

Bernard DENIS (1) Bernard BONZON (2)
avec la collaboration technique de
Dudley NICHOLS (3) William NIGOTE (3)

APPRÉCIATION DE LA VARIABILITÉ CHIMIQUE
D'UN TERRAIN POUR L'INSTALLATION
D'UNE EXPÉRIMENTATION AGRO-PÉDOLOGIQUE
DANS UN SOL BIEN CARACTÉRISÉ

Cas d'un vertisol

1. Introduction

Lorsqu'une expérimentation agro-pédologique doit être installée dans une région dont les principaux sols qui la caractérisent sont bien identifiés (après des études de terrain et de laboratoire qui ont permis l'établissement de cartes semi-détaillées au 1/25 000 ou au 1/50 000 par exemple), les étapes par lesquelles il apparaît nécessaire de passer sont les suivantes :

1) A l'aide de cette carte, choisir un faciès de sol (le plus répandu ou le plus utilisé ; ce peut être, par exemple, un brun vertique, non magnésien, dont la profondeur utile est supérieure à 60 cm).

2) S'assurer de son homogénéité du point de vue morphologique (à l'aide de « l'analyse structurale » ou de la « cartographie des volumes ». On utilise, entre autres, un pédo-comparateur qui permet de définir les limites des différents horizons).

3) Enfin, avant d'installer l'expérimentation proprement dite, connaître la répartition des nutriments dans la surface retenue (prise en compte, lors de l'établissement du protocole expérimental, des variations éventuelles qui auront été mises en évidence).

Nous allons vous présenter un exemple d'une étude de ce dernier type réalisée en Nouvelle-Calédonie, territoire français d'outre mer, situé dans le Pacifique à l'est de l'Australie et au nord de la Nouvelle-Zélande (cf. Carte 1 - Situation Générale ci-jointe). La zone choisie se situe dans la plaine de la Tontouta, sur la côte ouest de ce territoire, à environ 60 km de la capitale Nouméa. C'est une zone agricole importante pour la région Sud (cf. Carte schématique 2 ci-jointe).

(1) Agro-pédologue au centre ORSTOM de Bondy, France.

(2) Agronome au centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

(3) Techniciens au laboratoire d'Agro-pédologie du centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Figure 1 : Carte de situation

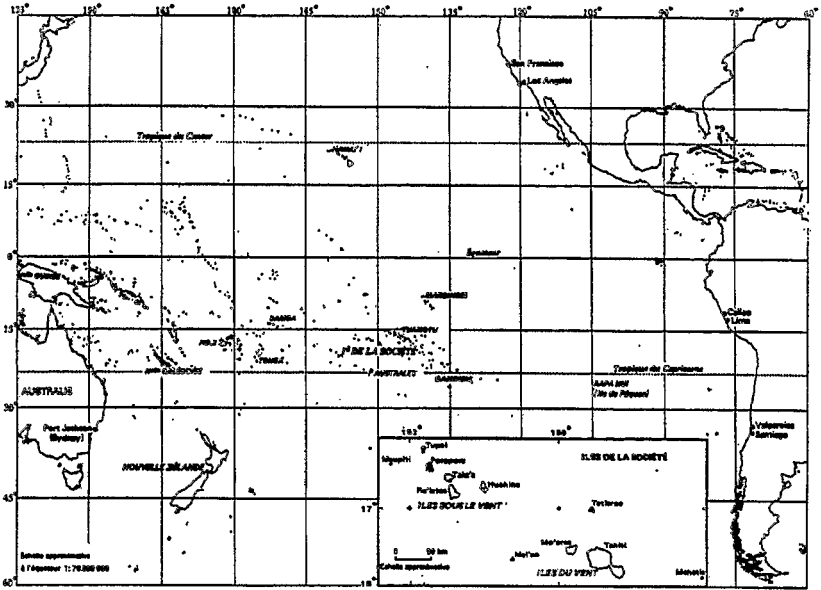
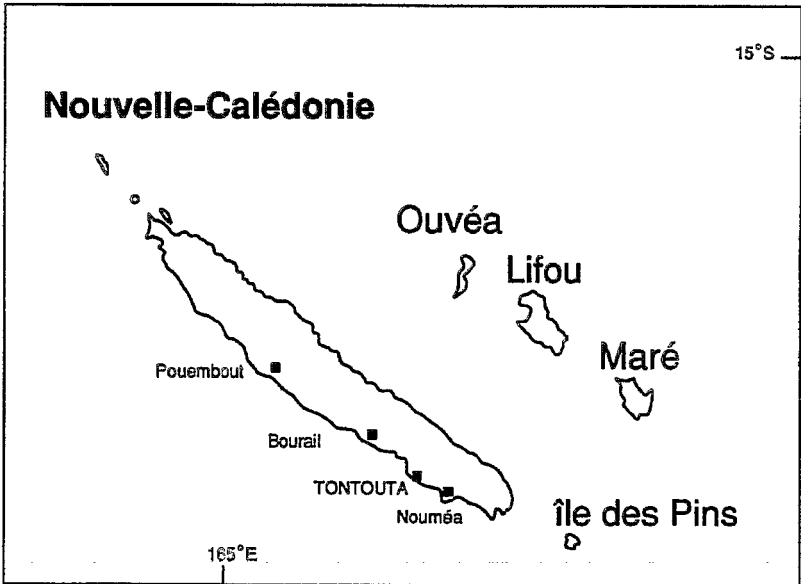


Figure 2 : Carte de situation



2. Démarche de ce type d'étude

Elle comporte les étapes suivantes :

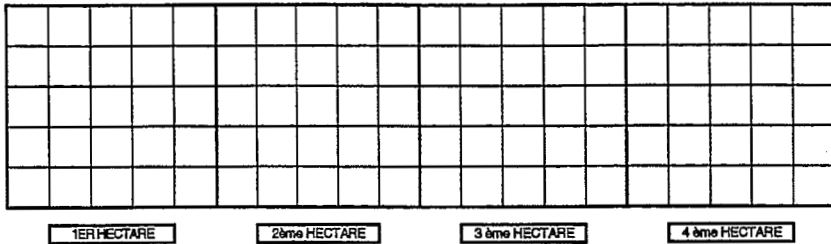
2.1. Installation du parcellaire et choix du carroyage

(cf. figure 3 « représentation du terrain carroyé »)

Dans le cas de cette étude la surface retenue pour l'installation de l'essai est de 4 hectares mitoyens. La surface d'une parcelle élémentaire est de 400 m². Ceci permet d'identifier, par hectare, 5 LIGNES et 5 COLONNES. On matérialise ainsi 25 parcelles élémentaires par hectare.

Le carroyage est réalisé sur le terrain à l'aide de cordes tendues tous les 20 mètres. On réalise ce découpage sur un hectare puis on effectue les prélèvements des échantillons.

Figure 3 : Schéma des prélèvements



2.2. Détermination du nombre de prélèvements par parcelle élémentaire et leur réalisation (Cf. figure 4 « parcelle élémentaire »)

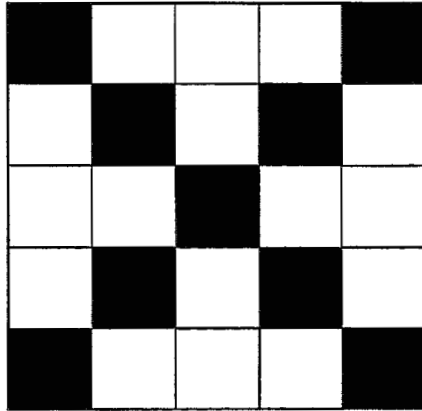
Dans le cas de cette étude, le nombre de prélèvements par parcelle élémentaire a été de 9. Ce nombre a été choisi parce qu'il semblait permettre, en les réalisant sur les deux diagonales, de prendre en compte les variations éventuelles de la parcelle élémentaire.

Pour réaliser les prélèvements on utilise des sondes métalliques d'environ 10 cm de diamètre pour le premier niveau (0/20 cm) et 6/7 cm pour le deuxième niveau (20/40 cm). L'épaisseur du premier niveau a été choisie en fonction de la profondeur qui sera celle du labour avec charrue à disque servant à préparer le terrain après chaque culture. Le choix de deux diamètres différents tient au fait qu'il est plus facile d'extraire la sonde dans un horizon profond souvent plus humide et surtout quand le sol est « collant » (cas du brun vertique en question).

Pour éviter les pollutions, les sondes sont nettoyées chaque fois que l'on change de parcelle élémentaire.

Les neuf prélèvements élémentaires sont placés dans un récipient, puis bien mélangés avant d'être mis dans un sac plastique préalablement étiqueté et posé dans chacune des parcelles élémentaires. Ceci évite les erreurs de numérotation et des confusions entre les différents échantillons.

Figure 4 : Parcelle élémentaire



Localisation des 9 prélèvements destinés
à constituer un échantillon élémentaire
On effectue un sondage au centre de chaque carré noir

2.3. Choix des échantillons à analyser pour une première approche

Pour notre part nous avons envisagé de regrouper les cinq échantillons élémentaires « LIGNE » de chaque hectare en un échantillon moyen. (Cf. figure 5 - Matrice d'étude des 4 hectares). Nous avons donc divisé chaque échantillon en deux, après séchage à l'air, à l'aide d'un partiteur. Ce dernier a l'avantage d'éviter les choix préférentiels qui pourraient être faits lorsque c'est le pédologue ou le technicien du laboratoire qui réalise, à l'aide d'une « main », des petits prélèvements sur l'échantillon étalé sur un plateau de séchage ; ceux-là ne sont, en effet, jamais faits « au hasard » mais toujours « orientés ».

Pour chacun des échantillons, une moitié est conservée, à titre de référence et pour analyse ultérieure si nécessaire, dans son sac d'origine. L'autre moitié est placée sur une petite bâche plastique.

Une fois que les « moitiés » des cinq échantillons composant une ligne d'un hectare sont placés ensemble sur la bâche plastique, on mélange le tout. Ce nouvel échantillon moyen est alors numéroté pour permettre son identification. Une série d'autres opérations de partage permettra de préparer la fraction de l'échantillon moyen qui sera donné au laboratoire pour réaliser les analyses chimiques (environ 1/5). La partie restante (soit 4/5) sera conservée et mise en réserve.

Figure 5 : Matrice réduite pour l'étude préliminaire des quatre hectares

HECTARES OU COLONNES

LIGNES

3. Présentation des résultats

Ce qui est important, ce sont non seulement les résultats d'analyses obtenus mais aussi le mode de leur présentation. C'est la raison pour laquelle nous allons nous intéresser d'abord à ce dernier et présenter les schémas qui vont être utilisés.

3.1. Modes de représentation

Ils sont au nombre de trois à savoir :

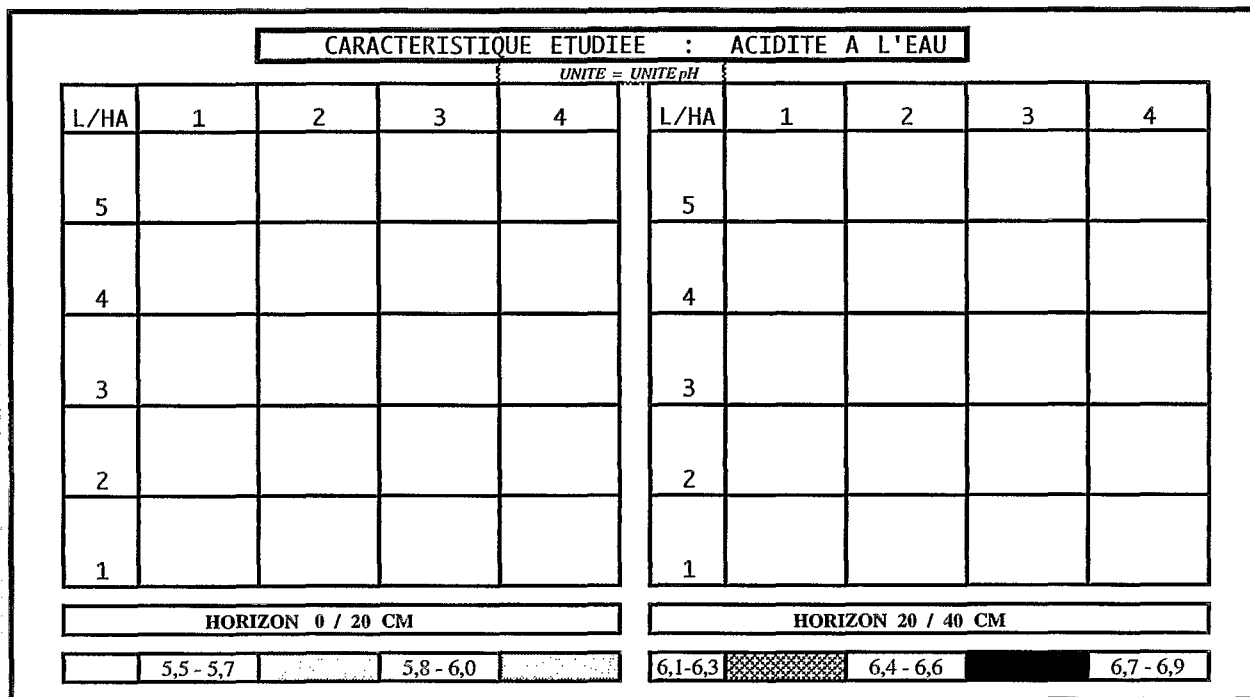
- la représentation de l'ensemble du parcellaire ;
- la représentation selon les lignes (variation horizontale) ;
- la représentation selon les colonnes (variation verticale).

3.1.1. La représentation de l'ensemble du parcellaire comportera (cf. figure 6) 5 lignes et 4 colonnes (ou hectare).

En effet, comme explicité dans le sous-chapitre 2.3., une colonne (ou hectare) représente la valeur de l'échantillon moyen fabriqué à partir des cinq échantillons des parcelles élémentaires composant chaque ligne.

Pour rendre lisible cette représentation spatiale, on retiendra les deux valeurs extrêmes de chaque paramètre pour une épaisseur donnée (0/20 ou 20/40 cm). On divisera l'intervalle de variations en cinq classes. On pourra alors tramer chacun des 20 carrés. Selon la répartition des différentes trames et le nombre de carrés pour une même trame, on pourra avoir une idée de la plus ou moins grande homogénéité du terrain retenu. C'est une première appréciation globale.

Figure 6 - Représentation de la matrice réduite « Ligne » * « Hectare ou Colonne »



◆ 160 ◆

L'ÉCHANTILLONNAGE : DU PRÉLEVEMENT À L'ANALYSE

3.1.2. *La représentation selon les lignes ou représentation horizontale*
(cf. figure 7 ; représentation Ligne/Classe).

Si l'on se reporte à la figure 7, on constate que pour chaque ligne il y a quatre valeurs. Chacune d'entre elles peut se retrouver dans l'une des cinq classes déterminées pour la caractéristique étudiée.

Pour avoir une idée de la plus ou moins grande homogénéité de chaque « LIGNE », on placera les quatre valeurs dans l'un des quatre rectangles de chacune des classes. Mais pour que la lisibilité soit plus grande, on va respecter quelques règles simples de représentation. C'est ainsi que :

- l'on commencera par tramer le nombre de rectangles nécessaires de la première classe concernée (par exemple 2 dans la classe B--- > tramage des deux premiers rectangles) ;

- puis on tramera le nombre de rectangles de la deuxième classe concernée mais en décalant vers la droite d'autant de rectangles que la première classe concernée en comportera (par exemple 1 dans la classe D--> tramage du troisième rectangle) ;

- ensuite on tramera le nombre de rectangles de la troisième classe concernée mais en décalant vers la droite d'autant de rectangles que la première et la deuxième classes concernées en comporteront (par exemple, 1 dans la classe E--> tramage du quatrième rectangle).

Il apparaît immédiatement que l'on pourra en déduire des conclusions intéressantes comme par exemple :

- si une ligne présente ses valeurs dans quatre classes différentes, l'hétérogénéité est grande ;

- si une ligne, au contraire, présente ses quatre valeurs dans deux classes ou, encore mieux, dans une seule classe, on pourra parler d'homogénéité au niveau de cette ligne ;

- si chaque ligne présente des valeurs réparties dans trois ou quatre classes, le terrain apparaîtra, pour le paramètre considéré, comme très hétérogène. Il sera alors difficile de choisir tout ou partie de ce dernier pour y installer un essai nécessitant la moindre dispersion des valeurs pour ce paramètre.

- etc...

3.1.3. *La représentation selon les colonnes ou représentation verticale*
(cf. figure 8 ; représentation Classe/Hectare ou Colonne).

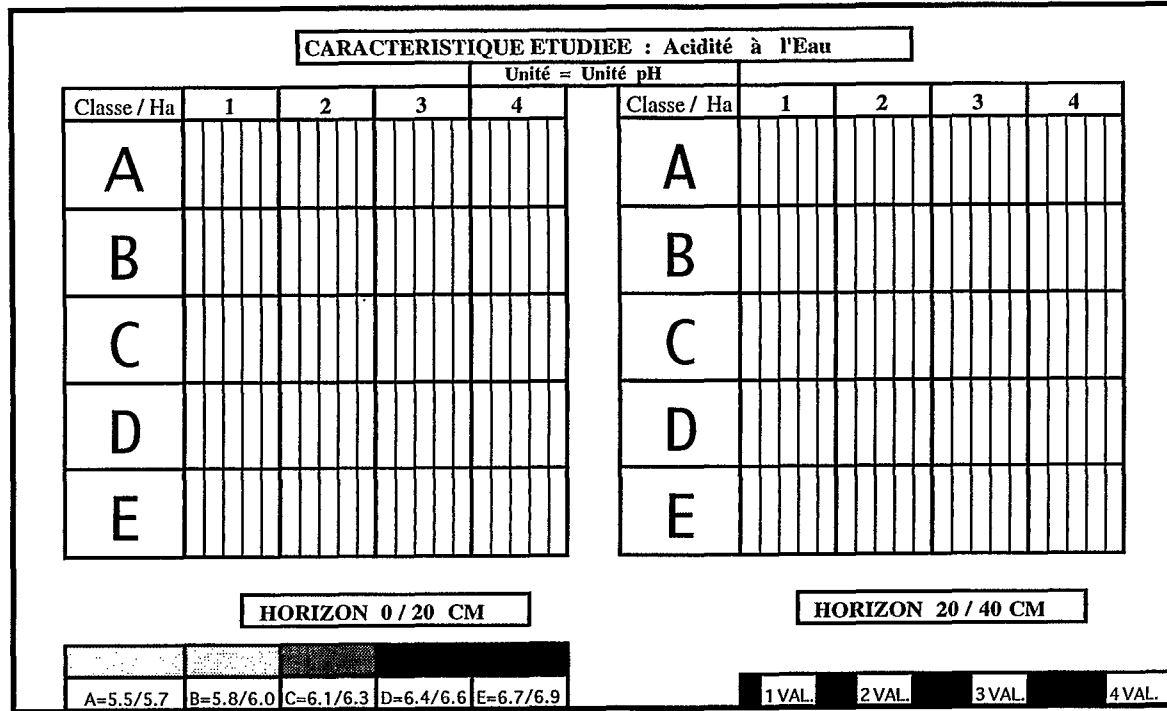
Si l'on se reporte à la figure 8, on constate que pour chaque ligne il y a cinq valeurs. Chacune d'entre elles peut se retrouver dans l'une des cinq classes déterminées pour la caractéristique étudiée.

Figure 7 - Représentation « Ligne / Classe »

CARACTERISTIQUE ETUDIEE : Acidité à l'eau																	
UNITE = UNITE pH																	
Ligne / Classe	A	B	C	D	E		Ligne / Classe	A	B	C	D	E					
5							5										
4							4										
3							3										
2							2										
1							1										
HORIZON 0 / 20 CM						HORIZON 20 / 40 CM											
A=5.5/5.7		B=5.8/6.0		C=6.1/6.3		D=6.4/6.6		E=6.7/6.9		1 VAL.		2 VAL.		3 VAL.		4 VAL.	

L'ÉCHANTILLONNAGE : DU PRÉLEVEMENT À L'ANALYSE

Figure 8 - Représentation « Classe / Hectare ou Colonne »



Pour avoir une idée de la plus ou moins grande homogénéité de chaque « COLONNE », ou « HECTARE », on placera les cinq valeurs dans l'un des cinq rectangles de chacune des classes. Mais pour que la lisibilité soit plus grande, on va respecter quelques règles simples de représentation. (Ce sont les mêmes que celles exposées dans le sous-chapitre 3.1.2.).

Précisons que l'on considérera, dans cette étude, qu'une ligne ou une colonne est hétérogène lorsque les valeurs sont réparties dans plus de deux classes. C'est une déduction qui est basée sur l'amplitude de variations (différences entre les valeurs extrêmes) et l'examen de quelques données statistiques simples telles que la moyenne, l'écart type, la variance ou, encore, le coefficient de variation.

3.2. Caractéristiques analysées

Pour illustrer cette approche un peu originale, nous en avons choisi trois caractéristiques du sol parmi la dizaine à caractère agro-pédologique dont les résultats analytiques ont été acquis. Elles présentent une hétérogénéité décroissante, comme on va pouvoir le constater après examen des résultats. Ce sont :

- le phosphore total
- le carbone total
- le potassium échangeable

3.2.1. Le phosphore total

Si l'on examine la représentation de l'ensemble du parcellaire (figure 9), nous constatons qu'il y a :

- un décalage d'une classe entre les deux niveaux de sol ;
- une grande hétérogénéité dans le premier niveau (0/20 cms) dans lequel on trouve les valeurs analytiques réparties dans les cinq classes ;
- une hétérogénéité légèrement moins marquée dans le deuxième niveau (20/40 cm), les valeurs étant réparties dans les quatre premières classes.

Lorsqu'on passe à l'examen de la répartition horizontale (test « LIGNE » représenté sur la figure 10), il apparaît :

- que les valeurs du premier niveau se répartissent dans trois classes non consécutives pour chacune des lignes sans qu'aucune de ces dernières ne puisse être comparée à une autre ;
- que les valeurs du second niveau se regroupent dans deux classes (3 lignes) ou trois classes (2 lignes). Elles ne sont consécutives que dans 2 lignes sur 5.

Lorsqu'on examine enfin la répartition verticale (test « COLONNE » représenté sur la figure 11), il ressort :

- que les valeurs du premier niveau se répartissent entre deux et quatre classes avec prédominance des deux classes les plus élevées pour les hectares 1 et 2 et des trois premières classes pour les hectares 3 et 4.
- que celles du second niveau se répartissent entre un et quatre classes. Ceci confirme la grande hétérogénéité de la répartition du parcellaire.

Conclusions pour le phosphore total : l'examen des trois modes de représentation fait ressortir une très forte hétérogénéité dans les deux niveaux. Ceci induit une très grande difficulté pour choisir une partie des 4 hectares aux fins d'une étude expérimentale visant à tester l'influence de la réserve actuelle du sol en phosphore sur la croissance d'une plante et son évolution dans le temps après plusieurs cycles culturaux.

3.2.2. Le carbone total

L'examen de l'ensemble du parcellaire (figure 12) fait ressortir :

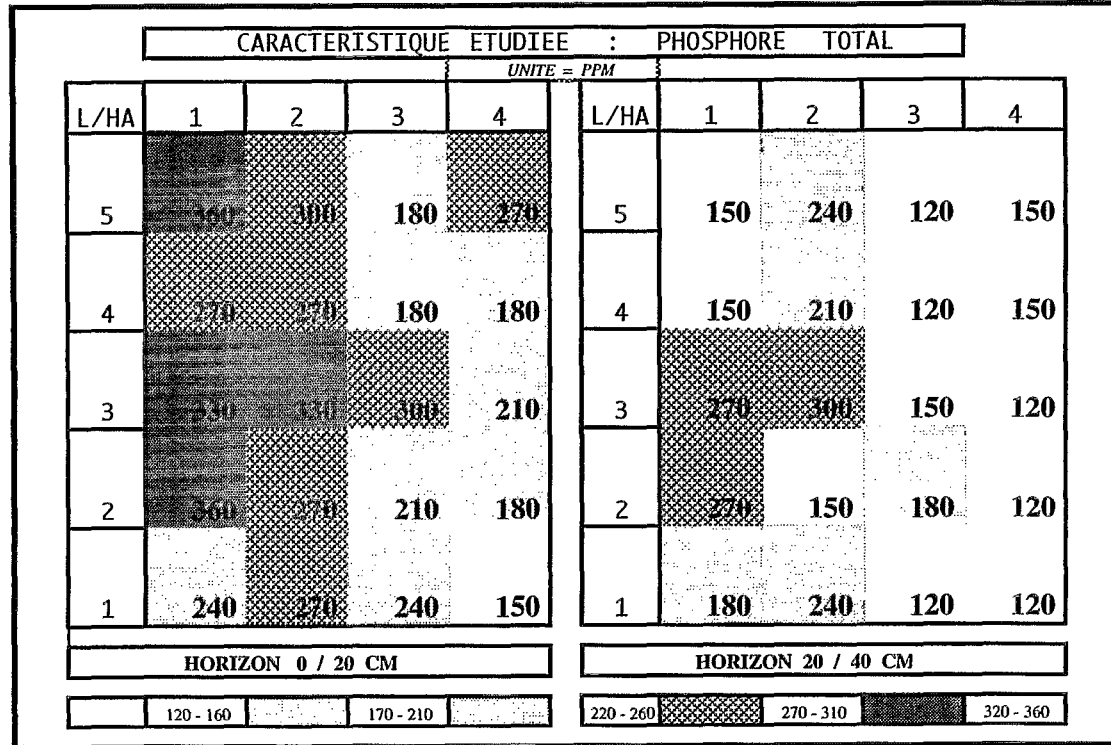
- un décalage très marqué entre les deux niveaux. Les valeurs du premier se répartissent dans les trois classes ayant les valeurs les plus élevées ; tandis que celles du second se situent essentiellement dans les deux premières ;
- de ce fait, une hétérogénéité plus marquée dans le niveau supérieur que dans le niveau inférieur ;
- une répartition des valeurs par plages homogènes de dimensions relativement importantes ; ceci laisserait entrevoir la possibilité d'une installation de parcelles expérimentales d'une surface suffisante.

Ceci est confirmé par l'examen des répartitions horizontale et verticale.

- Dans la première (cf. figure 13), seulement 2 lignes sur 5 ont leurs valeurs en deux classes consécutives dans le premier niveau ; alors que les valeurs des lignes du second niveau se regroupent toutes dans deux classes consécutives.
- Dans la seconde (cf. figure 14), les colonnes (ou hectares) 1 et 4 répondent aux critères retenus (deux classes consécutivement) dans le premier niveau ; mais seule la première permet d'avoir une surface continue suffisamment importante (0,8 ha) pour une expérimentation. Dans le second niveau, la première colonne est très homogène.

Conclusions pour le carbone total : l'examen des trois modes de représentation fait ressortir une certaine homogénéité, soit selon les colonnes (on considère alors un hectare), soit par « plaques » recoupant lignes et colonnes (ceci ressort sur le plan global du parcellaire). Ceci est plus marqué dans le niveau 20/40 cm que dans le niveau supérieur. Ceci induit une certaine facilité pour choisir une partie des 4 hectares aux fins d'une étude expérimentale visant à tester l'influence d'un apport organique sur la croissance d'une plante et son évolution dans le temps après plusieurs cycles culturaux.

Figure 9 - Ensemble du parcellaire



L'ÉCHANTILLONNAGE : DU PRÉLEVEMENT À L'ANALYSE

Figure 10 - Représentation « Ligne - Classe »

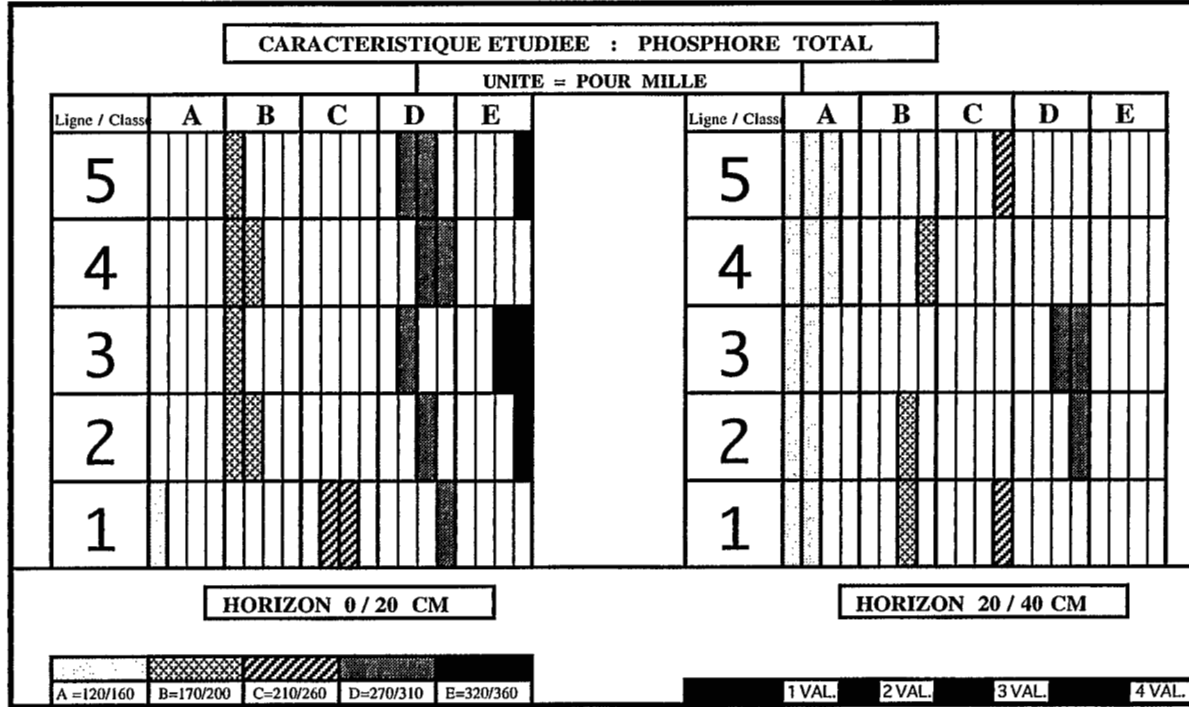
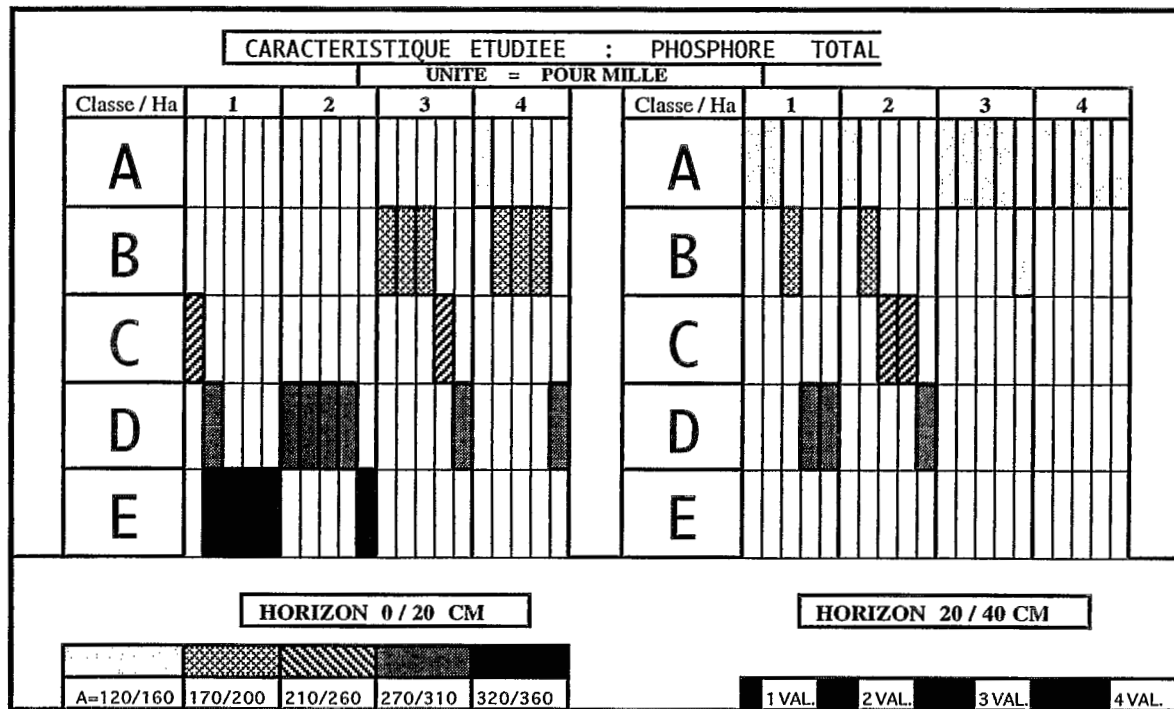


Figure 11 - Représentation « Classe / Hectare ou Colonne »



L'ÉCHANTILLONNAGE : DU PRÉLEVEMENT À L'ANALYSE

Figure 12 - Ensemble du parcellaire

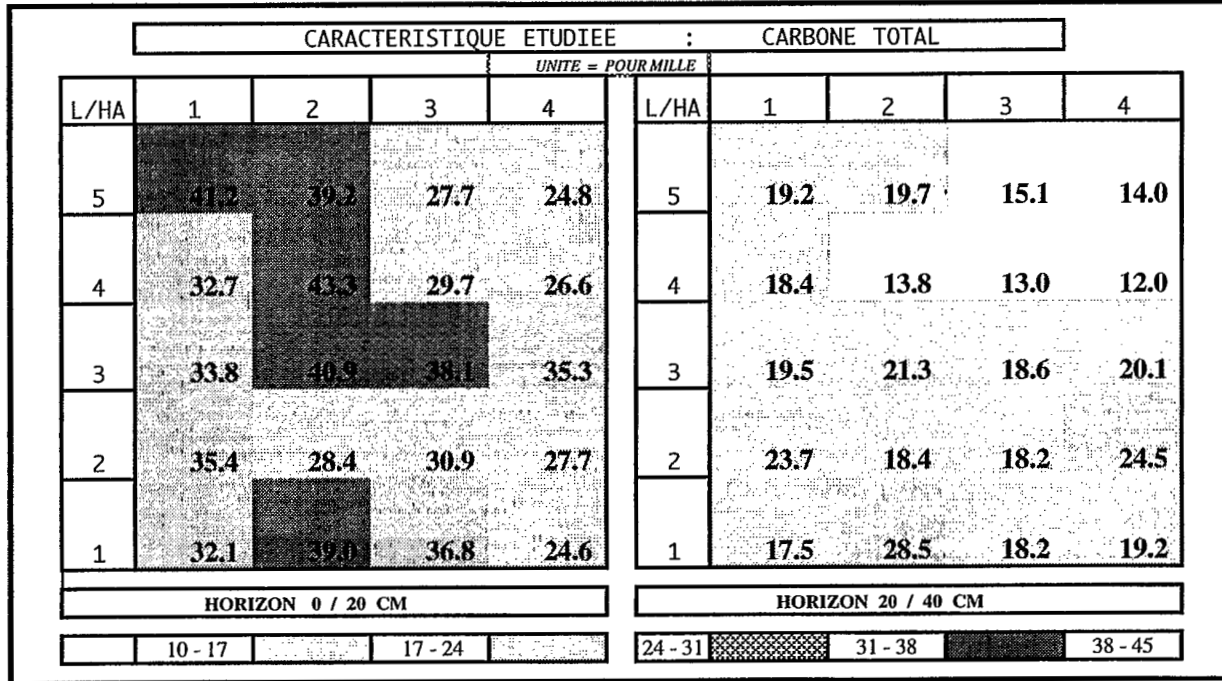
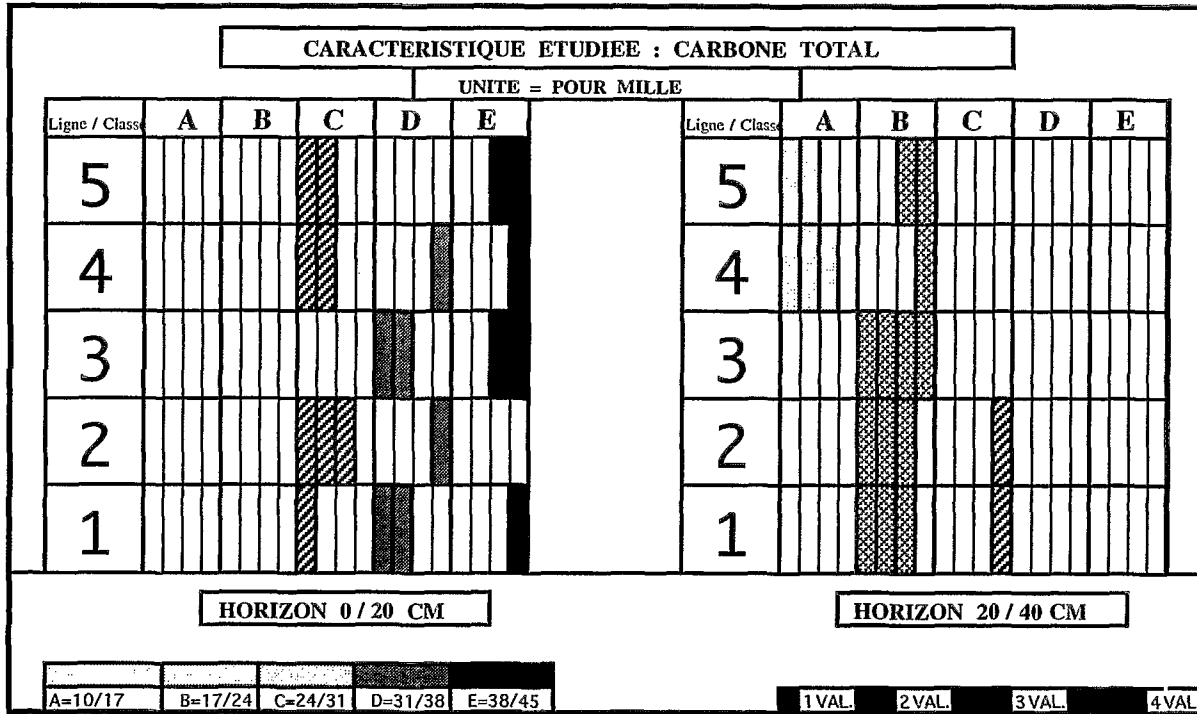


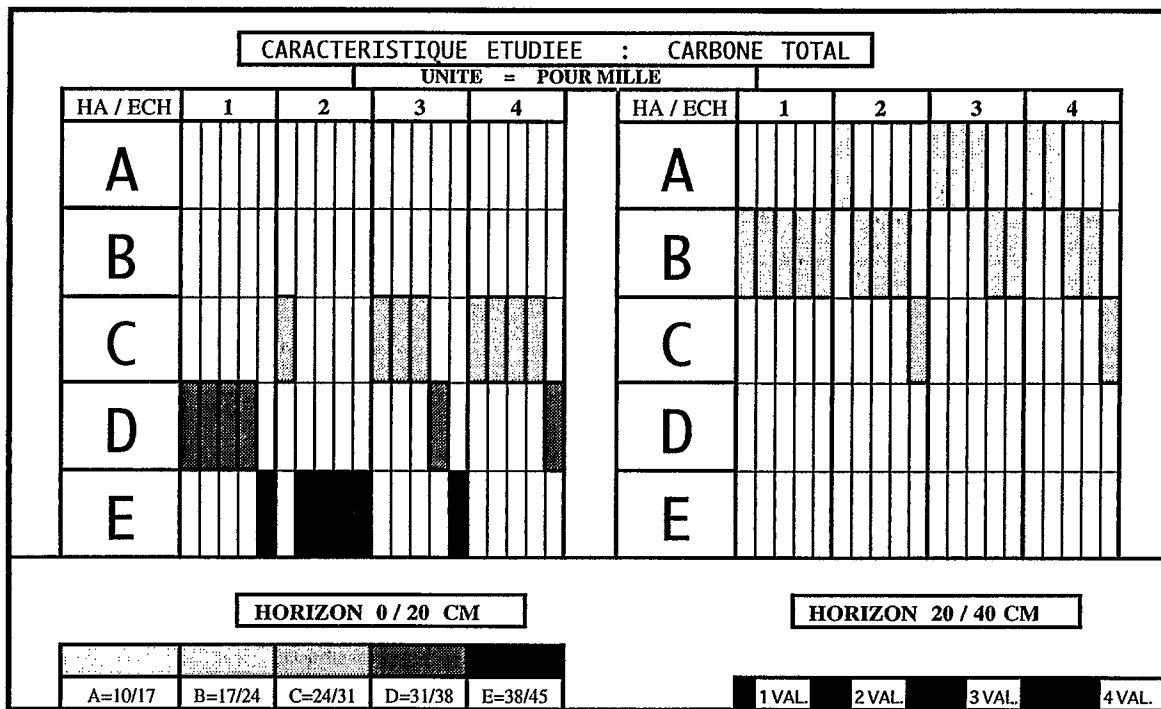
Figure 13 - Représentation « Ligne - Classe »



◆ 170 ◆

L'ÉCHANTILLONNAGE : DU PRÉLEVEMENT À L'ANALYSE

Figure 14 - Représentation « Classe / Hectare ou Colonne »



◆ 171 ◆

BERNARD DENIS - BERNARD BONZON

Mais l'hétérogénéité peut être aussi un atout si l'on souhaite tester par exemple l'influence de taux de carbone relativement différents (25 à 43 %) - sur un terrain par ailleurs morphologiquement homogène - sur des modifications structurales ou une respirométrie « in situ ».

3.2.3. *Le potassium échangeable*

L'examen de l'ensemble du parcellaire (figure 15) fait ressortir :

- un décalage d'une seule classe entre les deux niveaux. Les valeurs de chacun des niveaux se répartissent dans deux classes.
- de ce fait, une homogénéité similaire apparaît dans les deux niveaux.
- une répartition des valeurs par plages homogènes de dimensions importantes ; ceci laisserait entrevoir la possibilité d'une installation de parcelles expérimentales d'une surface suffisante.

Ceci est confirmé par l'examen des répartitions horizontale et verticale.

- Dans la première (cf. figure 16), 4 lignes sur 5 ont des valeurs en deux classes consécutives dans le premier niveau ; alors que les valeurs des lignes du second niveau se regroupent toutes dans deux classes, consécutives dans 4 cas sur 5.
- Dans la seconde (cf. figure 17), les colonnes (ou hectares) 1 à 3 répondent aux critères retenus (deux classes consécutives) dans le premier niveau (0/20 cm), ce qui entraîne des surfaces importantes relativement homogènes. Il en est de même dans le second niveau (20/40 cm). Mais il est également possible de définir, en regroupant des parcelles (en recoupant plusieurs lignes ou colonnes) à partir du parcellaire général, une surface expérimentale très homogène (une seule classe). Il sera alors peut-être nécessaire de revenir aux échantillons des parcelles élémentaires pour préciser les limites de cette homogénéité à l'aide d'analyses plus fines.

Conclusions pour le potassium échangeable : l'examen des trois modes de représentation fait ressortir une homogénéité importante selon les colonnes ou les lignes ; ou très importante si l'on regroupe des parcelles contiguës dont le sol possède la même teneur (aux erreurs d'analyse près). Ceci est aussi net dans les deux niveaux. Ceci induit une grande facilité pour choisir une surface nettement suffisante des 4 hectares aux fins d'une étude expérimentale visant à tester l'influence d'apports de doses croissantes d'engrais potassiques sur la croissance d'une plante et l'évolution de ces apports dans le temps après plusieurs cycles culturaux.

Figure 15 - Ensemble du parcellaire

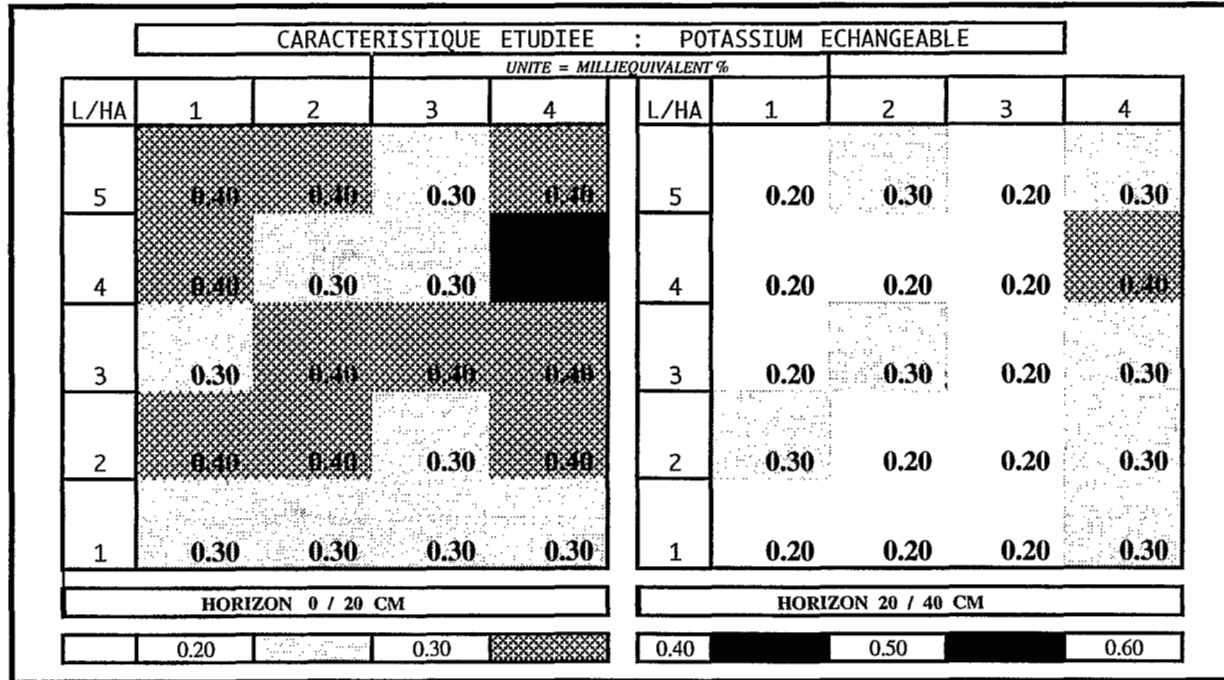
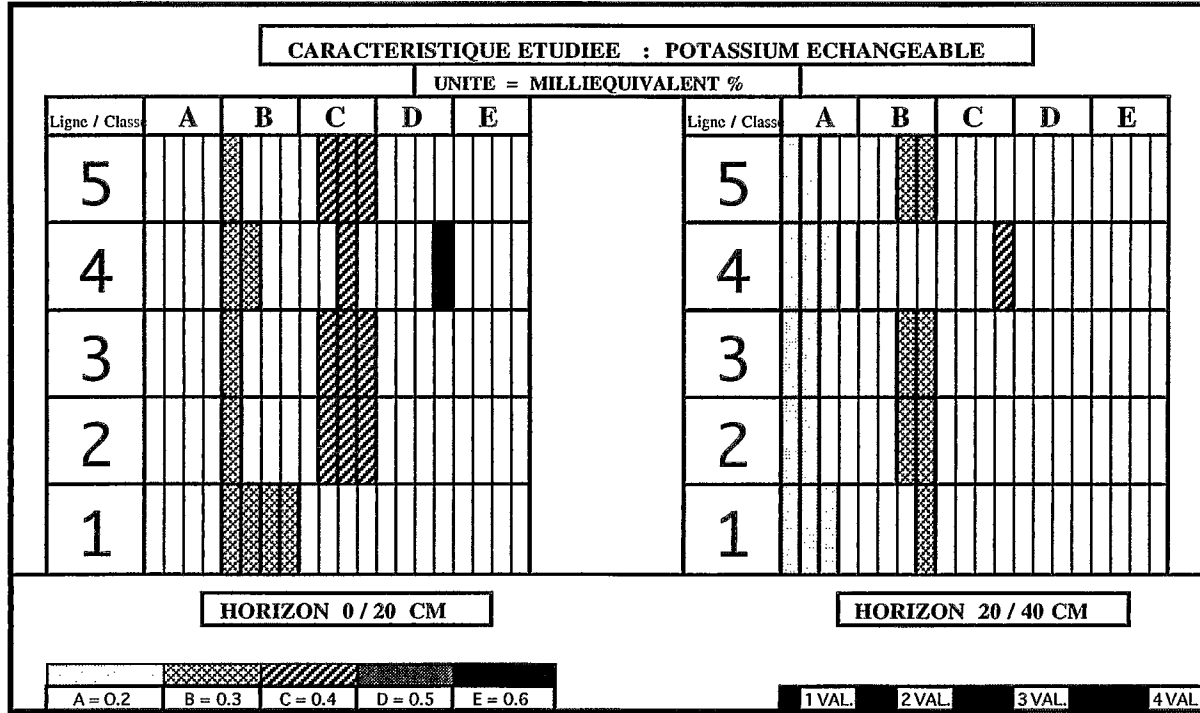
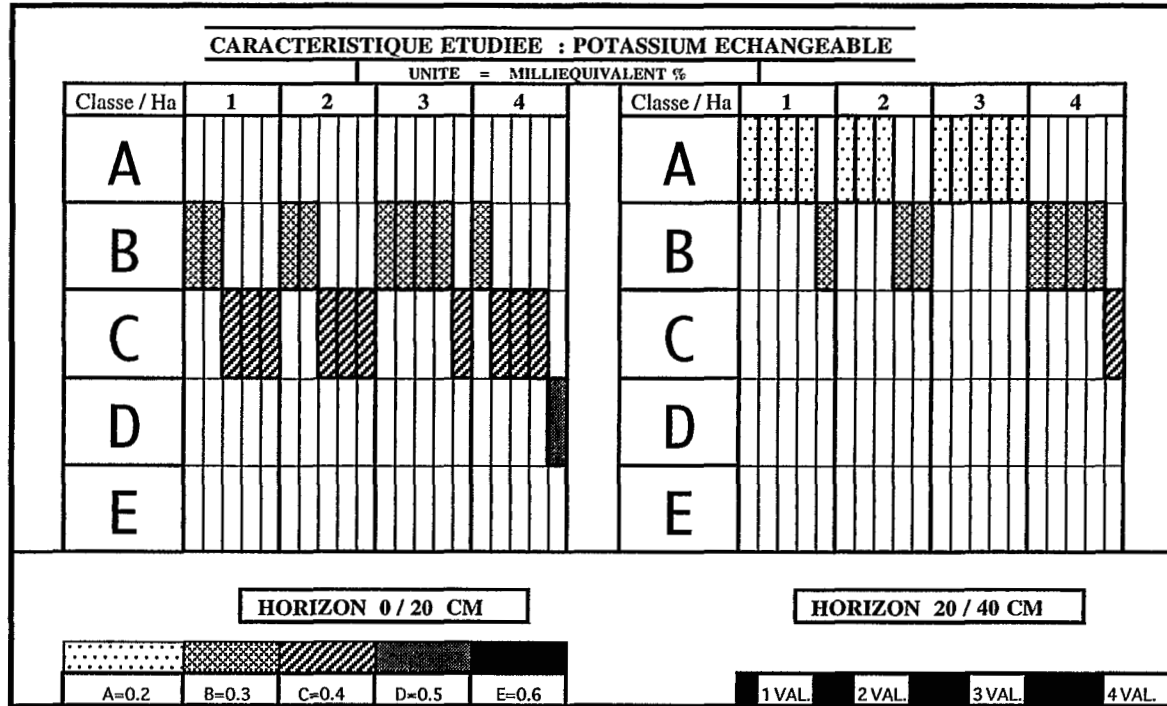


Figure16 - Représentation « Ligne - Classe »



L'ÉCHANTILLONNAGE : DU PRÉLEVEMENT À L'ANALYSE

Figure 17 - Représentation « Classe / Hectare ou Colonne »



◆ 175 ◆

BERNARD DENIS - BERNARD BONZON

4. Conclusions : avantages et inconvénients de cette approche

4.1. Avantages

Ils peuvent se résumer en trois points :

- 4.1.1. *Avoir un « état des lieux » relativement précis sur le plan chimique avant l'installation de l'expérimentation. On pourra connaître le SENS et l'INTENSITE des variations de chaque élément sur le terrain.*
- 4.1.2. *Pouvoir choisir, parmi les hectares carroyés, la zone en fonction des objectifs de l'expérimentation. Ainsi un essai visant à tester l'influence de doses croissantes de potassium pourra, sans grand risque, être installé sur l'ensemble des quatre hectares.*
- 4.1.3. *Préciser, si nécessaire, l'homogénéité de la surface retenue en réalisant le dosage de l'élément concerné (potassium par exemple) sur des échantillons prélevés dans les parcelles élémentaires (400 m² dans notre cas). Cette surface correspond seulement, dans de nombreux cas, à la surface de deux parcelles d'un dispositif expérimental.*

4.2. Inconvénients

Deux inconvénients apparaissent évidents :

- 4.2.1. *Nombreux prélèvements à réaliser de façon systématique (dans notre cas 1 800 sondages...).*
- 4.2.2. *Le nombre de déterminations chimiques, réduit pour une approche globale (20 par caractéristique dans cet exemple), peut être multiplié par 5 si l'on veut descendre à la parcelle élémentaire.*

En conclusion finale, il est possible de faire les remarques suivantes :

Si l'on considère qu'une expérimentation est généralement installée pour plusieurs années (si ce n'est pendant 20 ou 25 ans comme l'ont signalé plusieurs des intervenants précédents et comme cela se pratique dans certaines stations de recherche « pérennes ») et demande un investissement important pour la conduire, ce travail apparaît alors pratiquement indispensable et « RENTABLE ».

Me rapportant à l'intervention de notre collègue TURENNE, si l'expérimentation est bien conduite et permet d'obtenir des résultats intéressants, les dépenses en énergie et en finances pour échantillonner un kilogramme de terre seront alors très faibles au regard des dépenses engagées pour conduire l'essai à son terme.