13.90	1.03	20.65	63.05	0.47	2.89	130	5.54	14.28	32.66	0.20	0.20	0.43	2.20	49.34		
MAITRE	22	33.29	2.09	15.93	0.38	19.78	70.33	1.00	1.94	260	5.84	17.10	34.77	0.18	0.11	0.49	2.03	53.74		
MAITRE	23	29.72	1.78	16.70	0.26	19.57	71.73	1.81	2.42	50	6.40	16.83	38.38	0.21	0.16	0.43	2.28	54.84		
MAITRE	24	28.19	2.01	14.02	0.33	17.89	63.16	1.33	2.96	20	5.88	11.02	19.96	0.08	0.13	0.55	1.81	33.72		
MAITRE	25	23.12	1.68	13.76	0.23	11.11	93.33	1.21	2.22	10	6.11	5.60	37.51	0.34	0.14	0.15	6.69	48.67		
MAITRE	26	34.91	2.82	12.38	0.62	44.33	218.89	1.74	3.18	90	7.07	15.47	35.91	0.25	0.10	0.43	2.62	52.67		
MAITRE	27	13.43	1.13	11.08	2.20	48.94	323.40	1.48	2.34	70	6.98	7.23	22.73	0.12	0.04	0.32	3.14	30.85		
MAITRE	28	28.65	1.78	16.09	0.43	12.09	68.13	1.91	1.85	20	6.06	8.62	31.38	0.46	0.04	0.27	3.64	48.44		
* MERCIER	29	33.32	1.97	16.91	0.50	17.02	22.34	5.10	2.72	21	5.15	7.15	13.11	3.51	0.37	0.55	1.83	35.51	10	68
* MERCIER	30	31.60	2.36	13.39	0.80	65.96	67.23	7.82	7.44	94	6.41	29.26	12.94	1.11	0.76	2.26	0.44	42.47		104
* MERCIER	31	23.29	1.58	14.74	0.42	10.87	100.00	4.18	1.60	22	5.47	6.26	39.74	2.38	0.42	0.16	6.34	50.24		97
* MERCIER	32	28.19	1.95	14.46	0.29	12.63	37.90	4.88	1.34	51	5.27	8.93	11.20	4.55	0.26	0.80	1.25	30.33	15	82
* MERCIER	33	20.16	1.36	14.82	0.57	38.71	78.49	10.90	2.80	22	6.27	22.71	18.58	4.90	0.26	1.22	0.81	40.76	12	114
* MERCIER	34	20.42	1.38	14.80	0.36	61.29	123.66	10.07	4.44	83	6.80	27.70	21.51	4.65	0.37	1.28	0.77	46.30	10	113
SATAH	35	35.72	2.53	14.12	9.99	99.99	999.99	9.99	9.99	45	5.32	9.20	7.17	1.97	0.86	1.28	0.77	34.50		
RIVIERE	36	26.02	1.97	14.22	9.99	99.99	999.99	9.99	9.99	25	5.73	16.65	16.95	1.45	0.36	0.98	1.01	62.10		
RIVIERE	37	24.62	1.69	14.57	9.99	99.99	999.99	9.99	9.99	40	4.92	5.62	6.19	0.64	0.98	0.91	1.10	35.00		
BALLANDE N	38	41.26	2.82	14.63	0.30	16.30	146.74	1.91	1.91	22	5.66	6.68	44.84	0.55	0.46	0.15	6.71	52.32		
BALLANDE N	39	26.77	2.15	12.45	0.29	12.50	43.75	2.25	1.92	24	4.98	7.00	7.33	0.95	0.43	0.95	1.04	23.80		

* Certains sont affectés à Monsieur MAITRE et GREFFO

*** Deux céréaliers, Messieurs Marchand et Greppo, étaient propriétaires de terrains qui répondaient aux normes précisées plus haut (rapport Mg/Ca compris entre 0,5 et 1,5; rapport Na/T < 10%; teneurs en magnésium échangeable pas trop élevées)

- 3.2 - Une visite a eu lieu chez Mr Marchand (partie de l'ex-propriété Mercier). Le sol était effectivement un vertisol; le terrain était plat et la surface considérée suffisante pour y choisir trois hectares (8 à 10 hectares étaient piquetables).

Une autre visite a été effectuée un peu plus tard sur le terrain de Mr Greppo. Mais le piquetage s'avérant difficile pour obtenir 3 hectares sur la même parcelle, il a été jugé plus propice de se replier sur un champ mitoyen de la propriété de Mr Greppo mais appartenant à Mr Maitre.

Le piquetage ne s'est pas révélé aisé car le terrain proposé d'une part était encombré par 4 andains de plusieurs m³ de branches et troncs de Niaoulis, d'autre part n'avait que 78 m de largeur au plus. Comme l'essai devait se faire en carré latin 3 x 3, il était indispensable d'avoir une largeur de 100 m.

Le terrain s'étant révélé détrempe par de nombreuses pluies et donc inabordable par des engins lourds susceptibles d'une part d'enlever les andains (il n'était pas question de les brûler car cela aurait entraîné inmanquablement des taches enrichies en cendres donc au moins en potassium), d'autre part de débrousser une bande de 35 mètres de largeur en arrière du terrain déjà utilisable il a été jugé préférable de trouver les hectares nécessaires en direction des champs cultivés en maïs de Mr Maitre. Cela s'aurait un moindre mal pour éviter d'avoir à reporter l'essai d'une année. Il a fallu se contenter du minimum (3 hectares) car le reste du terrain disponible avait été fertilisé depuis 5 ans. Cette précision importante ne nous a été fournie qu'au moment où nous piquetions....le 6ème hectare....

- 4 - REALISATION DES PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS DE SOL

Chacun des terrains a d'abord été piqueté pour trouver au moins 3 hectares (nombre minimal prévu pour l'essai sur 3 ans) et si possible entre 6 et 8 pour permettre de réaliser un choix. Ce dernier a pour but de retenir les 3 hectares les plus semblables entre eux et les plus homogènes de façon à ce que les neuf parcelles à créer à l'intérieur de chacun d'eux soient très proches les unes des autres du point de vue de leurs caractéristiques.

Sur chacun des hectares ainsi piquetés les prélèvements ont été réalisés de la façon suivante :

- découpage en carrés de 20 mètres de côté. Soit 25 carrés au total (5 x 5).
- dans chaque carré, tracé des 2 diagonales.
- Sur une diagonale, prélèvements à la sonde de 5 échantillons sur une profondeur de 0/20 cm et de 5 autres de 20 à 40 cm.
- Sur la 2ème diagonale, mêmes opérations pour 4 échantillons (on ne reprélève pas l'échantillon à l'intersection des diagonales).
- Les 9 échantillons prélevés sur chacune des deux épaisseurs sont réunis en un seul échantillon dont la numérotation indique le numéro de l'hectare, celui de la colonne, celui de la ligne et enfin la profondeur du prélèvement.

Ainsi . 2.3.5.1. signifie :

2ème hectare
3ème colonne
5ème ligne
1ère profondeur (0/20 cm)

(Chaque carré a 20 m de côté)

1.1.5	1.2.5	1.3.5	1.4.5	1.5.5
1.1.4	1.2.4	1.3.4	1.4.4	1.5.4
1.1.3	1.2.3	1.3.3	1.4.3	1.5.3
1.1.2	1.2.2	1.3.2	1.4.2	1.5.2
1.1.1	1.2.1	1.3.1	1.4.1	1.5.1

HORIZON 0 - 20 cm

On trouvera ci-joint les schémas de situation des différents hectares piquetés et prélevés dans les deux terrains retenus.

- 5- PREMIERES DEDUCTIONS APRES EXAMEN DES RESULTATS D'ANALYSE

Pour réaliser les analyses aussi rapidement que possible, il fallait réduire le nombre d'échantillons dans un premier temps. Il n'était en effet pas possible d'obtenir les résultats en 3 mois si l'on se trouvait en présence de 550 échantillons (11 hectares x 25 sous-parcelles x 2 épaisseurs) alors que cela s'averait faisable si on confectionnait un échantillon moyen par ligne ou par colonne; c'est la première solution qui a été retenue. Chaque échantillon moyen a donc été fabriqué à partir de 5 échantillons de base et a été appelé, par exemple pour le 1er hectare et la première ligne, 1.1.M.1. (si 0/20 cm) et 1.1.M.2. (si 20/40cm). Dans ce cas 110 échantillons ont été prévus pour analyse au laboratoire du CREA à Nessadiou.

Ont été retenus les caractéristiques suivantes - choisies pour leur intérêt agronomique immédiat - :

Acidités à l'eau et au KCl; Carbone et Azote Totaux; Phosphores assimilable Truog et total; les 4 cations échangeables que sont le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium.

Les méthodes d'analyse utilisées sont données dans l'annexe 1 du rapport.

- 5.1 - TERRAIN "MARCHAND"

Les résultats analytiques bruts sont donnés dans l'annexe 2 du rapport. Ne s'y trouvent finalement que 4 séries d'échantillons moyens concernant les 4 premiers hectares situés tous sur une bande parallèle à la barrière. (cf. schéma de situation du terrain donné plus haut). En effet la lecture des valeurs concernant d'une part les teneurs en calcium et en magnésium, d'autre part - et surtout - le rapport entre ces deux cations (Mg/Ca), fait apparaître immédiatement que, contrairement à ce que nous avions laissé supposer les résultats d'analyses fournies par la CIDER - SUD et utilisés au cours de la réunion de Port-Laguerre, le terrain retenu chez Mr Marchand devait être considéré comme faiblement hypermagnésien en surface ($m = 5,6$; maximum = 7,5 ; minimum = 4,8) et hypermagnésien dans la tranche 20/40 cms ($m = 7,7$; maximum = 10,0 ; minimum = 5,4).

De ce fait le chimisme de ce sol, même si les valeurs des autres caractéristiques se rapprochaient de celles du vertisol équilibré de Pouembout (propriété Chimenti; terrain Lombardet), ne pouvait être considéré comme satisfaisant pour réaliser un essai visant à étudier la variabilité de la fertilité des vertisols non magnésiens (rapport Mg/Ca entre 0,5 et 1,5).

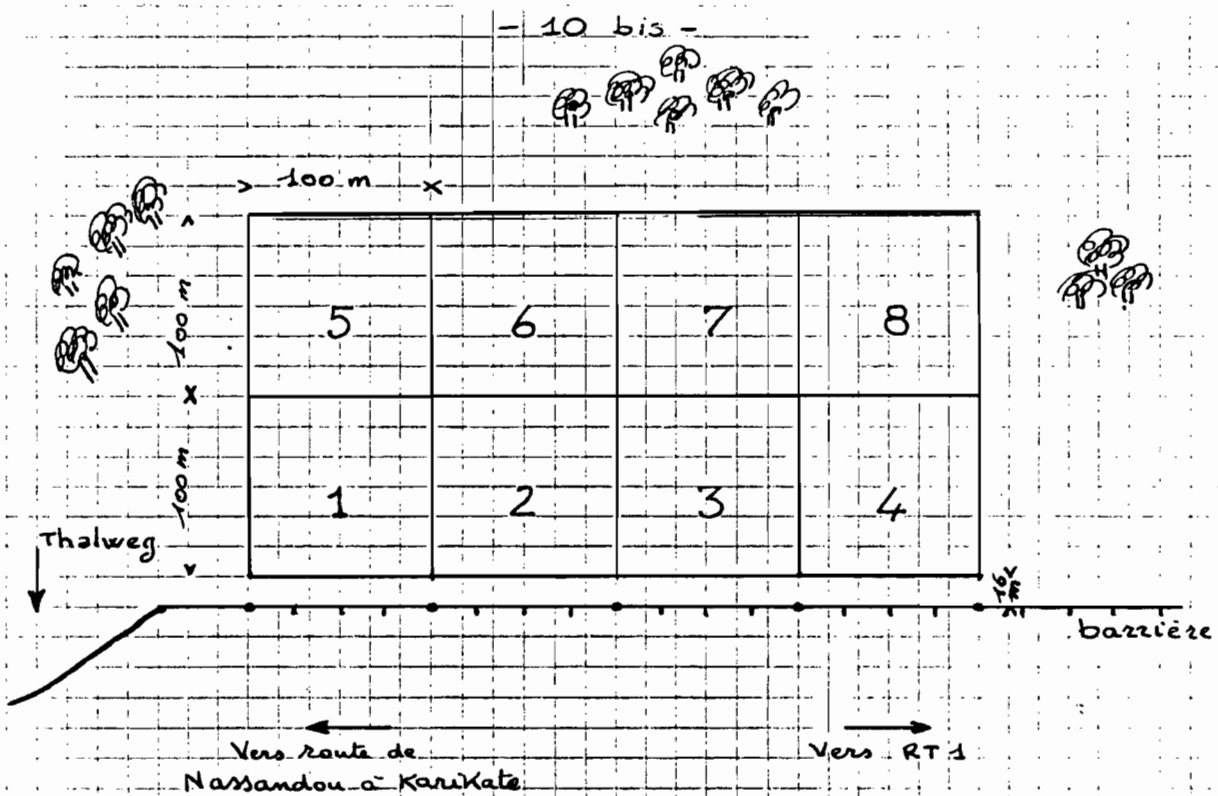
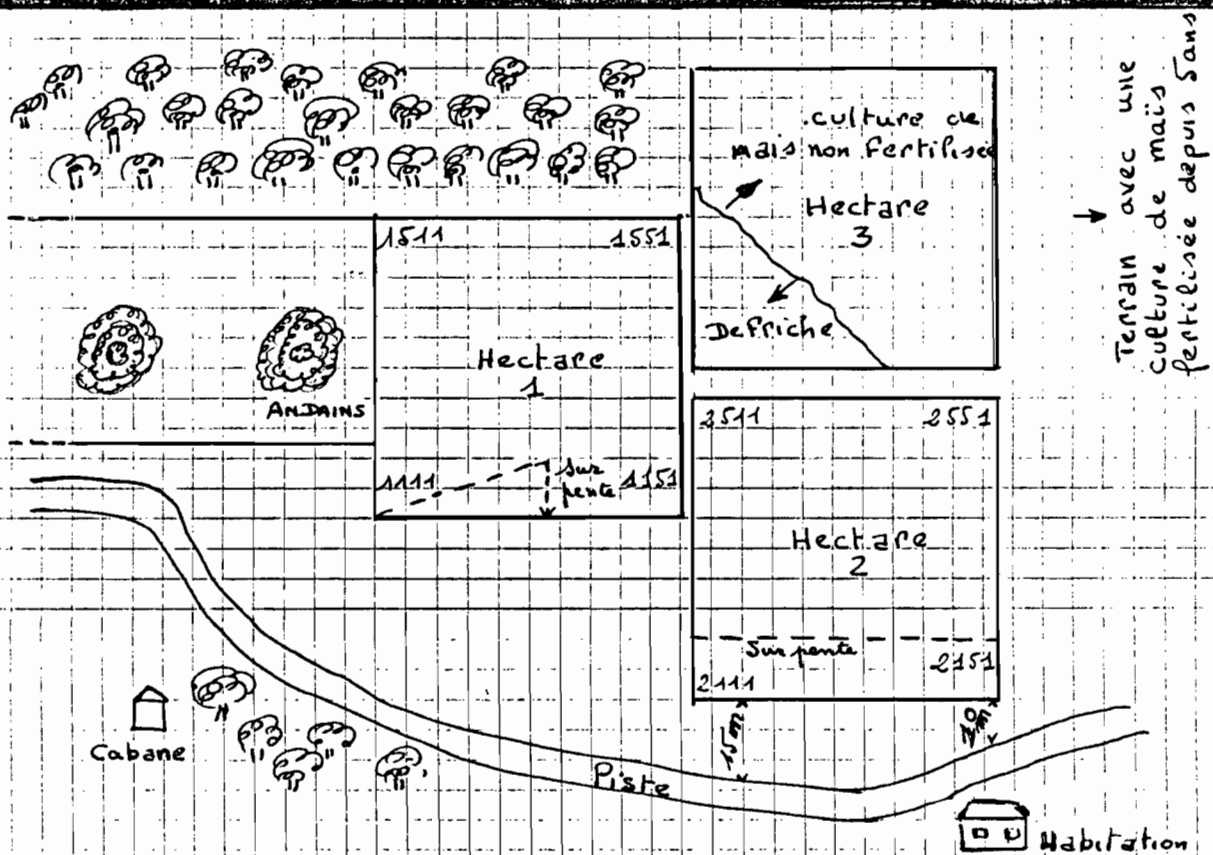


Schéma de Situation des 8 Hectares
du Terrain "Marchand"



Schema de Situation des 3 Hectares
du Terrain "Greppo-Maitre"

- 5.2 - TERRAIN "GREPPO-MAITRE"

Avant de débiter les analyses systématiques des échantillons moyens, il a été jugé préférable de faire effectuer par le laboratoire d'analyse du Centre Orstom de Nouméa le dosage rapide du calcium et du magnésium échangeables.

Nous avons choisi 4 échantillons du premier hectare à 2 endroits différents. Les résultats analytiques sont donnés dans l'annexe 3.

Il s'avère que ce second terrain présente des caractéristiques similaires en ce qui concerne le chimisme du calcium et du magnésium. En surface (0/20 cms), le rapport Mg/Ca est de l'ordre de 5, alors qu'en profondeur (20/40 cms) il oscille entre 6 et 12.

Les analyses chimiques complètes qui avaient été prévues dans le protocole de travail ont été annulées. En effet la condition essentielle pour les effectuer était que tous les rapports cationiques soient au moins inférieurs à 2 .

- 5.3 - CONCLUSIONS

Il ressort donc qu'aucun de ces deux terrains ne convient pour implanter un essai d'une durée de 3 ans minimum, destiné à tester la variabilité de la fertilité des vertisols non magnésiens.

Aussi il s'avère nécessaire de reprendre l'enquête à la base avec l'aide de la CIDER - SUD de façon à trouver le plus vite possible deux terrains adéquats sur lesquels seront entrepris des prélèvements systématiques pour réaliser un carroyage suffisant.

Dans cette optique, il faut :

- se limiter à la plaine située à gauche de la route Nouméa - la Tontouta; les massifs miniers "polluent" la majorité des terrains situés à droite de la route avec le magnésium des roches ultrabasiques.

- se rapprocher le plus possible des collines de roches basaltiques dont les colluvio-alluvions donnent naissance à coup sûr, comme cela a été constaté dans la région de Pouembout et de Kone, à des vertisols plus ou moins profonds et à pole calcique ou ayant un rapport Mg/Ca très souvent compris entre les limites retenues.

Les problèmes qui vont alors être à résoudre seront de trois ordres :

- que chaque sol soit représentatif d'une zone suffisamment importante et homogène (éviter de se retrouver devant le problème posé par le sol peu évolué d'apport sur alluvions récentes de Bourail dont le choix avait été motivé pour une grande part, du fait de la proximité du Centre de Recherche et d'Expérimentation Agronomique de Nessadiou)

- que les agriculteurs puissent activement participer aux différentes phases de l'essai (motivation et temps disponible);

- enfin que les conditions de culture se rapprochent au mieux de celles du vertisol de Pouembout pendant 5 ans (notamment en ce qui concerne l'irrigation).

Or plus on s'éloigne du centre de la plaine de la Tontouta pour se rapprocher du pied des collines de basalte (plus de chances d'avoir un équilibre correct entre magnésium et calcium), plus les ressources en eau permanentes sont rares. Il s'avère donc très difficile de concilier toutes les exigences requises et principalement celles qui permettent de bénéficier à la fois d'un équilibre Mg/Ca proche de 1 et d'une irrigation sans problème. Seul le choix d'un terrain de piedmonts et proche des conduits du périmètre irrigué de la plaine de la Tontouta donnera pleinement satisfaction.

6. DEDUCTIONS COMPLEMENTAIRES

-6.1 - Définitions

Avant de commencer l'étude systématique des 14 paramètres retenus; quelques précisions concernant certains termes ou coefficients souvent utilisés dans ce chapitre.

- Signification de sigles

PHE = Acidité à l'eau
PHK = Acidité au Chlorure de Potassium
CT = Carbone total
NT = Azote total
PAT = Phosphore assimilable mesuré par la méthode TRUOG
PT = Phosphore total
CAE = Calcium échangeable
MGE = Magnésium échangeable
KE = Potassium échangeable
MAE = Sodium échangeable

- Colonnes (ou hectares) : sur les graphes de l'annexe 4 seront étudiées les regroupements verticaux de 5 moyennes dont les valeurs sont données dans les tableaux de l'annexe 2.

- Lignes : sur les mêmes graphes, ce sont les regroupements horizontaux de 4 moyennes qui seront pris en compte.

- Notation d'une des parcelles de 2000 m² sur les tableaux de l'annexe 2 : 1.5 signifie 1er hectare, 5ème colonne.

- Homogénéité interhectaire : celle pouvant exister entre plusieurs hectares. Exemple : tous les hectares ont leurs 5 moyennes réparties de la même façon dans 2 classes -> homogénéité forte.

- Homogénéité intrahectaire : celle pouvant exister au sein d'un hectare. Exemple : toutes les moyennes sont dans la même classe -> forte homogénéité.

- Indice pondéré (I.P) : on affecte le coefficient 1 à la classe A, 2 à la classe B,....., 5 à la classe E (cf. graphes de l'annexe 4). On multiplie chacun de ces coefficients par le nombre de moyennes situées dans chaque classe. On additionne les différents produits ainsi obtenus. On divise par le nombre de moyennes (5 pour les hectares, 4 pour les lignes) et on obtient l'indice pondéré de l'hectare ou de la ligne.

Exemple :	Classe A	0	moyennes	x 1	= 0
	// B	2	//	x 2	= 4
	// C	0	//	x 3	= 0
	// D	1	//	x 4	= 4
	// E	2	//	x 5	= 10

18

D'où I.P = 18/5 = 3.6

Rem : Il faut être prudent pour utiliser ces indices, car ils peuvent parfois "gommer" des différences de répartition existant entre des hectares ou des lignes. Ils sont utiles (et utilisables) lorsque toutes les colonnes ou lignes ont leurs moyennes réparties dans un nombre de classes identiques ou voisines (3 classes pour toutes ; 2 ou 3 ; 3 ou 4). Il faut éviter de comparer des indices pondérés quand un hectare a ses moyennes dans 3 classes et les autres dans une seule classe.

- Quelques termes statistiques

* Variance (σ^2) c'est la moyenne arithmétique de la somme des carrés des écarts par rapport à la moyenne; ce nombre est toujours positif. Cette valeur est d'autant plus faible que la dispersion est plus faible. Si on a $\leftarrow N$ = nombre d'observation, x = différentes valeurs, $\bar{x}$ = moyenne arithmétique, on peut écrire:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}$$

** Ecart-type (σ) est la racine carrée de la variance.

*** Coefficient de variation ou coefficient de variabilité (C.V.) est égal à l'écart type exprimé en % par rapport à la moyenne, lorsque celle-ci est positive.

**** Intervalle de confiance est la fourchette entre les bornes de laquelle on a 95%, 99% ou 99,9% de chances de pouvoir placer une autre valeur (par exemple un 21ème résultat d'analyse quand on en a déjà 20 qui ont servi à calculer les bornes de cette fourchette).

$$\text{La borne maximale} = \bar{x} + U(1-\alpha/2) \sigma / \sqrt{N}$$

$$\text{La borne minimale} = \bar{x} - U(1-\alpha/2) \sigma / \sqrt{N}$$

formules dans lesquelles :

$\bar{x}$ = moyenne arithmétique

$U(1-\alpha/2) = U_{0.975} = 1.96$ (si on a un degré de confiance = 95% d'où $\alpha = 5\%$)

$\sigma / \sqrt{N} = \sigma_{\bar{x}}$ = erreur standard de l'estimation de la moyenne = écart type/racine carrée du nombre de valeurs.

(Rem : nous avons arrondi à 2 la valeur calculée de $U_{0.975}$ pour des facilités de calculs).

- 6.2 - Introduction

Un examen plus approfondi de l'ensemble des résultats des analyses effectuées sur les échantillons moyens doit être entrepris, d'une part pour valoriser le travail réalisé, d'autre part pour se rendre compte si la méthode utilisée pour les prélèvements est adéquate. En effet il faut qu'il soit possible de mettre en évidence l'homogénéité ou l'hétérogénéité du terrain prospecté; si c'est la seconde qui prévaut, il est essentiel de la qualifier : elle peut être aléatoire - ce qui entraîne l'élimination du site -; ou elle s'avère orientée - dans ce cas, l'installation judicieuse des blocs ou du système de carré latin est propice à la prise en compte de façon à la contrôler (blocs différents entre eux mais homogènes individuellement).

Chaque caractéristique fera l'objet d'une étude

- de variabilité par colonne, donc par hectare;
- de variabilité par ligne;
- de variabilité globale (examen de l'ensemble

des vingt échantillons moyens tels qu'ils se situent sur le terrain).

Une conclusion générale sera ensuite déduite.

Afin de rendre plus aisé ce travail de comparaison, deux représentations graphiques et une série de calculs statistiques simples ont été exécutées. C'est ainsi qu'on trouvera :

- dans l'annexe 2, les résultats analytiques bruts des échantillons moyens et la représentation graphique de la classe à laquelle ils appartiennent. Cette schématisation permet de se faire globalement une idée sur les classes les plus représentées dans l'un et l'autre horizon (variabilité globale).

- dans l'annexe 4, deux schémas présentés sur deux pages directement opposées pour mettre en relief ce qui a pu être observé dans les graphiques de l'annexe 2. mais qui apparaissait seulement après un examen attentif.

A été pris en compte le nombre de valeurs appartenant à chacune des 5 classes définies pour une des caractéristiques analysées.

Ont été mis en parallèle les représentations exécutées en analysant les résultats par colonne (hectare) et par ligne. On a ainsi la faculté d'examiner les variations verticales (colonnes ou hectares) et horizontales (lignes) du terrain.

- dans l'annexe 5, sont récapitulées les données statistiques simples indispensables; elles offrent la possibilité de chiffrer ce qui a été déjà plus ou moins déduit suite à l'examen des deux séries de graphique précédents, notamment ceux de l'annexe 4.

- 6.3 - Variabilité des différentes caractéristiques analysées dans les 2 horizons.

Les caractéristiques de ce sol ont été rassemblées dans 4 groupes intitulés : l'acidité, la matière organique, le phosphore, les bases échangeables. Pour chacune d'elle, les 3 variabilités explicitées plus haut sont étudiées.

- 6.3.1 - Acidité du sol

Trois séries de données permettent d'apprécier cette acidité, à savoir celle mesurée à l'eau (PHE), celle mesurée en utilisant une solution de chlorure de potassium (PHK) et la différence calculée entre ces deux mesures (PHE-PHK).

* Acidité à l'eau (fig 4.1, 4.2, 2.1, 5.1.A)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Les valeurs de pH sont relativement stables dans les 3 premiers hectares (5 valeurs dans 2 premiers échelons) dans le 4ème hectare, elles restent également groupées mais sont plus élevées (2ème et 3ème échelons). Ceci se retrouve lorsqu'on met en parallèle les indices pondérés de chaque colonne (1.4, 1.4, 1.6, 2.6).

b) La répartition horizontale montre une nette tendance à une augmentation progressive des valeurs d'acidité de la 5ème à la 3ème ligne ; puis une diminution du même ordre de la 3ème à la 1ère. Cela apparaît sur la figure 4.2 et se confirme par le calcul des moyennes reportées dans le tableau 5.1.

c) Globalement, c'est à dire lorsqu'on examine les valeurs moyennes des 20 parcelles (figure 2.1), l'augmentation paraît s'orienter selon une diagonale 5.1 -> 3.4. Notons que les coefficients de variations sont généralement faibles (< 4 dans 8 cas sur 9).

-> L'horizon de profondeur (20 - 40 cm)

a) Il ressort que les 3 premiers hectares, bien qu'ayant des répartitions différentes, sont relativement groupés; le 4ème se sépare nettement des précédents (fig.4.1). Les indices pondérés montrent un gradient du 1er au 4ème hectare (1.6, 1.8, 2.2, 3.8).

b) Horizontalement la disparité apparaît encore plus flagrante avec des moyennes réparties sans règle apparente dans 2 à 4 classes selon les lignes.

c) Globalement l'homogénéité observée dans les colonnes (hectares) n'était qu'apparente; en effet les valeurs les plus faibles se retrouvent aléatoirement réparties.

d) Dans le tableau 5.1, les moyennes des colonnes confirment ce que la répartition en classes montrait d'une façon erronée. Par contre les moyennes des lignes sont très proches les unes des autres; ceci aurait tendance à indiquer une homogénéité horizontale. Or, la représentation graphique par classe montre au contraire un écart important entre les valeurs extrêmes; ceci est confirmé par la comparaison de la variance et des bornes de la fourchette calculée pour une probabilité à 5 %. Ces chiffres sont indispensables pour "pondérer" l'appréciation suggérée par les seules moyennes.

-> Premières déductions

On peut déjà formuler une première appréciation en ce qui concerne la répartition des acidités à l'eau (PHE) dans les 2 couches 0/20 cms et 20/40 cms. Ce second horizon est plus hétérogène que la couche superficielle; dans les deux cas c'est le 4ème hectare qui en est la cause essentielle. La répartition des différentes classes de l'échelle se fait d'une façon pratiquement identique dans les 20 parcelles moyennes; la valeur de l'horizon 20/40 cm se trouve dans la moitié des cas dans la classe d'échelle supérieure. L'acidité augmente globalement de la même façon lorsqu'on descend dans le profil du sol.

Une remarque valable pour ce paramètre mais à reprendre pour les autres. Il est absolument indispensable d'examiner simultanément la répartition en classes dans les 2 sens, les schématisations des valeurs absolues et les résultats statistiques simples ($\bar{x}$, s^2 , bornes de l'intervalle à 95 % de chances) pour apprécier "le moins mal" possible l'homogénéité du champ prospecté.

** Acidité au chlorure de potassium (cf. 4.3, 4.4, 2.2, 5.1.B)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Les valeurs de cette acidité sont moins groupées (étalement sur 3 classes) mais réparties assez semblablement, du moins dans les 3 premiers hectares. Les valeurs moyennes du 4ème sont un peu plus élevées que celles des 3 précédents. (fig 4.3) Il y a cependant un léger gradient que les indices pondérés permettent de montrer sans équivoque (1.4; 1.6; 1.8; 2.0); il va du 1er au 4ème hectare.

b) La répartition horizontale se concentre surtout dans les 2 premières classes; 1 valeur sur 4 cependant se retrouve dans une classe supérieure pour 3 lignes sur 5; ceci dénote une certaine hétérogénéité dans ce sens là, comme le soulignent les indices pondérés (1.5, 1.5, 1.75, 1.5, 2.0).

c) Les calculs statistiques permettent de conforter les déductions faites après examen des graphiques : les moyennes horizontales, sont proches les unes des autres et les moyennes verticales augmentent au contraire régulièrement du 1er au 4ème hectare.

d) Par contre globalement, c'est à dire en prenant en compte les 20 valeurs, on s'aperçoit que, comme pour l'acidité à l'eau, il n'y a pas de gradient facile à mettre en évidence dans ce champ; on peut retrouver la valeur la plus élevée de la ligne ou de la colonne dans n'importe quel site de prélèvement.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a & b) L'hétérogénéité est le "maitre mot" pour qualifier cet horizon en ce qui concerne cette caractéristique. Elle s'observe bien dans la répartition en classes : elle est aussi bien marquée dans le sens vertical qu'horizontal. Bien qu'aucune règle ne permette d'expliquer la répartition des valeurs moyennes, un gradient se dessine du 1er au 4ème hectare c'est à dire horizontalement; les indices pondérés (2.0, 2.2, 3.2, 3.6) le mettent en lumière.

c) Elle se confirme lors de la lecture du tableau 5.1 B: les moyennes sont déjà différentes; les coefficients de variation et les variances sont élevées; par conséquent les bornes de l'intervalle de confiance avec une probabilité à 5 % sont très éloignées (de 0.66 à 1.47 pour les lignes; de 0.70 à 0.98 pour les colonnes).

d) Enfin l'examen du plan de prélèvements ne fait que confirmer ces différentes appréciations partielles; les valeurs les plus éloignées comme les plus proches peuvent se cotoyer (4.6 à coté de 6.0 et 5.1 à coté de 5.2).

-> Premières déductions

Il ressort de l'étude de la répartition des valeurs de l'acidité au chlorure de potassium (PHK) qu'il s'avère nécessaire de réaliser les analyses non plus des échantillons moyens de chaque parcelle mais des échantillons des prélèvements élémentaires; il sera alors peut-être possible soit de comprendre cette forte hétérogénéité si les coefficients de variation et les variances de chacune des séries de 5 échantillons sont faibles; soit de s'apercevoir qu'il est indispensable d'utiliser un carroyage serré pour mieux réaliser le choix d'un terrain présentant la meilleure homogénéité possible pour ce paramètre ou au moins de connaître le gradient des variations calculées.

*** Différences d'acidité (cf 4.5; 4.6; 2.3; 5.2.A)

-> Horizon de surface (0/20 cms)

a) La majorité des moyennes des 3 premiers hectares se regroupent dans la classe C ; seule celles du 4ème hectare sont prioritairement dans la classe D. Les différences sont donc comprises entre 0.8 et 1.1. Apparaît donc une homogénéité certaine.

b) Horizontalement, comme on peut le constater sur la figure 4.6, les moyennes se retrouvent d'abord dans la classe C; seule la ligne 1 fait exception.

c) L'examen du tableau 5.2.A permet de noter que les valeurs moyennes des lignes ou des colonnes sont très proches les unes des autres (0.80 à 0.98). Les variances et les coefficients de variations fluctuent beaucoup d'une série de valeurs à une autre; ces derniers peuvent être forts (28); la précision des mesures à 0.05 unité pH ne peut expliquer à elle seule ces variations.

d) Globalement, après examen de la figure 3.3, en dehors de 2 valeurs plus faibles (qu'on avait déjà retrouvé dans les représentations graphiques de a ou b) et de valeurs un peu plus élevées dans l'hectare 4, l'ensemble du terrain peut être considéré comme relativement homogène.

Il serait cependant indispensable d'analyser les 5 échantillons unitaires constituant quelques échantillons moyens pour confirmer (ou infirmer) l'homogénéité apparente de l'ensemble du terrain; il se peut en effet que les moyennes très proches de l'hectare 4 ($s^2 = 0.002$ et $c.v = 4.6$) ne soient que les résultats de valeurs également réparties de part et d'autre de la valeur 1.0; l'examen de s^2 et du CV permettrait de conclure si on peut ou non se contenter de 5 prélèvements agronomiques sur 2000 m² pour un hectare ou s'il faut descendre à la parcelle de 400 m².

-> Horizon de profondeur (20/40 cms)

a) La répartition verticale par classe n'est pas groupée; la figure 2.3 le fait apparaître nettement. Les moyennes des différences oscillent entre 0.6 et 1.1 donc pratiquement entre les 2 extrémités de l'échelle.

b) Horizontalement, la même constatation est à faire.

c) Les résultats des calculs statistiques confirment l'impossibilité de dégager une règle; les coefficients de variations sont élevés (15 à 37 %) et les variances sont 2 à 9 fois plus fortes que dans l'horizon 0/20 cms.

d) Globalement le graphique 3 non seulement confirme cette appréciation mais l'accentue; en effet les valeurs les plus basses (0.5) ou les plus élevées (1.2) peuvent se côtoyer.

-> Premières déductions

Nous avons déjà constaté la forte hétérogénéité des valeurs de l'acidité à l'eau et au chlorure de potassium dans l'horizon 20/40 cms. Il semble donc logique de retrouver dans cet horizon cette même dispersion des valeurs des différences.

Par contre l'examen simultané des figures 4.2, 4.4 et 4.6 amène à conclure que, dans ce type de sol, il est possible de donner une valeur moyenne approchée des 2 acidités et de leur différence dans l'horizon de surface.

**** Remarques (5.1.A, 5.1.B, 5.2.A)

Si l'on voulait caractériser ce vertisol hypermagnésien du point de vue de son acidité, il serait possible de faire ressortir quelques points marquants :

- L'acidité moyenne à l'eau est légèrement inférieure en surface qu'à faible profondeur (5.83 ± 0.10 et 6.03 ± 0.16)

- L'acidité moyenne au chlorure de potassium suit la même variation verticale mais elle est un peu plus fluctuante ce qui se retrouve dans les bornes calculées pour une probabilité à 5% d'erreurs (4.94 ± 0.10 et 5.21 ± 0.20).

- La différence d'acidité est très légèrement supérieure en surface mais l'écart entre les bornes est deux fois moins important, ce qui fait ressortir la dispersion plus grande dans la couche 20/40 cms (0.89 ± 0.04 contre 0.84 ± 0.09).

En somme, les valeurs des acidités données pour un profil de sol, considéré comme représentatif d'une partie de plaine "apparemment" homogène de par le relief, la végétation, la roche-mère, ne sont vraiment valables que pour le profil considéré.

- 6.3.2 - MATIERE ORGANIQUE

Comme pour l'acidité du sol, trois series de données permettent d'apprécier d'une part les stocks de matière organique (carbone total - CT - et azote total - NT), d'autre part leur degré de décomposition ou leur évolution (rapport CT/NT).

* Carbone total (figure 4.7, 4.8, 2.4, 5.2.B)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Bien que les moyennes se retrouvent dans les 3 classes supérieures (C à E), elles ne sont pas également réparties à l'intérieur de chacun des 4 hectares. Ainsi dans le 1er, la plupart se situe dans la classe D; dans la 2ème, elles se rassemblent dans la classe E alors que dans les deux derniers, il se dégage une majorité pour la classe C (cf. figure 4.7). Leur distribution n'est donc pas homogène d'un hectare à l'autre, même si elle paraît l'être dans trois hectares sur quatre (1, 2, 4). Les indices pondérés sont très différents (4.2, 4.6, 3.6, 3.2), ce qui confirme l'hétérogénéité interhectare.

b) Horizontalement on observe non seulement une hétérogénéité interhectare mais encore intrahectare. On peut supposer que la répartition est aléatoire.

c) L'analyse des résultats du tableau 5.2.B confirme cette approche graphique. Les moyennes des lignes semblent cependant plus proches les unes des autres que celles des colonnes. Mais la variabilité des coefficients de variations (de 9 à 25 % selon les lignes) et des variances tempère cet optimisme.

d) L'examen du parcellaire ne fait que confirmer les déductions faites à partir des 2 graphiques. Des analyses complémentaires sur les échantillons prélevés par sous-parcelle de 400 m² devraient cependant amener à délimiter des surfaces relativement homogènes individuellement, bien que assez différentes entre elles.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) Les hectares sont d'une homogénéité assez proche de celle qui a été déduite pour l'horizon de surface. Les valeurs moyennes se répartissent dans les deux premières classes; 4 ou 5 valeurs par hectare y sont rassemblées. L'homogénéité n'est pas de règle. Les indices pondérés ne sont pas utilisables car le nombre de classes par chaque hectare est trop différent (1 à 3).

b) Selon les lignes, la distribution des moyennes ne semble pas non plus obéir à une règle précise. Elle apparaît aussi aléatoire.

c) Les résultats statistiques indiquent des valeurs moyennes assez voisines, quelle que soit l'orientation choisie. Mais à l'exception de l'hectare 1 et de la ligne 3, les coefficients de variations sont aussi forts que dans l'horizon de surface. Par contre les valeurs limites à 95 % de probabilité de la moyenne générale sont assez proches. Elles ne donnent qu'une idée chiffrée globale qui n'a pas de valeur pour le choix de parcelles d'essai.

d) L'étude du parcellaire ne fait que confirmer ce qui vient d'être déduit. Cependant elle devrait permettre de redécouper les surfaces à retenir chaque année si un essai sur ce sol hypermagnésien venait à être mis en place.

-> Premières déductions

. Différence marquée entre les deux horizons du point de vue teneur en Carbone total, quel que soit le regroupement des valeurs moyennes (colonnes, lignes).

. La moyenne générale de l'horizon supérieur est environ le double de celle du sous-jacent (33.4 ± 2.6 ; 18.6 ± 1.8). Il y a donc une chute assez rapide, ce qui ne s'observe pas quand on effectue l'examen morphologique du profil.

. Il serait possible de redécouper le terrain prospecté pour mettre en place les parcelles d'essai et avoir ainsi une homogénéité intrahectaire même si on ne peut éviter une hétérogénéité interhectaire. Cette dernière pourrait éventuellement être prise en compte du point de vue statistique et ainsi être contrôlée.

** Azote total (cf. 4.9, 4.10, 2.5, 5.3.A)

-> L'horizon de surface (0/20 cm)

a) Les moyennes se concentrent dans les deux classes supérieures (D+E). De plus deux hectares (2 et 3) sont homogènes même s'il faut constater que la classe, et donc l'intervalle de valeurs, ne soit pas la même.

b) La répartition horizontale, à l'exception de la première ligne, est identique dans 3 d'entre elles (2, 3, 5) et proche du 4ème. L'homogénéité interhectaire semble être une réalité; c'est le premier paramètre pour lequel cela se manifeste aussi nettement. Les indices pondérés sont relativement proches (4.5, 4.8, 4.5, 4.5, 4.0) et confirment l'allure graphique.

c) L'analyse statistique renforce cette appréciation graphique. Même si les moyennes forment 2 groupes dans les lignes, les coefficients de variation sont assez homogènes et inférieurs ou égaux à 10; les bornes de l'intervalle de confiance à $P = 95\%$ ne dépassent pas l'échelon 1/2 (4 échelons pour les acidités). Par contre les moyennes des hectares comparées entre elles sont plus diverses; mais l'intervalle de confiance est souvent inférieur à celui d'un échelon; elles sont donc plus stables autour de la moyenne.

d) On confirme toutes les appréciations partielles grâce à l'aspect presque homogène qu'offre le parcellaire au premier regard. Celui du carbone total n'offrait pas une représentation aussi proche de l'uniformité.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) Bien que réunies essentiellement dans les deux classes A et B, l'aspect de la répartition des valeurs semble plus disparate spécialement dans le 2ème et le 4ème hectares. Seuls les 1er et 3ème, bien que n'ayant pas la majorité de leurs moyennes dans la même classe, peuvent être considérés comme presque homogènes. Les indices pondérés attestent de cette disparité sans qu'il ait pour autant de gradient (1.8, 2.2, 1.2, 2.2).

b) Horizontalement, on enregistre une hétérogénéité non négligeable dans la répartition en classe. La comparaison des 2 graphiques de la figure 4.10 permet de voir ce qui différencie les 2 horizons sur ce plan.

c) Le calcul laisse apparaître des moyennes assez bien regroupées, plus dans les lignes que dans les colonnes. Mais les coefficients de variations et les variances, qui prennent en compte les valeurs d'analyses et non pas seulement les intervalles de classe, fluctuent du simple au triple; les premiers peuvent atteindre 22 %, ce qui est élevé pour des résultats d'analyse chimique. Par voie de conséquence, les intervalles de confiance peuvent être supérieurs à 2 classes (0.48 pour la ligne 1; l'intervalle de 2 classes = 0.39).

d) L'observation du parcellaire montre, comme pour le carbone total, qu'on ne peut espérer avoir dans la couche 20/40 cms des valeurs moyennes, qui aient des écarts très proches les uns des autres avec les valeurs de la couche superficielle. Les écarts varient de 0.35 à 0.82 sans règle visible.

-> Premières déductions

Elles sont au nombre de quatre :

. C'est l'azote total qui présente la meilleure homogénéité par colonnes, par ligne et globale.

. Sans qu'on puisse pour autant observer un écart presque identique entre la valeur mesurée sur l'échantillon 0/20 cms et celle de la couche 20/40 cms, on constate cependant que l'horizon sous-jacent est aussi assez homogène.

. Comme pour le carbone total, il est possible de fournir une valeur moyenne synthétique de $1.61 \% \pm 0.05$ en surface et de $1.06 \% \pm 0.07$ dans l'horizon sous-jacent. Le coefficient de variation des 20 moyennes est plus élevé en profondeur (14 %) qu'en surface (8 %).

. Il serait donc possible de choisir des unités d'essai homogènes à la fois intraparcellaires et interparcellaires.

*** Rapport carbone total/Azote total (cf.4.11, 4.12, 2.6, - 5.3.B).

L'observation des différents graphiques et du tableau de résultats statistiques permet de formuler les remarques suivantes :

. La faible hétérogénéité observée pour le carbone total et l'homogénéité assez remarquable présentée par les valeurs moyennes de l'azote total ne se retrouvent pas dans la répartition des valeurs du rapport CT/NT.

. Dans chacun des horizons, que ce soit pour les colonnes ou les lignes, les valeurs moyennes sont dispersées dans 4 classes. Un léger gradient peut être repéré de la ligne 5 à la ligne 1; il s'agirait plutôt, d'après les données chiffrées du tableau 5.3.B, de la formation de 2 groupes (lignes 5 et 4 d'une part; 3, 2, et 1 d'autre part).

. Les moyennes apparaissent en général, un peu plus élevées dans l'horizon de surface; les coefficients de variations peuvent aller du simple au triple quelle que soit la couche de sol étudiée.

. La moyenne générale sur 20 échantillons est estimée à 20.7 ± 1.2 en surface et à 17.4 ± 1.2 en profondeur. Ce sont des valeurs élevées de rapport CT/NT qui indiquent soit une mauvaise minéralisation de la matière organique, soit des pertes d'azote importantes. Cela rejoint des observations faites sur le vertisol de Pouembout dans lequel une culture rentable ne peut se faire plus de deux ans sans risque d'épuisement de réserves d'azote assimilable et de rendements voisins de zéro.

. Cette moyenne générale, si elle permet de caractériser le sol, ne rend pas compte de l'hétérogénéité importante notée entre certaines zones de ces 4 hectares; l'intervalle de confiance à 5 % peut atteindre 2 échelons 1/2 alors qu'il n'est qu'à peine de l'échelon pour la moyenne générale. Ceci confirme l'extrême attention à apporter lorsqu'on interprète les résultats ponctuels d'analyse.

- 6.3.3 - LA RESERVE PHOSPHORIQUE

Seront étudiées les réserves totales (PT), la fraction assimilable (PAT) et le rapport existant entre cette dernière et l'azote total (PAT/NT).

* Fraction "assimilable Truog" du phosphore (cf. 4.13, 4.14, 3.7, 5.4.A).

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) La répartition en classe n'est pas identique ni même proche d'un hectare à l'autre. Par contre deux d'entre eux (2 et 4) sont relativement homogènes. Les indices pondérés confirment qu'effectivement l'homogénéité interhectare est faible. (3.8, 3.8, 3.2, 4.2).

b) En revanche, horizontalement il est nettement plus difficile de dégager une règle de répartition. Là encore pas de gradient visible. Cependant les 3 premières lignes regroupent 3 à 4 valeurs moyennes dans les deux classes supérieures (D et E).

c) Les résultats des calculs statistiques montrent qu'à l'exception de la ligne 1, toutes les moyennes sont très proches (notons que la valeur 0 n'a pas été retenue dans les calculs car nous l'avons considéré comme aberrante). Mais les coefficients de variation sont nettement plus élevés dans les colonnes que dans les lignes; globalement, pour 19 valeurs, il est de l'ordre de 17 %.

d) Le graphisme du parcellaire laisse apparaître une certaine homogénéité dans la partie supérieure du terrain (classe D et E dominantes) ce qui avait été vu sur la figure 4.14 et confirmé par les résultats chiffrés du tableau 5.4.A (moyenne de 17.3 à 19.5 et ± 1.7 à ± 1.9).

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) Dans les colonnes, les classes C et D regroupent 18 valeurs sur 20. Aucun des 4 hectares n'a une répartition similaire, ce qui indique une hétérogénéité interhectare assez nette; les indices pondérés appuient la conclusion graphique (3.6; 3.8; 3.0; 4.0).

b) Les lignes 1 et 2 présentent des répartitions identiques; les 3 autres ont leurs 4 valeurs aléatoirement dispersées (Indices pondérés sont 3.75; 4.5; 3.0; 3.5).

c) Le calcul montre que les moyennes sont proches les unes des autres sans qu'il soit nécessaire de faire une distinction entre celles des colonnes et celles des lignes. Les coefficients de variation, hormis celui de la ligne 1, sont plus groupés que dans l'horizon superficiel (entre 11 et 19). L'intervalle de confiance à $P = 95\%$ ne dépasse que rarement la valeur d'une classe.

d) L'impression globale qui se dégage de l'examen du parcellaire est identique à celle que l'on avait eue pour l'horizon superficiel : le terrain paraît assez homogène à l'exception de la valeur moyenne voisine de 0.

-> Premières déductions

. Ce qui ressort de l'examen de la figure 2.7 c'est la similitude des teneurs en phosphore assimilable Truog dans les deux horizons (16.7 ± 1.3 en surface; 16.6 ± 1.4 en profondeur). Ceci signifie que, de même que le vertisol équilibré de Pouembout, ce vertisol hypermagnésien présentera des carences en phosphore dès la mise en culture.

. La surface étudiée présente une homogénéité certaine, que ce soit dans 0/20 cms ou dans 20/40 cms. Certes les coefficients de variations sont assez élevés mais les teneurs sont tellement basses que de faibles variations absolues entraînent des variations relatives importantes par rapport à la moyenne

. Il doit être possible de délimiter des surfaces d'essai annuel dont les teneurs en P₂O₅ Truog seront suffisamment proches les unes des autres pour que cela n'influence pas les résultats "Plante" ou l'évolution du sol sous culture (pour cette dernière, l'utilisation des différences pour tester l'action des facteurs contrôlés permet d'ailleurs d'éliminer ces variations entre les valeurs absolues de départ. (cf I3 de la convention Orstom-Dider).

** Phosphore total (cf. 4.15, 4.16, 2.8, 5.7.A)

-> L'horizon de surface (0/20 cm)

a) La répartition des moyennes dans chaque hectare (ou colonne) est très hétérogène; de plus chaque hectare est très différent des autres. Il y a un gradient assez net qui va du 1er au 4ème; en effet les indices pondérés, du 1er au 4ème hectare, sont égaux à 4.44, 4.20, 2.60, 2.20.

b) Par contre si on examine la figure 4.16, les valeurs moyennes des lignes utilisent les 5 classes; chacune a ses valeurs dans 2 ou 3 classes. Il n'y a apparemment pas de gradient comme c'est le cas pour les colonnes mais une hétérogénéité apparente (forte dispersion) étayée par les indices pondérés très différents les uns des autres (3.8, 3.0, 4.0, 3.2, 2.8).

c) Les résultats du calcul statistique confirme en grande partie la première approche. Les moyennes des hectares vont de 312 (1) à 198 (4) en diminuant systématiquement; on retrouve aussi les hectares regroupés 2 par 2 comme lors de l'estimation pondérée du graphique.

Par contre les moyennes des lignes augmentent ou diminuent aléatoirement.

Dans 8 cas sur 9, les coefficients de variation sont élevés (de 17.5 à 31). Les fourchettes avec une probabilité $P = 95\%$ sont très larges; elles oscillent entre 2.53 et 3.95 intervalles de classes dans le cas des lignes et de 1.20 à 2.45 intervalles de classes s'il s'agit des colonnes (hectare).

La moyenne générale est très faible; elle est égale à 255 ± 28 ppm et est affectée d'un coefficient de variation de 25%. Mais cette valeur ne peut vraiment jouer le rôle que d'une moyenne et nullement rendre compte de l'hétérogénéité du terrain en ce qui concerne les teneurs en phosphore total.

d) L'image graphique du parcellaire confirme que s'il y avait à retenir une surface pour un essai, il faudrait réaliser les analyses des échantillons unitaires (5 pour chacune des éch. moyens) et étendre la prospection aux 4 autres hectares qui avaient été repérés au Nord des 4 actuellement étudiés.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) La seule homogénéité notable est celle des 2 derniers hectares. Par contre on retrouve un certain gradient, ou plutôt deux groupes d'hectares, comme dans l'horizon superficiel; les coefficients pondérés sont 2.4 et 2.6 d'une part, 1.2 et 1.0 d'autre part.

b) Dans toutes les lignes, il y a 2 ou 3 moyennes dans la classe la plus faible. Mais la répartition des autres est faite au hasard. Les coefficients pondérés sont successivement, de la ligne 5 à la ligne 1, 1.2, 1.0, 2.0, 1.6, 1.4. Il y a donc hétérogénéité tant entre les lignes qu'à l'intérieur de chaque ligne.

c) La lecture du tableau 5.7.A permet de constater d'une part que les moyennes calculées des colonnes se répartissent en 2 groupes très distincts (216 et 135 ppm) et que celles des lignes passent par un maximum de 210 en ligne 3; d'autre part que la ou les 2 moyennes des lignes qui se répartissent aléatoirement entre les classes 2, 3 et 4 sont la cause de coefficients de variations encore plus élevés que dans le 1er horizon (de 24 à 42 %). Par voie de conséquence, là encore les fourchettes à P = 95 % sont souvent supérieures à 2 fois la valeur de la classe.

d) Le parcellaire, s'il confirme ces déductions, montre, en plus, que la répartition dans les hectares ou les lignes des différentes moyennes n'est pas identique; les représentations graphiques ne se retrouvent pas forcément en face l'une de l'autre, ce qui a pour effet d'accroître l'hétérogénéité entre les hectares même si globalement les 5 moyennes sont dans les 2 ou 3 mêmes classes (cf. Colonnes 1 et 2).

-> Premières déductions

Les enseignements à tirer de l'étude du phosphore total sont les suivants :

1) Les teneurs sont très faibles quel que soit l'horizon (255 ± 28 ppm et 176 ± 26 ppm);

2) Les moyennes générales sur 20 échantillons diminuent avec la profondeur mais sont encore assez proches l'une de l'autre; l'explication tient à la remarque (1);

3) On peut regrouper les hectares 1 et 2 d'une part, 3 et 4 d'autre part; ceci élimine une hétérogénéité relative de l'ensemble de la zone prospectée.

4) Les coefficients de variations sont élevés quel que soit le niveau d'observation (colonnes, lignes, ou global); ceci est assez difficile à prendre en compte pour une étude de relations "plante-sol" mais gêne moins le suivi de l'évolution des teneurs du sol car on opère par différence.

5) Etant donné l'hétérogénéité interhectare actuellement constatée mais aussi celle qui apparaît généralement au sein de chaque hectare, il serait utile de se rendre compte

- si cette hétérogénéité se poursuit sur les 4 hectares contigus aux 4 déjà étudiés;
- si les moyennes des 5 parcelles de 2000 m² étudiées dans ce rapport sont représentatives des teneurs des échantillons élémentaires.

Cela aurait pour but de préciser le nombre minimum de prélèvements à faire pour cerner la répartition du phosphore total; et donc la surface de la parcelle élémentaire à échantillonner.

*** Rapport phosphore assimilable Truog/Azote total.
(cf. figures 4.17, 4.18, 2.9, 5.7.B)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Les moyennes des colonnes se regroupent dans les deux classes B et C; les 3 premiers hectares paraissent assez proches les uns des autres; le calcul des coefficients pondérés (2.4, 2.6, 2.2, et 3.0) ne fait que confirmer cette première analyse du graphe. Une certaine homogénéité dans les teneurs moyennes en azote pourrait expliquer ceci.

b) L'homogénéité des lignes apparaît meilleure à l'intérieur de deux d'entre elles notamment. Les valeurs se répartissent aussi dans 2 classes mais d'une façon inégale.

c) Les valeurs numériques du tableau 5.7.B confirme la meilleure homogénéité des lignes par rapport aux colonnes. Les moyennes mieux regroupées et les coefficients de variation voisins de 10 (sauf pour la ligne 1) sont les 2 arguments qui plaident en faveur des combinaisons horizontales.

d) Un aperçu global du parcellaire fait ressortir en effet que les lignes sont nettement plus homogènes que les colonnes. Il y a une nette dominante de la classe C au centre (lignes 3 et 4) avec quelques diverticules vers les lignes extrêmes. Les moyennes les plus basses se situent à la périphérie (lignes 1 et 5).

-> L'horizon sous-jacent (20/40 cms)

a) Il y a un glissement net des moyennes vers les classes 3 et 4 (ou bien des classes 2 et 3) comme précédemment. Les valeurs des coefficients pondérés (3.4, 3.8, 3.0 et 3.6) le montrent bien. Mais il n'y a pas plus d'homogénéité inter ou intrahectare que dans la couche 0/20 cms.

b) Même remarque pour les lignes que pour les colonnes. On ne retrouve plus de lignes centrales très homogènes entourées de lignes légèrement hétérogènes. Cela peut s'expliquer par le fait que les 2 termes du rapport sont eux-mêmes moins bien répartis qu'en surface et que des valeurs faibles de l'un peuvent s'opposer à des valeurs fortes de l'autre (et vice versa).

c) Les valeurs numériques indiquent que les moyennes des colonnes sont très proches (1,50 à 1,65) contrairement à celles des lignes (1,32 à 2,01). Mais la dispersion de ces rapports est plus importante pour les colonnes que pour les lignes; ainsi les coefficients de variation oscillent entre 15 et 29 % au lieu de 12 à 19 % pour les lignes.

Par conséquent il n'y a pas une grande homogénéité interlignes mais un assez bon regroupement des valeurs à l'intérieur de chacune d'elle.

d) L'examen du graphe 2.9 ne fait que renforcer les déductions faites après examen des répartitions directionnelles. Il les tempère car il permet de voir que les lignes 2 et 5 ont les mêmes classes aux mêmes places, avec des rapports assez proches dans l'ensemble. Mais il permet aussi de constater qu'une moyenne et un coefficient de variation ne prennent pas en compte la répartition spatiale des classes et des rapports; ce qu'il est indispensable de connaître pour réaliser un nouveau découpage, plus homogène si possible.

-> Premières déductions

Elles sont au nombre de trois :

. Les valeurs des rapports sont plus élevées en général dans le second que dans le premier horizon. Une baisse plus importante des teneurs en azote total qu'en phosphore assimilable Truog permet d'expliquer probablement cette réalité.

. La répartition des valeurs voisines (même classe) est meilleure en surface que dans l'horizon sous-jacent; et en lignes qu'en colonnes (hectares).

. Il est donc possible à priori de poser une option sur certaines parcelles de ce terrain pour installer des essais de prévilgarisation. Il faudrait confirmer par des analyses sur des échantillons de parcelles élémentaires de 400 m² et étendre l'étude à d'autres hectares voisins pour avoir suffisamment de surface disponible (essai sur 3 à 5 ans).

- 6.3.4 - COMPLEXE ABSORBANT

Seront étudiées successivement les quatre bases échangeables que sont le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium ainsi que le rapport magnésium/calcium.

* Calcium échangeable
(cf. 4.19, 4.20, 2.10, 5.4.B)

-> L'horizon superficiel (0/20 cms)

a) Il y a une nette disparité entre la répartition des moyennes des 3 premiers hectares et celle du 4ème (cf. figure 4.19). Les indices pondérés ont pour valeur 3.8, 4.4, 4.0 et 2.4, ce qui confirme l'étude du graphique. Mais chacun des hectares n'est pas composé de moyennes regroupées majoritairement au sein d'une seule classe; ces dernières se répartissent au hasard dans 2 et même 3 classes; ce qui indique une certaine hétérogénéité spatiale.

b) Une répartition du même type se retrouve pour les lignes. Dans les deux premières une des moyennes apparaît nettement plus faible que les 3 autres. Les indices pondérés montrent un maximum dans la ligne du milieu (3.0, 3.5, 4.0, 3.75, 3.75).

c) Les moyennes calculées ne font que confirmer ces appréciations graphiques. De même les valeurs des coefficients de variation plus élevées dans les lignes 1 et 2 corroborent la répartition hétérogène des moyennes dans les différentes classes.

d) La figure 2.10 montre que le choix de surface homogène doit se faire indépendamment des répartitions actuelles en lignes ou en hectares. Il semblerait que l'on pourrait retenir les lignes 1 à 4 limitées aux trois premiers hectares.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) La dispersion des moyennes à l'intérieur des classes est plus forte que dans l'horizon 0/20 cm; en effet on retrouve systématiquement trois classes quelle que soit la colonne considérée. L'examen du graphique semble indiquer qu'il existe un gradient en allant de la colonne 1 à la colonne 4. Le calcul des indices pondérés confirme cette appréciation visuelle; ils sont égaux à 2.8, 2.4, 2.0, 1.8.

b) La dispersion s'accroît avec l'examen de la représentation par ligne; les moyennes peuvent en effet se répartir entre 1 et 4 classes. Les coefficients pondérés n'ont plus de signification dans ce cas de figure.

c) Les résultats du calcul statistique vont dans le même sens.

. Les moyennes des colonnes diminuent de la 1ère à la 4ème (6.14 → 5.22); les coefficients de variation sont très voisins (11.5 à 16.2).

. La dispersion intraligne des moyennes se retrouve dans la variabilité des coefficients de variations (5.5 à 22.7). Ceci se répercute sur les valeurs limites des intervalles de confiance avec $P = 95 \%$; leurs différences oscillent de 0.7 à 2.6 fois la valeur d'une classe.

d) Sur le plan parcellaire, non seulement se retrouve l'hétérogénéité déduite des graphiques et des calculs mais aussi le fait que les moyennes appartenant aux mêmes classes ne se retrouvent pas toujours les unes à côté des autres. Aussi l'insertion de la moyenne 4.2 en position (1.2) obligerait à éliminer complètement la ligne 1 alors qu'elle pourrait être conservée dans le parcellaire de l'horizon 0/20 cms. De plus si l'on effectuait le même type de représentation graphique du parcellaire mais en faisant figurer les différences entre les 2 horizons, nous retrouverions un 3ème type de répartition différente de celles des 2 horizons

Cela est moins gênant lorsqu'on suit l'évolution du sol que s'il s'agit d'étudier l'influence du sol et des apports de fertilisants sur la croissance et le rendement d'une plante-test.

-> Premières déductions

Il est possible de les résumer en 3 points :

. La valeur moyenne de la teneur en calcium échangeable, est de 7.03 ± 0.38 pour l'horizon 0/20 cms et de 5.66 ± 0.36 pour la couche sous-jacente. Les coefficients de variation, avec 20 moyennes partielles, sont respectivement de 12 % et 14 %; ils rendent bien compte de la dispersion des valeurs dans leur ensemble sans pouvoir préjuger de la répartition des valeurs à l'intérieur du terrain.

. Il y a une dispersion souvent importante des moyennes à l'intérieur des différentes classes. Cela se remarque aussi bien dans les colonnes que dans les lignes.

. Le choix de plusieurs lots de même surface, aussi homogènes que possible entre eux, pour des mises en culture annuelles successives (lot 1, 1ère année; lot 1, 2ème année + lot 2, 1ère année, ...etc...) ne peut se faire qu'en essayant de regrouper des parcelles de 2000 m² appartenant à des colonnes et des lignes différentes. A l'intérieur de ces nouvelles unités d'essai, il sera nécessaire de s'assurer que l'homogénéité supposée se confirme soit en recommençant le même travail de prélèvements élémentaires sur des parcelles de 400 m², soit en analysant les échantillons agronomiques des parcelles élémentaires délimitées au moment du carroyage.

A). ** Magnésium échangeable (cf. figures 4.21, 4.22, 2.11, 5.5.

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Trois des 4 hectares sont presque homogènes mais très différents les uns des autres. Les coefficients pondérés sont de 1.8, 3.0, 1.6 (ce dernier devrait avoir un coefficient plus près de 1.0; c'est la moyenne de la classe D qui fausse le calcul).

b) La répartition entre les lignes, bien que la dispersion soit encore importante à l'intérieur de chacune d'entre elles (3 classes au moins pour 4 moyennes), semble plus homogène. Les indices pondérés confirment l'appréciation graphique (2.5, 2.25, 2.0, 2.25, 2.5).

c) Les résultats des calculs confirment que les moyennes des lignes sont très proches les unes des autres (38.2 à 39.5) et que leur dispersion n'est pas négligeable (valeurs extrêmes de l'intervalle de confiance à P = 95 % distantes de près de 2 classes soit 6 me%).

Les colonnes (ou hectares) sont effectivement plus disparates; les coefficients de variation sont très variables (2.6 à 8.9) ce qui se répercute sur les écarts entre les valeurs limitées de l'intervalle de confiance (1/2 classe à 2 classes).

Ceci signifie qu'il faudrait regrouper les parcelles moyennes de 2000 m² pour reconstituer des ensembles d'un hectare aussi homogènes entre eux que possible (même si la dispersion intrahectare existe pourvu qu'elle soit voisine).

d) La figure 2.11 permet de voir d'une part que les lignes 2, 3 et 4 limitées aux trois premiers hectares forment une surface assez homogène et d'autre part que l'hectare 4 pourrait fournir 4 parcelles de 2000 m² "apparemment" homogènes ("apparemment" car les résultats d'analyse fournis sont ceux d'un échantillon moyen formé à partir de 5 échantillons élémentaires).

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms).

a) Si les hectares du 1er horizon étaient souvent homogènes, bien que ne se situant pas dans les mêmes classes, on ne peut en dire autant de ceux de l'horizon sous-jacent. Non seulement ils présentent la même hétérogénéité interhectare mais leurs moyennes se répartissent dans 2 à 4 classes selon les cas; on ne peut donc calculer de coefficients pondérés de répartition.

b) Le problème se pose d'une façon identique en ce qui concerne les lignes, donc la répartition horizontale des moyennes (cf figure 4.22).

c) Les résultats chiffrés du tableau 5.5.A indiquent que les moyennes des lignes sont très voisines (42.1 à 43.2); les coefficients de variation tournent autour de 9 ce qui modèrent l'illusion d'uniformité offerte par la seule lecture des moyennes. Au contraire les moyennes des colonnes sont plus disparates (de 39 à 45.5) mais les coefficients de variation sont moitié moindre pour 3 d'entre eux.

On retrouve la moins forte hétérogénéité des colonnes en comparant les intervalles de confiance à $P = 95 \%$; ils sont égaux ou supérieurs à 2 classes pour les lignes et dépassent rarement la valeur d'une classe pour les colonnes.

d) La disposition des moyennes dans chaque colonne ou ligne n'est pas la même de l'une à l'autre, même si deux d'entre elles ont leurs 5 moyennes dans les mêmes classes. S'il y a déjà appréciation graphique ou (et) statistique d'une certaine hétérogénéité, il peut y avoir augmentation de cette dernière avec la remarque faite ci-dessus.

Il semblerait judicieux et correct, pour y découper les parcelles d'essai, de retenir les 3 premiers hectares, le 4ème étant par trop hétérogène.

-> Premières déductions

. La valeur moyenne des teneurs en magnésium échangeable de l'horizon 0/20 cm est de 38.8 ± 1.25 et dans l'horizon 20/40cm est de 42.8 ± 1.6 ; elle augmente un peu avec la profondeur alors que celle du calcium échangeable diminuait.

. Il serait possible d'utiliser les 3 premiers hectares. Une étude systématique sur 4 autres hectares, situés parallèlement et au Nord des 4 qui sont déjà bien connus, devrait permettre de délimiter 2 ou 3 autres hectares si nécessaire.

*** Rapport Magnésium échangeable / Calcium Echangeable
(cf. figures 4.23, 4.24, 2.12, 5.5.B)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) La répartition des moyennes des colonnes est non seulement homogène à l'intérieur des 3 premiers hectares mais aussi entre ces derniers. (Indices pondérés : 1.0, 1.0, 1.2)

b) Celles des moyennes des lignes est un peu moins parfaite mais dans les 4 premières, les indices pondérés sont très proches (1.0, 1.0, 1.25, 1.25)

c) Le tableau de résultats confirme ces appréciations visuelles; dans les 3 colonnes ou les 4 lignes presque homogènes, les valeurs des intervalles de confiance sont souvent inférieurs à la valeur d'une demi-classe (0.55).

d) Le parcellaire est très clair; il est possible de retenir 16 parcelles sur 20 dont la moyenne générale serait de 5.3 . C'est à dire centré par rapport aux limites de la classe A. Elle est inférieure à la moyenne générale égale à 5.6 ± 0.3 .

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms).

a) La figure 4.23 permet de suite de saisir la différence existant entre les 2 couches de sol. Non seulement il y a augmentation des valeurs du rapport (ce qui en soi n'a rien d'étonnant puisque le magnésium augmente et le calcium diminue lorsqu'on passe de 0/20 cm à 20/40 cm) mais surtout - et c'est là le problème - les moyennes se répartissent dans 2 à 3 classes qui ne sont pas forcément les mêmes.

Si on calcule les coefficients pondérés de chaque hectare, on arrive aux chiffres suivants : 2.4, 3.2, 3.6, 3.0, avec un gradient au moins dans les 3 premiers hectares.

b) La même allure de graphiques se retrouve quand on effectue la répartition par lignes (Vu le nombre de classes utilisées, on ne calcule pas les coefficients pondérés). On peut néanmoins s'apercevoir qu'aucune règle de distribution n'apparaît. Seul fait notable : les lignes 4 et 5 sont identiques.

c) Les calculs statistiques n'apportent rien de plus si ce n'est que les moyennes et les coefficients de variations hétérogènes (de 6.5 à 17.7 pour ces derniers).

d) L'étude de la distribution des classes sur le parcellaire apporte la confirmation :

- . que les lignes 4 et 5 sont totalement identiques (chaque classe se trouve à la même place à l'intérieur de ces lignes);
- . que les 2 premiers hectares offrent 3 parcelles élémentaires identiques dans leur classement et leur situation (1 (3,4,5) et 2 (3,4,5)).

-> Premières déductions.

. un horizon de surface presque totalement homogène pour ce rapport; ce serait le terrain presque idéal si on voulait étudier l'influence du rapport MGE/CAE sur les plantes.

. un horizon de profondeur beaucoup plus hétérogène, sans pouvoir pour autant fournir une explication plausible.

. une moyenne générale plus élevée en profondeur et une fourchette d'estimation qui donne malgré tout une idée de la différence globale d'hétérogénéité. (5.6 ± 0.30 pour 7.67 ± 0.46).

**** Potassium échangeable

(cf. figures 4.25, 4.26, 2.13, 5.6.A)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Les moyennes des colonnes se distribuent selon 2 ou 3 classes avec des indices pondérés de répartition ayant les valeurs suivantes : 2.6, 2.6, 2.2, 2.4, ce qui indique une assez bonne homogénéité.

b) trois lignes présentent une répartition similaire en 2 classes (1 en B, 3 en C). Les deux autres ont leurs moyennes en 1 seule classe (1) ou 3 classes (4). L'homogénéité est bonne si on exclue la ligne 4.

c) Les résultats du tableau 5.6.A montrent que les moyennes des lignes 2 à 5 sont identiques mais par contre que le coefficient de variation de la ligne 4 - déjà considérée comme à éliminer - est le double de celui des autres. Il est préférable de conserver la ligne 1, même si elle a une moyenne plus faible que celles des autres car elle est très homogène.

Les 4 hectares ont des moyennes et des coefficients de variations très proches, ce qui confirme le constat graphique d'homogénéité interhectare même si l'homogénéité intrahectare était apparemment moins bonne.

Les fourchettes de l'intervalle de confiance à $P = 95 \%$ sont égales à la valeur d'une classe, ce que l'on a considéré comme satisfaisant depuis le début de cette étude.

d) La distribution spatiale des différentes moyennes dans chaque ligne n'est identique que pour 2 des 3 lignes reconnues comme identiques graphiquement. Il en est de même pour les hectares 1 et 2.

Cependant l'examen attentif du parcellaire de la figure 4.13 permet de considérer que les 3 premiers hectares pourraient être retenus. Le choix de parcelles d'essai devrait se faire sans difficulté majeure.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) Distribution en 2 classes pour 3 hectares sur 4. Mais le 4ème utilise les classes B et C au lieu et place des classes A et B. Pour les 3 premiers, on retrouve cette disparité dans les coefficients pondérés qui ont pour valeur 1.2, 1.4, 1.0 et 2.2.

b) Trois lignes entièrement identiques (moyennes par classes et classes concernées); la ligne 1 se rapproche des 3 précédentes. La ligne 4 est aussi hétérogène en surface que dans l'horizon étudié. Les coefficients pondérés ne confirment pas cette appréciation (1.5, 1.5, 1.5, 1.5, 1.25).

c) La lecture des moyennes laisserait croire, comme le font apparaître les coefficients pondérés, que les lignes 2 à 5 sont les plus homogènes. Mais les coefficients de variation corroborent la réalité graphique puisqu'ils indiquent au contraire qu'il faut effectivement exclure la ligne 4 (cf.6).

Les fourchettes de l'intervalle de confiance sont en rapport avec les variances qui prennent en compte les écarts par rapport à la moyenne; de ce fait elles sont légèrement supérieures à la valeur d'une classe (1.2 max) pour toutes les lignes sauf pour la 4ème (2).

d) De la même façon que pour l'horizon de surface, il serait judicieux de retenir soit les 3 premières colonnes (ou hectares) soit les lignes 1 à 3 et 5.

-> Premières déductions.

. La moyenne générale de l'horizon supérieur est de 0.36 ± 0.03 et celle de l'horizon 20/40 cms de 0.25 ± 0.025 . S'ils sont différents en valeur absolue (diminution logique avec la profondeur), il s'avère possible d'approcher cette dernière avec une erreur relativement faible due à la variabilité du terrain ($< 10 \%$).

. Les teneurs en potassium échangeable sont supérieures à celle du champ du vertisol équilibré de Pouembout. Il ne devrait pas y avoir de problèmes de carence ou de même de manque cet élément, surtout si on rapporte une fertilisation d'entretien suffisante.

. Pour être sûr d'avoir les surfaces aussi homogènes tant à l'intérieur de chaque parcelle qu'entre les parcelles (le plus important pour comparer 2 champs), il serait bon de prolonger de telles analyses dans les 4 hectares situés au Nord de ceux-là. La bonne uniformité déjà entrevue est encourageante.

**** Le sodium échangeable (cf. 4.27, 4.48, 2.14, 5.6.B)

-> L'horizon de surface (0/20 cms)

a) Le gradient apparaît sans problème et les indices pondérés de répartition (2.8, 2.4, 2.0, 1.4) l'indiquent bien. Il y aurait donc des difficultés importantes à délimiter des champs pour essais annuels aussi homogènes entre eux que possible.

b) Les répartitions en ligne sont par contre plus proches les unes des autres même si les 4 moyennes se retrouvent dans 2 ou 3 classes. Les indices pondérés, très similaires (2.25, 2.25, 2.0, 2.25) rendent bien compte de déductions graphiques (la ligne 4 fait exception car les moyennes des classes A et D s'annulent; la dispersion n'est pas montrée par l'indice).

c) Les résultats confirment évidemment les déductions du (a) mais précisent que le 1er hectare est moins homogène que les 3 autres (coefficient de variation assez élevé de 18, et fourchette de l'intervalle > valeur de 2 classes).

Les moyennes des lignes sont relativement proches mais les coefficients des variations assez grandes (14 à 22 pour la ligne 4) entraînent des fourchettes proches ou supérieures à la valeur de 2 classes.

Il y a une hétérogénéité très nette de ce terrain, assez difficile à prendre en compte lors d'essais agronomiques si cette caractéristique a une influence notable sur la croissance des plantes-tests.

d) L'examen du parcellaire de la figure 2.14 donne la possibilité de délimiter seulement 2 surfaces à peu près homogènes de 1 hectare chacune; elles correspondent aux hectares n° 2 et 3.

-> L'horizon de profondeur (20/40 cms)

a) Distribution très hétérogène du 1er au 4ème hectare. Il y a un gradient très net qui apparaît sur le graphique 4.27 et confirme par les valeurs des coefficients pondérés (4.2, 3.2, 2.0, 1.6).

b) Le problème est différent pour les lignes : l'hétérogénéité est aussi importante mais il n'y a pas de gradient apparent comme pour les colonnes. On a plutôt à faire à une répartition aléatoire.

c) Les résultats confirment ces déductions; les moyennes des 4 colonnes sont effectivement décroissantes de gauche à droite mais les coefficients de variation (hétérogénéité intra-hectare) sont assez faibles (< 12).

Par contre les moyennes des lignes sont effectivement plus regroupées mais l'hétérogénéité interne de chacune d'entre elles se confirme comme assez importante (c.v entre 16 et 32). Les fourchettes des intervalles de confiance à P = 95 % sont tous supérieurs à 2 valeurs de classe.

d) La vue globale du parcellaire confirme ces appréciations graphiques et chiffrées. En somme, un terrain parfaitement hétérogène quant à la répartition du sodium échangeable.

-> Premières déductions

. La moyenne générale de l'horizon 0/20 cms est égale à 1.24 ± 0.09 mé % et celle de l'horizon sous-jacent est de 1.44 ± 0.14 .

. Gradient systématique du 1er au 4ème hectare; hétérogénéité aléatoire dans les lignes.

. En principe donc un terrain difficile à redécouper pour y établir des parcelles pour mises en culture annuelle successives. Mais il faut aussi considérer que dans ce sol la fraction échangeable de sodium ne représente qu'une faible proportion des éléments échangeables; il serait donc possible dans ce cas précis de faire abstraction de cette hétérogénéité.

Cependant l'étude de cette caractéristique a permis de constater que la répartition spatiale était aléatoire; comme l'hétérogénéité est importante, il sera assez difficile dans un autre terrain de pouvoir cerner aisément la valeur que pourra donner l'analyse pour un échantillon prélevé au hasard.

-6.4-. Appréciation sur la plus ou moins grande homogénéité du terrain de la zone de Tontouna.

Deux volets complémentaires pour cette seconde partie:

- 8 tableaux (A à H) résument les principaux points de chacune des études particulières du (6.1) consacrées aux caractéristiques agronomiques essentielles de ce vertisol.

- L'utilisation de ces tableaux récapitulatifs pour la mise en place d'essais multilocaux sur de tels types de sols en fonction du (ou des) but (s) recherché (s).

La dernière colonne de chacun des 8 tableaux permet de se faire une idée assez rapide et suffisamment précise en ce qui concerne la plus ou moins grande homogénéité du terrain. Il est en effet indispensable lorsqu'on souhaite mettre en place des essais multilocaux avec une mise en culture progressive des hectares choisis (se reporter à l'annexe 6 de tome II) de s'assurer que chacun d'entre eux est très proche des autres en ce qui concerne le facteur "sol" qui est non seulement un support pour la culture mais aussi et surtout une entité qui réagit quand on la modifie (travaux aratoires, apports d'éléments fertilisants, d'herbicides ...etc).

38 - A - RECAPITULATIF DES " PREMIERES DEDUCTIONS " des
DIFFERENTES CARACTERISTIQUES

Valeur de la Classe	Nom de la Caracterist.	Homogeneite "Colonnes"	Homogeneite "Lignes"	Moy.Gen. + Ecart	Comparaison des Moyennes	C . V e n %	Comparaison des Coeff. Var.	Intervalle de Confiance	Allure Gen. du graphe des 20 Moy.	CONCLUSIONS
0	P H E (0-20 cms)	Intra=Bonne Inter=Bonne pour 3/4	Intra=Moyenne Inter=Faible	5.83 + ou - 0.10	Assez homogene pour LIGNE (5.75-5.95) Croissante en COL. du 1er au 4e.	< 6 pour les lignes < 4 pour col.	Faibles et Homogenes dans les deux cas de figures. (L. et C.)	Ligne : + 0.22 - Colonne : + 0.21 -	Les moy. oscillent de 5.5 a 6.1 Tendance a un gradient en diagonale	Les valeurs de l'acidite a l'eau sont ASSEZ HOMOGENES EN SURFACE, beaucoup MOINS EN PROFONDEUR. Les valeurs mesurees dans les parcelles 4.3 , 4.4 , 4.5 constituent un pole de desequilibre.
2	P H E (20-40cms)	Intra=Faible Inter=Moyenne (faible grad. du 1er au 3e)	Intra=faible Inter=Tres Faible	6.03 + ou - 0.16	Homogenes dans les LIGNES Homogenes pour 3 COLONNES sur 4	< 10 pour LIGNES < 6 pour les COL.	assez faibles a faibles Variables en LIGNES, homogenes en COLONNES	Ligne : + 0.47 - Colonne : + 0.31 -	les moy. sont comprises entre 5.7 et 6.9 . 4eme hect. a eliminer	Il faudrait effectuer la prospection dans les autres hectares situes au nord de ceux etudies.
0	P H K (0-20 cms)	Intra=Moyenne Inter=Gradient faible du 1er au 4eme	Intra=Moyenne Inter=Faible	4.94 + ou - 0.10	Assez homogenes dans les LIGNES. Croissantes dans les COLONNES.	< 7 pour LIGNES < 5 pour COLONNES	Faibles et homogenes pour les LIGNES et les COLONNES	Ligne : + 0.34 - Colonne : + 0.22 -	Les moy. vont de 4.6 a 5.4 Pas de gradient general visible.	L'acidite au chlorure de potassium est ASSEZ HOMOGENE EN SURFACE, plus HETEROGENE EN PROFONDEUR. Les coefficients de variations sont trop eleves dans la couche 20-40 cms, ce qui entraine des fourchettes trop larges.
2	P H K (20-40 cms)	Intra=Faible a Nulle Inter=Moyenne (leger grad. du 1er au 4e)	Intra=Faible a Nulle Inter=Faible	5.21 + ou - 0.20	Variables dans les LIGNES Croissantes dans les COLONNES	< 14 pour LIGNE < 11 pour COLONNE	Variables sur toutes les LIGNES. Ont parfois des valeurs > 10.	Ligne : + 0.73 - Colonne : + 0.49 -	Les moy. sont incluses entre 4.7 et 6.0 . Pas de gradient visible.	Si l'acidite de 20-40 cms doit jouer un role sur la croissance du vegetal, ce serait genant d'avoir de telles valeurs.

38 - B - RECAPITULATIF DES " PREMIERES DEDUCTIONS " des
DIFFERENTES CARACTERISTIQUES

Valeur de la Classe	Nom de la Caracterist.	Homogeneite "Colonnes"	Homogeneite "Lignes"	Moy.Gen. + Ecart	Comparaison des Moyennes	C . V e n %	Comparaison des Coeff. Var.	Intervalle de Confiance	Allure Gen. du graphe des 20 Moy.	CONCLUSIONS
7	C T (0-20 cms)	Intra=Moyenne Inter=Faible	Intra=faible Inter=Faible	33.4 + ou - 2.6	variables que ce soit dans les LIGNES (30 a 37) ou dans les COLONNES (28 a 38)	< 25 pour les LIGNES < 16 pour COL.	Tres differents d'une LIGNE a l'autre. (9 a 25) Plus voisins dans les COL. (10-16)	Ligne : de 3.2 a 8.3 Colonne : de 3.2 a 5.2	Tres disparates dans leur repart. spatiale. Variations: 24.6-43.4%. presque aleatoirement.	La repartition du carbone total apparait comme HETEROGENE dans ces 20 parcelles. Il n'est pas aise de re faire un decoupage de surfaces homogenes, meme si l'homogeneite intersurfaces n'etait pas prise en compte dans un 1er temps.
%	C T (20-40cms)	Intra=Moyenne Inter=Faible	Intra=Faible Inter=Faible	18.6 + ou - 1.8	Variables dans les LIGNES + homogenes dans les COLONNES	< 28 pour LIGNES et pour les COL.	tres differents d'une LIGNE et d'une COLONNE a l'autre (L= 6 a 28) (C=12 a 28)	Ligne : de 2.3 a 11.1 Colonne : de 4.1 a 9.5	les moy. sont comprises entre 12% et 28.5%. Quelques regroupements localises.	Il serait possible de retenir: 1 a 4 dans la colonne 1; ligne 3; 4 parcelles dans le coin haut droit.
0	N T (0-20 cms)	Intra=Moyenne Inter=Moyenne	Intra=Moyenne Inter=Bonne	1.61 + ou - 0.05	Proches dans l'ensemble. Plus dans les LIGNES. (3% d'ecart) que dans les COLONNES. (8% d'ecart)	< 10 pour LIGNES < 10 pour COLONNES	SEMBLABLES de 5.5 a 10% pour les LIGNES . De 4 a 7 pour les COLONNES	Ligne : de 0.09 a 0.16 Colonne : de 0.06 a 0.14	Aspect du parcellaire HOMOGENE. (de 1.38 a 1.80 %)	En dehors du fait que les differences entre les 2 couches ne sont pas identiques d'une parcelle a l'autre, on peut dire que l'installation d'un essai comportant des mises en culture annuelles successives serait tout a fait REALISABLE
1	N T (20-40 cms)	Intra=Moyenne a Faible	Intra=Moyenne a Faible	1.06 + ou - 0.07	Plus variables que dans l'horizon 0-20 cms. (5% ecart pour L. et 8% pour C.)	< 22 pour LIGNE < 17 pour COLONNE	Assez variables que ce soit dans LIGNES (7 a 22 %) que COLONNES (7 a 14 %)	Ligne : de 0.07 a 0.25 Colonne : de 0.06 a 0.17	Aspect du parcellaire assez HOMOGENE (a l'exception du coin bas gauche)	

38 - g - RECAPITULATIF DES " PREMIERES DEDUCTIONS " des
DIFFERENTES CARACTERISTIQUES

Valeur de la Classe	Nom de la Caracterist.	Homogeneite "Colonnes"	Homogeneite "Lignes"	Moy.Gen. + Ecart	Comparaison des Moyennes	C . V en %	Comparaison des Coeff. Var.	Intervalle de Confiance	Allure Gen. du graphe des 20 Moy.	CONCLUSIONS
4	P A T (0-20 cms)	Intra=Faible Inter=Faible	Intra=Moyenne a Faible. Inter=Faible	16.7 ppm + ou - 1.3	plus proches les unes des autres dans les COLONNES que dans les LIGNES.	< 22 pour les LIGNES < 20 pour COL.	assez proches hormis celui de L 1 (6 a 11) Eleves pour les COLONNES sauf C1	Ligne : de 2.4 a 5.6 Colonne : de 3.2 a 5.8	Il se degage une certaine homogeneite pour les 4 premieres lignes avec des valeurs de 15 a 21	Similitude entre les teneurs moyennes des 2 horizons. Une certaine HOMOGENEITE existe dans les 2 Hor. Certes les C.V sont eleves mais les teneurs sont tellement faibles que de petites variations absolues entraînent des modifications relatives importantes.
p p m	P A T (20-40cms)	Intra=Moyenne a Faible Inter=Moyenne a Faible	Intra=Moyenne Inter=Moyenne a Faible	16.6 ppm + ou - 1.4	IDEM	< 28 pour LIGNES < 20 pour les COL.	assez proches hormis celui de L1. (10 a 16) Plus eleves pour les C (12 a 20)	Ligne : de 1.7 a 5.2 Colonne : de 1.8 a 3.3	Memes rem. que pour 0-20 cms. Elles oscillent entre 14 et 23.	Cela signifie qu'il serait POSSIBLE D'UTILISER les 4 hectares, une carence en P étant pratiquement certaine apres un seul cycle de culture (cf. essai sur le vertisol de Pouembout).
4	P T (0-20 cms)	Intra=Faible Inter=Faible a nulle.Gradient du 1er au 4eme.	Intra=Faible Inter=Faible a nulle.Les indices ponderes= repartition aleat.	255 + ou - 28	Variables dans les LIGNES. (225-293) Plus disperses dans les COLONNES. (198-312)	< 31 pour les LIGNES < 23 pour les COLONNES	Eleves dans les LIGNES. (19 a 31) Moins forts mais plus disperses dans les C. (9-23)	Ligne : de 50 a 75 Colonne : de 24 a 49	Gradient HORIZONTAL TRES NET . HETEROGENEITE VERTICALE ALÉATOIRE .	ASSEZ FORTE HETEROGENEITE. En surface (0-20 cms), il est difficile de retenir une zone quelconque.Par contre les 3e et 4e hectares de la couche 20-40cms sont nettement homogenes au regard des 2 autres.
p p m	P T (20-40 cms)	Intra=Moyenne (3 et 4) a Nulle(1 et 2) Inter=Nulle	Intra=Faible a Nulle Inter=Faible a nulle	176 + ou - 27	Variables dans les LIGNES (168-210) Formant 2 groupes dans les COLONNES (135 et 216)	< 43 pour les LIGNES < 30 pour les COLONNES	Generalement forts (de 24 a 43) Gradient negatif du 1er au 4eme hectare (31 a 12).	Ligne : de 38 a 88 Colonne : de 15 a 55	L'heterogeneite des lignes ressort bien . 3e et 4e hectares = homogenes.	Il serait possible de separer le terrain en 2 et de considerer les deux moities comme des terrains differents si le facteur P devait etre etudie.

**38-D - RECAPITULATIF DES " PREMIERES DEDUCTIONS " des
DIFFERENTES CARACTERISTIQUES**

Valeur de la Classe	Nom de la Caracterist.	Homogeneite "Colonnes"	Homogeneite "Lignes"	Moy.Gen. + Ecart	Comparaison des Moyennes	C . V e n %	Comparaison des Coeff. Var.	Intervalle de Confiance	Allure Gen. du graphe des 20 Moy.	CONCLUSIONS
0	C A E (0-20 cms)	Intra=Faible Inter=Moyenne a faible	Intra=Faible Inter=Moyenne a faible	7.03 + ou - 0.38	Variables dans les LIGNES avec un pic dans la ligne mediane. Similaires ds 3 has	< 18 pour les LIGNES < 13 pour COL.	Tres diffe- rents (de 4 a 18) dans les lignes. Resseres dans COL. (6 a 13).	Ligne : de 0.34 a 1.23 Colonne de 0.20 a 0.54	L'heteroge- neite du terrain peut etre reduite sans 4e Ha. Moy=7.36 et extremes=6.4 et 8.4 .	Les valeurs de l'acidite a l'eau sont ASSEZ HOMO- GENES EN SURFACE, beau- coup MOINS EN PROFONDEUR. Les valeurs mesurees dans les parcelles 4.3 , 4.4 , 4.5 constituent un pole de desequilibre.
9 m e %	C A E (20-40cms)	Intra=Faible Inter=Faible a nulle. Gradient de- croissant du 1er au 4e Has	Intra=faible Inter=Faible a nulle.	5.66 + ou - 0.36	Idem 0-20 cm dans les LIGNES. Gradient du 1er au 4eme hectares(6.2 a 5.2)	< 23 pour lignes < 16 pour les COLONNES. col.	Tres varia- bles dans les LIGNES. (5.5-22.7) Plus groupes dans les COLONNES. (11.5-16.2).	Ligne : de 0.35 a 1.22 Colonne : de 0.56 a 0.84	Repartition des moy. totale- ment aleatoire. Heterogene- ite semble encore plus nette.	Il faudrait effectuer la prospection dans les autres hectares situes au nord de ceux etudies.
0	M G E (0-20 cms)	Intra=Moyenne Inter=Faible a faible	Intra=Faible Inter=Moyenne a faible	38.8 + ou - 0.30	Moins dispersees dans les LIGNES que dans les COLONNES	< 10. pour LIGNES < 9 pour COLONNE	Variables mais relativement Faibles que ce soit dans les COLONNES ou les LIGNES.	Ligne : de 2.44 a 3.97 Colonne : de 0.94 a 2.93	Relative homogeneite a l'int. des 3 pre- miers Has. Min.=36.2 Max.=42.8 Moy.=39.8	L'acidite au chlorure de potassium est ASSEZ HOMOGENE EN SURFACE, plus HETEROGENE EN PROFONDEUR. Les coefficients de varia- tions sont trop eleves dans la couche 20-40 cms, ce qui entraine des fourchettes trop larges.
9 m e %	M G E (20-40 cms)	Intra=Faible Inter=Faible	Intra=Faible Inter=Faible	42.8 + ou - 1.6	Assez proches dans LIGNES. (42.1 - 43.2) Plus disper- ses dans COL. (39 - 42.5)	< 12 pour LIGNE < 11 pour COLONNE	Groupes en- tre 8.6 et 11.7 sur LIGNES . De 3.8 a 5.4 dans 3 pre- miers HECTA- RES	Ligne : de 3.3 a 4.95 Colonne : de 1.4 a 3.7	Meme rem. que pour 0-20 cms sur 3 Has. Min.=39.4 Max.=48.1 Moy.=44.0	Si l'acidite de 20-40 cms doit jouer un role sur la croissance du vegetal, ce serait genant d'avoir de telles valeurs.

**38- E - RECAPITULATIF DES " PREMIERES DEDUCTIONS " des
DIFFERENTES CARACTERISTIQUES**

Valeur de la Classe	Nom de la Caracterist.	Homogeneite "Colonnes"	Homogeneite "Lignes"	Moy.Gen. + Ecart	Comparaison des Moyennes	C . V e n %	Comparaison des Coeff. Var.	Intervalle de Confiance	Allure Gen. du graphe des 20 Moy.	CONCLUSIONS
1	M G E ----- C A E (0-20 cms)	Intra=Moyenne a Bonne	Intra=Moyenne a Bonne	5.06	Proches pour 4 LIGNES / 5. (5.08-5.65)	< 17 pour les LIGNES	Plus ou moins disper- ses dans les LIGNES. (4.6-17).	Ligne : de 0.25 a 1.02 Colonne de 0.24 a 0.40 (0.97 ds 4e)	HOMOGENEITE presque parfaite(16 moy. dans classe A). Moyenne Gen. rend compte de cet etat.	Autant on PEUT REALISER des essais avec des cultures successives si on tra- vaille dans l'HORIZON SUPERFICIEL, autant il est pratiquement IMPOSSIBLE de localiser des surfaces SUFFISAMMENT HOMOGENES dans ce parcel- laire si on doit tenir compte de l'horizon 20 - 40 cms.
1	M G E ----- C A E (20-40cms)	Intra=Moyenne a Faible	Intra=Faible a Nulle	7.67	4 sur 5 assez pro- ches dans LIGNES. (7.68-8.28)	< 18 pour LIGNES < 18	2 groupes dans les LIGNES. (7.5/15.3) et les COL. (7.6/16.5)	Ligne : de 0.55 a 1.47 Colonne : de 0.48 a 1.20	HETEROGENE globale- ment. Probleme pour deli- miter surf. homogene .	
0	K E (0-20 cms)	Intra=Moyenne pour 3 sur 4	Intra=Bonne pour 4 sur 5	0.36	4 moy. /5 IDENTIQUES. (0.38) sur LIGNES.	< 26 pour LIGNES	Tres disper- ses sur les LIGNES (0 a 26 avec 3 de 13%).	Ligne : de 0.0 a 0.10 Colonne : de 0.04 a 0.06	TRES HOMO- GENE (19 moy. /20). Moyenne Gen et Ecart donne idee juste du terrain.	L'acidite au chlorure de potassium est ASSEZ HOMOGENE EN SURFACE, plus HETEROGENE EN PROFONDEUR. Les coefficients de varia- tions sont trop eleves dans la couche 20-40 cms, ce qui entraine des fourchettes trop larges.
1 m e %	K E (20-40 cms)	Intra=Bonne a Nulle	Intra=Moyenne a Bonne pour 4 sur 5	0.25	4 moy. iden- tiques et 1 tres proche dans LIGNE. 3 moy. sur 4 tres proches dans COL.	< 40 pour LIGNE < 23 pour COLONNE	4 sont tres proches sur les LIGNES. (22.1-23.1) Plus disper- ses sur COL. (0 a 23).	Ligne : de 0.05 a 0.10 Colonne : de 0.00 a 0.05	Meme remarque que pour horizon 0 - 20 cms	Si l'acidite de 20-40 cms doit jouer un role sur la croissance du vegetal, ce serait genant d'avoir de telles valeurs.

38- f - RECAPITULATIF DES " PREMIERES DEDUCTIONS " des
DIFFERENTES CARACTERISTIQUES

Valeur de la Classe	Nom de la Caracterist.	Homogeneite "Colonnes"	Homogeneite "Lignes"	Moy.Gen. + Ecart	Comparaison des Moyennes	C . V e n %	Comparaison des Coeff. Var.	Intervalle de Confiance	Allure Gen. du graphe des 20 Moy.	CONCLUSIONS
0	N A E (0-20 cms)	Intra=Moyenne a Faible Inter=Faible (GRADIENT du 1er au 4e hectare).	Intra=Faible Inter=Faible	1.24 + ou - 0.09	Assez homogene en LIGNE (.75/5.95) GRADIENT en COLONNES (1.4 - 1.0)	< 22 pour les LIGNES COL. < 18 pour COL.	Relativement eleves dans les LIGNES (14 a 22) Faibles dans COLONNES sauf la C1. (18 %)	Ligne : de 0.17 a 0.29 Colonne de 0.04 a 0.07 (C1= 0.23)	Confirmation des Concl. des autres graphes. Permet d'af- finer certai- nes conclu- sions.	Deux points de vue doivent etre consideres : 1) HETEROGENEITE du terrain; elle est importan- te dans 0-20 cms avec un gradient des moy. "Has". Elle s'accroît dans 20-40 cms avec gradient "Has"
2	N A E (20-40cms)	Intra=Moyenne a Faible Inter=Faible (GRADIENT tres NET du 1er au 4e Ha)	Intra=Faible a Nulle Inter=Faible a Nulle	1.44 + ou - 0.14	Assez pro- ches en LIGNES (1.38-1.50) GRADIENT confirme. (1.82-1.06)	< 32 pour LIGNES COL. < 12 pour COL.	Forts et variables (16-32) en LIGNES Assez sembla- bles et plus faibles en COL.	Ligne : de 0.23 a 0.47 Colonne : de 0.08 a 0.19	L'examen du parcellaire confirme HETEROGENEITE TE du ter- rain. Chq. Ha est diff des autres.	1) HETEROGENEITE du terrain; elle est importan- te dans 0-20 cms avec un gradient des moy. "Has". Elle s'accroît dans 20-40 cms avec gradient "Has" dans le meme sens et une re- partition aleatoire dans les LIGNES. Les C.V et les 2 X sont eleves. 2) UTILISATION du terrain pour essai. Vu le probleme du desequilibre MG/CA, le probleme du Na devient se- condaire (Na/T <<10%).

A) Prenons le cas de l'installation d'un essai de pré vulgarisation au cours duquel seront testés 3 doses croissantes d'un mélange N.P.K. Est-il possible de délimiter 3 hectares ayant une homogénéité intrahéctare et interhéctare aussi bonne que possible ?.

La réponse qu'on peut déduire de l'examen des différents tableaux (A à H) ci-joint est actuellement négative. En effet : on a bien de bonnes réponses pour :

	Le terrain est homogène sur 0/20 cms			
N	//	//	assez homogène sur 20/40 cms.	
	Le terrain est assez homogène sur 0/20 cms			
P205	//	//	//	// sur 20/40 cms.

De plus les teneurs en phosphore assimilable et celles des réserves (phosphore total) sont tellement faibles que les différences observées entre les parcelles de 2000 m² ne joueront pas un rôle important.

	Le terrain est homogène sur 0/20 cms			
K20	//	//	//	sur 20/40 cms

Il y a au moins 3 hectares très homogènes.

Mais le "point noir" est celui non pas tellement des teneurs en magnésium échangeable élevées mais plutôt des valeurs nettement supérieures à 4 du rapport "magnésium échangeable / calcium échangeable (cette valeur de 4 a été retenue au vue de quelques expériences d'agriculteurs céréaliers sur le Territoire de Nouvelle Calédonie). Il serait donc nécessaire d'abord de corriger ce rapport en le diminuant (apport de calcium, élimination du magnésium par mise en solution et drainage); ensuite seulement la réponse sera positive pour un essai N.P.K.

B) La possibilité d'un essai portant sur l'action d'un amendement calcique (CO₃ Ca, SO₄ Ca seuls ou combinés) est réelle puisque l'acidité même variable reste dans des limites raisonnables pour une plante, — test comme le maïs grain (habituellement utilisée); puisqu'il est possible de délimiter un terrain de 3 hectares tant du point de l'homogénéité du calcium que de celle du magnésium dans l'horizon 0/20 cms (celui le plus prospecté par les racines).

On pourrait aussi fournir d'autres exemples en fonction du but recherché. Là n'est pas notre propos; nous voulions surtout montrer comment utiliser au mieux les conclusions d'une étude relativement onéreuse en temps de prélèvements, d'analyses et d'interprétations.

- 7 - Conclusions générales

Elles concerneront d'abord la méthode d'étude utilisée dans le chapitre précédent; ensuite la recherche d'autres terrains pour l'essai multilocal sur vertisol non magnésien.

- 7.1 - Relatives à la technique de prélèvements d'échantillons, à la méthode d'étude des résultats analytiques (graphiques et données statistiques) et à leur utilisation pour apprécier la conformité du terrain pour réaliser un (ou des) type (s) d'essai défini (s).

- 7.1.1 - Prélèvements et analyses.

Selon le sol recherché, et spécialement s'il s'agit d'un vertisol et d'un sol peu évolué d'apport, il sera prudent d'effectuer un prélèvement moyen de chacun des hectares (ou autres surfaces retenues comme devant porter un essai complet) et de tester si les teneurs en magnésium et en sodium échangeables ne sont pas des causes réductrices d'élimination. Pour cela on analysera systématiquement les bases échangeables et la capacité d'échange cationique (T); on calculera alors les rapports MGE/CAE et NAE/T.

Si ces valeurs ne représentent pas de gênes pour la croissance des plantes-tests choisies (en général $MGE/CAE < 4$ et $NAE/T < 10$), on réalisera un carroyage serré pour étudier au mieux l'ensemble du terrain délimité.

La technique du piquetage, des prélèvements élémentaires et de la constitution d'échantillons moyens, ainsi que les paramètres à analyser au laboratoire ont permis d'assez bien cerner l'homogénéité plus ou moins forte du terrain.

Certes cela demande beaucoup de temps et de nombreux "coups de sonde" (9 sur 2 diagonales pour 1 horizon d'une parcelle de 400 m² soit 225/Hectare/horizon; ceci nous a amené à 3600 échantillons unitaires pour les 8 hectares du terrain "Marchand" dont seulement 4 ont été finalement analysés). Mais cela permet, en effectuant un échantillon moyen sur des parcelles de 2000 m² - soit 5 par hectare - de se rendre compte si on peut déjà entrevoir un type de répartition des valeurs pour chacune des caractéristiques; et de garder en réserve la possibilité d'affiner, si nécessaire, l'appréciation portée en analysant les échantillons élémentaires et non moyens. Il est bien peu probable que 25 analyses par hectare n'offrent pas la possibilité d'apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité spatiale d'une façon assez précise pour décider ou non de l'installation d'un type d'essai précis.

Le choix des caractéristiques retenues a été simple : ce sont celles qui sont habituellement représentatives de la fertilité chimique naturelle d'une "terre".

- 7.1.2.- Interprétation des résultats au laboratoire

C'est peut être là que réside une certaine innovation dans l'interprétation. Nous ne nous sommes pas contentés de résultats bruts ou de calculs statistiques mêmes simples; nous avons essayé d'apprécier la répartition spatiale des valeurs données par les analyses. On l'a considéré dans 3 dimensions : les colonnes - qui correspondent aux hectares -, les lignes et la surface du terrain qui synthétisent les deux orientations précédentes.

Il a été ainsi possible de constater qu'on pourrait avoir:

a) des colonnes à homogénéité interne très faibles (3 classes pour recevoir les 5 valeurs) mais qui présentaient toutes la même répartition; ceci donnait une homogénéité intercolonne forte.

b) des colonnes à homogénéité interne forte (toutes les valeurs dans une même classe) mais une répartition totalement différente pour les 4 hectares (chaque hectare se retrouve dans une classe). On avait alors une forte hétérogénéité intercolonne.

c) des colonnes du type (a) et des lignes du type (b) et vice-versa.

d) enfin un aspect général du parcellaire dans lequel on retrouvait seulement ce que les études des colonnes ou des lignes laissaient voir; ou au contraire dans lequel non seulement ressortaient effectivement les déductions "colonnes et lignes" mais aussi soit un renforcement de l'impression d'hétérogénéité soit au contraire sa diminution. Il suffit de prendre pour exemples le calcium échangeable de l'horizon sous-jacent (20/40 cms) pour illustrer le 1er cas; et le sodium échangeable (0/20 cms) pour imager le 2ème cas.

Certes l'utilisation de calculs statistiques simples (moyennes, variance, coefficient de variation, intervalle de confiance avec une probabilité de 5 %) et l'interprétation des données numériques ont faits partie de cette étude. Mais nous nous sommes rendus compte que cela ne nous donnait pas d'image spatiale, ni de répartition par classes.

De plus l'emploi de ce que nous avons appelé "Indice pondéré" (cf. début chapitre 6) offrait déjà la possibilité de mettre en évidence l'existence d'un gradient qui apparaissait sur les graphiques mais qu'il était utile de chiffrer, ne serait-ce que pour la comparer avec d'autres gradients. Ceci n'aurait pas été aussi facile avec les moyennes car il aurait fallu calculer des % et non utiliser des valeurs brutes qui n'auraient pas pu être comparées. Le fait de conserver 5 classes pour chaque paramètre rendait la tâche plus aisée; de plus on avait déjà une idée: sur l'importance du gradient (allait-on de la classe 5 à la classe 1 ou restait-on entre les classes 3 et 2 ?), sur la réalité du gradient (gradient ou groupes très différents de 2 ou 3 valeurs proches ?), sur les rapports entre le gradient et l'homogénéité plus ou moins grande intrahectare.

Exemples

1. Phosphore total (PT) sur 0/20 cms

Indices pondérés	moyennes en ppm
4.44, 4.20, 2.60, 2.20	3.12, 2.88, 2.22, 1.98

2. Calcium échangeable (CAE) sur 20/40 cms

Indices pondérés	moyennes en mé %
2.80, 2.40, 2.00, 1.80	6.14, 5.80, 5.48, 5.22

3. Sodium échangeable (NAE) sur 20/40 cms

Indices pondérés	moyennes en mé %
4.20, 3.20, 2.00, 1.60	1.82, 1.54, 1.32, 1.06

Quelques commentaires : l'exemple 1 illustre la formation de groupes de valeurs proches, ce que les moyennes rendent peu;

.l'exemple 2 illustre un gradient de faible "pente"; les moyennes ne peuvent rendre cet aspect car elles ne sont pas "situées" par rapport aux différentes teneurs des 20 échantillons moyens qui constituent le parcellaire.

.l'exemple 3 illustre un gradient de forte "pente"; même remarque pour les moyennes.

- 7.1.3. - Utilisation des résultats pour apprécier la conformité du terrain.

Nous avons déjà donné (cf. 6.2) la façon d'utiliser les résultats des examens des graphiques et des données numériques issues de calculs statistiques et qui ont été résumés dans les tableaux A à H.

Il semble nécessaire de bien préciser que de tels tableaux ne portent pas eux-mêmes de jugement sur la conformité ou la non-conformité du terrain pour tel ou tel essai.

Il revient aux réalisateurs du (ou des) essais de bien définir les buts à atteindre; les caractéristiques du terrain qu'il est nécessaire de savoir homogènes (généralement les facteurs sur lesquels on va intervenir, surtout pour interpréter sans trop de difficulté les données de la plante-test); celles que l'on peut admettre comme plus ou moins hétérogènes car ces paramètres ne joueront qu'un rôle mineur dans la variabilité éventuelle des données recueillies (qui ne viendrait que de l'action plus grande des facteurs contrôlés).

L'examen attentif de tels tableaux récapitulatifs permet de donner rapidement un diagnostic sur la conformité du terrain pour l'essai dont les impératifs viennent d'être définis selon les grandes lignes du paragraphe ci-dessus.

En conclusion on pourrait dire qu'une étude du type de celle qui vient d'être réalisée sur ce terrain, si elle ne peut permettre de trouver les 3 ou 4 hectares nécessaires à un essai comme celui donné en exemple dans l'annexe 6 (cf. tome II), rend cependant faisable de tirer le meilleur parti de l'hétérogénéité forte d'un terrain. Il est en effet possible de réaliser avec les mêmes conditions extérieures (climatiques notamment), des cultures sur plusieurs années sur des parcelles assez différentes entre elles mais suffisamment homogènes. Cela amène ainsi par exemple à mieux tester l'influence d'un facteur précis du sol, tous les autres étant identiques.

72.) Relatives à la recherche d'autres terrains d'essai sur vertisol non magnésien, le terrain d'essai de Perrembout servant de point de comparaison.

Avec les réponses négatives d'"homologation" de 2 vertisols qui étaient, croyait-on, non magnésiens, nous nous sommes mis en quête, avec d'autres pédologues du centre qui avaient prospecté la région de Tontouta, des zones susceptibles d'être non magnésiennes et même plutôt équilibrées en calcium et magnésium.

Il s'est avéré relativement difficile de localiser de telles zones d'une part; et surtout qu'elles satisfassent non seulement aux critères du sol mais aussi à d'autres critères impératifs dont essentiellement la facilité d'irrigation d'autre part.

De tels types de sol ne se retrouvent que sur des surfaces de faibles étendues qui se situent essentiellement au pied des collines de roches basiques comme les flysch, grauwackes, calcaire et basalte. On se retrouve dans le cas du vertisol de référence de Pouembout. Peut-être faudra-t-il "passer" sur des hétérogénéités plus importantes que celles que l'on voudrait avoir de façon à obtenir 3 ou 4 hectares de forme aisée à découper en 9 parcelles élémentaires pour réaliser un carré latin ou 3 blocs parallèles ?.

Ceci amène à constater qu'il y a beaucoup plus de vertisol "à problèmes" sur le territoire que de vertisols équilibrés (cf. cartes de Ouaco de M. Latham; de Pouembout de B. Denis - P. Mercky; de la Tontouta, de Gomen, de la Foa réalisés par les pédologues actuellement au centre de Nouméa).

8) BIBLIOGRAPHIE

- A) A.G BEAUDOU, M. FROMAGET, P. PODWOJEWSKI, E. BOURDON. 1983. Etude morpho-pédologique de la région de Tontouta + 2 cartes avec légende hors texte - ORSTOM - NOUMEA - 31 p. roneo.

- B) P. DAGNELIE. 1984. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol 1. Presses agronomiques de Gemblouc. 378 p.

- C) B. DENIS. 1983. Etude de la fertilisation nitro-phospho-potassique du maïs sur vertisol et sur sol peu évolué d'apport et de ses conséquences sur l'évolution de leurs caractéristiques physiques et chimiques. III. Expérimentation sur vertisol - 1 - Niveau des principales caractéristiques physiques et chimiques du sol. Leur évolution au cours du premier cycle cultural.

- D) B. DENIS et P. MERCKY . 1982. Notice de la carte pédologique de la région de Perrembout à 1/50.000ème - 1) Textes en figures - 150 p multigr + 2 cartes H.T 4 couleurs; 2) Profils 109 p + 1 carte h.t.

- E) S. FRONTIER. 1981. Méthode statistique. Applications à la biologie, la médecine et l'écologie. MASSON. 246 p.

- F) MASSIBOT S.A. 1945. La technique des essais culturaux et des études d'écologie agricole - EDITIONS Georges frères TOUR - Coing. 737 p.

DIRECTION POUR LE DEVELOPPEMENT
DE L'ECONOMIE RURALE

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE
POUR LE DEVELOPPEMENT
EN COOPERATION (ORSTOM)

SERVICE DE LA RECHERCHE,
DE LA FORMATION
ET DE LA DIFFUSION.

CENTRE DE NOUMEA

U . R 509

CENTRE DE RECHERCHE ET
D'EXPERIMENTATION AGRONOMIQUES
DE NESSADIOU

Bernard DENIS

et

William NIGOTE

C.I.D.E.R - S U D -

RECHERCHE DE DEUX VERTISOLS NON MAGNESIENS EN VUE D'UNE
ETUDE MULTILOCALE DE LEUR FERTILITE
DEDUCTION D'UNE METHODOLOGIE POUR UNE TELLE PROSPECTION

T O M E II

T A B L E A U X E T F I G U R E S

Fevrier 1987

A N N E X E S

A N N E X E 1

METHODES ANALYTIQUES CHIMIQUES
UTILISEES DANS LE CADRE DE CE TRAVAIL

M E T H O D E S

AZOTE TOTAL

Methode KJELDAHL

CARBONE TOTAL

Methode WALKLEY-BLACK. Il s'agit d'une oxydation au bichromate de potassium et a l'acide sulfurique. Le dosage se fait par colorimetrie. L'attaque a froid n'ayant que 77% de l'efficacite de l'attaque a chaud, un coefficient correcteur est applique.

PHOSPHORE ASSIMILABLE TRUOG

Le reactif d'extraction est une solution d'acide sulfurique 0.02 N et de sulfate d'ammonium. Le dosage se fait par colorimetrie (reactif sulfo-molybdique et chlorure stanneux).

ACIDITE A L'EAU (PHE)

la mesure se fait avec un rapport solution de 1/2.5.

BASES ECHANGEABLES

L'extraction se fait a l'acetate d'ammonium. Le dosage s'effectue par absorption atomique an flamme air-acetylene.

PHOSPHORE TOTAL

Utilisation de la methode LORENZ-SCHEFFER : Extraction du phosphore par acide nitrique concentre a chaud; precipitation du phosphore a l'etat de phosphop-molybdate d'ammonium; dissolution de ce precipite dans un excès de soude qui est ensuite titre par l'acide sulfurique.

A N N E X E 2

RESULTATS ANALYTIQUES
DES ECHANTILLONS MOYENS PRELEVES SUR LE TERRAIN "MARCHAND"

FIG. 2.1

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : ACIDITE A L'EAU (PHE)



UNITE = unite pH

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	5.5 	5.8 	5.7 	6.3
4	5.7 	5.9 	5.7 	6.1
3	5.7 	6.0 	6.0 	6.1
2	5.8 	5.5 	5.9 	5.8
1	5.9 	5.5 	5.8 	6.0

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	5.8 	6.3 	5.7 	6.9
4	5.7 	6.2 	5.8 	6.5
3	5.7 	5.7 	6.0 	6.8
2	5.9 	5.7 	6.2 	6.1
1	6.2 	5.5 	6.1 	6.2

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

F I G . 2 . 2

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : A C I D I T E A U K C I (P H K)



U N I T E =

U n i t e p H

HA LIGNE	1	2	3	4
5	4.7	4.7	4.8	5.4
4	4.8	5.2	4.8	5.1
3	4.8	5.0	5.1	5.1
2	4.9	4.7	5.1	4.8
1	4.9	4.8	5.3	5.0

HORIZON 0-20 CMS

HA LIGNE	1	2	3	4
5	4.8	5.7	4.8	6.0
4	4.7	5.4	4.9	5.3
3	4.7	5.1	5.9	5.8
2	5.2	4.7	5.7	5.1
1	5.5	4.8	5.5	5.2

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

FIG. 2.3

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : DIFFERENCE D'ACIDITE (PHE - PHK)



UNITE -

Unité pH

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	0.8	0.9	0.9	0.9
4	0.9	0.7	0.9	1.0
3	0.9	1.0	0.9	1.0
2	0.9	0.8	0.8	1.0
1	1.0	0.9	0.5	1.0

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	1.0	0.8	1.1	0.9
4	1.0	0.8	0.9	1.2
3	1.0	0.8	0.5	0.8
2	0.7	1.0	0.5	1.0
1	0.7	0.9	0.8	1.0

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

FIG.2.4

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : C A R B O N E T O T A L (C T)



UNITE -

0 / 0 0

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	41.2	39.2	27.7	24.8
4	32.7	43.4	29.7	28.8
3	33.8	40.9	38.1	35.3
2	35.4	28.4	30.9	27.7
1	32.1	39.0	38.8	24.8

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	19.2	19.7	15.1	14.0
4	18.4	13.8	13.0	12.0
3	19.5	21.3	18.8	20.1
2	23.7	18.4	18.2	24.5
1	17.5	28.5	18.2	19.2

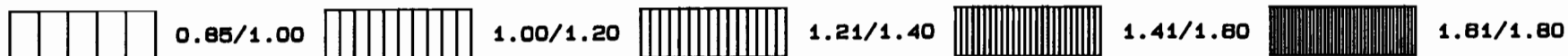
HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

FIG. 2.5

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : A Z O T E T O T A L (N T)



UNITE -

0 / 0 0

HA LIGNE	1	2	3	4
5	1.80	1.77	1.52	1.50
4	1.62	1.71	1.50	1.66
3	1.50	1.77	1.59	1.80
2	1.61	1.62	1.41	1.56
1	1.55	1.78	1.52	1.36

HORIZON 0-20 CMS

HA LIGNE	1	2	3	4
5	1.14	1.04	0.97	1.04
4	1.02	0.89	1.03	0.93
3	1.03	1.18	0.91	1.35
2	1.15	1.08	0.85	1.20
1	0.92	1.41	0.92	1.22

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1935

FIG .2.6

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : CARBONE TOTAL / AZOTE TOTAL (CT/NT)



UNITE =

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	22.9	22.1	18.2	16.4
4	20.2	25.4	19.8	16.0
3	22.5	23.1	24.0	19.6
2	22.0	17.5	21.9	17.8
1	20.7	22.2	24.2	17.8

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	16.8	18.9	15.6	13.5
4	18.0	15.5	12.6	12.9
3	18.9	18.4	20.4	14.9
2	20.6	17.4	21.4	20.4
1	19.0	20.2	17.6	15.7

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1935

FIG. 2.7

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : PHOSPHORE ASSIMILABLE TRUOG (P A T)



UNITE =

P P M

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	17	18	15	19
4	21	18	18	21
3	18	18	18	20
2	15	16	0	17
1	13	11	11	17

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	17	18	17	13
4	19	19	18	23
3	18	14	1	19
2	15	18	15	18
1	12	16	11	20

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

FIG. 2.8

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : P H O S P H O R E T O T A L (P T)



UNITE -

PPM

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	380 	300 	180 	270
4	270 	270 	180 	180
3	330 	330 	300 	210
2	380 	270 	210 	180
1	240 	270 	240 	150

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	150 	240 	120 	150
4	150 	210 	120 	150
3	270 	300 	150 	120
2	270 	150 	180 	120
1	180 	240 	120 	120

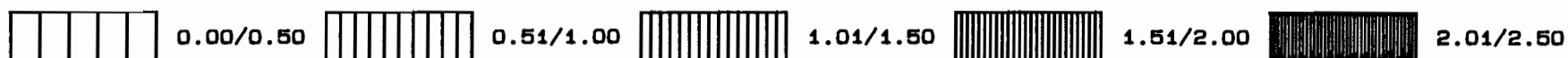
HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
*** CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ***
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

FIG. 2.9

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : PHOSPHORE ASS. TRUOG / AZOTE TOTAL (P A T / N T)



UNITE -

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	0.844	1.017	0.887	1.287
4	1.298	1.053	1.200	1.285
3	1.087	1.018	1.008	1.111
2	0.932	0.888	0.000	1.080
1	0.838	0.825	0.724	1.232

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	1.481	1.731	1.753	1.250
4	1.883	2.135	1.553	2.473
3	1.553	1.207	0.110	1.407
2	1.304	1.888	1.785	1.500
1	1.304	1.135	1.198	1.838

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

FIG. 2.10

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : *C A L C I U M E C H A N G E A B L E (C A E)*



U N I T E = M E 0/0

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	8.4	7.6	6.4	5.7
4	6.8	7.5	7.0	6.8
3	7.0	8.4	7.9	6.9
2	8.0	7.5	7.3	5.5
1	7.3	7.2	8.1	5.2

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	5.1	6.3	4.8	5.7
4	5.8	5.8	5.3	6.1
3	6.4	6.6	5.8	6.4
2	7.0	6.1	5.1	4.5
1	6.4	4.2	6.4	4.4

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

F I 6 .2.11

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves

dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : M A G N E S I U M E C H A N G E A B L E (M G E)



U N I T E =

M E 0/0

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	33.7	41.4	38.4	42.8
4	37.7	40.4	40.8	35.5
3	38.4	41.2	38.4	34.7
2	38.8	42.0	42.0	35.3
1	38.2	39.3	42.8	35.8

HORIZON 0 - 20 C M S

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	39.4	48.2	41.4	45.8
4	41.9	47.5	45.0	37.8
3	43.2	45.8	44.8	34.9
2	43.1	48.2	44.0	37.3
1	42.8	41.9	48.1	39.3

HORIZON 20 - 40 C M S

*** Z O N E T O N T O U T A ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

FIG 2.12

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : *MAGNESIUM ECHANGEABLE / CALCIUM ECHANGEABLE (MGE/CAE)*



UNITE =

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	5.3 	5.4 	6.0 	7.5
4	5.5 	5.7 	5.8 	5.2
3	5.5 	4.9 	4.9 	5.0
2	4.8 	5.6 	5.8 	6.4
1	5.0 	5.5 	5.3 	6.9

HORIZON 0-20 CMS

HA	1	2	3	4
LIGNE				
5	7.7 	7.3 	8.6 	8.0
4	7.2 	8.2 	8.5 	7.4
3	8.7 	8.9 	7.7 	5.4
2	8.2 	7.8 	8.6 	8.3
1	8.7 	10.0 	7.5 	8.9

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

FIG. 2.13.

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : *POTASSIUM ECHANGEABLE (KE)*



UNITE -

ME o/o

HA LIGNE	1	2	3	4
5	0.40 	0.40 	0.30 	0.40
4	0.40 	0.30 	0.30 	0.60
3	0.30 	0.40 	0.40 	0.40
2	0.40 	0.40 	0.30 	0.40
1	0.30 	0.30 	0.30 	0.30

HORIZON 0-20 CMS

HA LIGNE	1	2	3	4
5	0.20 	0.30 	0.20 	0.30
4	0.20 	0.20 	0.20 	0.40
3	0.20 	0.30 	0.20 	0.30
2	0.30 	0.20 	0.20 	0.30
1	0.20 	0.20 	0.20 	0.30

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

FIG 2.14

Resultats Analytiques des Echantillons Moyens Preleves
dans Chaque Ligne des 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : S O D I U M E C H A N G E A B L E (N A E .)



U N I T E -

M E o/o

HA LIGNE	1	2	3	4
5	1.80 	1.20 	1.20 	1.10
4	1.70 	1.30 	1.30 	1.00
3	1.40 	1.30 	1.30 	1.00
2	1.20 	1.40 	1.10 	1.00
1	1.10 	1.40 	1.20 	1.10

HORIZON 0-20 CMS

HA LIGNE	1	2	3	4
5	2.10 	1.50 	1.30 	1.00
4	2.00 	1.50 	1.40 	1.10
3	1.70 	1.50 	1.50 	0.90
2	1.80 	1.70 	1.10 	1.10
1	1.70 	1.50 	1.30 	1.20

HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
*** CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ***
PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

A N N E X E 3

RESULTATS ANALYTIQUES

SE RAPPORTANT AU CHAMP " GREPPO-MAITRE "

Tableau 3.1 - Resultats du test rapide sur les bases
echangeables

Numero de l'echantillon	Ca++ en me%	Mg++ en me%	Mg/Ca	Appreciations
G 1231 (0/20 cms)	7.27	37.71	5.2	+++
G 1232 (20/40 cms)	9.39	44.99	4.8	+++
G 1431 (0/20 cms)	5.81	36.85	6.3	+++
G 1432 (20/40 cms)	3.84	48.42	12.60	+++

legende :

+ signifie que le vertisol est "modal" ($Mg/Ca < 1.5$)
 ++ "magnésien" ($1.5 < Mg/Ca < 4.5$)
 +++ "hypermagnésien" ($Mg/Ca > 4.5$)

A N N E X E 4

REPRESENTATION GRAPHIQUE SIMPLE DES VALEURS PRISES
PAR LES DIFFERENTES CARACTERISTIQUES
DANS LES DEUX COUCHES ETUDIEES

Chaque double page du rapport presente face a face le
graphique prenant en compte les COLONNES (ou HECTARES)
et les LIGNES

FIG.4.1

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : ACIDITE A L'EAU (PHE)

A = 5.5/5.7

B = 5.6/6.0

C = 6.1/6.3

D = 6.4/6.6

E = 6.7/6.9



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

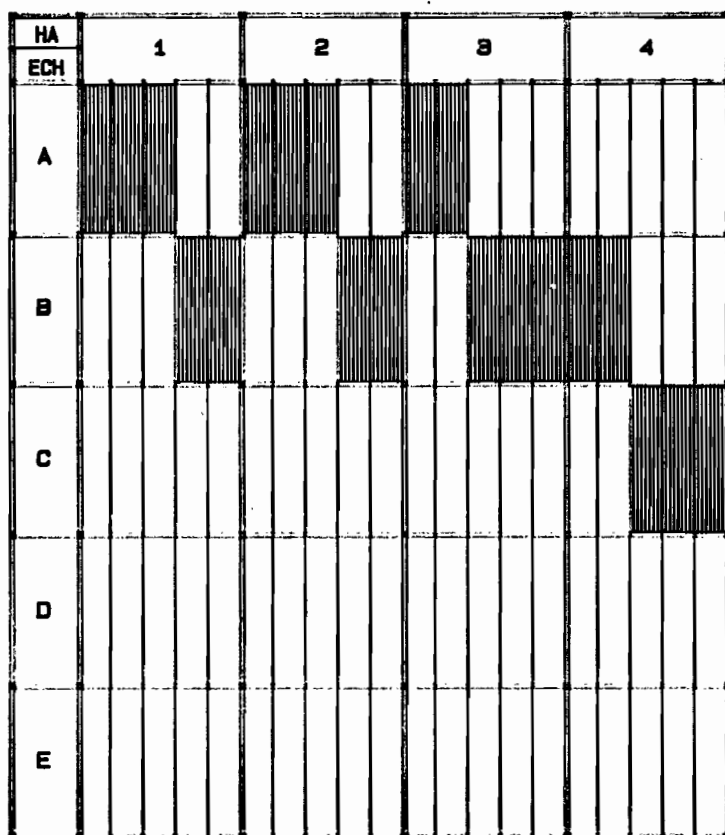


4 VALEURS

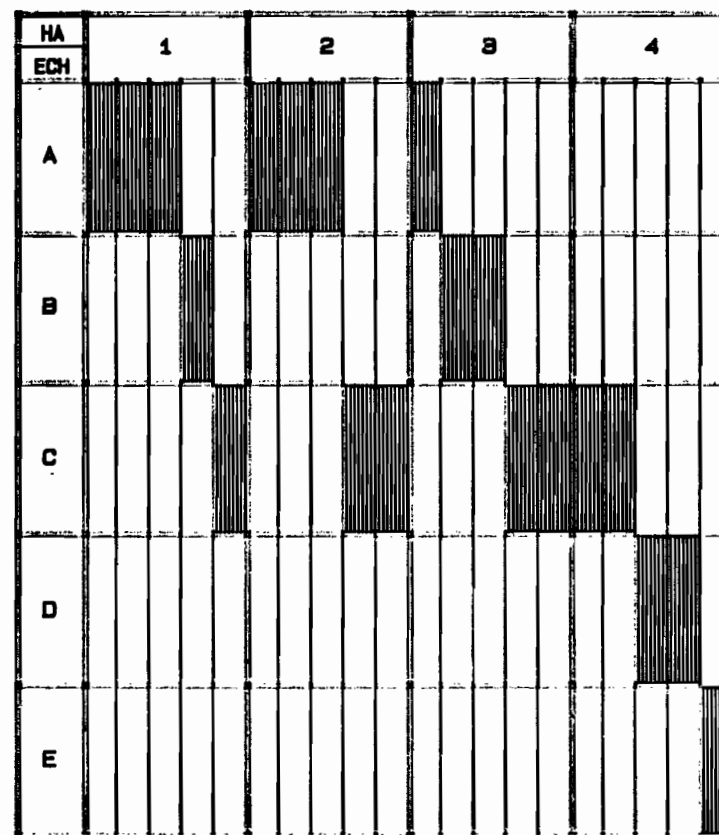


5 VALEURS

UNITE = Unite pH



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNÉ					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 0/20 Cms

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNÉ					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 20/40 Cms

FIG. 4.3

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE :

ACIDITE AU KCI (PHK)

A = 4.6/4.8

B = 4.9/5.1

C = 5.2/5.4

D = 5.5/5.7

E = 5.8/6.0



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

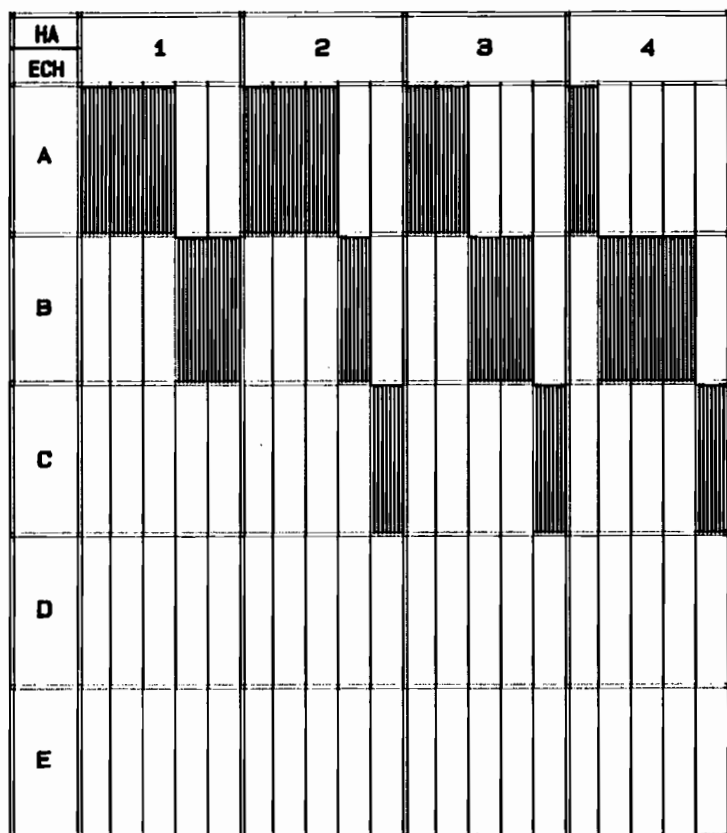


4 VALEURS

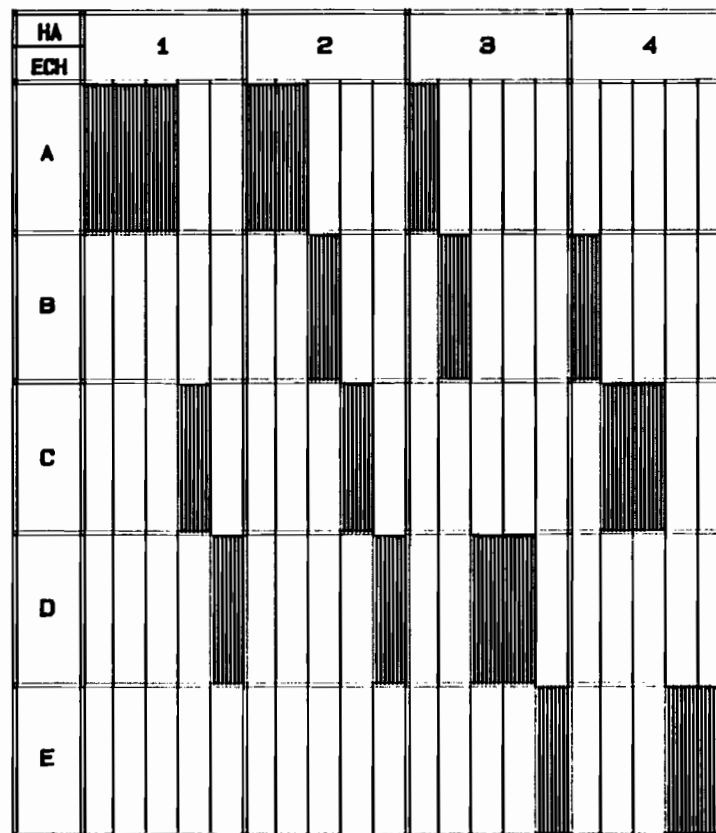


5 VALEURS

UNITE = Unite pH



HORIZON 0-20 CMS

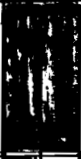


HORIZON 20-40 CMS

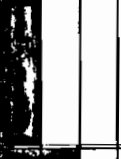
*** ZONE TONTOUTA ***
 ## CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 20/40 Cms

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 0/20 Cms

FIG. 4.5

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multiloaux

CARACTERISTIQUE : DIFFERENCE D'ACIDITE (P H E - P H K)

A = 0.5

B = 0.6/0.7

C = 0.8/0.9

D = 1.0/1.1

E = 1.2



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

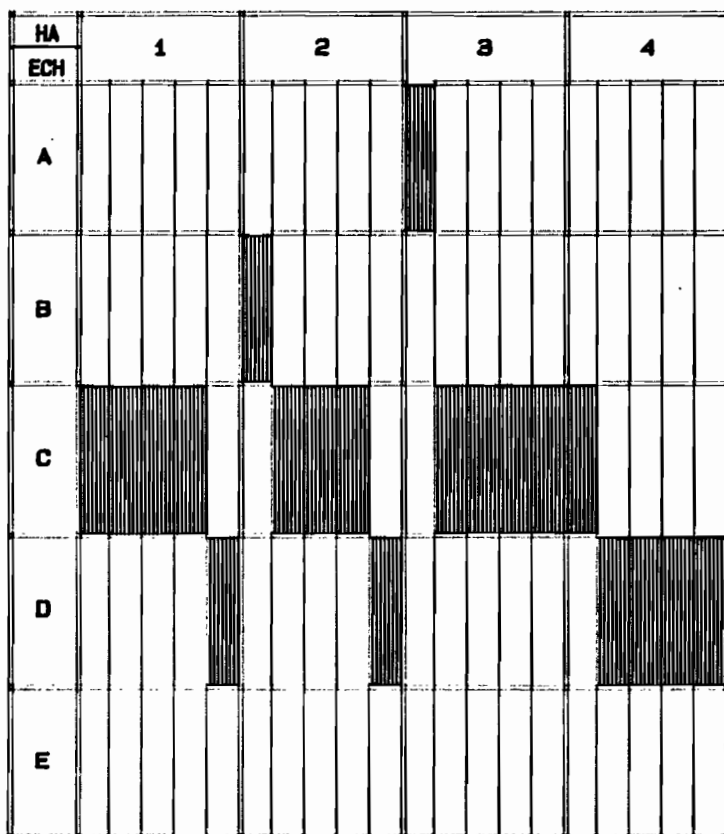


4 VALEURS

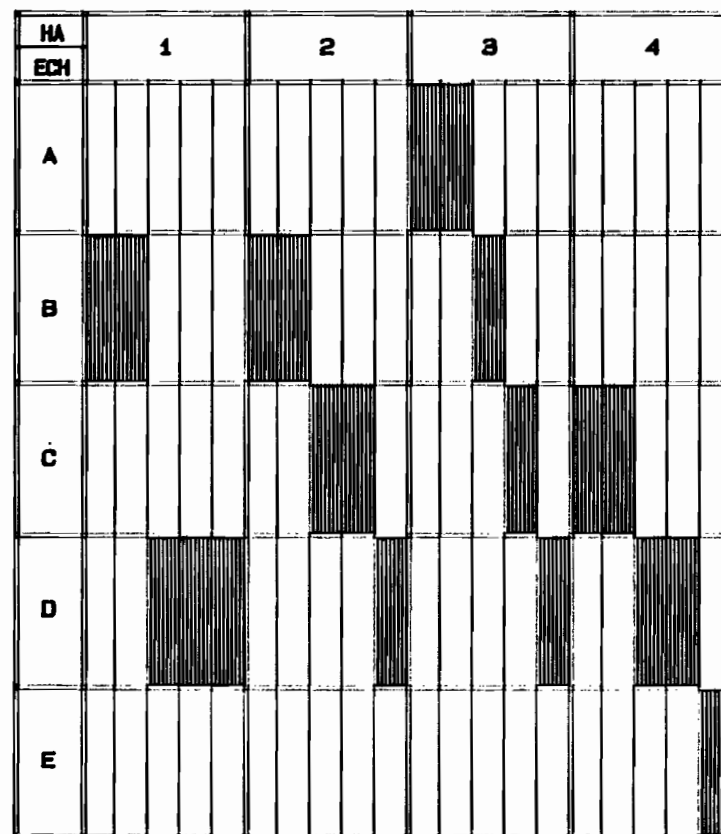


5 VALEURS

UNITE = Unite pH



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 20/40 Cms

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 0/20 Cms

F I G . 4.7

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE :

C A R B O N E T O T A L (C T)

A = 1 0 / 1 7

B = 1 7 / 2 4

C = 2 4 / 3 1

D = 3 1 / 3 8

E = 3 8 / 4 5



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

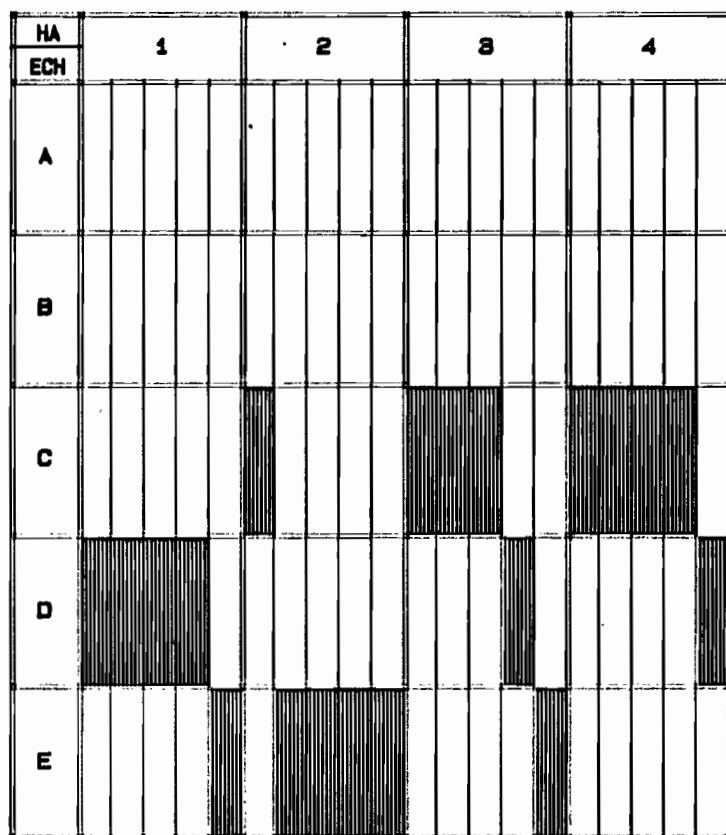


4 VALEURS

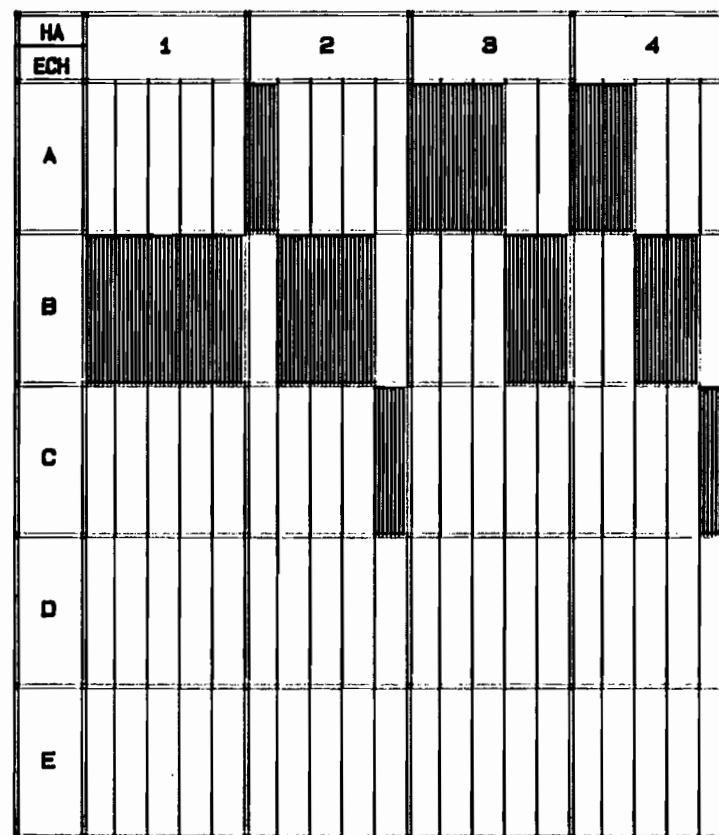


5 VALEURS

U N I T E - 0 / 0 0



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH. LIGNE	A	B	C	D	E
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 20/40 Cms

ECH. LIGNE	A	B	C	D	E
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 0/20 Cms

FIG. 4.9

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospecté pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : A Z O T E T O T A L (N T)

A = 0.85/1.0

B = 1.01/1.20

C = 1.21/1.40

D = 1.41/1.60

E = 1.61/1.80



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

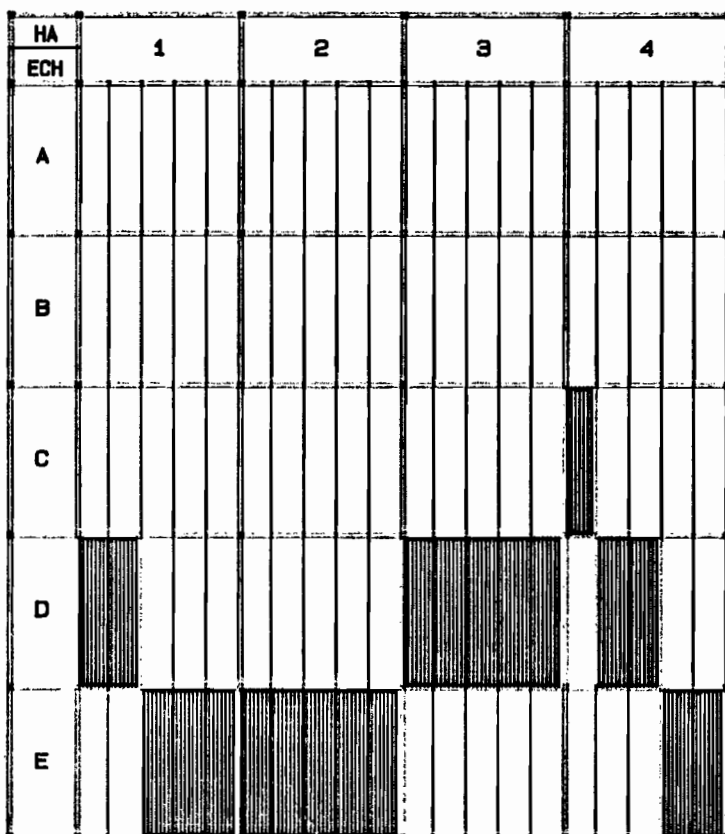


4 VALEURS

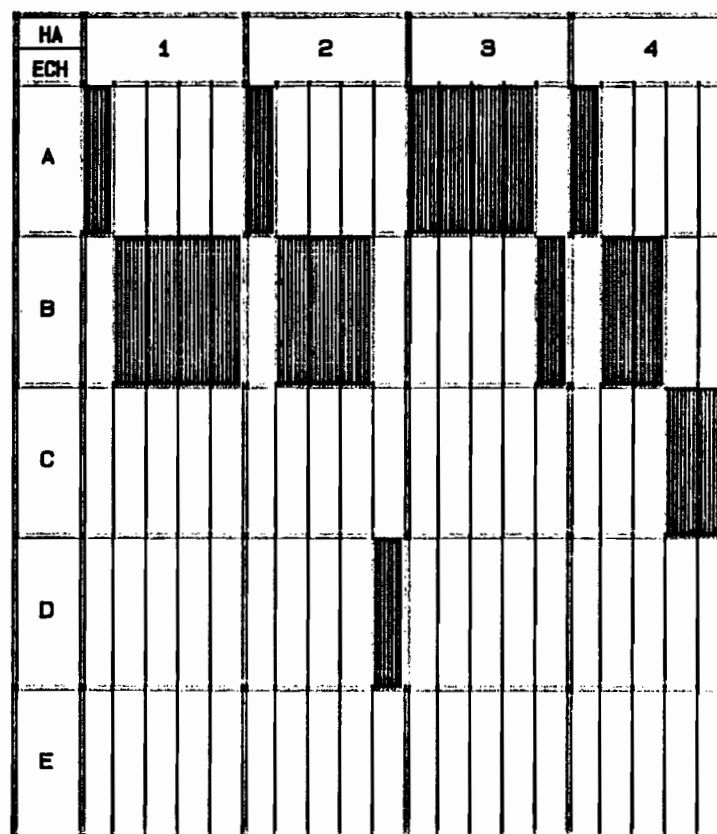


5 VALEURS

UNITE = 0/00



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 *** CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ***
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 0/20 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 20/40 Cms

*** Z O N E T O N T O U T A ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###
 - prelevements effectues en 1985 -

F I 6 . 4 . 11

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE :

CARBONE TOTAL / AZOTE TOTAL (C T / N T)

A = 1 1/1 4

B = 1 4/1 7

C = 1 7/2 0

D = 2 0/2 3

E = 2 3/2 8



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

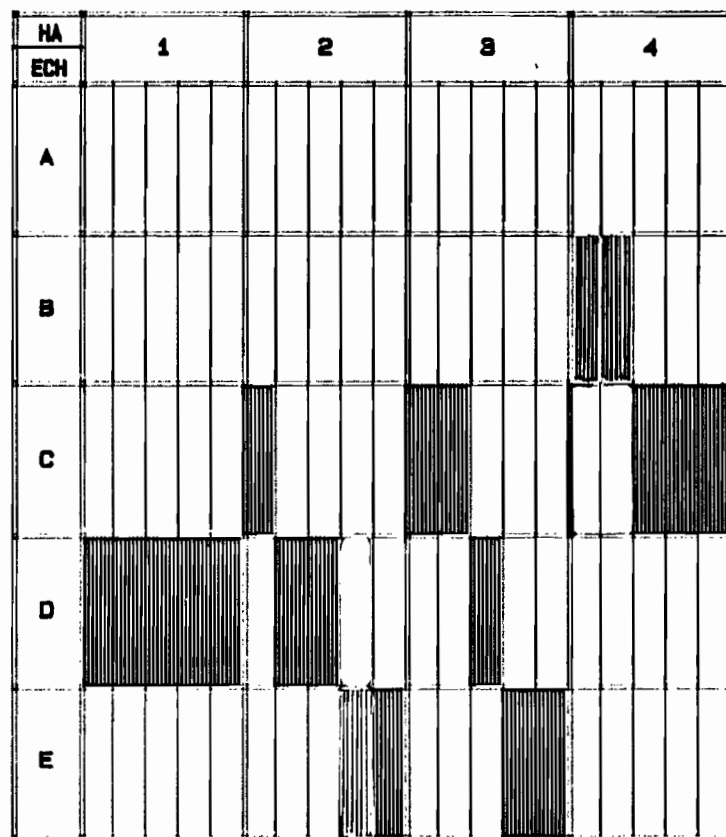


4 VALEURS

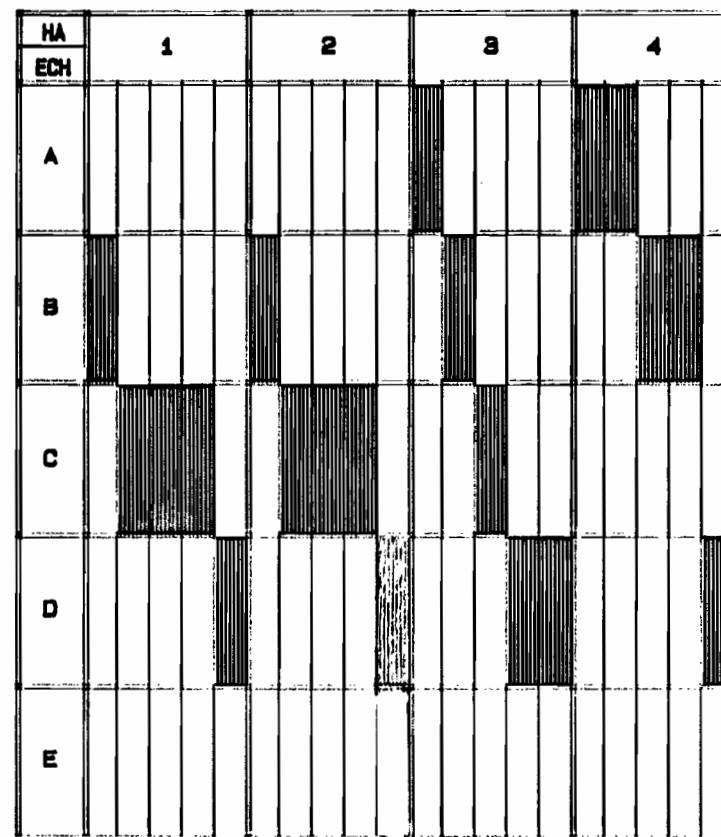


5 VALEURS

UNITE -



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 0/20 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 20/40 Cms

FIG. 4.13

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multiloceaux

CARACTERISTIQUE : PHOSPHORE ASSIMILABLE TRUOG (P A T)

A = 0 / 5

B = 6 / 10

C = 11 / 15

D = 16 / 20

E = 21 / 25



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

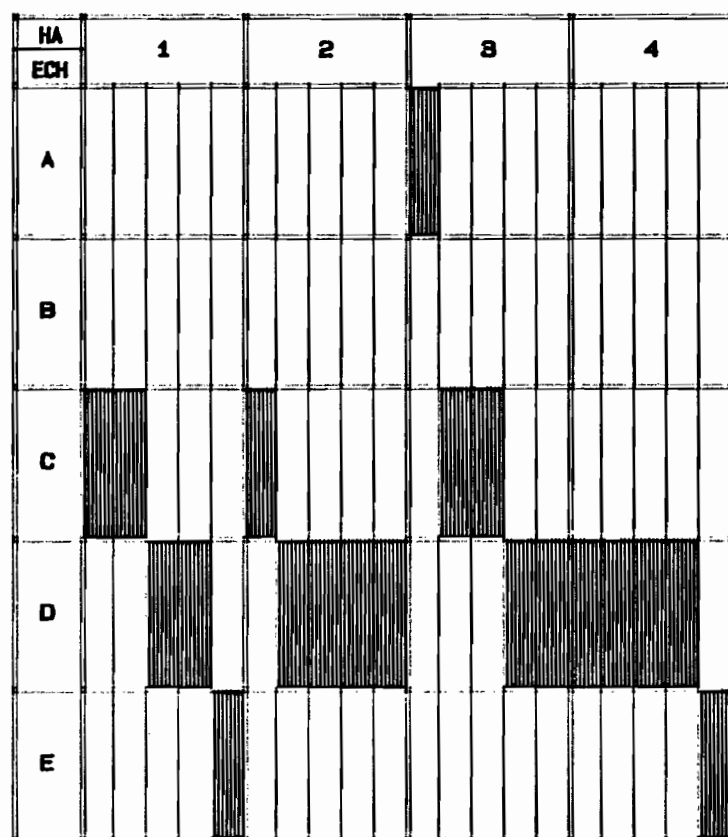


4 VALEURS

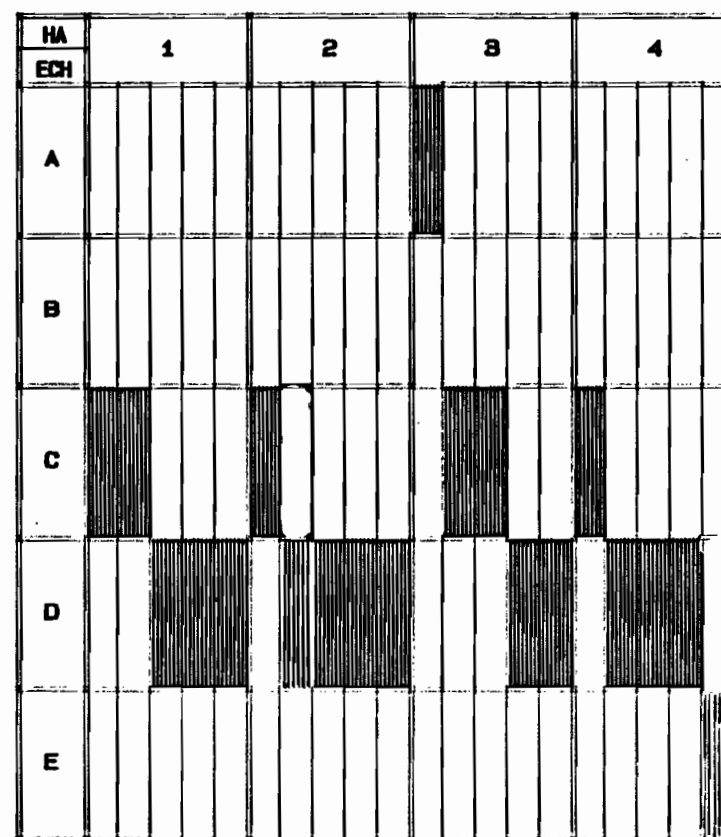


5 VALEURS

UNITE - PPM



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***

Champ de Monsieur MARCHAND

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

HORIZON 20/40 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

HORIZON 0/20 Cms

FIG. 4.15

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : PHOSPHORE TOTAL (P T)

A = 120/160

B = 170/200

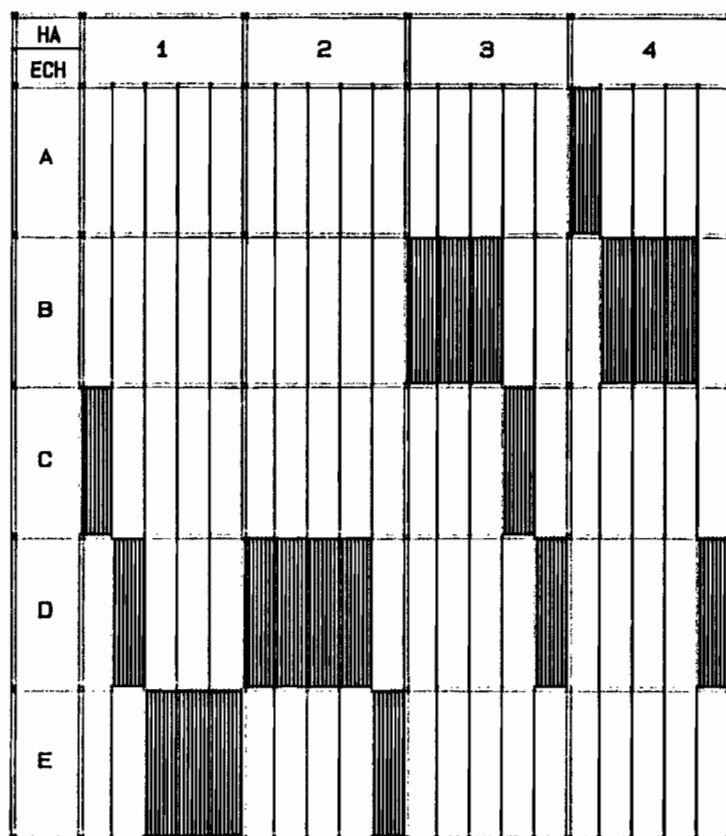
C = 210/260

D = 270/310

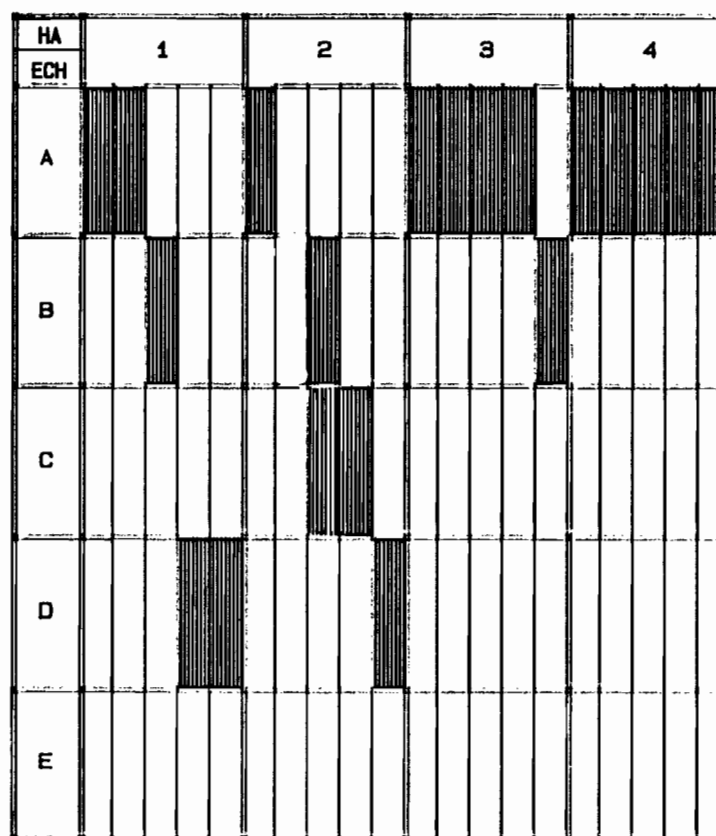
E = 320/360



UNITE = PPM



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

HORIZON 20/40 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

HORIZON 0/20 Cms

FIG 4.17

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospected pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : PHOSPHORE ASS. TRUOG / AZOTE TOTAL (PAT / NT)

A =0.00/0.50

B =0.51/1.00

C =1.01/1.50

D =1.51/2.00

E =2.01/2.50



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

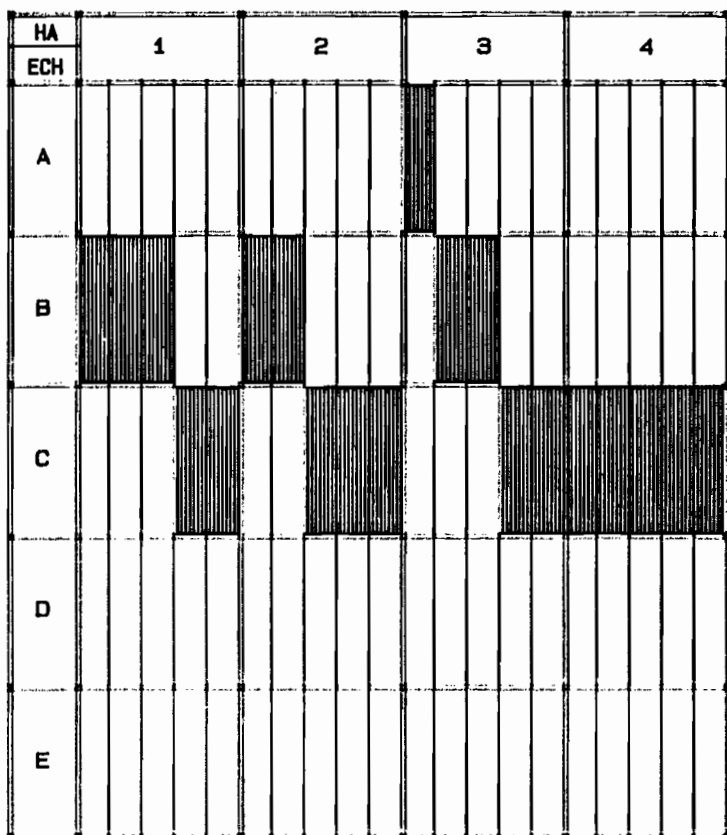


4 VALEURS

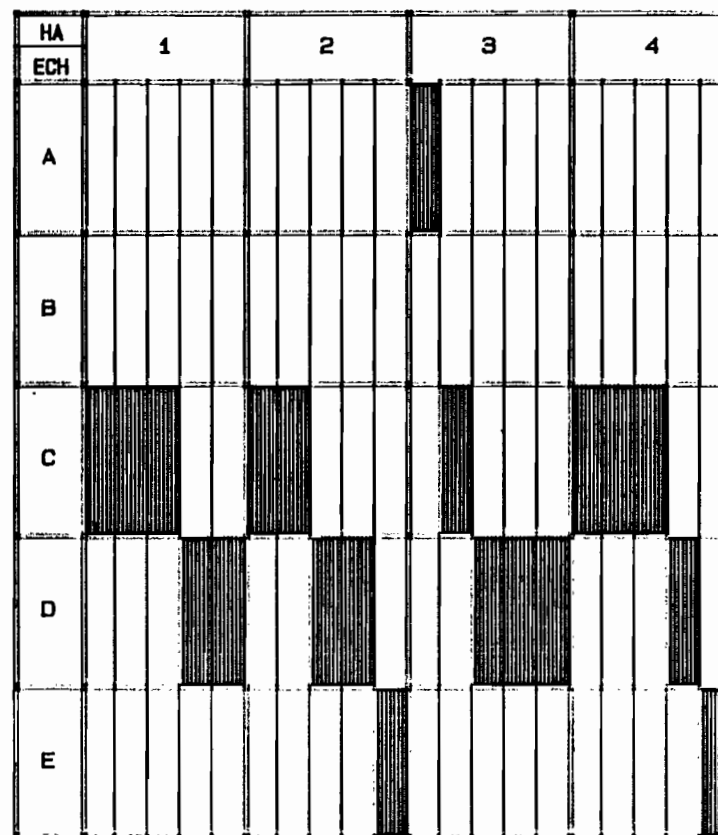


5 VALEURS

UNITE -



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ## CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ##
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNÉ															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 0/20 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNÉ															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 20/40 Cms

*** Z O N E T O N T O U T A ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###
 - prelevements effectues en 1985 -

F I 6 .4.19

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : *C A L C I U M E C H A N G E A B L E (C A E)*

A = 4.0/4.9

B = 5.0/5.9

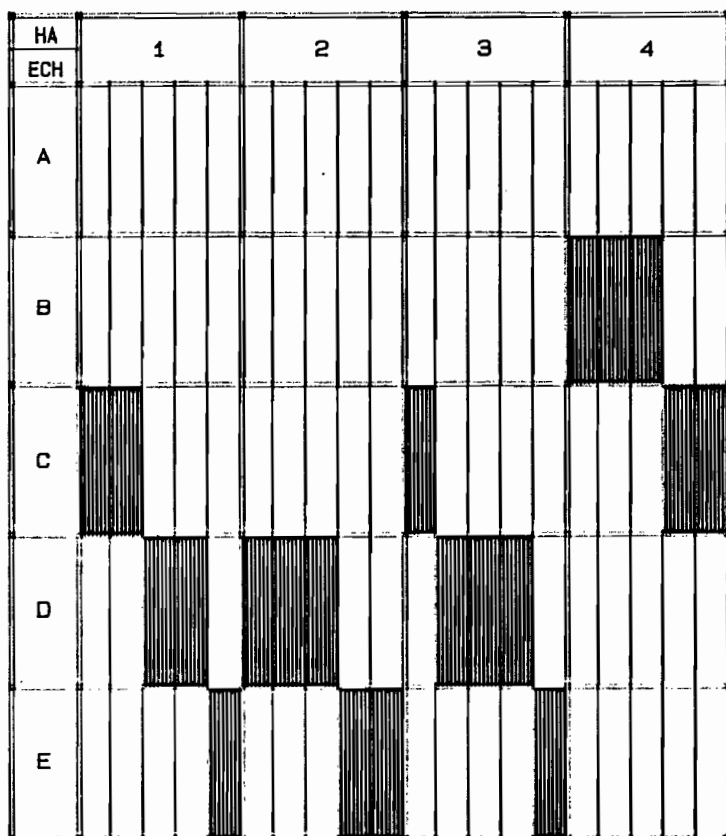
C = 6.0/6.9

D = 7.0/7.9

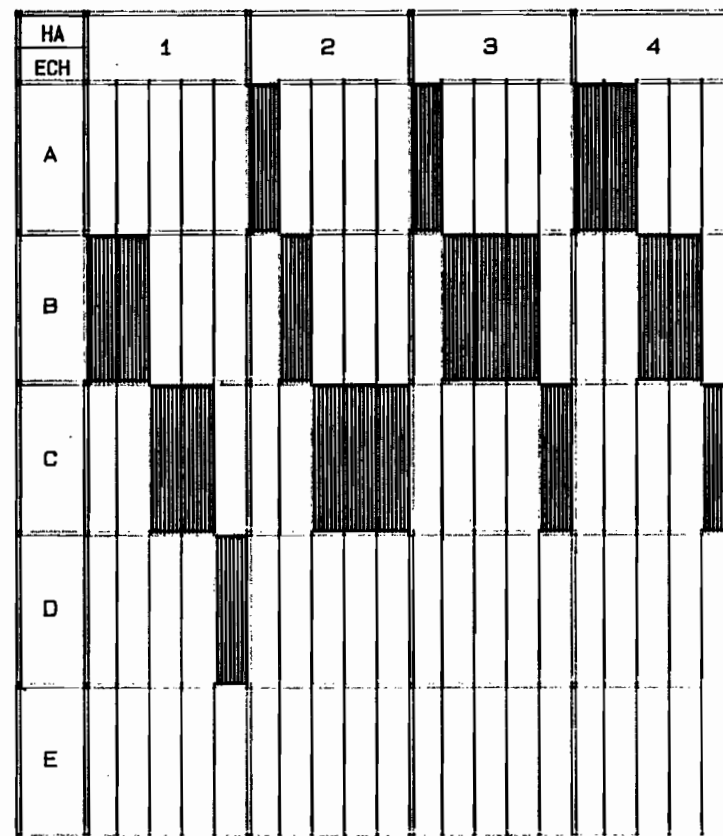
E = 8.0/8.9

1 VALEUR 2 VALEURS 3 VALEURS 4 VALEURS 5 VALEURS

UNITE - ME 0/0



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

*** ZONE TONTOUTA ***

Champ de Monsieur MARCHAND

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 20/40 Cms

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 0/20 Cms

FIG. 4.21

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE :

MAGNESIUM ECHANGEABLE (ME)

A = 3 3/3 6

B = 3 6/3 9

C = 3 9/4 2

D = 4 2/4 5

E = 4 5/4 8



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

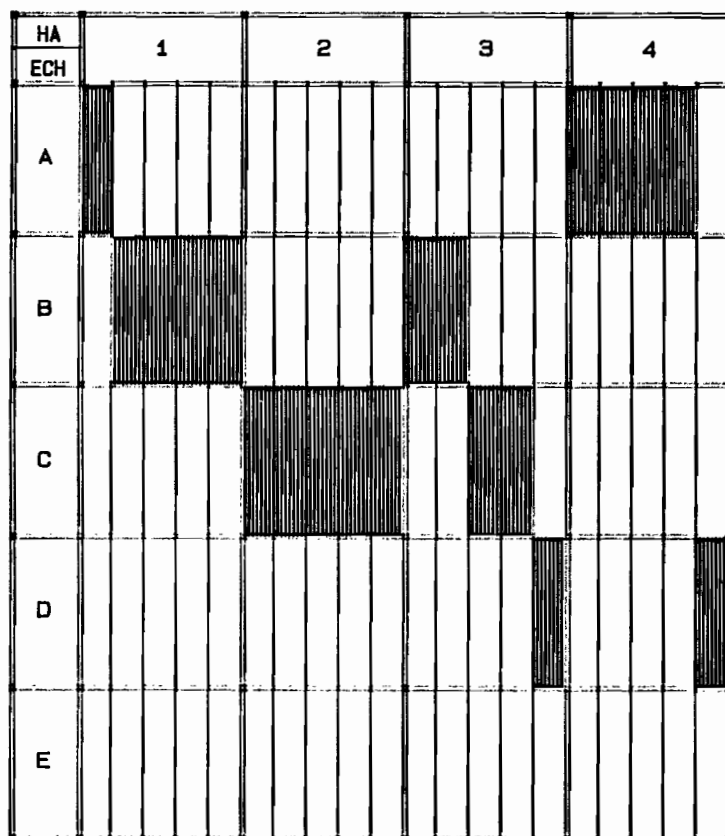


4 VALEURS

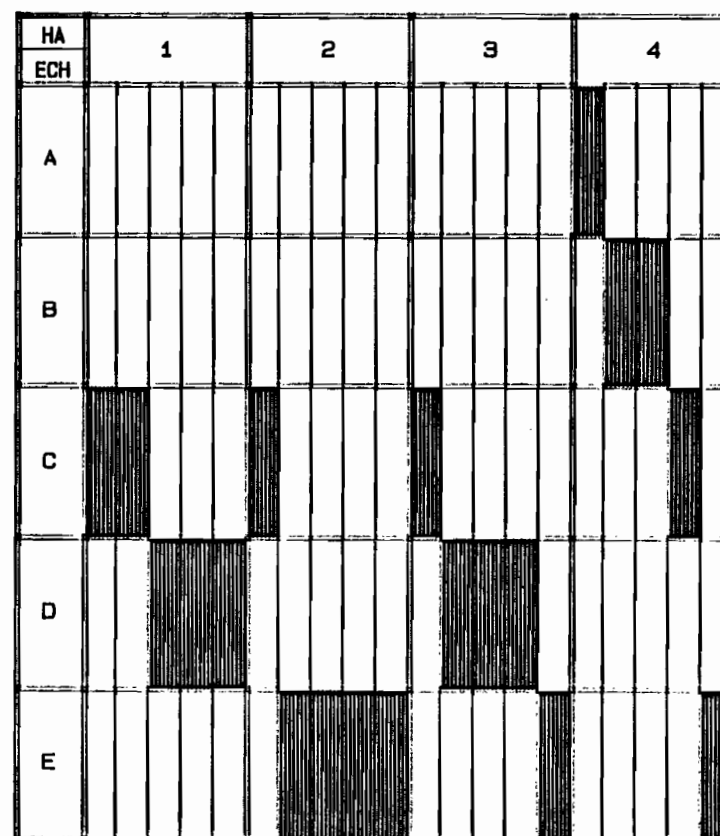


5 VALEURS

UNITE - ME 0/0



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH. LIGNE	A	B	C	D	E
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 20/40 Cms

ECH. LIGNE	A	B	C	D	E
5					
4					
3					
2					
1					

HORIZON 0/20 Cms

FIG. 4.23

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : *MAGNESIUM ECH. / CALCIUM ECH. (M G E / C A E)*

A = 4.8/5.9

B = 5.9/7.0

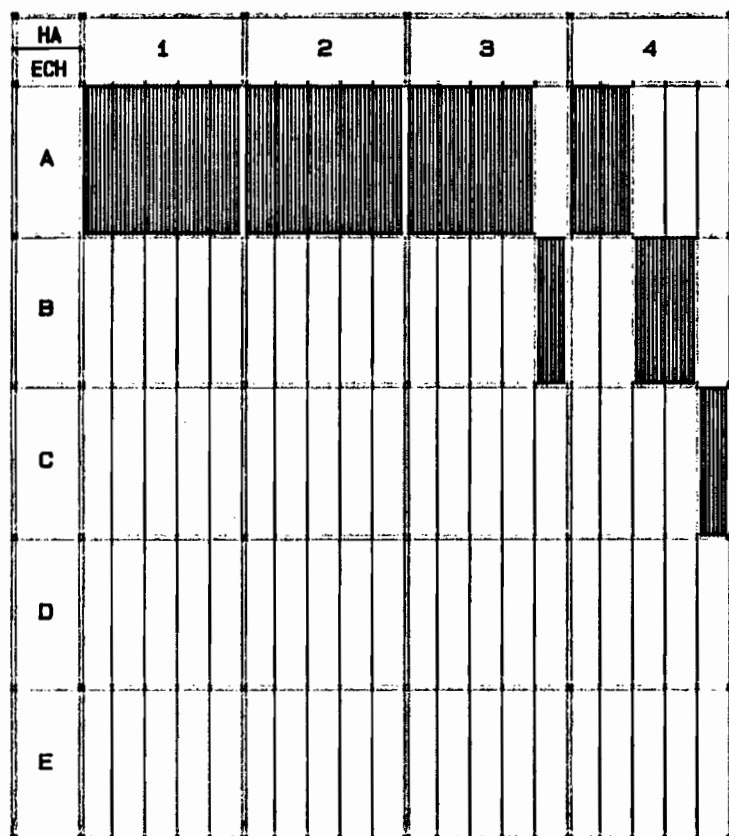
C = 7.1/8.2

D = 8.3/9.4

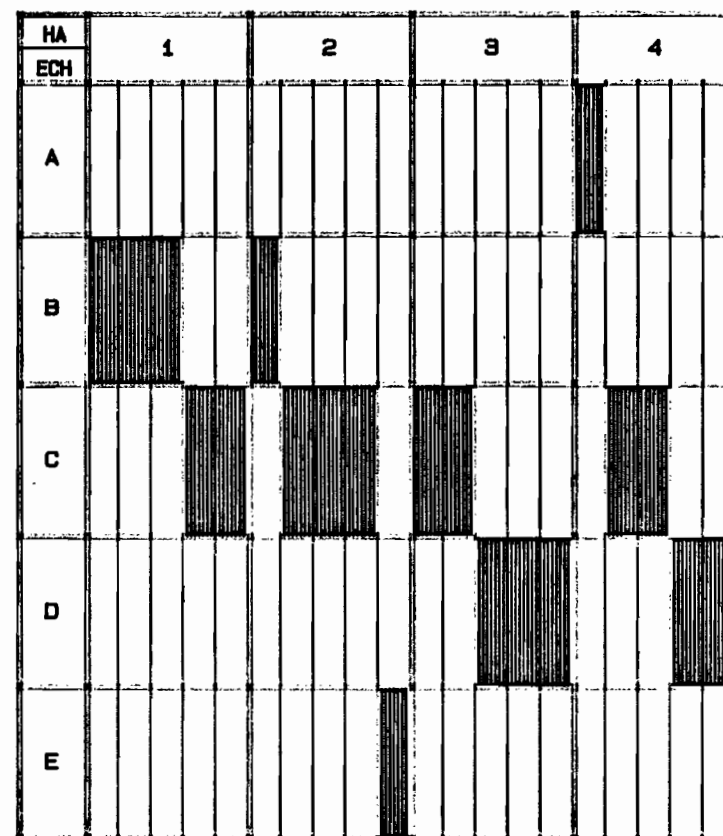
E = 9.5/10.6



UNITE -



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

*** Z O N E T O N T O U T A ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

H O R I Z O N 20/40 Cms

ECH.	A	B	C	D	E
LIGNE					
5					
4					
3					
2					
1					

H O R I Z O N 0/20 Cms

FIG. 4.25

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multiloaux

CARACTERISTIQUE : *POTASSIUM ECHANGEABLE (KE)*

A = 0.2

B = 0.3

C = 0.4

D = 0.5

E = 0.6



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

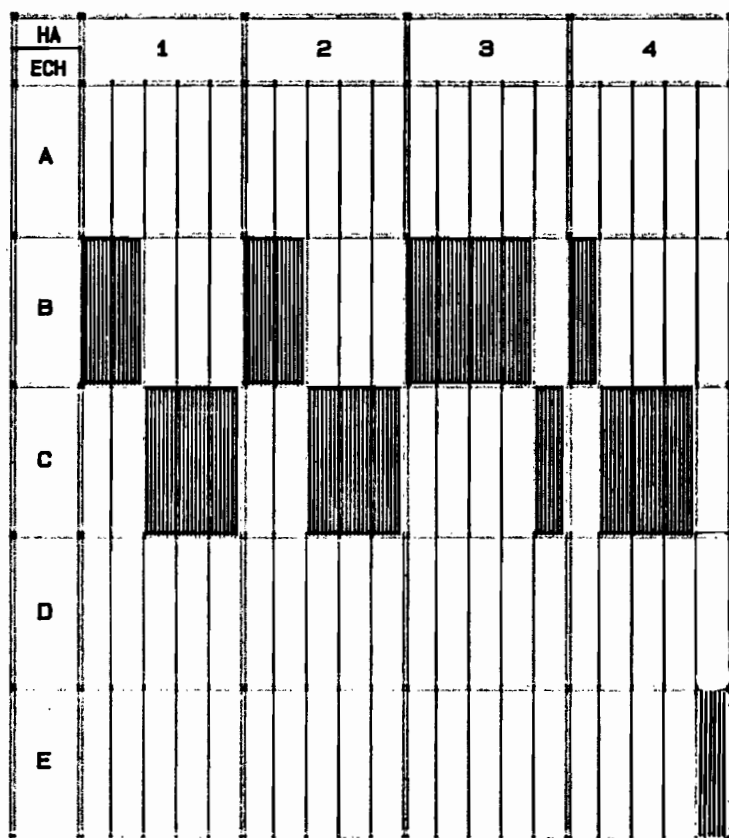


4 VALEURS

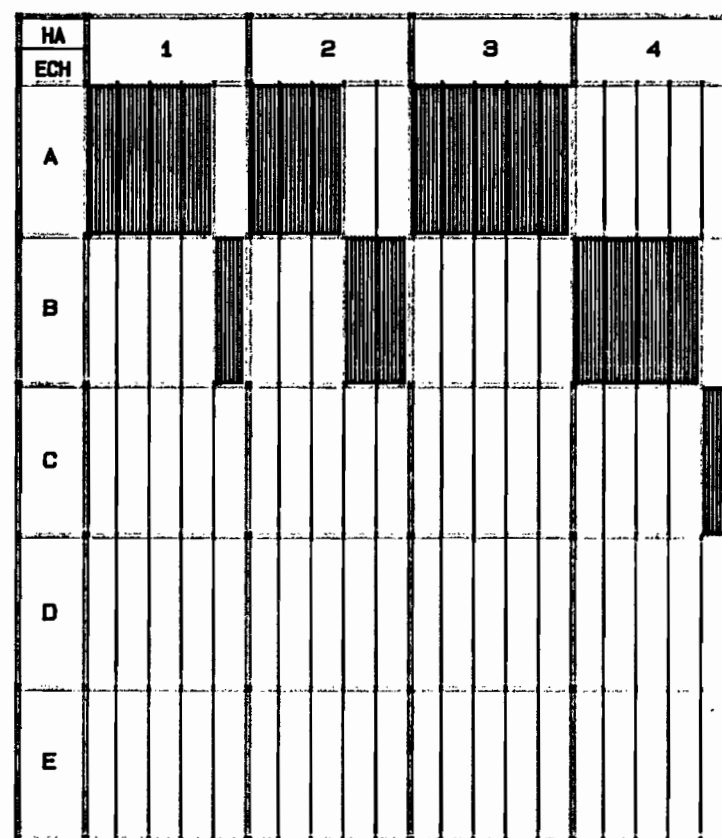


5 VALEURS

UNITE - ME 0/0



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1995

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 0/20 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

H O R I Z O N 20/40 Cms

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###
 - prelevements effectues en 1985 -

FIG .4.27

Representations Graphiques Simples des Resultats Analytiques

des Echantillons Moyens Preleves dans les 4 Premiers Hectares du Terrain Prospekte pour les Essais Multilocaux

CARACTERISTIQUE : *SODIUM ECHANGEABLE (NAE)*

A = 0.8/1.0

B = 1.1/1.3

C = 1.4/1.6

D = 1.7/1.9

E = 2.0/2.2



1 VALEUR



2 VALEURS



3 VALEURS

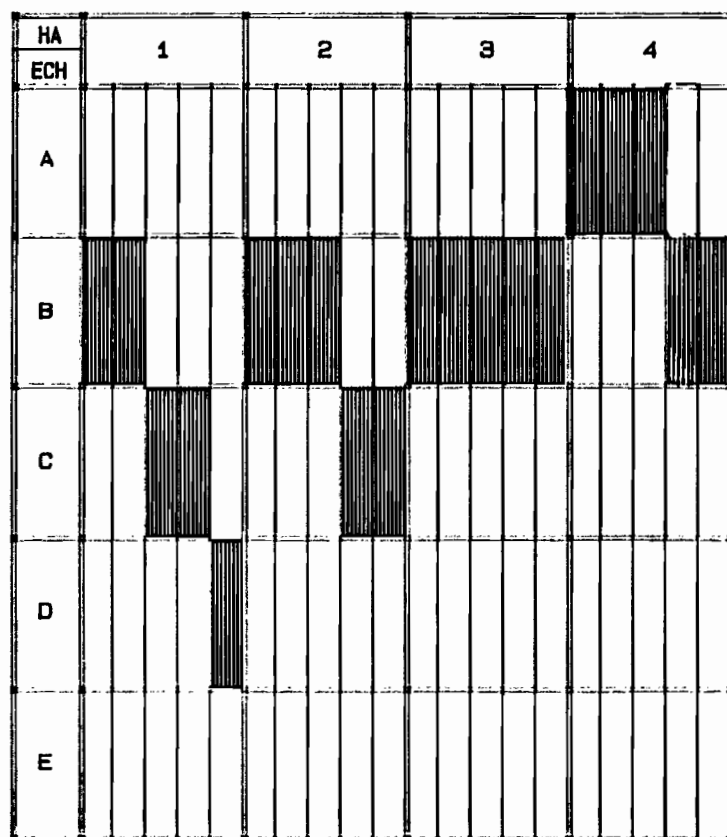


4 VALEURS

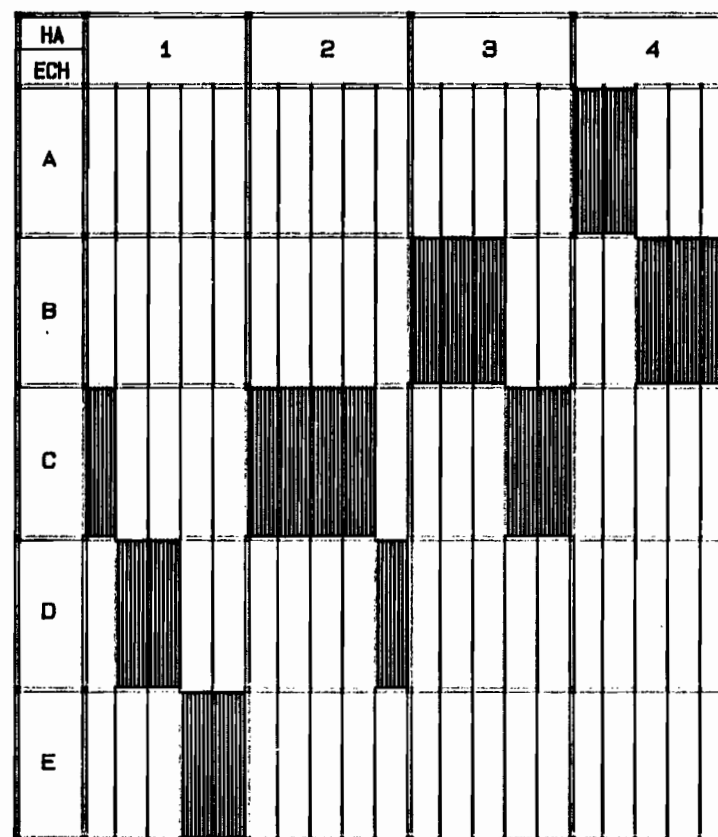


5 VALEURS

UNITE = ME 0/0



HORIZON 0-20 CMS



HORIZON 20-40 CMS

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### CHAMP DE MONSIEUR MARCHAND ###
 PRELEVEMENTS EFFECTUES EN 1985

*** ZONE TONTOUTA ***
 ### Champ de Monsieur MARCHAND ###

- prelevements effectues en 1985 -

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

HORIZON 20/40 Cms

ECH.	A			B			C			D			E		
LIGNE															
5															
4															
3															
2															
1															

HORIZON 0/20 Cms

A N N E X E 5 .

RECAPITULATIF DES CALCULS STATISTIQUES INDISPENSABLES
POUR JUGER DES VARIABILITES INTER ET INTRA-HECTARES

- TABLEAU 5.1 - RESULTATS STATISTIQUES ELEMENTAIRES
PAR LIGNES (L) ET PAR COLONNES (C).

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A - ACIDITE A L'EAU (P H E)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	5.78	0.129	6.2	0.18	6.13	5.42	H O R I Z O N	L 5	4	6.12	0.363	9.8	0.30	6.73	5.52
	L 4	4	5.85	0.037	3.3	0.09	6.04	5.66		L 4	4	6.05	0.137	6.1	0.18	6.42	5.68
	L 3	4	5.95	0.030	2.9	0.09	6.12	5.78		L 3	4	6.00	0.180	7.1	0.21	6.42	5.58
	L 2	4	5.75	0.030	3.0	0.09	5.92	5.58		L 2	4	5.98	0.049	3.7	0.11	6.20	5.75
	L 1	4	5.80	0.045	3.7	0.11	6.02	5.58		L 1	4	6.00	0.113	5.6	0.17	6.34	5.66
O - 2 O C m	C 1	5	5.72	0.022	2.6	0.07	5.85	5.59	O - 2 O C m	C 1	5	5.82	0.057	4.1	0.11	6.03	5.6
	C 2	5	5.70	0.055	4.1	0.10	5.91	5.49		C 2	5	5.88	0.122	5.9	0.16	6.19	5.57
	C 3	5	5.82	0.017	2.2	0.12	5.94	5.70		C 3	5	5.96	0.043	3.5	0.09	6.15	5.77
	C 4	5	6.06	0.033	3.0	0.16	6.22	5.9		C 4	5	6.46	0.103	5.0	0.14	6.75	6.17
	TOTAL	20	5.83	0.048	3.8	0.05	5.92	5.73		TOTAL	20	6.03	0.140	6.1	0.08	6.19	5.87

- B - ACIDITE AU CHLORURE DE POTASSIUM (P H K)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	4.90	0.110	6.9	0.17	5.24	4.56	H O R I Z O N	L 5	4	5.23	0.54	14.	0.37	5.96	4.49
	L 4	4	4.98	0.040	4.1	0.10	5.18	4.77		L 4	4	5.08	0.11	6.5	0.17	5.40	4.74
	L 3	4	5.00	0.020	2.8	0.07	5.14	4.86		L 3	4	5.38	0.33	11.	0.29	5.94	4.80
	L 2	4	4.88	0.030	3.5	0.06	5.05	4.7		L 2	4	5.18	0.17	7.9	0.21	5.59	4.76
	L 1	4	4.95	0.080	5.8	0.14	5.24	4.66		L 1	4	5.20	0.18	8.2	0.21	5.62	4.78
O - 2 O C m	C 1	5	4.82	0.010	1.7	0.07	4.89	4.75	O - 2 O C m	C 1	5	4.94	0.15	7.9	0.17	5.29	4.59
	C 2	5	4.84	0.060	5.2	0.11	5.06	4.62		C 2	5	5.10	0.22	9.1	0.21	5.51	4.69
	C 3	5	5.02	0.050	4.3	0.10	5.21	4.83		C 3	5	5.32	0.30	10.	0.25	5.81	4.83
	C 4	5	5.08	0.050	4.3	0.10	5.27	4.89		C 4	5	5.48	0.16	7.2	0.18	5.83	5.13
	TOTAL	20	4.94	0.050	4.4	0.05	5.04	4.80		TOTAL	20	5.21	0.22	9.0	0.10	5.42	5.00

- TABLEAU 5.2 - RESULTATS STATISTIQUES ELEMENTAIRES
PAR LIGNES (L) ET PAR COLONNES (C).

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A - DIFFERENCE D'ACIDITE (P H E - P H K)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H	L 5	4	0.88	0.003	5.7	0.03	0.93	0.83	H	L 5	4	0.90	0.05	24.	0.11	1.12	0.68
O	L 4	4	0.88	0.016	14.	0.06	1.00	0.75	O	L 4	4	0.98	0.03	18.	0.09	1.15	0.80
R	L 3	4	0.95	0.003	6.1	0.03	1.01	0.89	R	L 3	4	0.73	0.05	31.	0.11	0.95	0.50
I	L 2	4	0.88	0.009	11.	0.05	0.97	0.78	I	L 2	4	0.80	0.06	31.	0.12	1.04	0.56
Z	L 1	4	0.85	0.057	28.	0.12	1.09	0.61	Z	L 1	4	0.80	0.03	23.	0.09	0.98	0.62
O	C 1	5	0.90	0.005	7.9	0.03	0.96	0.84	O	C 1	5	0.88	0.03	19.	0.07	1.03	0.73
2	C 2	5	0.86	0.013	13.	0.05	0.96	0.76	2	C 2	5	0.78	0.03	23.	0.08	0.94	0.62
O	C 3	5	0.80	0.030	22.	0.08	0.95	0.65	O	C 3	5	0.72	0.07	37.	0.12	0.96	0.48
C	C 4	5	0.98	0.002	4.6	0.02	1.02	0.94	C	C 4	5	0.98	0.02	15.	0.07	1.11	0.85
m									m								
	TOTAL	20	0.89	0.015	14.	0.03	0.94	0.83		TOTAL	20	0.84	0.04	25.	0.05	0.93	0.75

- B - CARBONE TOTAL (C T)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H	L 5	4	33.2	68.08	25.	4.15	41.4	24.9	H	L 5	4	17.0	8.25	17.	1.45	19.9	14.1
O	L 4	4	33.1	53.35	22.	3.65	40.4	25.8	O	L 4	4	14.3	8.01	20.	1.40	17.1	11.5
R	L 3	4	37.0	9.85	8.5	1.55	40.2	33.9	R	L 3	4	19.9	1.28	5.7	0.55	21.0	18.7
I	L 2	4	30.6	12.13	11.	1.75	34.1	27.1	I	L 2	4	21.2	11.30	16.	1.70	24.6	17.8
Z	L 1	4	33.1	40.60	19.	6.35	39.5	26.8	Z	L 1	4	20.4	31.00	27.	2.80	25.9	14.8
O	C 1	5	35.0	13.40	11.	1.65	38.3	31.8	O	C 1	5	19.7	5.70	12.	1.05	21.8	17.5
2	C 2	5	38.2	33.00	15.	2.55	43.3	33.0	2	C 2	5	20.3	28.60	26.	2.40	25.1	15.6
O	C 3	5	32.6	20.80	14.	2.05	36.7	28.6	O	C 3	5	16.2	5.30	14.	1.05	18.3	14.2
C	C 4	5	27.8	19.50	16.	2.00	31.7	23.8	C	C 4	5	18.0	25.00	28.	2.25	22.4	13.5
m									m								
	TOTAL	20	33.4	33.50	17.	1.30	36.0	30.8		TOTAL	20	18.6	16.30	22.	0.90	20.4	16.7

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A -										AZOTE				TOTAL				(N T)			
Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	X	S2	C.V.	X	+	-	X	X	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	X	S2	C.V.	X	+	-	X	X		
						2	X	2	X							2	X	2	X		
H O R I Z O N	L 5	4	1.65	0.025	9.7	0.08	1.81	1.19		L 5	4	1.05	0.005	6.7	0.04	1.12	0.98				
	L 4	4	1.62	0.008	5.5	0.04	1.71	1.53		L 4	4	0.97	0.005	7.1	0.03	1.04	0.90				
	L 3	4	1.67	0.021	8.6	0.07	1.81	1.52		L 3	4	1.11	0.036	17.	0.09	1.30	0.92				
	L 2	4	1.55	0.009	6.3	0.05	1.65	1.45		L 2	4	1.07	0.024	15.	0.08	1.22	0.91				
	L 1	4	1.55	0.025	10.	0.08	1.71	1.40		L 1	4	1.12	0.058	22.	0.12	1.36	0.88				
O - 2 O C m	C 1	5	1.62	0.013	7.0	0.05	1.72	1.51		2	C 1	5	1.05	0.009	9.1	0.04	1.14	0.97			
	C 2	5	1.73	0.004	3.7	0.03	1.78	1.67		0	C 2	5	1.11	0.037	17.	0.09	1.28	0.94			
	C 3	5	1.51	0.004	4.3	0.03	1.57	1.45		4	C 3	5	0.94	0.005	7.2	0.03	1.00	0.88			
	C 4	5	1.58	0.025	10.	0.07	1.72	1.44		0	C 4	5	1.15	0.027	14.	0.07	1.29	1.00			
TOTAL		20	1.61	0.016	8.0	0.03	1.66	1.55		TOTAL		20	1.06	0.023	14.	0.03	1.13	0.99			

- B - CARBONE TOTAL / AZOTE TOTAL. (C T / N T)

Situation des Ech. Analyses									Situation des Ech. Analyses								
Nombre de Valeurs		X	S2	C.V.	X	X	X		Nombre de Valeurs		X	S2	C.V.	X	X	X	
						+	+								+	+	
						2 X	2 X								2 X	2 X	
H O R I Z O N	L 5	4	19.9	9.66	16.	1.60	23.0	16.8	H O R I Z O N	L 5	4	16.2	5.1	14.	1.15	18.5	13.9
	L 4	4	20.4	14.92	19.	1.90	24.2	16.5		L 4	4	14.8	6.39	17.	1.25	17.3	12.2
	L 3	4	22.3	3.62	8.5	1.00	24.2	20.4		L 3	4	18.2	5.42	13.	1.15	20.5	15.8
	L 2	4	19.8	6.18	13.	1.25	22.3	17.3		L 2	4	20.0	3.08	8.8	0.90	21.7	18.2
	L 1	4	21.2	7.27	13.	1.35	23.9	18.5		L 1	4	18.1	3.74	11.	0.95	20.1	16.2
O - O C m	C 1	5	21.7	1.35	5.4	0.50	22.7	20.6	2 O - 4 O C m	C 1	5	18.7	1.96	7.5	0.65	19.9	17.4
	C 2	5	22.1	8.26	13.	1.30	24.6	19.5		C 2	5	18.1	3.10	9.7	0.80	19.7	16.5
	C 3	5	21.6	6.85	12.	1.15	24.0	19.3		C 3	5	17.5	12.80	20.	1.60	20.7	14.3
	C 4	5	17.5	2.01	8.1	0.65	18.8	16.3		C 4	5	15.5	8.79	19.	1.30	18.1	12.8
TOTAL									TOTAL								
20		20.7	7.50	13.	0.61	21.9	19.5		20		17.4	7.12	15.	0.60	18.6	16.2	

- TABLEAU 5.4 - RESULTATS STATISTIQUES ELEMENTAIRES
PAR LIGNES (L) ET PAR COLONNES (C).

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A - PHOSPHORE ASSIMILABLE TRUOG (P A T)

HORIZON									HORIZON								
	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	17.3	2.92	9.9	0.90	19.0	15.5	H O R I Z O N	L 5	4	16.3	4.92	14.	1.10	18.5	14.0
	L 4	4	19.5	3.00	8.9	0.90	21.2	17.8		L 4	4	19.3	8.25	15.	1.40	22.1	16.4
	L 3	4	17.5	3.67	11.	1.00	19.4	15.6		L 3	3	16.3	6.33	15.	1.50	19.2	13.4
	L 2	3	16.0	1.00	6.3	0.60	17.2	14.8		L 2	4	16.5	3.00	11.	0.90	18.2	14.8
	L 1	4	13.0	8.00	22.	1.40	15.8	10.2		L 1	4	14.8	16.90	28.	2.10	18.9	10.6
O - 2 O C m	C 1	5	16.4	8.80	18.	1.30	19.1	13.7	O - 2 O C m	C 1	5	15.8	6.70	17.	1.20	18.1	13.5
	C 2	5	16.2	9.20	19.	1.40	18.9	13.5		C 2	5	17.0	4.00	12.	0.90	18.8	15.2
	C 3	4	15.0	8.67	20.	1.50	17.9	12.1		C 3	4	14.8	6.90	18.	1.30	17.4	12.1
	C 4	5	18.8	3.20	9.5	0.80	20.4	17.2		C 4	5	18.6	13.30	20.	1.60	21.9	15.3
	TOTAL	19	16.7	8.12	17.	0.65	18.0	15.4		TOTAL	20	16.6	8.6	18.	0.70	18.0	15.3

- B - CALCIUM ECHANGEABLE (C A E)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	6.53	0.62	12.	0.39	7.31	5.74	H O R I Z O N	L 5	4	5.48	0.443	12.	0.33	6.14	4.81
	L 4	4	7.03	0.11	4.7	0.17	7.36	6.69		L 4	4	5.50	0.126	6.5	0.18	5.86	5.14
	L 3	4	7.55	0.52	9.6	0.36	8.27	6.83		L 3	4	6.30	0.120	5.5	0.17	6.65	5.95
	L 2	4	7.08	1.19	15.	0.55	8.17	5.98		L 2	4	5.68	1.220	19.	0.55	6.78	4.57
	L 1	4	6.95	1.52	18.	0.62	8.18	5.72		L 1	4	5.35	1.480	23.	0.61	6.57	4.13
O - 2 O C m	C 1	5	7.21	0.36	8.6	0.27	7.64	6.56	O - 2 O C m	C 1	5	6.14	0.520	12.	0.32	6.78	5.50
	C 2	5	7.64	0.20	5.9	0.20	8.04	7.24		C 2	5	5.80	0.890	16.	0.42	6.64	4.96
	C 3	5	7.34	0.47	9.4	0.31	7.96	6.72		C 3	5	5.48	0.400	12.	0.28	6.04	4.92
	C 4	5	6.02	0.61	13.	0.35	6.72	5.32		C 4	5	5.22	0.710	16.	0.38	5.97	4.47
	TOTAL	20	7.03	0.74	12.	0.19	7.41	6.64		TOTAL	20	5.66	0.650	14.	0.18	6.02	5.30

- TABLEAU 5.5 - RESULTATS STATISTIQUES ELEMENTAIRES
PAR LIGNES (L) ET PAR COLONNES (C).

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A - MAGNESIUM ECHANGEABLE (M G E)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + \sigma\bar{X}$	$\bar{X} - \sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + \sigma\bar{X}$	$\bar{X} - \sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	39.0	15.72	10.	1.98	43.0	36.1	H O R I Z O N	L 5	4	43.2	11.15	7.7	1.67	46.5	39.9
	L 4	4	38.6	5.88	6.3	1.21	41.0	36.1		L 4	4	43.1	17.50	9.7	2.09	47.2	38.9
	L 3	4	38.2	7.11	7.0	1.33	40.8	35.5		L 3	4	42.1	24.33	12.	2.47	47.1	37.2
	L 2	4	39.5	10.31	8.1	1.61	42.7	36.3		L 2	4	42.7	14.42	8.9	1.89	46.5	38.9
	L 1	4	38.5	10.57	8.4	1.62	41.8	35.3		L 1	4	43.0	13.65	8.6	1.85	46.7	39.3
O - 2 O C m	C 1	5	36.9	4.13	5.5	0.91	38.7	35.1	O - 2 O C m	C 1	5	42.1	2.51	3.8	0.71	43.5	40.7
	C 2	5	40.9	1.09	2.6	0.47	41.8	39.9		C 2	5	45.5	4.51	4.7	0.95	47.4	43.6
	C 3	5	40.4	4.09	5.0	0.90	42.3	38.6		C 3	5	44.6	5.75	5.4	1.07	46.8	42.5
	C 4	5	36.8	10.75	8.9	1.47	39.7	33.9		C 4	5	39.0	16.87	11.	1.84	42.7	35.4
	TOTAL	20	38.8	8.04	7.3	0.63	40.0	37.5		TOTAL	20	42.8	12.95	8.4	0.80	44.4	41.2

- B - MAGNESIUM ECHANGEABLE / CALCIUM ECHANGEABLE (MGE/CAE)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + \sigma\bar{X}$	$\bar{X} - \sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + \sigma\bar{X}$	$\bar{X} - \sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	6.05	1.03	17.	0.51	7.07	5.04	H O R I Z O N	L 5	4	7.90	0.30	6.9	0.27	8.45	7.35
	L 4	4	5.48	0.06	4.6	0.13	5.73	5.23		L 4	4	7.83	0.39	8.0	0.31	8.45	7.20
	L 3	4	5.08	0.08	5.7	0.14	5.36	4.79		L 3	4	6.68	0.91	14.	0.48	7.63	5.72
	L 2	4	5.65	0.44	12.	0.33	6.31	4.99		L 2	4	7.68	1.14	14.	0.53	8.74	6.61
	L 1	4	5.68	0.71	15.	0.42	6.52	4.83		L 1	4	8.28	2.15	18.	0.73	9.74	6.81
O - 2 O C m	C 1	5	5.22	0.10	6.0	0.14	5.50	4.94	O - 2 O C m	C 1	5	6.90	0.33	8.3	0.26	7.41	6.39
	C 2	5	5.36	0.07	5.0	0.12	5.60	5.12		C 2	5	8.00	1.48	15.	0.54	9.09	6.91
	C 3	5	5.56	0.20	8.1	0.20	5.96	5.16		C 3	5	8.18	0.29	6.5	0.24	8.66	7.70
	C 4	5	6.20	1.17	17.	0.48	7.17	5.23		C 4	5	7.60	1.81	17.7	0.60	8.80	6.40
	TOTAL	20	5.59	0.47	12.	0.15	5.89	5.28		TOTAL	20	7.67	1.07	14.	0.23	8.13	7.21

- TABLEAU 5.6 - RESULTATS STATISTIQUES ELEMENTAIRES
PAR LIGNES (L) ET PAR COLONNES (C).

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A - POTASSIUM ECHANGEABLE (K E)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} +$ $2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} -$ $2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} +$ $2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} -$ $2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	0.38	0.003	13.	0.03	0.43	0.33	H	L 5	4	0.25	0.003	23.	0.03	0.31	0.19
	L 4	4	0.38	0.009	26.	0.05	0.47	0.28	D	L 4	4	0.25	0.010	40.	0.05	0.35	0.15
	L 3	4	0.38	0.009	13.	0.03	0.43	0.33	R	L 3	4	0.25	0.003	23.	0.03	0.31	0.19
	L 2	4	0.38	0.003	13.	0.03	0.43	0.33	I	L 2	4	0.25	0.003	23.	0.03	0.31	0.19
	L 1	4	0.30	0.000	0.0	0.00	0.30	0.30	Z	L 1	4	0.23	0.003	22.	0.03	0.28	0.18
O - 2 O C m	C 1	5	0.36	0.003	15.	0.03	0.41	0.31	2	C 1	5	0.22	0.002	20.	0.02	0.26	0.18
	C 2	5	0.36	0.003	15.	0.03	0.41	0.31	O	C 2	5	0.24	0.003	23.	0.03	0.29	0.19
	C 3	5	0.32	0.002	14.	0.02	0.36	0.28	-	C 3	5	0.20	0.000	0.0	0.00	0.20	0.20
	C 4	5	0.40	0.005	18.	0.03	0.46	0.34	4	C 4	5	0.32	0.002	14.	0.02	0.36	0.28
									O								
	TOTAL	20	0.36	0.004	17.	0.02	0.39	0.33		TOTAL	20	0.25	0.004	25.	0.02	0.27	0.22

- B - SODIUM ECHANGEABLE (N A E)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} +$ $2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} -$ $2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} +$ $2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} -$ $2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	1.28	0.049	17.	0.11	1.50	1.05	H	L 5	4	1.48	0.22	32.	0.23	1.94	1.01
	L 4	4	1.33	0.083	22.	0.14	1.61	1.03	D	L 4	4	1.50	0.14	25.	0.19	1.87	1.13
	L 3	4	1.25	0.030	14.	0.09	1.42	1.08	R	L 3	4	1.40	0.12	25.	0.17	1.75	1.05
	L 2	4	1.18	0.029	15.	0.09	1.35	1.00	I	L 2	4	1.38	0.10	23.	0.16	1.70	1.05
	L 1	4	1.18	0.029	15.	0.09	1.35	1.00	Z	L 1	4	1.43	0.05	15.6	0.11	1.65	1.20
O - 2 O C m	C 1	5	1.40	0.065	18.	0.11	1.63	1.17	2	C 1	5	1.82	0.05	12.	0.10	2.01	1.63
	C 2	5	1.32	0.007	6.3	0.04	1.39	1.25	O	C 2	5	1.54	0.01	5.8	0.04	1.62	1.46
	C 3	5	1.22	0.007	6.9	0.04	1.29	1.15	-	C 3	5	1.32	0.02	11.	0.07	1.45	1.19
	C 4	5	1.02	0.002	4.4	0.02	1.06	0.98	4	C 4	5	1.06	0.01	11.	0.05	1.16	0.96
									O								
	TOTAL	20	1.24	0.038	15.8	0.04	1.33	1.15		TOTAL	20	1.44	0.10	22.	0.07	1.58	1.29

- TABLEAU 5.7 - RESULTATS STATISTIQUES ELEMENTAIRES
PAR LIGNES (L) ET PAR COLONNES (C).

(les colonnes correspondent aux Hectares)

- A - PHOSPHORE TOTAL (P T)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	278	5625	27.	38	353	203	H	L 5	4	165	2700	32.	26	217	113
	L 4	4	225	2700	23.	26	277	173	O	L 4	4	158	1425	24.	19	195	120
	L 3	4	293	3225	19	28	349	235	I	L 3	4	210	7800	42.	44	298	122
	L 2	4	255	6300	31.	40	334	176	Z	L 2	4	180	4200	36.	32	245	115
	L 1	4	225	2700	23.	26	277	176	O	L 1	4	165	3300	35.	29	222	108
O - 2 O C m	C 1	5	312	2970	18.	24	361	263	2	C 1	5	204	378	30.	27	259	149
	C 2	5	288	720	9.3	12	312	264	O	C 2	5	228	2970	24.	24	277	179
	C 3	5	222	2520	23.	22	267	177	4	C 3	5	138	720	19.	12	162	114
	C 4	5	198	2070	23.	20	239	157	O	C 4	5	132	270	12.	7	147	117
	TOTAL	20	255	4026	25.	14	283	227	C	TOTAL	20	176	3437	33.	13	202	149

- B - PHOSPHORE ASSIMILABLE TRUOG / AZOTE TOTAL (PAT / NT)

	Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$		Situation des Ech. Analyses	Nombre de Valeurs	$\bar{X}$	S2	C.V.	$\sigma\bar{X}$	$\bar{X} + 2\sigma\bar{X}$	$\bar{X} - 2\sigma\bar{X}$
H O R I Z O N	L 5	4	1.05	0.021	14.	0.07	1.20	0.91	H	L 5	4	1.55	0.056	15.	0.12	1.79	1.32
	L 4	4	1.20	0.012	9.0	0.05	1.31	1.10	O	L 4	4	2.01	0.154	20.	0.20	2.40	1.61
	L 3	4	1.05	0.002	4.6	0.02	1.10	1.00	I	L 3	4	1.39	0.030	13.	0.10	1.59	1.19
	L 2	3	1.00	0.006	8.0	0.05	1.10	0.91	Z	L 2	4	1.57	0.043	13.	0.10	1.77	1.36
	L 1	4	0.86	0.071	31.	0.13	1.12	0.59	O	L 1	4	1.32	0.051	17.	0.11	1.54	1.09
O - 2 O C m	C 1	5	1.02	0.031	17.	0.08	1.17	0.76	2	C 1	5	1.50	0.053	15.	0.10	1.71	1.30
	C 2	5	0.94	0.032	19.	0.08	1.10	0.78	O	C 2	5	1.58	0.171	26.	0.18	1.95	1.21
	C 3	4	0.98	0.038	10.	0.10	1.17	0.78	4	C 3	5	1.57	0.071	17.	0.13	1.83	1.30
	C 4	5	1.19	0.007	7.2	0.04	1.27	1.12	O	C 4	5	1.65	0.230	29.	0.21	2.08	1.23
	TOTAL	20	1.03	0.032	17.	0.04	1.12	0.95	C	TOTAL	20	1.58	0.120	22.	0.08	1.73	1.42

A N N E X E 6

EXEMPLE DE PROTOCOLE EXPERIMENTAL D'UN ESSAI
MULTILOCAL DE PREVULGARISATION SUR VERTISOL

ETUDE DE LA VARIABILITE DE LA FERTILITE DES VERTISOLS
NON MAGNESIENS

Protocole experimental des essais

Les besoins en azote, phosphore et potasse du maïs sur vertisol, déjà précisés lors de l'essai sur vertisol modal de POUEMBOUT, seront étudiés sur deux sites expérimentaux installés chez des agriculteurs de la cote Ouest. Chaque site comportera 3 champs juxtaposés dont la superficie sera de 1 hectare. La première année, un seul champ sera utilisé pour l'essai; chaque année suivante un nouveau champ sera cultivé dans chaque site, le (ou les) champ(s) précédemment en culture étant de nouveau emblavé (cf. schéma explicatif ci-dessous).



1ere année

2eme année

3eme année

Chaque champ comportera trois types de fumure complètes (N,P,K) avec 3 répétitions. Chaque champ sera donc divisé en 9 parcelles de surface identique. Nous aurons un essai en carré latin (3*3).

Les essais seront conduits de la même façon sur chaque site, les blocs et les parcelles étant organisés identiquement (mêmes dimensions, même dispersion aléatoire des traitements).

Trois cycles de maïs se succéderont sur chaque champ, à raison d'un cycle par an. Une plante de couverture occupera le terrain entre deux cycles. Une irrigation d'appoint

sera pratiquée " a la demande " afin de diminuer les risques de nivellement des effets des facteurs contrôles par une sécheresse éventuelle.

1) FACTEURS CONTRÔLES.

Chaque année les niveaux des trois fertilisations seront les suivants :

Facteurs contrôles	doses en Kg/Ha (*)		
	1	2	3
AZOTE (N)	180	360	540
PHOSPHORE (P2O5)	90	180	270
POTASSE (K2O)	45+48	90+96	135+144

(*) on utilisera comme engrais :

- du rekaphos (0/32/16)
- du sulfate de potasse a 48%
- de l'urée a 45%

La répartition des 3 fertilisations sur les 3 répétitions de chaque essai sera celle indiquée dans le tableau ci-après :

1	3	1
2	1	3
3	2	2

2) DIMENSIONS DES PARCELLES - BORDURES -

Les parcelles mesureront hors-tout 31.5m * 31.5m; leurs superficies sera donc de 992.25m². L'essai occuperadonc, allees non comprises, une surface de 8930.25m². Les lignes de plantation semees seront espacees de 0.75m, ce qui permettra d'avoir 42 lignes par parcelle.

Chaque parcelle sera limitee parallee et bord de champ a l'exception de la parcelle controle qui sera entouree par quatre allees. Chaque parcelle comportera trois rangs de bordure longitudinalement et une bande de 2 metres lateralement.

Les allees auront 2.75m de large.

Chaque parcelle "utile" pour l' experimentation est donc constituee de 36 lignes de 27.5m de long, chacune occupant une surface utile de 742.5m².

3) MISE EN PLACE ET CONDUITE DES ESSAIS.

La mise en place et la conduite des essais s'effectueront comme indique dans l'annexe I.

La desinfection du sol sera realisee avec du Lindane a la dose de 2 Kg/Ha.

Le desherbant sera de l'Atrazine 80.

En cours de vegetation des pesticides seront utilises en cas de besoin.

La variete de mais cultive sera le XL82.

La densite de semis, sur la ligne, sera de 5 pieds par metre soit 66.000 pieds / Ha.

Les mesures et les observations effectuees au cours de la vegetation seront decrites dans l'annexe II.

les traitements appliques aux echantillons vegetaux et les donnees recueillies finalement sur ces echantillones figurent dans l'annexe III, les determinations agrologiques dans l'annexe IV.

4) TRAITEMENTS DES DONNEES.

L'analyse statistique des variables
receuillies et des variables derivees s'effectueront selon les
programmes mises au point par l'ORSTOM.

Des modifications de detail pourront etre
apportees a des protooles durant le cours de cette etude. Elles
seront precisees dans des addendas numerotes.

-
-