

42 75 794
2 F
1 7

CONVENTIONS

SCIENCES DE LA VIE

AGROPÉDOLOGIE

N° 27

1994

Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du
Sud de la Nouvelle-Calédonie

Enquête sur le statut des nutriments et des métaux
lourds chez les végétaux cultivés
sur différents faciès ferritiques

2- Observations réalisées chez M. Le Van Hao

Sylvie ÉDIGHOFFER
Emmanuel BOURDON

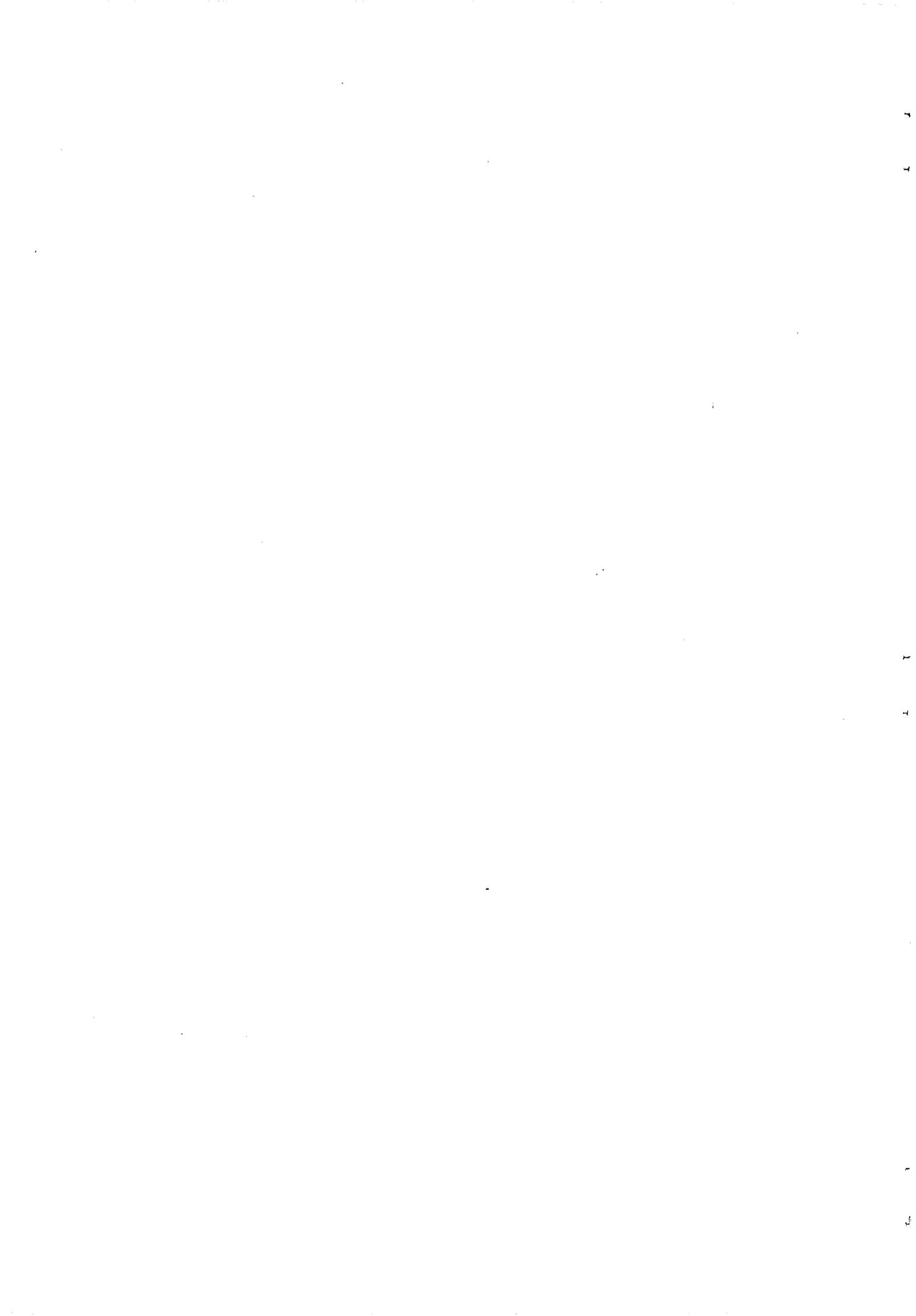
CONVENTION PROVINCE SUD/ORSTOM
avenant n°3 17 août 1993

F= 93104

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

ORSTOM

CENTRE DE NOUMÉA



CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPÉDOLOGIE

n° 27

1994

Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de
la Nouvelle-Calédonie

Enquête sur le statut des nutriments et des métaux lourds
chez les végétaux cultivés
sur différents faciès ferritiques

2- Observations réalisées chez M. Le Van Hao

Sylvie ÉDIGHOFFER
Emmanuel BOURDON

CONVENTION PROVINCE SUD/ORSTOM
avenant n°3 17 août 1993



L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1994

/Édighoffer, S.
/Bourdon, E.

Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Nouvelle-Calédonie.
Enquête sur le statut des nutriments et des métaux lourds chez les végétaux cultivés sur
différents faciès ferritiques. 2- Observations réalisées chez M. Le Van Hao

Nouméa : ORSTOM. Novembre 1994. 88 p.
Conv. : Sci. Vie ; Agropédol. ; 27

Ø68PROSOL

ENQUETE AGROPEDOLOGIQUE ; SOLS FERRALLITIQUE ; METAUX LOURDS / NOUVELLE
CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM
Novembre 1994

 ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

AVERTISSEMENT

Ce rapport rend compte des résultats de l'enquête agropédologique 1993 sur le statut des nutriments et des métaux lourds chez les végétaux cultivés sur les différents faciès des sols ferrallitiques du Sud.

Ces recherches ont été conduites au titre de la première opération - relative à l'organisation structurale des sols ferrallitiques du Sud - de l'avenant 3 à la Convention Province Sud-ORSTOM pour l'étude des facteurs de la fertilité et des conditions de mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Grande Terre.

Ont contribué à sa réalisation :

- E. Ouckewen, L. Taputuarai et W. Nigote du Laboratoire d'Agropédologie ;
- L. Veysseyre et les membres de son équipe au Laboratoire d'Analyses.

Par ailleurs, la publication de ce rapport a fait appel aux services de J-P. Mermoud et N. Galaud pour l'édition de l'ensemble.

Sommaire

Pages

1 - INTRODUCTION.....	5
2 - PHASE I : COLLECTE D'INFORMATIONS GENERALES SUR L'EXPLOITATION.....	9
Questionnaire concernant l'exploitation de M. LE VAN HAO	11
3 - PHASE II : RECONNAISSANCE DES DIFFERENTS FACIES PEDOLOGIQUES DE L'EXPLOITATION DE M. LE VAN HAO.....	19
3.1 -Premier exemple en plaine alluviale, parcelle N°7	21
Fiche n°1 : cartographie des volumes de sols de la parcelle	23
Fiche n°2 : identification des parcelles de l'exploitation	25
Fiche n°3 : caractéristiques de la parcelle.....	26
3.1.1-Le profil culturel n°5.....	29
Photographie du profil culturel.....	29
Schéma du profil culturel	31
Description des horizons.....	33
Interprétation agropédologique du profil.....	35
3.1.2-Le profil culturel n°6.....	36
Photographie du profil culturel.....	36
Schéma du profil culturel	37
Description des horizons.....	39
Interprétation agropédologique du profil.....	41
3.2 -Deuxième exemple en zone de piedmont.....	43
Fiche n°4 : cartographie des volumes de sols de la parcelle.....	43
3.2.1-Le profil culturel n°7.....	45
Photographie du profil culturel.....	45
Schéma du profil culturel	47
Description des horizons.....	49
Interprétation agropédologique du profil.....	51
3.2.2-Le profil culturel n°8.....	52
Photographie du profil culturel.....	52
Schéma du profil culturel	53
Description des horizons.....	55
Interprétation agropédologique du profil.....	57

4 - PHASE III : NIVEAUX (SOL ET PLANTE) DES TENEURS EN METAUX LOURDS DE CULTURES SUR LES SOLS FERRALLITIQUES DE CHEZ MONSIEUR LE VAN HAO.....	59
4.1 - Résultats chez Monsieur Le Van Hao.....	61
4.1.1 - Étude d'une parcelle particulière de citronniers en zone de glacis.....	61
4.1.1.1-Niveaux des éléments minéraux dans le sol.....	61
4.1.1.2-Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux.....	62
4.1.2 - Étude d'une parcelle de manguiers en zone de glacis.....	63
4.1.2.1-Niveaux des éléments minéraux dans le sol.....	63
4.1.2.2-Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux.....	63
4.1.3 - Etude de deux parcelles cultivées en plaine alluviale : la première sous bananiers, la seconde sous tomates.....	65
4.1.3.1-Niveaux des éléments minéraux dans les sols.....	65
4.1.3.2-Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux.....	65
4.2 - Interprétations - Comparaison à des normes.....	67
4.2.1 -Niveaux des éléments minéraux dans les sols.....	67
4.2.1.1-Les sols de glacis.....	67
4.2.1.2-Les sols de plaine.....	67
4.2.2 -Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux. Comparaisons à des normes.....	68
4.2.2.1-Les citronniers.....	68
4.2.2.2-Les manguiers.....	68
4.2.2.3-Les bananiers.....	68
4.2.2.4-Les tomates.....	68
5 - ANNEXES.....	69
5.1 -Annexe n°1:	
Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur la propriété de M. Le Van Hao (<i>Tableaux N°1 et 2</i>).....	71
5.2 -Annexe n°2 :	
Normes de teneurs en éléments minéraux de plantes cultivées (<i>Tableaux N°1 à 6</i>)	75
5.3 -Annexe n°3 :	
Tableau de répartition des cultures en sols acides et en sols alcalins	83
6 -REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	87

1 - INTRODUCTION

Cette enquête Agropédologique se situe dans le cadre de la convention de recherche passée entre la Province Sud et l'O.R.S.T.O.M pour l'étude des facteurs de la fertilité et des conditions de mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Grande Terre.

Elle a comme objectif l'établissement d'un premier référentiel, tant pédologique qu'agronomique, sur les teneurs en nutriments et en métaux lourds du sol et des végétaux cultivés sur les principaux faciès des sols ferrallitiques des vallées de La Coulée, de la Lembé et de la rivière des Pirogues. Il s'agira en particulier, d'identifier les causes des symptômes anormaux de développement en essayant de séparer les facteurs limitants du développement (et du rendement) liés aux techniques culturales, de ceux liés aux conditions originales du sol.

Elle a débuté en 1992 chez M. Cochard et s'est poursuivie chez M. Le Van Hao en 1993. Cette enquête devrait se continuer chez d'autres exploitants de la région de la Coulée, de la Lembé et de la rivière des Pirogues. La démarche suivie a été décrite dans un premier document détaillant la méthode de diagnostic agropédologique de parcelles agricoles.

Elle se déroule en trois phases :

- **phase I** : une collecte d'informations générales par l'intermédiaire d'un questionnaire agriculteur ;
- **phase II** : une reconnaissance des différents faciès pédologiques de l'exploitation ;
- **phase III** : la constitution d'un référentiel sol-plante de teneurs en métaux lourds et en nutriments de plantes cultivées sur les sols ferrallitiques.

La présente étude est réalisée sur deux faciès de sols ferrallitiques, un faciès de plaine alluviale, principale zone de cultures et un faciès de piedmont, zone qui semble répondre aux préoccupations des agriculteurs, désireux d'agrandir leurs surfaces cultivées.

2 - PHASE I

COLLECTE D'INFORMATIONS GENERALES SUR L'EXPLOITATION

Réalisation d'un questionnaire chez l'agriculteur qui dure environ 1 heure et qui a comme objectif d'identifier les itinéraires techniques et les systèmes de production pour permettre une meilleure compréhension des éventuels problèmes observés sur les cultures.

Ci-joint le questionnaire réalisé chez M. Le Van Hao.

QUESTIONNAIRE AGRICULTEUR

CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION

A - Situation de famille

1. Nom de l'exploitant : *Le Van Hao*
2. Formation de l'agriculteur : *il a arrêté sa scolarité en classe de terminale et a suivi un stage de formation à l'agriculture pour l'opération fruit*
3. Existe-t-il dans la famille des personnes ayant eu une formation agricole ou autre? si oui, laquelle ? *non*
4. Exercez-vous une autre activité que celle d'agriculteur ? *Non*
5. Depuis combien d'années êtes vous agriculteur ? *depuis 1975*

B - Situation de l'exploitation

6. Nom de l'exploitation : *lot numéro 35 du domaine*
7. Statut de l'exploitant :

Propriétaire	Locataire	Autres
	<i>Locataire de la totalité de ses sols</i>	

8. Date de la première mise en valeur : *début 1989*
9. Localisation de l'exploitation : *région proche de La Coulée, sur la route de la montagne des sources*
10. Superficie de l'exploitation : *11 ha*
11. Nombre de parcelles au total : *9 parcelles*
12. Nombre de parcelles inaccessibles : *aucune*

13. Distance de la parcelle la plus éloignée de l'exploitation : 600 m

14. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine
	<i>quelques parcelles en zone de piedmont</i>	<i>la majorité des parcelles</i>	<i>bordure de rivière</i>

15. Existe t-il une station météo proche de l'exploitation ? *non*
Avez-vous des données météo récentes :

Température minimale	Température maximale	Ensoleillement	pluviométrie

C - *Main-d'oeuvre sur l'exploitation*

16. Combien de personnes travaillent sur l'exploitation ? *6 personnes*

D - *Matériel agricole*

17. Quels matériels utilisez-vous ?

Opérations culturales :	Matériels utilisés :
Le labour	<i>charrue à disque</i>
la préparation du lit de semences	<i>rotavator</i>
l'épandage de produits divers	<i>épandeur d'engrais du type pulvérisateur pour les produits liquides, le fumier est appliqué à la main</i>
la récolte	<i>une remorque</i>

18. En empruntez-vous à l'extérieur ? Si oui lequel ? Et à qui ? *Non*

19. Pour la préparation des sols, dans quel ordre utilisez vous les machines ?

Ordre d'utilisation	Machine utilisée
1	<i>chisel</i>
2	<i>charrue et/ou rotavator</i>
3	<i>réalisation de butes manuelles</i>
4	
5	

20. Envisagez-vous l'achat de matériel dans les années à venir ?*Non*

SYSTÈMES DE CULTURES

A - Différentes cultures

21. Que produisez-vous ?

Cultures	Variétés	Localisation	Dates de culture	Rendement
<i>Céréales :</i>				
blé				
orge				
sorgho				
avoine				
maïs				

<i>Cultures maraîchères</i>				
pomme de terre				
carotte	<i>royal cross</i>		<i>toute l'année</i>	<i>1,5 tonne pour 10 ares</i>
courgette				
chou				
aubergine				
concombre	<i>geant clumbing</i>		<i>toute l'année</i>	<i>2 tonnes sur 10 ares</i>
tomate	<i>celebrity, luxor et duke</i>		<i>toute l'année</i>	<i>4 tonnes sur 30 ares</i>

Cultures	Variétés	Localisation	Dates de culture	Rendement
<i>Cultures fruitières</i>				
orange				
mandarine				
citron	4 saisons (sans pépins) et lime de Tahiti		toute l'année	(177 pieds)
pamplemousse				
banane	poingo, william et petite naine		à partir de juin	30 t /ha (5000 pieds)
ananas	Cayenne-lisse et queen		toute l'année	25 t/ha (13 000 pieds)
pomme-liane				
litchi	variété locale, non encore productive		décembre, janvier	(176 pieds non productifs)
mangue	labey peters et erwin		décembre, janvier	(203 pieds)

<i>Cultures vivrières</i>				
igname				
patate				
taros				
manioc				

<i>Autres cultures</i>				
café				
pervenche				
persil	variété locale		en alternance	

22. Parmi ces productions, quelles sont celles qui vous intéressent le plus ? les cultures fruitières car elles sont plus rentables sur le marché du détail et demandent moins de travail que les cultures maraîchères

23. A quelles dates pratiquez-vous ces productions ? *Toute l'année pour les cultures maraîchères, les bananes à partir de juin, les ananas toute l'année*

24. Quels sont les rendements atteints ? *C.F. tableau*

25. Quelles sont les principales variétés, de chaque production qu'il utilise ?
C.F. tableau

26. Quelles sont les cultures les plus rentables ? *les légumes*

B - Technique de production

27. Qu'apportez-vous comme engrais ?

Numéro d'apport	Type d'engrais
1	<i>fumier de poule</i>
2	<i>N/P/K (13.13.21)</i>
3	<i>Chaux (de M.Varin)</i>
4	<i>superphosphate (en prévision)</i>

28. Apportez-vous de la matière organique et sous quelle forme? Résidus de récolte, fumier ou lisier

Type de matière organique	Quantité
<i>résidus de récolte</i>	
<i>fumier</i>	<i>fumier de poule en sec</i>
<i>lisier</i>	
<i>autre</i>	

29. Réalisez-vous une préparation spécifique du sol pour chaque production ? Si oui, laquelle ? *Les cultures maraîchères sont cultivées en butes (qui ressemblent à des planches de 20 cm de hauteur) ainsi que les arbres fruitiers, de petites butes à leurs pieds.*

30. Pratiquez-vous l'irrigation ?

<i>oui</i>	
------------	--

Nombre de parcelles irriguées ? *9 parcelles*

Surfaces irriguées au total ? *7 ha*

31. Avez-vous (ou avez-vous eu) des problèmes phytosanitaires ? *De l'alternariose sur tomate et carotte. Des pourritures de racines sur carotte et racines de citronniers. de la sercosporiose et pyrale sur bananier. De l'antracnose et de l'oïdium sur mangue et concombre.*

32. Avez-vous eu recours à des traitements phytosanitaires sur ses cultures ?
Sur bananes.

33. Quels types de successions réalisez-vous sur ses parcelles ? *Pas de rotation, les cultures maraîchères se succèdent chaque année.*

34. Connaissez-vous des zones où les cultures sont particulièrement faciles à réaliser ? *Dans la plaine alluviale sur les bords de rivière.*

Connaissez-vous des zones où les cultures ne viennent pas ? *en zone de piedmont, sachant qu'au début de culture les arbres fruitiers poussaient normalement.*

savez-vous pourquoi ? *non.*

C - Cultures envisagées dans l'avenir

35. Quelles sont les cultures à abandonner ? pourquoi ? *les légumes car ils demandent trop de temps.*

36. Voulez-vous essayer de nouvelles cultures ? savez vous les conduire ? *la culture de papayes. Des essais ont été fait en plaine alluviale mais elles ont toutes pourries .*

37. Voulez-vous augmenter vos surfaces cultivées ? *non*

FONCTIONNEMENT DU PARCELLAIRE

43. Pensez-vous avoir des problèmes climatiques sur son exploitation ? *beaucoup de pluies et en période de crues la rivière déborde et envahie les parcelles les plus proches .*

44. Les sols présents sur votre exploitation sont-ils fertiles et relativement homogènes ?. Combien de types de sols distinguez vous ? *2 types de sols : la plaine et les sols de pente .*

45. Avez-vous des problèmes d'érosion ? *oui*

si oui, de quels types ? *problèmes sur les pentes .*

Qu'avez-vous fait pour y remédier ? *Rien, on m'a conseillé de planter une herbe de couverture.*

46. Quels sont les principaux problèmes rencontrés sur vos cultures ? *rien à signaler.*

47. Avez-vous remarqué des symptômes anormaux de développement ? Si oui, quel traitement avez vous appliqué ? *Des feuilles qui n'arrivent pas à sortir chez le bananier, des jaunissements de feuilles sur tomates, mais ces symptômes n'apparaissent plus maintenant depuis un amendement calcique avec de la croûte calcaire. Les feuilles de persil ont des dessèchements de feuilles en bas de pente et au sommet des collines.*

3 - PHASE II

**RECONNAISSANCE DES DIFFERENTS FACIES
PEDOLOGIQUES DE L'EXPLOITATION**

3.1- Premier exemple en plaine alluviale, la parcelle n°7

Fiche n°1 : cartographie des volumes de sols de la parcelle

Fiche n°2 : identification des parcelles de l'exploitation

Fiche n°3 : caractéristiques de la parcelle

3.1.1- Le profil cultural n°5

Photographie du profil cultural

Schéma du profil cultural

Description des horizons

Interprétation agropédologique du profil cultural

3.1.2- Le profil cultural n°6

Photographie du profil cultural

Schéma du profil cultural

Description des horizons

Interprétation agropédologique du profil cultural

3.2- Deuxième exemple en zone de piedmont

Fiche n°4 : cartographie des volumes de sols de la parcelle en zone de piedmont

3.2.1- Le profil cultural n°7

Photographie du profil cultural

Schéma du profil cultural

Description des horizons

Interprétation agropédologique du profil cultural

3.2.2- Le profil cultural n°8

Photographie du profil cultural

Schéma du profil cultural

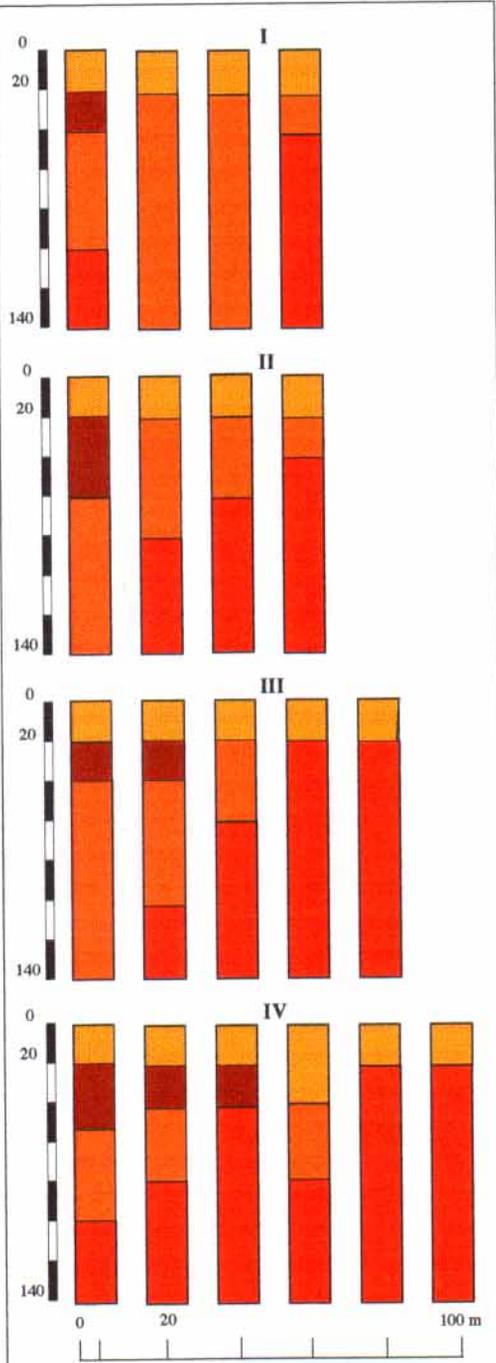
Description des horizons

Interprétation agropédologique du profil cultural

Sondages systématiques tous les 20 m
et prise d'échantillons tous les 20 cm

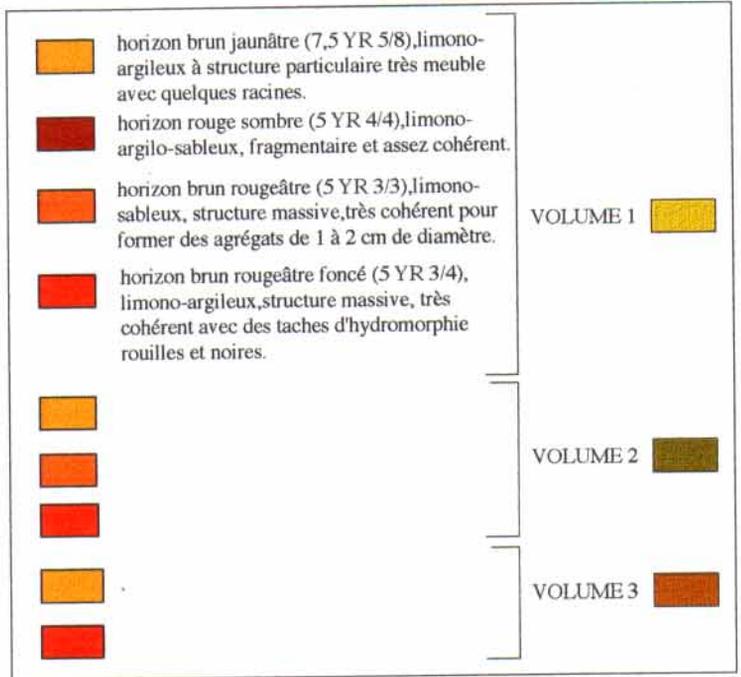
Description et regroupement
des sondages

Identification
des horizons diagnostiques

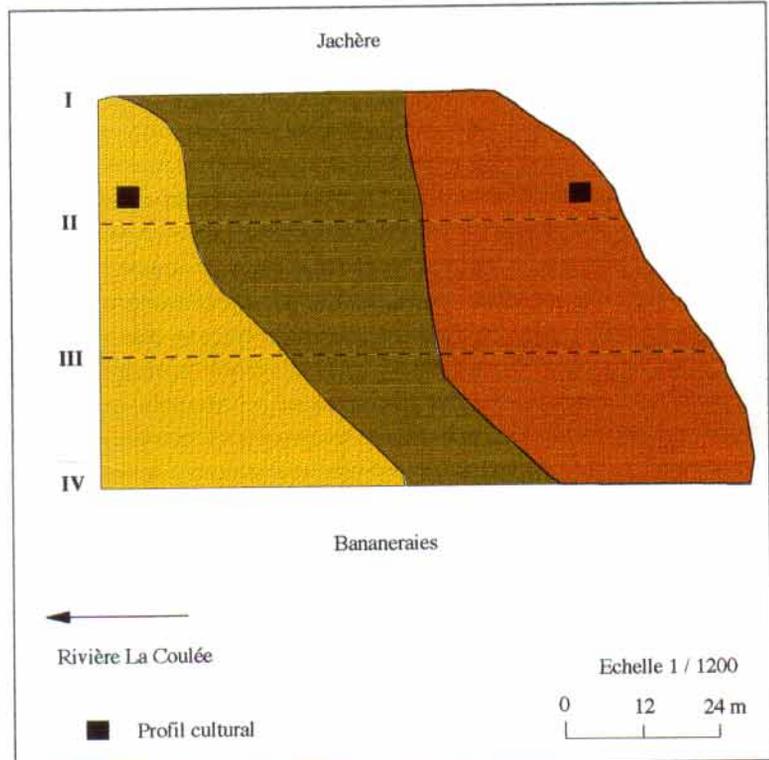


Vue en coupe des variations latérales
des horizons diagnostiques
constituant le pédo-comparateur

L'association et/ou la superposition
de ces horizons définissent
les volumes de sol

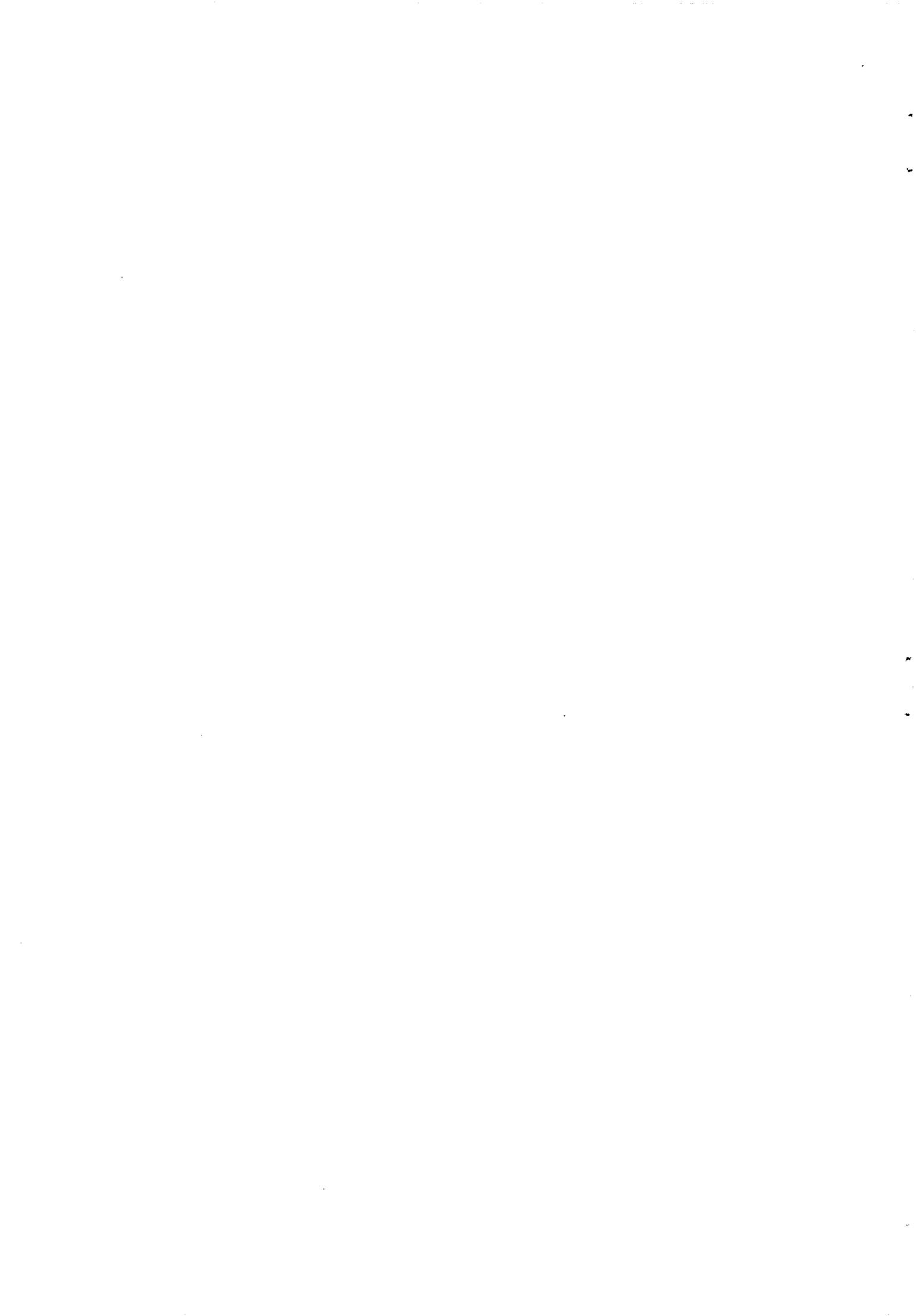


Cartographie des volumes de sols
(vue en plan)



Diagnostic agro-pédologique

- dans le volume 1, un horizon compacté apparaît entre 20 et 40 cm. A tendance limono-argileuse, il forme une véritable barrière impénétrable aux racines ;
- dans le volume 3, l'horizon limoneux hydromorphe se situe en surface (20 cm). Il est repérable par de nombreuses taches de couleurs rouilles, voire même noires.



Fiche N°2 : Identification des parcelles de l'exploitation de M. Le Van Hao

Numéro de parcelle	Cultures actuellement en place
1	Le bas de la parcelle est cultivée en bananiers dans une zone hydromorphe, alors que le haut est en jachère.
2	Alternance de bananiers et de litchis en ligne.
3	Alternance de bananiers et de litchis.
4	Manguiers sur cette parcelle, entre les arbres des ananas et entre les rangées d'ananas des lignes de persil.
5	Manguiers.
6	Citronniers.
7	Une partie de la parcelle : 20 ares, est actuellement en jachère, 60 ares sont cultivés en tomates et 20 ares sont en bananeraies.
8	Culture de tomates.
9	Cultures de concombre et carotte.

Fiche N°3 : Exploitation de M. Le Van Hao : Caractéristiques de la parcelle N°7
(parcelle située en plaine alluviale)

ÉTUDE D'UNE PARCELLE PARTICULIÈRE

48. Quelle est la principale caractéristique de cette parcelle ?

"Sans problèmes", pourquoi ? *Des cultures maraîchères sur cette parcelle, plus particulièrement des tomates qui viennent relativement bien (production homogène).*

49. Quelle est sa superficie ? *1 ha .*

50. Qu'est ce qui entoure cette parcelle ? *un chemin de terre en bas de parcelle, et des butes de chaque côté.*

51. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine
			<i>en plaine alluviale</i>

52. Profondeur de sol, zone exploitable par les racines (en cm) : *30 cm.*

53. Existe t-il des obstacles à l'enracinement ? de quel type ? *non aucun obstacle à l'enracinement .*

54. Avez vous une idée de la texture de ce sol ? *non*

- pourcentage estimé, en argile :
- pourcentage estimé, en limons fins et/ou Limons grossiers :
- pourcentage estimé, en sables fins et/ou sables grossiers :

55. Ce sol présente t-il, selon vous, des problèmes ou des avantages particuliers ? *sol relativement homogène.*

56. Sensibilité du sol à l'excès d'eau ?

Drainage insuffisant	Drainage parfois insuffisant	Sol sain
		<i>Sol sain</i>

57. Sensibilité à la sécheresse ?

Sol séchant rapidement	Sol conservant bien l'humidité
<i>Oui</i>	

58. Type de culture en place ?

Culture	Choix de la culture	Date de semis	Variété	Rendement prévisible
<i>jachère</i>				
<i>tomates 1 mois</i>		<i>01/03/92</i>	<i>Duke</i>	<i>1,5 t sur 10 ares</i>
<i>tomates 2 mois</i>		<i>01/02/92</i>	<i>Duke</i>	<i>1,5 t sur 10 ares</i>
<i>tomates repiquage</i>		<i>15/03/92</i>	<i>Duke</i>	<i>1,5 t sur 10 ares</i>
<i>bananiers</i>			<i>William et petite naine</i>	<i>30t/ha</i>

59. Est il possible de préciser les cultures successives antérieures ? *les trois dernières années, culture de salade .*

60. Maladies ou attaques d'insectes survenues lors de ces cultures ? *mineuse de la feuille et bactériose .*

61. Fumures et/ou amendements réalisés sur cette parcelle ? *N/ P/ K (13.13.21)
3 fois par an.*

62. Dates des principaux apports ?

Dates des apports	N-P-K	Chaux, calcaire, gypse	Matière organique	Autres apports
<i>avant repiquage</i>	<i>17/17/21</i>	<i>1t / ha</i>	<i>fumier de poule</i>	
<i>en cours de végétation</i>	<i>13/13/21 3 fois par an</i>			

63. La plante cultivée sur cette parcelle présente t-elle des symptômes anormaux de développement ? si oui lesquels ? *non*

64. Pensez-vous à une carence ? à une toxicité éventuelle ?*non*

65. Avez-vous remarqué ces mêmes symptômes sur une autre culture ?*non*

A un autre moment du cycle de développement de la plante ?*non*

A une autre époque de l'année ?*non*

3.1.1- Le profil cultural n°5

Le profil cultural n°5, réalisé dans le volume de sol n°1 de la parcelle n°7

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 5	Observateur : Sylvie	Date : 17/07/93	Culture : Bananier, mis en culture en Novembre 1992	Précédents : Jachère

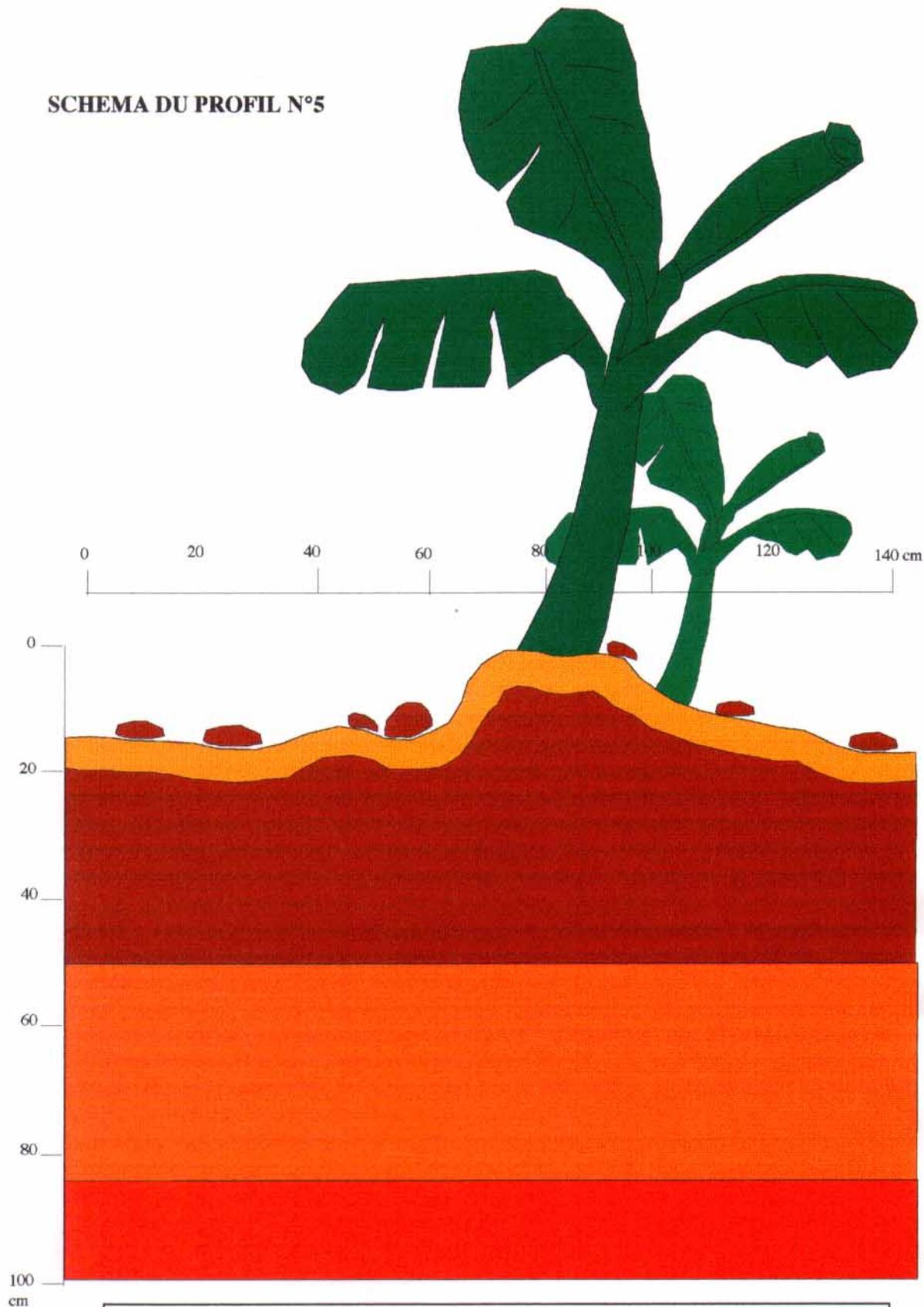
Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
La parcelle est légèrement pentue, le profil se situant en bas de pente ;	Le profil se situe en bordure de chemin de terre, protégé par une butte ;	sous-soleuse à 80 cm charrue

SITUATION TOPOGRAPHIQUE
Le profil se situe en plaine alluviale à proximité de la rivière, sur une parcelle se situant au pied de la montagne. Le profil N°5 est situé en bas de cette parcelle, en bordure d'un chemin en terre, le profil N°6 est positionné au sommet de cette légère pente.

Photographie du profil cultural n°5

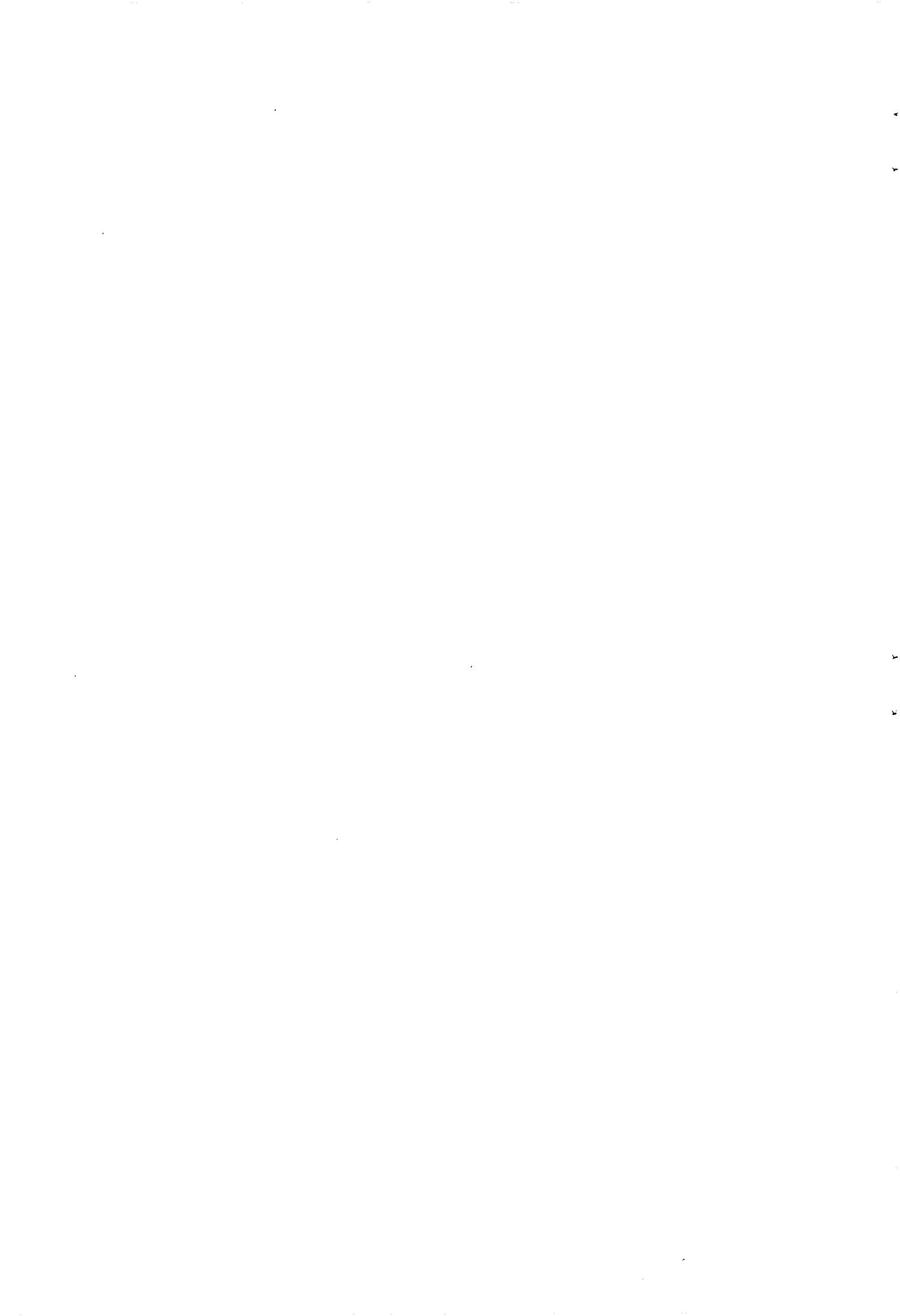


SCHEMA DU PROFIL N°5



LEGENDE

-  Horizon limono-sableux marron foncé (7,5 YR 4/4), très meuble. Présence de racines très fines et de grosses mottes de 2 à 8 cm de diamètre provenant de l'horizon situé en dessous ;
-  Horizon limono-argilo-sableux (2,5 YR 3/2) rouge foncé, assez cohérent. Les racines de bananiers sont limitées à cet horizon. Présence d'éléments primaire, brillants et de tâches rouges et noires allant jusqu'à une accumulation de manganèse en bande continue formant une limite distincte avec l'horizonde dessous;
-  Horizon limono-sableux brun rougeâtre foncé (5 YR3/3), cohérent. Activité biologique très importante caractérisée par des turicules de vers et observation de tubules terreux. Présence de tâches rouges et d'élément primaire brillants ;
-  Horizon sablo-limoneux(5 YR 3/2) brun rougeâtre foncé, compact. Présence d'éléments primaire brillants.



PROFIL N°5				
VOLUME (épaisseur en cm)	1 (0-5)	2 (5- 30)	3 (30-65)	4 (65-100)
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	SL	Lsa	Ls	S1
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	frais	frais	frais
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSSELL	7,5 YR 3/4	2,5 YR 3/2	5 YR 3/3	5 YR 3/2
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	massif fissuré	fragmentaire peu nette	particulaire
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	très important	assez faibles	important	très important
6 - COMPACTITE - Très peu compact - Peu compact - Assez compact - Très compact	très peu compact	peu compact	peu compact	assez. compact
7- ELEMENTS GROSSIERS - Sables de 0,1 à 0,5 cm - Gravillons de 0,2 à 2 cm - Cailloux de 2 à 20 cm - Blocs > 20 cm	grosses mottes de 2 à 8 cm	sables très fins + éléments primaires	sables + éléments primaires brillants	sables fins + éléments primaires
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable - Faible - Importante - Très importante	en surface de la mousse et du lichen, de très fines racines	très importante de petites et grosses racines	quelques rares racines	NDD
9 - TRANSITION - Graduelle (plus de 5 cm) - Distincte (de 2 à 5 cm) - Nette (moins de 2 cm) - Très nette (contact direct) - Racines déviées - Racines bloquées	nette	distincte	nette	nette
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	légère couche de battance en surface	tâches noires et rouges en bas de l'horizon	tâches noires en bandes en alternance de jaune	/

PROFIL N°5				
VOLUME (épaisseur en cm)	1 (0-5)	2 (5- 30)	3 (30-65)	4 (65-100)
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	turicules de vers en quantité importante	NDD
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	1 et 2 mm irrégulière diffuses entre et dans les agrégats chenaux	70 rac < 1 mm irrégulière diffuses limitées à l'horizon dans les vides d'arrangement	11 rac 2 à 5 mm verticale traversant l'horizon dans les vides d'arrangement	absentes
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> - faces - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	2 à 8 cm courbe émoussées horizontal	/	0,5 à 2 cm courbes nodules terreux émoussées horizontal	/
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	fragile friable		fragile friable	
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	non plastique		non plastique	
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	massif fissuré		massif	
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm ² - Forme et taille en mm cylindriques vacuolaires vésiculaire inter granulaires	qq. pores 1 mm vésiculaire		emboitement de petits agrégats	

Interprétation agropédologique du profil n°5

Le profil cultural observé se situe dans le volume de sol n°1 de la parcelle n°7 en plaine alluviale. Il a été réalisé sous culture de bananiers, âgés de 9 mois, et en première production. Globalement, le développement végétatif des bananiers est homogène, aucun signe particulier de carence ou de toxicité n'a pu être observé.

L'horizon de surface, de 5 cm d'épaisseur, est sableux avec des mesures pénétrométriques qui varient entre 5 et 10 mm soit 0,51 et 1,40 kg/cm².

Le deuxième horizon (de 5 à 50 cm de profondeur), plus cohérent que le précédent, contient la majorité du système racinaire du bananier. Le labour a provoqué une remontée de grosses mottes dures en surface, qui se traduit par des volumes très cohérents lors des mesures pénétrométriques. Les valeurs sont proches de 10 à 15 mm soit 1,4 à 3,02 kg/cm². Cet horizon est extrêmement contrasté au niveau des couleurs. En effet, le profil présente de fortes variations de couleurs : du rouge foncé en surface, on arrive à une couleur très foncée proche du noir à partir de 50 cm de profondeur. Cette limite de couleur pourrait correspondre à une accumulation de manganèse. A cette limite chimique est également associée une limite physique car les mesures moyennes de pénétrométrie augmentent progressivement pour atteindre une moyenne maximale de 20 mm (soit 6,29 kg/cm²) à 50 cm de profondeur. Ce deuxième horizon devient de plus en plus cohérent en fonction de la profondeur, ce qui se traduit par une moindre importance dans la répartition du système racinaire : de 70 racines très fines (< à 1 mm d'épaisseur) à 30 cm de profondeur on passe à 11 grosses racines (de 2 à 5 mm d'épaisseur) dans le troisième horizon à 60 cm de profondeur.

Le troisième horizon (de 50 à 85 cm de profondeur), est également très cohérent, la moyenne pénétrométrique se situant autour de 20 mm soit 6,29 kg/cm². Cet horizon est extrêmement bariolé, présence des tâches jaune-rouilles et noires. L'activité biologique est très importante avec de nombreux turicules de vers. Les racines sont quasiment absentes à l'exception de quelques grosses racines (5 mm de diamètre) .

Le fond du profil a tendance à devenir plus sableux, les mesures pénétrométriques sont moins fortes (autour de 15 mm en moyenne soit 3,02 kg/cm²), les tâches ont disparues comme les racines.

3.1.2- Le profil cultural n°6

Le profil cultural n°6, réalisé dans le volume de sol n°3 de la parcelle n°7.

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 6	Observateur : Sylvie	Date : 17/07/93	Culture : Bananiers mis en culture en Nov 1992	Précédents : jachère

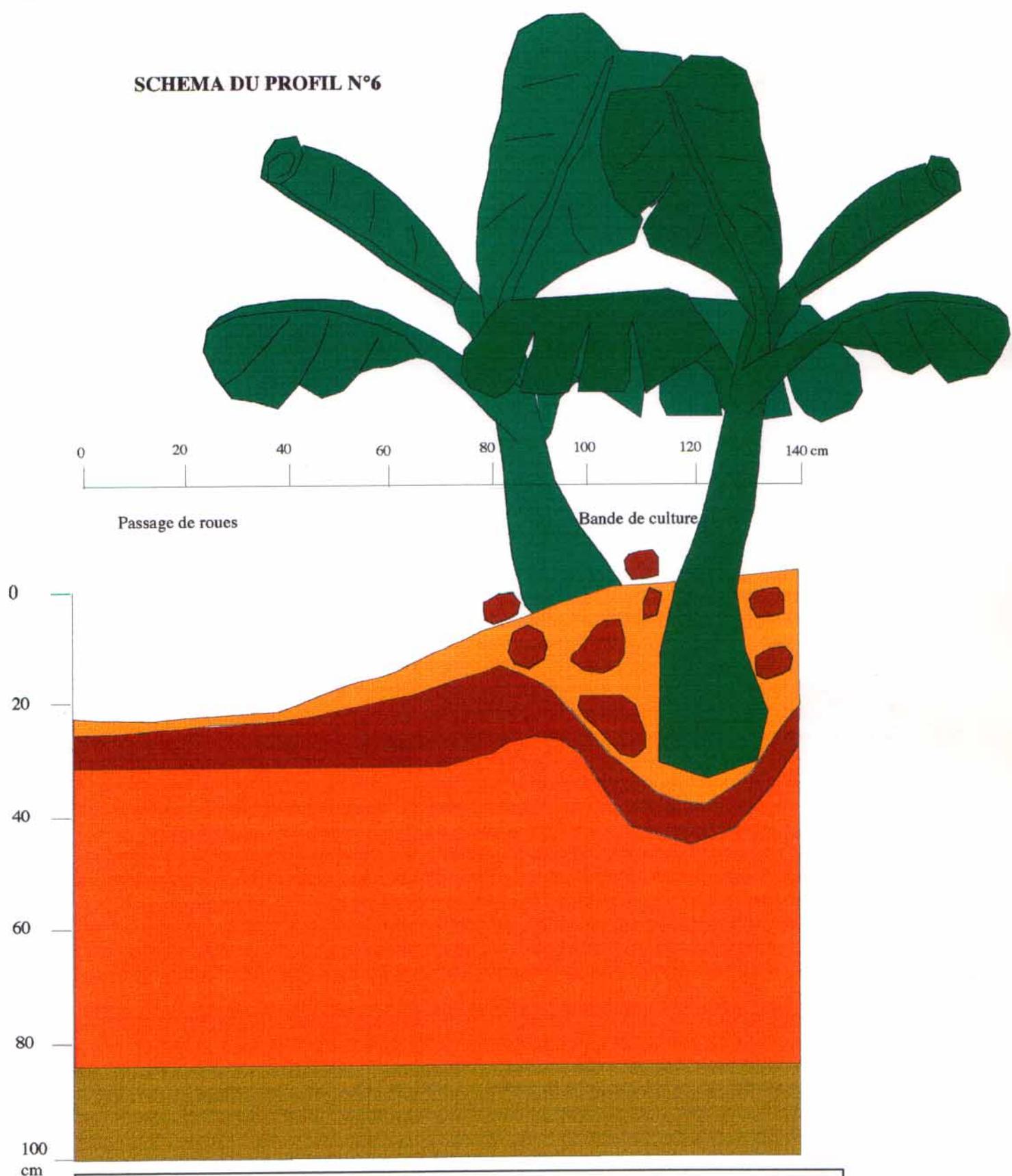
Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
Le profil se situe au pied d'une colline, au sommet d'une légère pente.	Profil cultural sur le passage de roues et dans la bande de culture.	sous-soleuse à 80 cm, charrue

SITUATION TOPOGRAPHIQUE
Le profil se situe en plaine alluviale à proximité de la rivière, sur une parcelle se situant au pied de la montagne. Le profil N°5 est situé en bas de cette parcelle, en bordure d'un chemin en terre, le profil N°6 est positionné au sommet de cette légère pente.

Photographie du profil cultural n°6



SCHEMA DU PROFIL N°6



LEGENDE



Horizon limono-sableux marron foncé (7,5 YR 4/4), très meuble. Racines abondantes et de grosses mottes.



Horizon limono-argilo-sableux (2,5 YR 3/2) rouge foncé, assez cohérent, volume des vides assez faibles très peu de racines dans cette horizon ;



Horizon limono-argilo-sableux brun rougeâtre foncé (5 YR3/3), très cohérent. Activité biologique très importante caractérisée par des turicules de vers et observation de tubules terreux. Présence de tâches rouges et d'éléments primaires brillants ;



Horizon sablo-limoneux (5 YR 3/2) brun rougeâtre foncé, très peu compact. Présence de blocs altérés et de roche en décomposition. Tâches jaunes et grises entre les graviers et les blocs en décomposition.

PROFIL N°6				
VOLUME (épaisseur en cm)	1 (0-20)	2 (20-40)	3 (40-80)	4 (80-100)
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	LS	Las	LAs	SL
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	sec	frais	frais	frais
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSSELL	7,5 YR 4/4	2,5 YR 3/2	5 YR 3/3	5 YR 3/2
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	fragmentaire peu nette	massive fissurée	massive fissurée	massive fissurée
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	assez important	assez faible	faible	important
6 - COMPACTE - Très peu compact - Peu compact - Assez compact - Très compact	très peu compact	compact	assez compact	très peu compact
7- ELEMENTS GROSSIERS - Sables de 0,1 à 0,5 cm - Gravillons de 0,2 à 2 cm - Cailloux de 2 à 20 cm - Blocs > 20 cm	/	/	turicules de vers et tubules terreux	blocs altérés ou en altération
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable - Faible - Importante - Très importante	racines abondantes	très peu de racines, qq. unes	NDD	NDD
9 - TRANSITION - Graduelle (plus de 5 cm) - Distincte (de 2 à 5 cm) - Nette (moins de 2 cm) - Très nette (contact direct) - Racines déviées - Racines bloquées	nette	nette	graduelle	graduelle
10 - TRAIT PEDOLOGIQUES - Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	/	/	tâches noires et rouges	tâches noires et jaunes d'altération

PROFIL N°6				
VOLUME (épaisseur en cm)	1 (0-20)	2 (20-40)	3 (40-80)	4 (80-100)
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	NDD	NDD
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	1 à 2 mm régulière diffuses dans les agrégats traversant l'horizon dans les vides d'arrange ment	très fines <1 mm vertical traversant l'horizon dans les fentes et vides d'arrange ment	plus grosses 4 mm jusqu'à 50 cm limité à l'horizon dans les vides d'arrange ment	absentes
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> - faces - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	2 à 10 cm planes anguleuses horizontal	/	/	/
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	fragile friable			
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	non plastique			
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	massif			
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm ² - Forme et taille en mm cylindriques vacuolaires vésiculaire inter granulaires	pas de pores visibles			

Interprétation agropédologique du profil n°6

Le profil cultural observé se situe dans le volume de sol n°3 de la parcelle n°7 en plaine alluviale plus précisément au sommet d'une légère pente. Il a été réalisé sous une culture de bananiers, âgés de 9 mois en première production.

L'horizon de surface, de quelques centimètres d'épaisseur au niveau des allées et de 40 cm au niveau des bananiers, est sableux et très meuble, mais il possède des mottes dures qui proviennent de l'horizon situé en dessous. En effet les mesures pénétrométriques sont de 15 mm soit de 3,02 kg/cm² dans les allées alors qu'au niveau du pied de bananier, dans le mat racinaire, elles varient autour de 5 mm soit 0,51 kg/cm².

Le deuxième horizon, situé à 30 cm de profondeur et de 10 cm d'épaisseur, est très cohérent. Les mesures de pénétrométrie varient entre 15 et 20 mm soit 3,02 à 6,29 kg/cm². Ce brutal changement de structure du sol entraîne une présence moins importante de racines dans cet horizon. Celles-ci sont très fines (< à 1 mm) et traversent l'horizon dans les fentes et les vides d'arrangements.

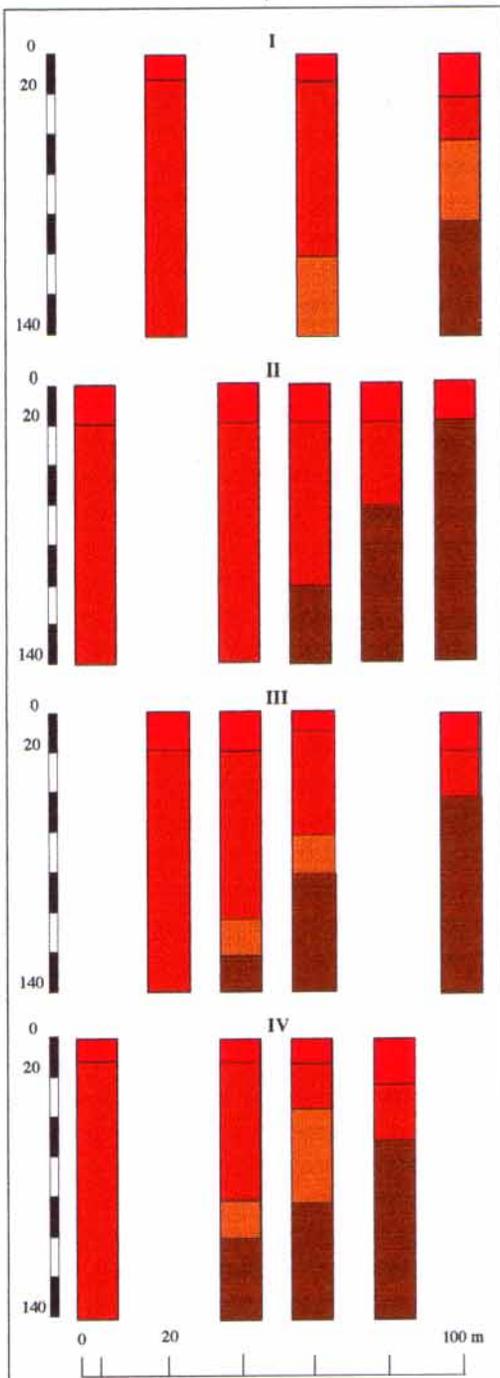
Le troisième horizon situé entre 40 à 80 cm de profondeur, est encore plus cohérent que l'horizon précédent. Les mesures pénétrométriques moyennes sont de 25 mm soit 13,97 kg/cm² ce qui se traduit par la totale disparition des racines dans cet horizon. Seuls subsistent quelques grosses racines (de 4 mm d'épaisseur) qui pénètrent difficilement au-delà des 50 cm de profondeur. On repère de nombreux turicules et tubules terreux, probablement des rejets d'une activité biologique intense, antérieure ou actuelle ?... Cet horizon de couleur rouge foncé, possède de nombreuses taches noires et rouges à sa base.

Le quatrième horizon, situé entre 80 à 100 cm de profondeur, est un peu moins cohérent, les mesures pénétrométriques moyennes sont proches de 20 mm soit 6,29 kg/cm². On note la présence de matériaux en décomposition : des blocs altérés et des roches en décomposition. Cet horizon est de couleur brun rougeâtre foncé avec de nombreuses taches jaunes à grises allant jusqu'au noire au niveau des altérations. Les racines sont absentes de cet horizon.

Sondages systématiques tous les 20 m
et prise d'échantillons tous les 20 cm

Description et regroupement
des sondages

Identification
des horizons diagnostiques



Vue en coupe des variations latérales
des horizons diagnostiques
constituant le pédo-comparateur

L'association et/ou la superposition
de ces horizons définissent
les volumes de sol

horizon rouge foncé (2,5 YR 3/2),
limono-argileux, meuble à cohérent,
avec de la matière organique.

horizon brun rougeâtre (10 R 3/2),
limono-argileux, engorgé à structure
cohérente caractérisé par des taches
rouilles et noires. Présence de graviers
et de gravillons de sesquioxydes de fer,
et d'éléments primaires (brillants).

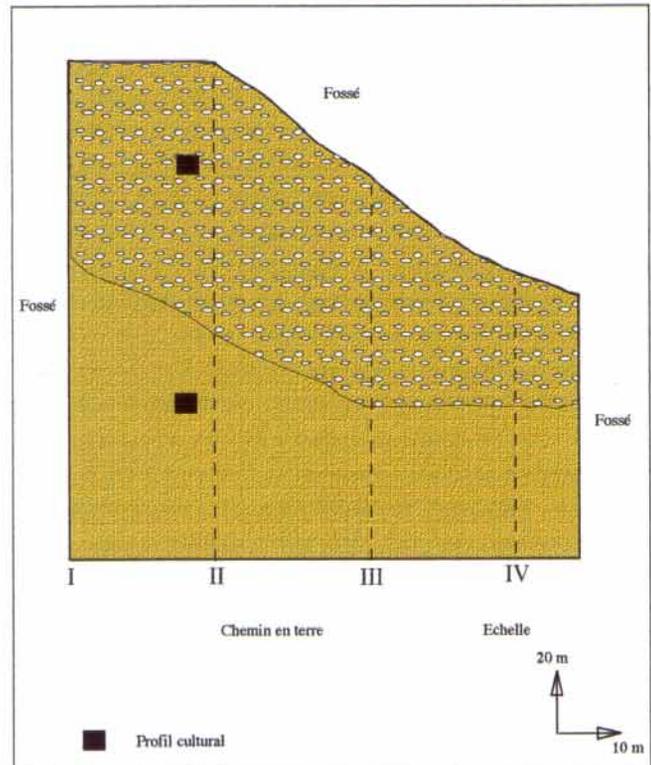
horizon brun rougeâtre (5 YR 3/2),
légèrement gris, limono-argilo-sableux
cohérent, souvent associé à une limite
de nappe d'eau.

horizon gris rougeâtre foncé,
(5 YR 4/2), limono-argilo-sableux.
Présence de graviers, gravillons,
cailloux, pierres altérés.

VOLUME 1

VOLUME 2

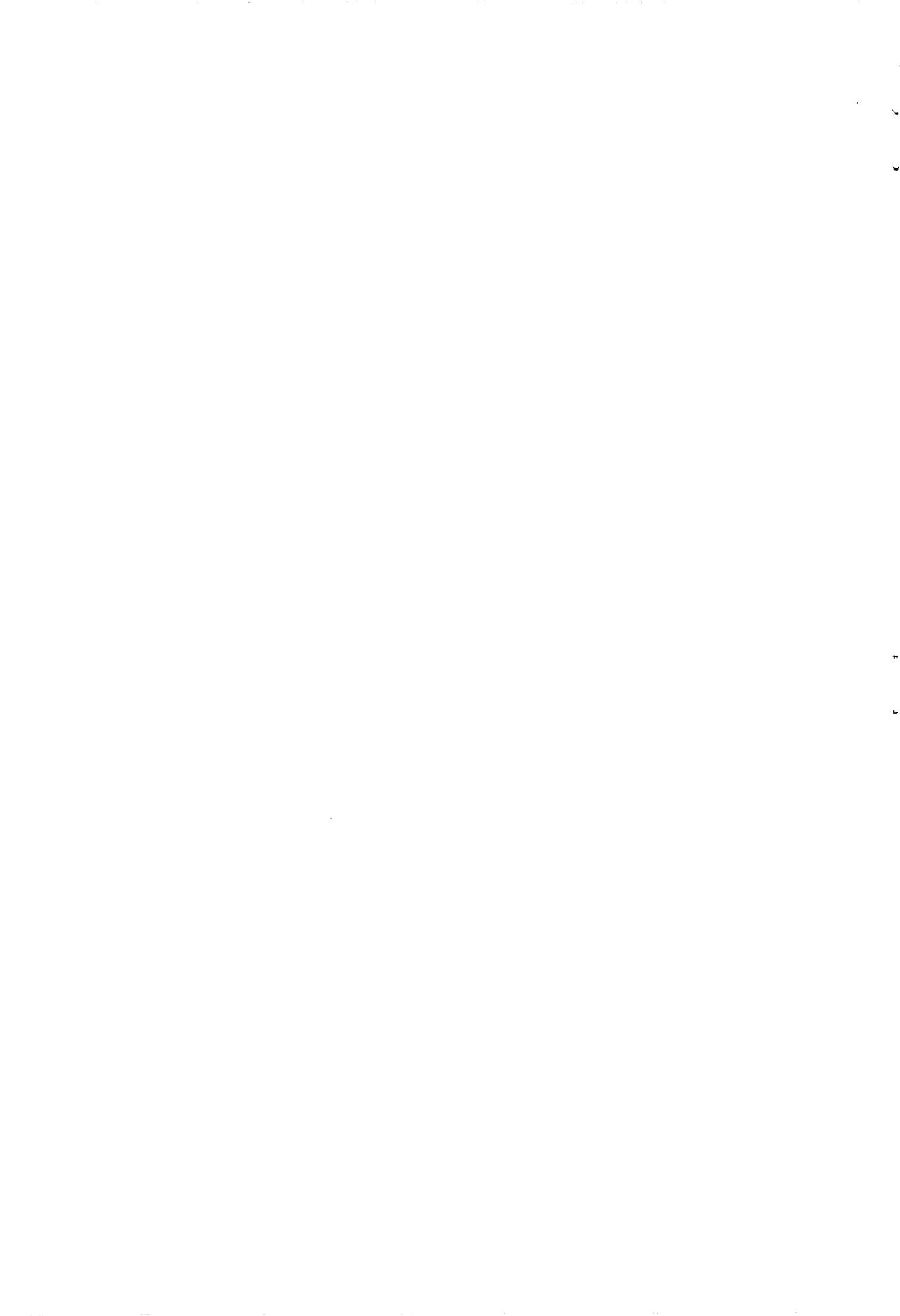
Cartographie des volumes de sols
(vue en plan)



Diagnostic agro-pédologique

Contraintes physiques observées :

- l'atterrissement de cailloux et de roches altérées du volume 2, pourrait causer des problèmes d'enracinement ;
- D'autre part, la remontée d'une nappe jusqu'à 20 cm en surface, dans le volume I entraîne un engorgement permanent des horizons de surface, avec la présence d'eau libre dès 1 mètre de profondeur.



3.2.1- Le profil cultural n°7

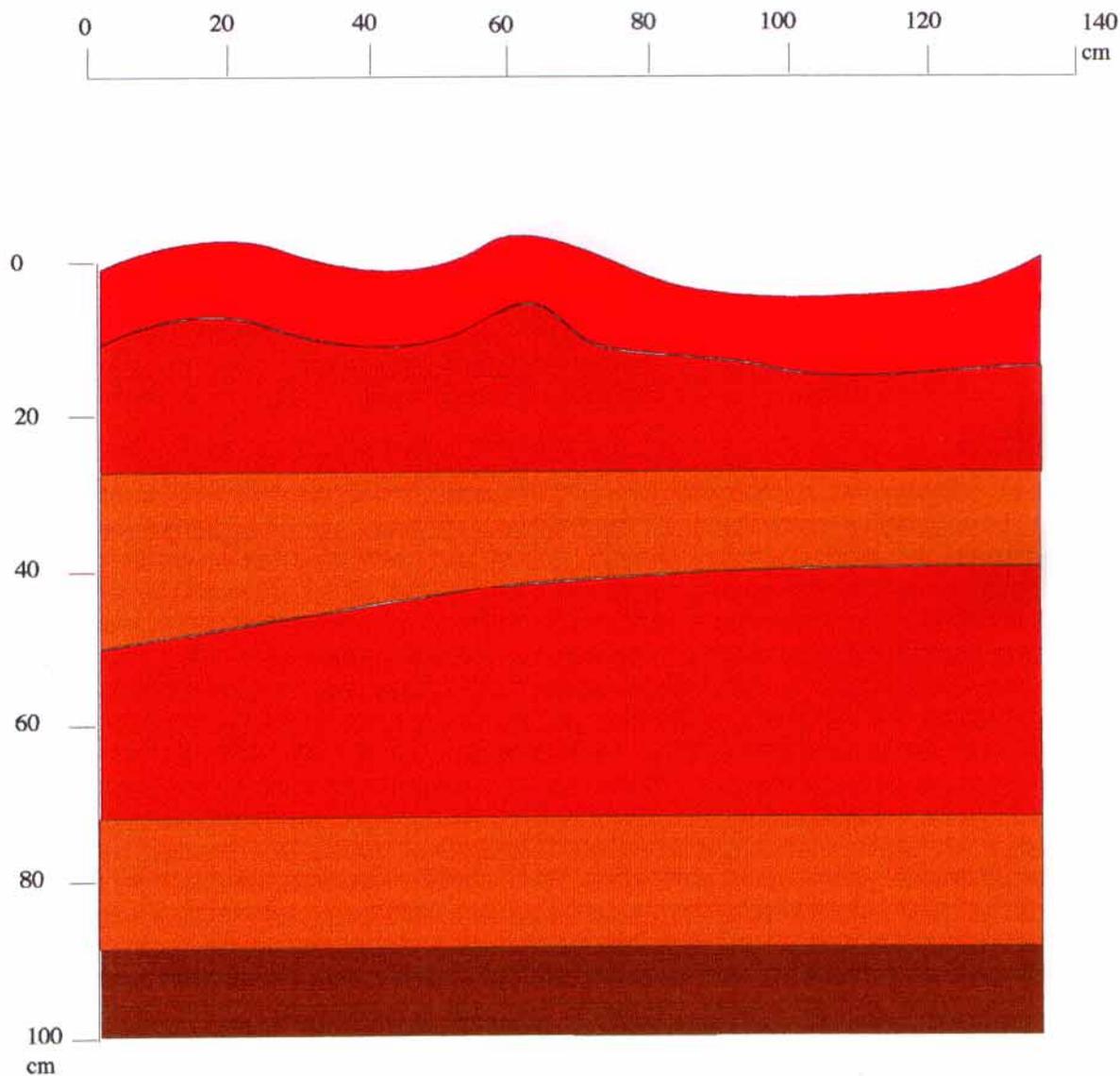
Le profil cultural n°7, réalisé dans le volume de sol n°2, de la parcelle en zone de piedmont.

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 7	Observateur : Sylvie	Date : 17/07/1993	Culture : agrumes citronniers	Précédents : végétation naturelle

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
on remarque des galets de rivière en surface et des blocs de roches	au fond de la parcelle, à proximité d'un fossé de drainage qui entoure la parcelle.	sous-soleuse charrue

SITUATION TOPOGRAPHIQUE
Le profil se situe en zone de glaciaire colluvio-alluviaux sur une parcelle cultivée en arbres fruitiers de type citronniers. Cette parcelle est entourée par un fossé de drainage, qui récupère les eaux de drainage de la montagne et dévie le lit d'un petit creek en haut de la parcelle.

SCHEMA DU PROFIL N°7



LEGENDE

-  Horizon limono-argileux, assez meuble à cohérent. Présence de matière organique (quelques racines fines) de couleur 2,5 YR 3/2 ;
-  Horizon limono-argileux, brun rougeâtre (10 R 3/2), très cohérent et engorgé dès 20 cm. Présence de graviers et de gravillons de sesquioxydes de fer et d'éléments primaires brillants.
-  Horizon limono-argilo-sableux, assez compact, de couleur brun-rouge (5 YR 3/2) légèrement gris, hydromorphe
-  Horizon gravillonnaire avec des fragments de roches, de cailloux et de pierres en altération. La couleur de cet horizon peut passer du jaune au gris rouge en fonction de la roche altérée, mais globalement sa couleur est gris rougeâtre foncé (5 YR 4/2).

PROFIL N°7				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-30)	3 (30-50)	4 (90-100)
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	La	LA	Las	Las
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	humide	très humide	humide
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSSELL	2,5 YR 3/2	10 YR 3/2	5 YR 3/2	5 YR 4/2
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	massive	massive	fragmentaire nette
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	assez important	faible	faible	assez important
6 - COMPACTE - Très peu compact - Peu compact - Assez compact - Très compact	peu compact	assez compact	compact	peu compact
7- ELEMENTS GROSSIERS - Sables de 0,1 à 0,5 cm - Gravillons de 0,2 à 2 cm - Cailloux de 2 à 20 cm - Blocs > 20 cm	fragts de roches, éléments primaires, sesquioxydes de fer	éléments primaires, sesquioxydes de fer	éléments grossiers : gravillons	roches altérées, cailloux
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable - Faible - Importante - Très importante	importante	faible	NDD	NDD
9 - TRANSITION - Graduelle (plus de 5 cm) - Distincte (de 2 à 5 cm) - Nette (moins de 2 cm) - Très nette (contact direct) - Racines déviées - Racines bloquées	nette	nette	distincte	nette
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	NDD	Tâches rouilles et noires	Tâches grises, hydro-morphie ?	Tâches jaunes, grises et noires, décompositi on de roches

PROFIL N°7				
VOLUME (Profondeur en cm)	1(0-10)	2 (10-30)	3 (30-50)	4 (90-100)
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	NDD	NDD
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	très fines 1 mm régulière traversant l'horizon dans les vides d'arrange- ments	très fines 1 mm irrégulière diffuse limité à l'horizon dans les vides d'arrange- ments	/	/
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> - faces - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre				
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable				
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique				
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié				
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm2 - Forme et taille en mm cylindriques vacuolaires vésiculaire inter granulaires				

Interprétation agropédologique du profil n°7

Le profil cultural observé se situe dans le volume de sol n°1 de la parcelle située en zone de piedmont. Il a été réalisé sous une culture de citronniers, âgés de 3 ans.

L'horizon de surface de 10 cm d'épaisseur est meuble et contient la majorité des racines de citronniers.

Le deuxième horizon dont les caractéristiques physiques apparaissent à deux niveaux dans le profil : à 10 cm et à 50 cm de profondeur. La texture est limono-argileuse à très cohérente. Très engorgé, de couleur brun rougeâtre foncé, on ne remarque pas encore des taches d'hydromorphies. Au niveau des éléments grossiers, on observe des graviers et des gravillons de sesquioxides de fer et des éléments primaires en assez grande quantité. Les racines sont présentes mais très rares.

Le troisième horizon dont les caractéristiques physiques apparaissent également à deux niveaux dans le profil : à 30 cm et à 70 cm de profondeur. Cet horizon collant est caractéristique, par sa couleur légèrement grise, d'un horizon hydromorphe. La texture est limono-argilo-sableuse, assez compacte, les racines sont absentes de cet horizon.

Au fond du profil se situe à partir de 90 cm de profondeur. Un horizon d'altération apparaît avec des fragments de roches, des cailloux et des pierres en décomposition. Les couleurs de cet horizon sont extrêmement variables, du jaune au gris rouge avec des niveaux gris correspondant à un état hydromorphe permanent.

3.2.2- Le profil cultural n°8

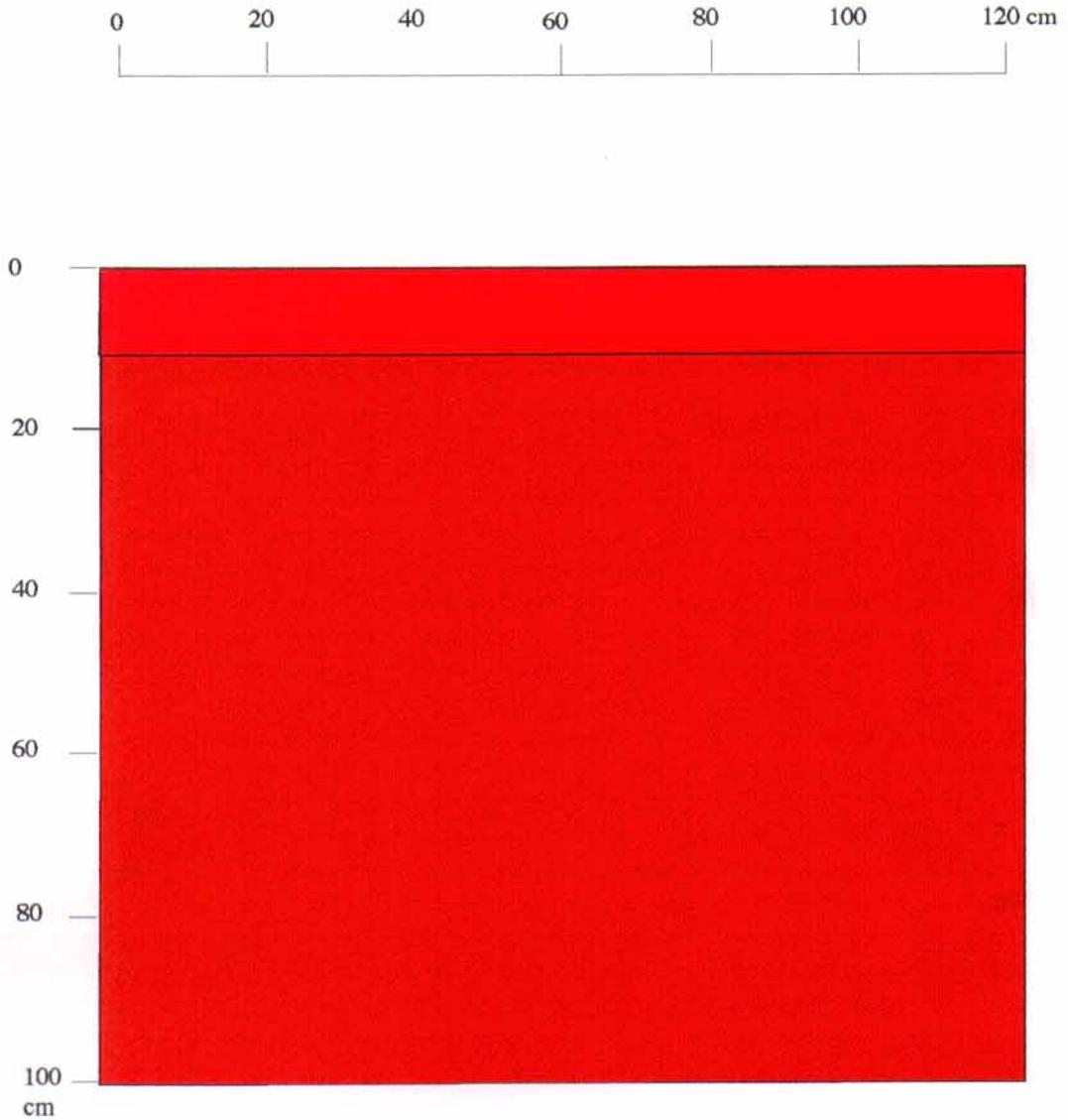
Le profil cultural n°8, réalisé dans le volume de sol n°1, de la parcelle en zone de piedmont.

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 8	Observateur : Sylvie	Date : 17/07/93	Culture : Agrumes citronniers	Précédents : Végétation naturelle

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
	Profil le plus proche de la route en terre	sous-soleuse charrue

SITUATION TOPOGRAPHIQUE
Le profil se situe en zone de glacis colluvio-alluviaux sur une parcelle cultivée en arbres fruitiers de type citronniers. Cette parcelle est entourée par un fossé de drainage, qui récupère les eaux de drainage de la montagne et dévie le lit d'un petit creek en haut de la parcelle.

SCHEMA DU PROFIL N°8



LEGENDE

 Horizon limono-argileux, assez meuble à cohérent. Présence de matière organique (quelques racines fines) de couleur 2,5 YR 3/2 ;

 Horizon limono-argileux, brun rougeâtre (10 R 3/2), très cohérent et engorgé dès 20 cm. Présence de graviers et de gravillons de sesquioxydes de fer et d'éléments primaires brillants.



PROFIL N°8				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-100)		
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	La	LA		
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	très humide		
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSELL	2,5 YR 3/2	10 YR 3/2		
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	massive		
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	assez important	faible		
6 - COMPACTE - Très peu compact - Peu compact - Assez compact - Très compact	peu compact	assez compact		
7- ELEMENTS GROSSIERS - Sables de 0,1 à 0,5 cm - Gravillons de 0,2 à 2 cm - Cailloux de 2 à 20 cm - Blocs > 20 cm	gravillons et éléments primaires	gravillons de sesquioxides de fer + éléments primaires		
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable - Faible - Importante - Très importante	importante	faible		
9 - TRANSITION - Graduelle (plus de 5 cm) - Distincte (de 2 à 5 cm) - Nette (moins de 2 cm) - Très nette (contact direct) - Racines déviées - Racines bloquées	nette	nette		
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	/	tâches rouilles et noires		

PROFIL N°8				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-100)		
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD		
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	très fines 1 mm régulière horizontal traversant l'horizon	très fines 1 mm irrégulière diffuse limité à l'horizon		
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> - faces - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre				
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable				
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique				
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié				
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm ² - Forme et taille en mm cylindriques vacuolaires vésiculaire intergranulaires				

Interprétation agropédologique du profil n°8

Le profil cultural observé se situe dans le volume de sol n°2 de la parcelle située en zone de piedmont. Il a été réalisé sous une culture de citronniers, âgés de 3 ans.

L'horizon de surface, de 10 cm d'épaisseur, est relativement meuble. Il repose sur un horizon engorgé, à structure très cohérente avec présence de graviers, de gravillons de sesquioxydes de fer et d'éléments primaires.

Bien que située à proximité d'une petite rivière, qui influence fortement les horizons par la présence d'eau dans les 20 premiers centimètres, cette parcelle a été utilisée pour l'arboriculture. Les citronniers plantés ont eu quelques difficultés à se développer. En effet, l'agriculteur a dû remplacer les pieds morts et les plants restants commencent à manifester des retards de croissance. L'allure générale de quelques citronniers est anormale : les pieds sont plus petits, le feuillage est jaune à vert très clair avec des feuilles de diamètre plus petit.

4 - PHASE III

**NIVEAUX (SOL ET PLANTE) DES TENEURS EN METAUX
LOURDS DE CULTURES SUR LES SOLS FERRALLITIQUES
DE MONSIEUR LE VAN HAO.**

Fig.1 : Comparaisons des teneurs en éléments minéraux de deux sols de glacis cultivés en citronniers

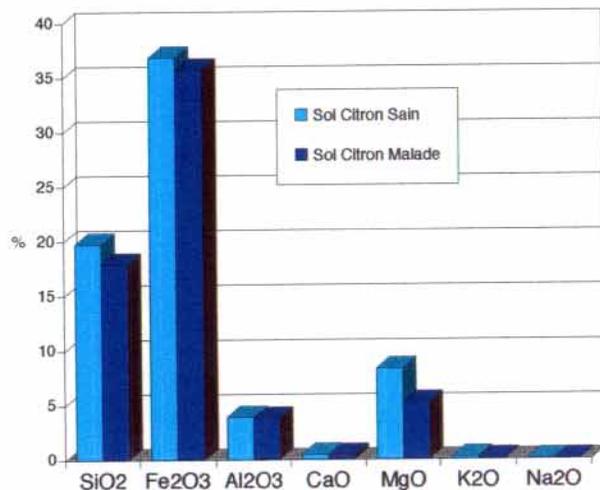


Fig.2 : Comparaisons des teneurs en oligo-éléments de deux sols de glacis cultivés en citronniers

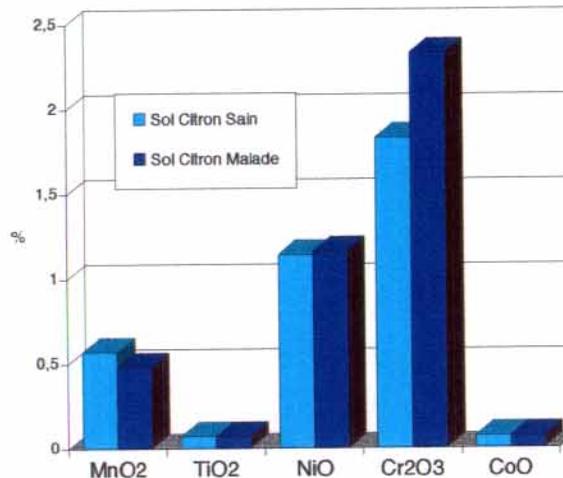


Fig.3 : Comparaisons des teneurs en éléments minéraux de deux sols de glacis cultivés en citronniers.

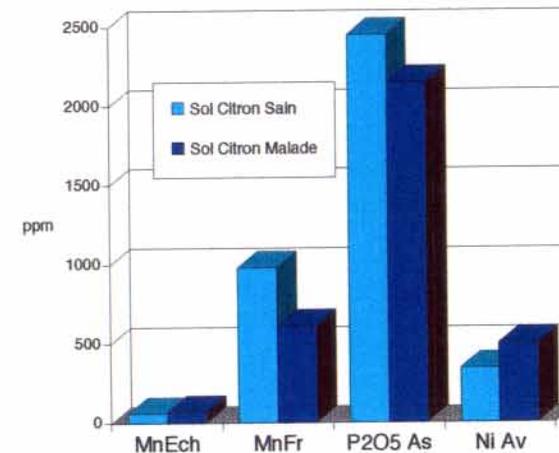


Fig.4 : Comparaisons des teneurs en éléments majeurs dans les parties aériennes de citronniers cultivés en zone de glacis

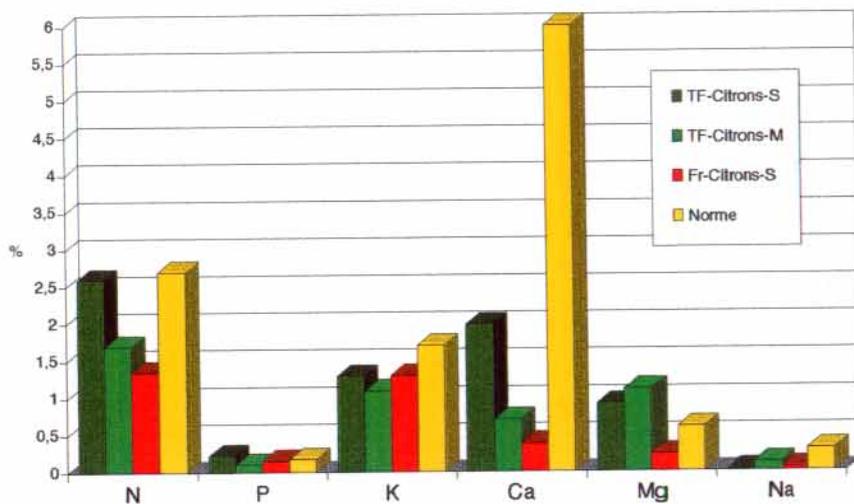
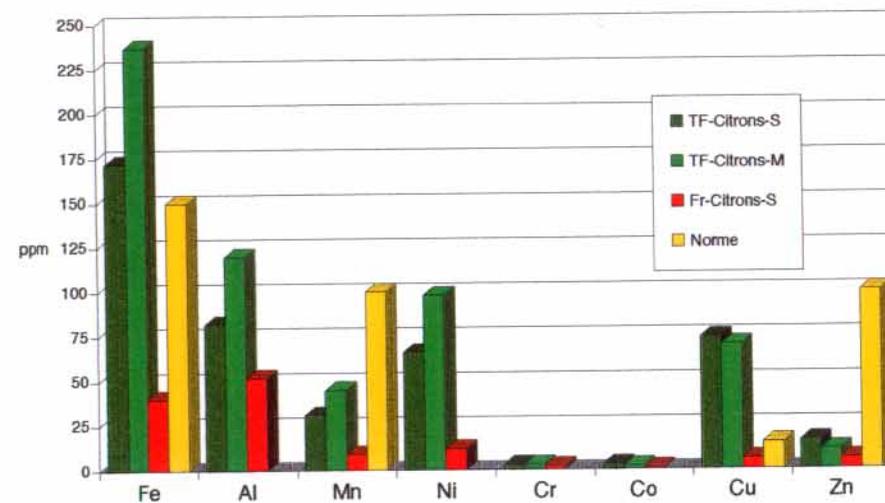


Fig.5 : Comparaisons des teneurs en oligo-éléments dans les parties aériennes de citronniers cultivés en zone de glacis



Rappels des objectifs de l'enquête.

Une fois décrits les différents faciès pédologiques des zones d'études, la végétation présente est analysée ainsi que les premiers horizons des parcelles, plus particulièrement les teneurs en métaux lourds, teneurs qui seront comparées à des normes en la matière - s'il en existe - afin de pouvoir faire des hypothèses sur les symptômes anormaux de développement des végétaux.

4.1 - Résultats chez Monsieur Le Van Hao

4.1.1 - Étude d'une parcelle de citronniers en zone de glaciais

Dans l'exemple choisi en zone de glaciais chez M. Le Van Hao, la parcelle est cultivée en citronniers, bordée de fossés d'irrigation et d'une petite rivière. La cartographie de cette parcelle met en évidence deux types de sols dont l'un est constitué d'un atterrissement de cailloux et de roches altérées (vers le haut de la parcelle) et la présence d'une nappe d'eau vers 1 mètre de profondeur C.F. Fiche N°4 page 41. Les citronniers poussant sur cette parcelle ont un développement très hétérogène. En effet, ceux situés à proximité de la petite rivière ont une allure générale anormale : les pieds sont plus petits, rabougris avec un feuillage de couleur jaune.

4.1.1.1 - Niveaux des éléments minéraux dans le sol (C.F. Fig.1-2-3 ci-contre)

Deux analyses de sols ont été réalisées : au pied des citronniers dont l'allure générale est saine ainsi qu'au pied de citronniers qui manifestent des symptômes anormaux de développement.

Il est intéressant de constater que les pH de ces deux types de sols sont très bas, sol sain : pH eau 5,8 et pH KCl 5,5 ; sol hydromorphe : pH eau 5,3 et pH KCl 4,7. Sachant que l'optimum de croissance pour les agrumes se situe entre pH 6 et pH 8 (C.F. annexe 3, Tableau figurant page 155 de la quatrième version du Mémento de l'Agronome) les valeurs de pH obtenues sur cette parcelle sont beaucoup trop basses. Il faut donc relever le pH de ces sols, avec de la croûte calcaire par exemple, de manière à obtenir un pH compris entre 6,5 et 7. Rappelons également qu'une toxicité aluminique peut se développer sur des sols ayant des pH inférieurs à pH 5,5 et que d'après les travaux récents de Laurent L'huillier l'absorption de nickel par les plantes diminue lorsque le pH s'élève, ainsi qu'en présence d'ions Ca^{++} .

L'analyse des sols de cette parcelle (Fig. 1, Fig. 2 et Fig. 3 ci-contre) révèle des teneurs plus élevées en nickel, en chrome et surtout en Ni assimilable (Ni extrait au DTPA) sur sa partie hydromorphe. Les valeurs en Ni assimilable de 340 ppm sur sol sain et de 500 ppm sur sol malade sont très élevées pour des teneurs en NiO de 1,14 % sur sol sain et de 1,16 % sur sol hydromorphe. Les rapports Mg/Ca échangeables sont respectivement de 3 sur sol sain et de 2,8 sur sol hydromorphe, donc trop élevés. L'apport de croûte calcaire, nécessaire pour relever le pH de ces sols, rééquilibrera, par la même occasion, le rapport Mg/Ca tout en réduisant l'absorption de nickel par les plantes.

Fig.6 : Teneurs en éléments minéraux d'un sol de glacis chez M. Le Van Hao

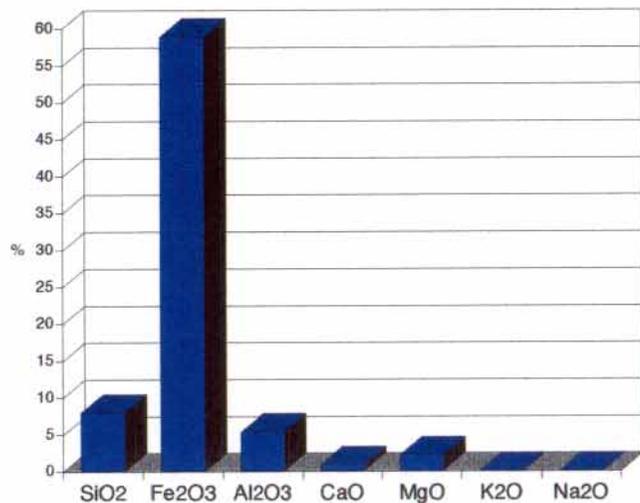


Fig.7 : Teneurs en oligo-éléments d'un sol de glacis chez M. Le Van Hao

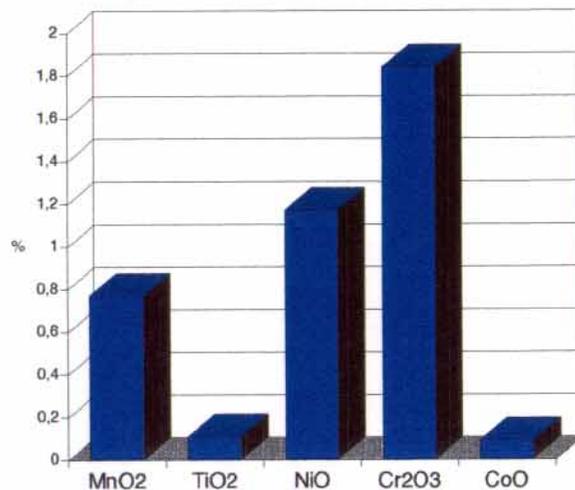


Fig.8 : Teneurs en éléments minéraux d'un sol de glacis cultivé en manguiers

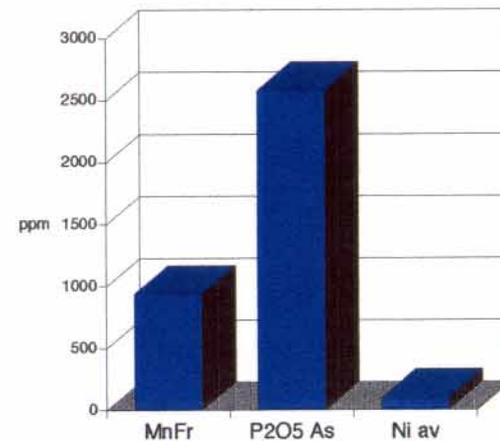


Fig.9 : Teneurs en éléments majeurs dans les parties aériennes de manguiers cultivés en zone de glacis chez M. Le Van Hao

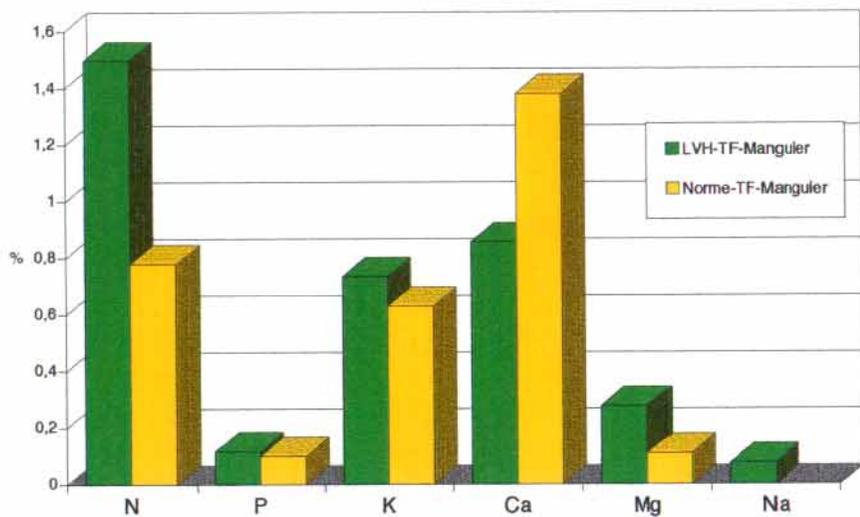
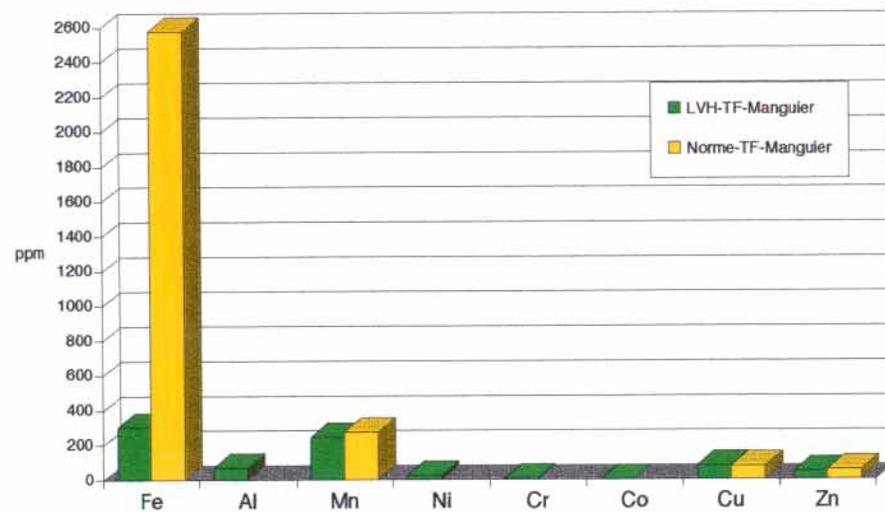


Fig.10 : Teneurs en oligo-éléments dans les parties aériennes de manguiers cultivés en zone de glacis chez M. Le Van Hao



4.1.1.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux (C.F. Fig. 4 et 5 page précédente)

Des analyses de feuilles et de fruits ont été réalisées sur deux pieds de citronniers aux allures générales différentes C.F. Fig. 4 et Fig. 5.

On constate tout d'abord que le rapport Mg/Ca total est de 0,46 pour les feuilles saines et de 1,6 pour les feuilles malades. Des recherches bibliographiques donnent une valeur idéale de ce rapport de 0,1. Dans les deux cas, ce rapport est élevé, en particulier pour les feuilles malades témoignant du trouble physiologique de la plante. L'apport d'amendement calcique devrait rééquilibrer ce rapport et entraîner, par la même occasion, une moindre assimilation des métaux lourds et donc, du nickel.

S'agissant des oligo-éléments (C.F. Fig.5) le citronnier malade a globalement des teneurs plus élevées en métaux lourds que le citronnier sain. On peut donc penser à une toxicité métallique chez les plants de citronniers qui manifestent des symptômes anormaux de développement. La présence d'une nappe d'eau vers 1 mètre de profondeur a sûrement permis une meilleure assimilation des métaux lourds par la plante. En effet, les teneurs en nickel qui sont déjà très fortes dans les feuilles de citronniers sains : 66 ppm, sont encore plus élevées dans les feuilles de citronniers malades : 98 ppm. D'après les travaux de Laurent L'huillier le seuil de 15 ppm de Ni est toxique pour le maïs. Les fortes valeurs observées ici sont certainement toxiques pour cet agrume.

4.1.2 - Etude d'une parcelle de manguiers en zone de glacis.

Les manguiers se situent en bas de pente dans la zone de glacis. Ils appartiennent à des variétés locales. Agés de trois ans, ils ne sont pas encore parvenus à leur stade de fructification.

4.1.2.1- Niveaux des éléments minéraux dans le sol (C.F. Fig.6-7-8 ci-contre)

Ce sol de glacis est très riche en silice, aluminium, manganèse, cobalt et nickel. Le rapport Mg/Ca est 0,48 alors qu'en plaine il était proche de 3. Ce faible rapport est en relation avec une capacité d'échange très faible, ce qui différencie généralement les zones de glacis des zones de plaine alluviale.

4.1.2.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux (C.F. Fig. 9 et 10 ci-contre)

Le rapport Mg/Ca dans les feuilles de manguiers est de 0,35. Des recherches bibliographiques donnent une valeur idéale de ce rapport de 0,1. Le niveau observé est assez proche de cette norme.

S'agissant des oligo-éléments, leurs teneurs sont très faibles.

Fig.11 : Teneurs en éléments minéraux d'un sol de plaine cultivé en bananier chez M. Le Van Hao

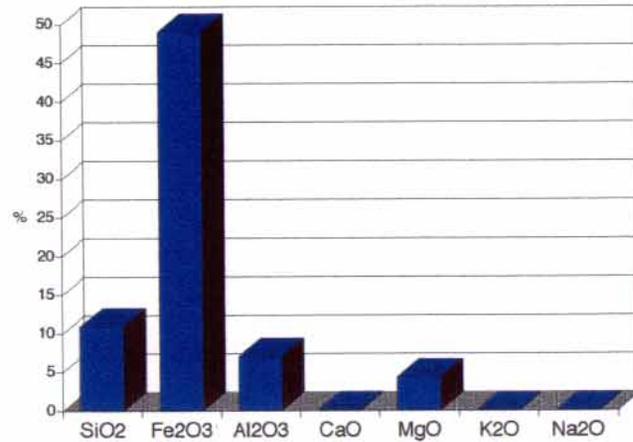


Fig.12 : Teneurs en oligo-éléments d'un sol de plaine cultivé chez M. Le Van Hao

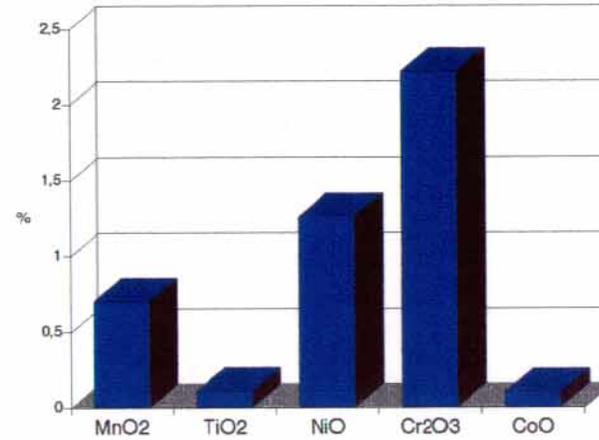


Fig.13 : Teneurs en éléments assimilables d'un sol de plaine cultivé en bananiers chez M. Le Van Hao

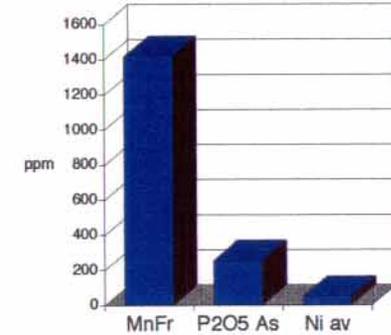


Fig.14 : Teneurs en éléments majeurs dans les parties aériennes de bananiers cultivés en plaine chez M. Le Van Hao

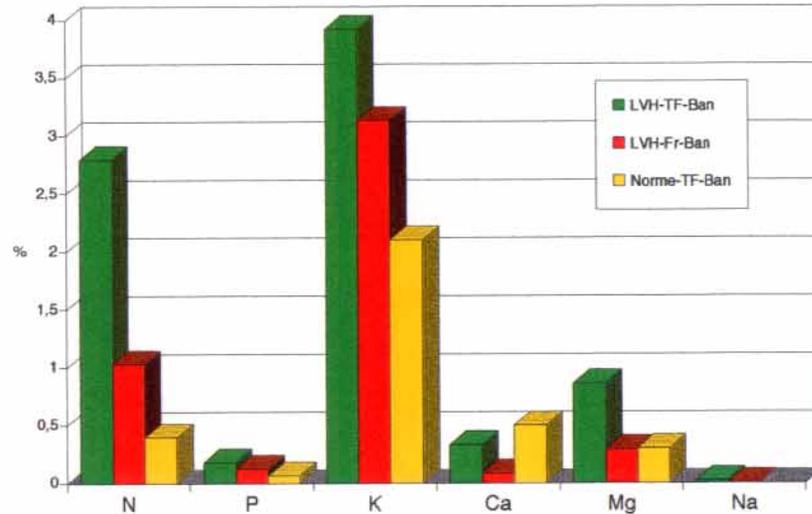
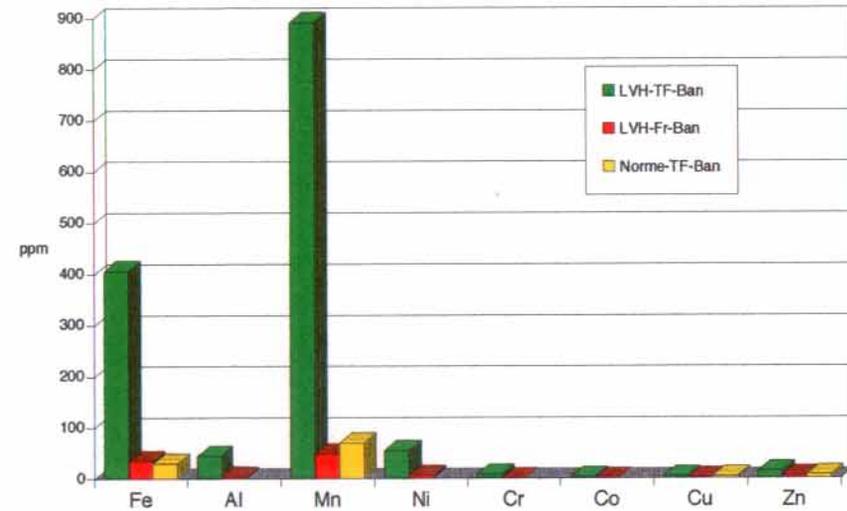


Fig.15 : Teneurs en oligo-éléments dans les parties aériennes de bananiers cultivés en plaine chez M. Le Van Hao



4.1.3 - Etude de deux parcelles cultivées en plaine alluviale : la première sous bananiers, la seconde sous tomates.

4.1.3.1 - Niveaux des éléments minéraux dans les sols

(C.F. Fig. 11-12-13 ci-contre et 16-17-18 ci-après)

Les rapports Mg/Ca en éléments échangeables sont de 4,89 pour le sol sous bananiers et de 1,16 pour le sol sous tomates. Les écarts entre ces deux parcelles, toutes deux situées en plaine alluviale, met en évidence des différences d'apports de calcium. En effet, ces parcelles ont des teneurs comparables en magnésium (4,32 % sous bananiers, 5,14 % sous tomates). Les applications de calcium ont donc été différentes : très faibles pour les bananiers, plus importantes sous tomates pour lesquelles on arrive à un équilibre entre les quantités de calcium apportées et le magnésium présent.

S'agissant des métaux lourds, on constate que la parcelle sous tomates est plus riche en chrome (3,24 %) que celle sous bananiers (2,22 %). Les teneurs en nickel sont, par contre, plus importantes pour la parcelle sous bananiers (Ni total : 1,26 % et Ni Av : 171 ppm) que pour la parcelle sous tomates (Ni total : 1,07 % et Ni Av : 100,6 ppm).

4.1.3.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux

- *Le bananier* : (C.F. Fig. 14-15 ci-contre)

Le rapport Mg/Ca dans les feuilles de bananiers est de 2,57 pour une valeur normale de ce rapport de 0,6. Au niveau des fruits, le rapport Mg/Ca est de 3,3, rapport qui est très élevé.

Au niveau des oligo-éléments, on constate de grandes différences dans l'assimilation du fer et du manganèse dans les tiges et feuilles par rapport à une valeur normale. En effet, la valeur normale en fer est de 30 ppm alors qu'elle est de 400 ppm chez M. Le Van Hao. Le même phénomène se produit pour le manganèse, mais dans de plus grandes proportions (valeur normale : 70 ppm; valeur observée chez M. Le Van Hao : 892 ppm) : cette assimilation plus importante dans les tiges et feuilles peut s'expliquer par la très grande concentration en métaux lourds contenus dans les sols ferrallitiques ferritiques de cette région.

- *la tomate* : (C.F. Fig. 19-20 ci-après)

Le rapport Mg/Ca dans les feuilles de tomates est de 0,81. Ce rapport n'est pas très éloigné de sa valeur normale de 0,38.

Au niveau des teneurs en oligo-éléments (C.F. Fig.20) on constate une très forte teneur en cuivre dans les tiges et feuilles : 656 ppm, en aluminium dans les fruits : 593 ppm. Pour des teneurs aussi élevées en cuivre on peut penser à un traitement à base de cuivre, car des teneurs de cette importance sont assez suspectes.

Fig.16 : Teneurs en éléments minéraux d'un sol de plaine cultivé en tomates chez M. Le Van Hao

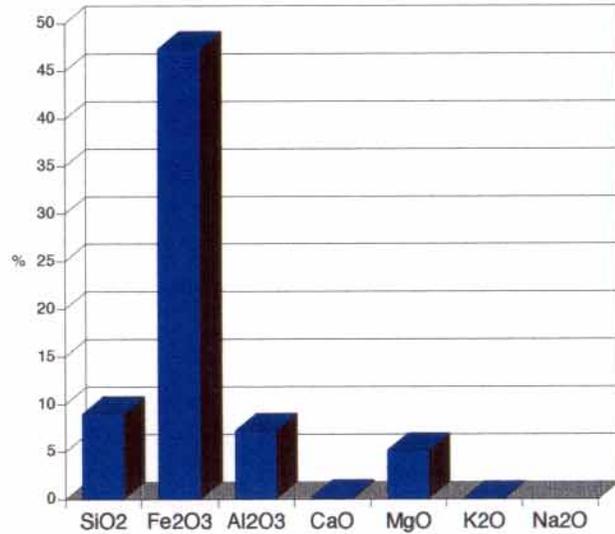


Fig.17 : Teneurs en oligo-éléments d'un sol de plaine cultivé en tomates chez M. Le Van Hao.

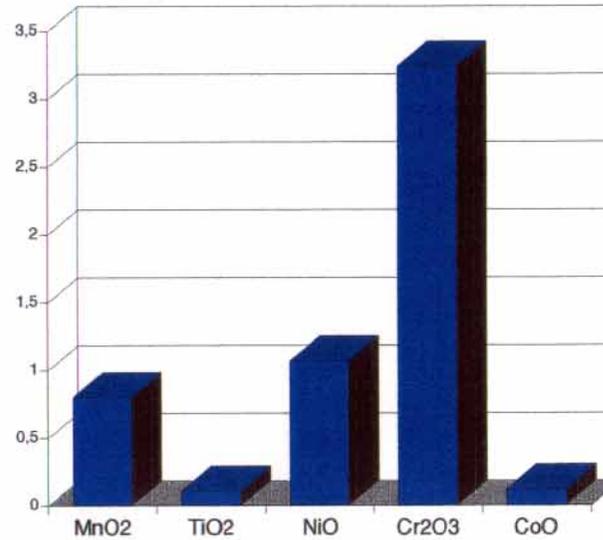


Fig.18 : Teneurs en éléments assimilables d'un sol de plaine cultivé en tomates chez M. Le Van Hao

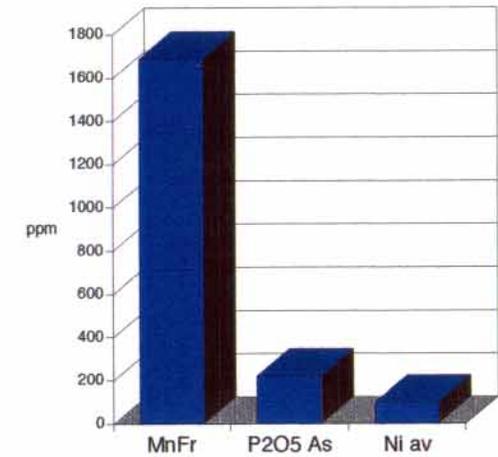


Fig.19 : Teneurs en éléments majeurs dans les parties aériennes de tomates cultivées en plaine chez M. Le Van Hao

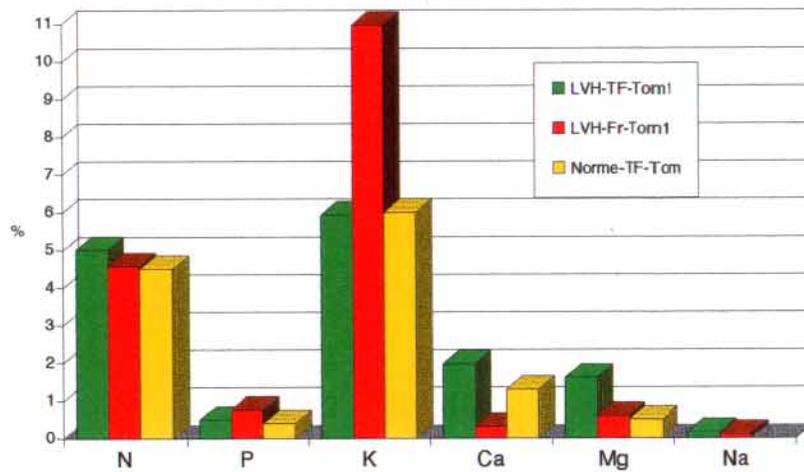
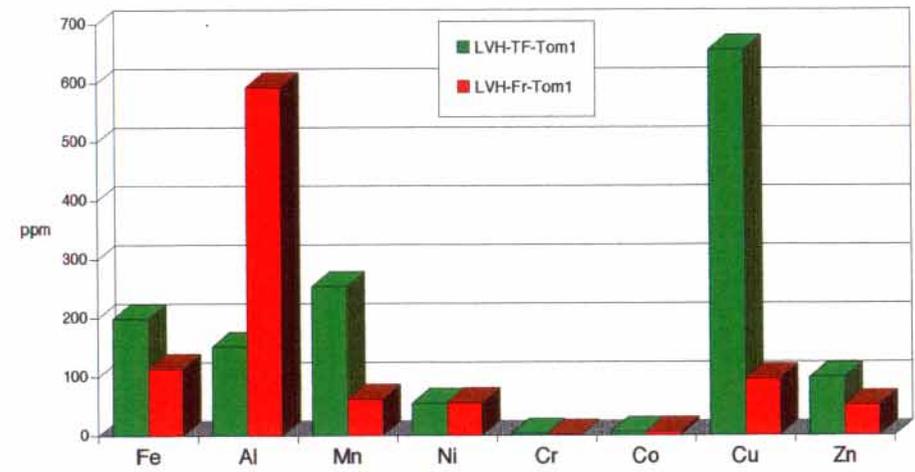


Fig.20 : Teneurs en oligo-éléments dans les parties aériennes de tomates cultivées en plaine chez M. Le Van Hao



4.2 - Interprétations - Comparaisons à des normes

Les parcelles étudiées chez Monsieur Le Van Hao se situent en zone de glacis et en plaine alluviale. La zone de glacis (dont la pente est inférieure à 5 %) est exclusivement sous arbres fruitiers : citronniers, manguiers et quelques bananiers, alors que dans la plaine alluviale les cultures de tomates et de bananiers dominent.

4.2.1- Niveaux des éléments minéraux dans les sols

4.2.1.1-Les sols de glacis

Tableaux n°1 et n°2 : Répartition des éléments minéraux dans les sols de glacis

Éléments en %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	NiO	Cr ₂ O ₃	Éléments en ppm	Mn Fr	P ₂ O ₅ As	Ni Av
Sol sous citronniers sains	19,8	36,8	3,9	0,46	8,35	0,57	1,14	1,83	Sol sous citronniers sains	980	2448	342
Sol sous citronniers malades	17,9	35,7	3,8	0,41	5,25	0,48	1,16	2,33	Sol sous citronniers malades	610	2148	500
sol sous manguiers	8,02	58,9	5,44	0,92	2,21	0,77	1,17	1,84	sol sous manguiers	940	2579	101

Les fortes valeurs observées en nickel et en magnésium sur ces sols de citronniers et de manguiers, permettent de positionner les parcelles étudiées dans le modelé. En effet, ces analyses de sols sont plus proches d'un sol de plaine que d'un sol de glacis. Les parcelles étudiées chez M. Le Van Hao se situeraient donc, dans une plaine haute, en position intermédiaire entre la plaine alluviale et le glacis.

Les parcelles de citronniers sont riches en galets et en roches altérées, ce qui se traduit par des teneurs en silice plus importantes. De plus la présence d'eau libre en profondeur entraîne une meilleure assimilation du nickel par la plante (Ni Av), jusqu'à 500 ppm.

4.2.1.2-Les sols de plaine

Tableaux n°3 et n°4 : Répartition des éléments minéraux dans les sols de plaine

Éléments en %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	NiO	Cr ₂ O ₃	Éléments en ppm	Mn Fr	P ₂ O ₅ As	Ni Av
Sol sous bananiers	10,95	49,06	7,05	0,14	4,32	0,7	1,26	2,22	Sol sous bananiers	1420	254	50
Sol sous tomates	9	47,3	7,24	0,2	5,14	0,8	1,07	3,24	Sol sous tomates	1690	222	99,5

Les valeurs observées sur ces deux types de sols sont très proches et correspondent bien à un sol de plaine, avec cependant des teneurs en magnésium et en chrome assez élevées. S'agissant du nickel, on constate qu'il est en quantité plus importante dans les sols de bananiers (1,26 pour 1,07 dans les tomates), et que les teneurs en nickel disponibles pour les plantes, sont plus élevées pour le sol sous tomates. Les conditions de milieu ont donc, un rôle fondamental dans l'assimilation des éléments minéraux par la plante.

4.2.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux. Comparaisons à des normes

4.2.2.1-Les citronniers

Tableaux n°5 et n°6 : Répartition des éléments minéraux dans les citronniers

Éléments en %	N	P	K	Ca	Mg	Na
TF Sain	2,6	0,22	1,3	1,9	0,9	0,02
TF Malade	1,7	0,11	1,1	0,7	1,1	0,12
Fruit Sain	1,3	0,15	1,3	0,4	0,2	0,05
Norme TF	2,7	0,18	1,7	6	0,6	0,3

Éléments en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn
TF sain	172	31	66	74	16
TF Malade	237	45	98	70	11
Fruit sain	40	9	12	6	6
Norme TF	150	100		15	100

On constate que le citronnier malade a des teneurs, plus faibles en éléments majeurs et, plus élevées en oligo-éléments dans les feuilles. En particulier, les teneurs en nickel sont très fortes et sont à des niveaux probablement toxiques pour le citronnier.

4.2.2.2-Les manguiers

Tableaux n°7 et n°8 : Répartition des éléments minéraux dans les manguiers

Éléments en %	N	P	K	Ca	Mg	Na
TF	1,5	0,1	0,7	0,8	0,27	0,07
Norme TF	0,8	0,1	0,6	1,4	0,11	

Éléments en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn
TF	302	243	23,5	78	47
Norme TF	2577	274		75	55

Globalement il n'y a pas de grandes différences, par rapport à la norme, dans l'assimilation des éléments minéraux par le manguiier. Les teneurs en nickel sont cependant assez élevées dans les feuilles.

4.2.2.3-Les bananiers

Tableaux n°9 et n°10 : Répartition des éléments minéraux dans les bananiers

Éléments en %	N	P	K	Ca	Mg	Na
TF	2,8	0,18	3,9	0,33	0,8	0,02
Fruits	1	0,12	3,1	0,08	0,3	
Norme TF	0,4	0,07	2,1	0,5	0,3	

Éléments en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn
TF	407	892	55	5	14,5
Fruits	35	49	7	3	6
Norme TF	30	70		5	8

Les feuilles de bananiers ont généralement des teneurs plus élevées en éléments majeurs et en oligo-éléments dans leurs parties aériennes. Les feuilles accumulent le fer et le manganèse, avec des teneurs importantes en nickel. Les fruits ont toujours des valeurs bien plus faibles.

4.2.2.4-Les Tomates

Tableaux n°11 et n°12 : Répartition des éléments minéraux dans les tomates

Éléments en %	N	P	K	Ca	Mg	Na
TF	5,05	0,5	5,9	1,9	1,6	0,17
Fruits	4,57	0,7	10,9	0,3	0,6	0,11
Norme TF	4,5	0,4	6	1,3	0,5	

Éléments en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn
TF	199	254	55	656	99
Fruits	115	62	56	97	52
Norme TF					

Globalement il n'y a pas de grandes différences, par rapport à la norme, dans l'assimilation des éléments minéraux par la tomate. Les teneurs en nickel sont cependant assez élevées dans les feuilles et dans les fruits.

5 - ANNEXES

- 5.1 - ANNEXE N°1 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur la propriété de M. Le Van Hao.**
- 5.2 - ANNEXE N°2 : Normes de teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées, en fonction de l'organe de prélèvement.**
- 5.3 - ANNEXE N°3 : Tableau de répartition des cultures en sols acides et en sols alcalins.**

5.1 - ANNEXE N°1

**Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés
sur la propriété de M. Le Van Hao.**

**Tableau 1 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur l'exploitation de M. Le Van Hao.
Résultats exprimés en % de matière sèche et en ppm de matière sèche.**

Espèces variétés	Organe prélevé	Date	N° Par	Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Ananas TF	TF	8/12/1993		10,43	0,62	1,039	0,236	3,049	1,115	0,515	0,055	57	256	158	28	5	5	23	9
Citron-s Fr	Fr	8/12/1993		5,79	0,02	1,348	0,153	1,297	0,381	0,236	0,049	52	40	9	12	-	-	6	6
Citron-s TF	TF	8/12/1993		9,47	0,53	2,591	0,227	1,291	1,979	0,910	0,025	82	172	31	66	3	3	74	16
Citron-m TF	TF	8/12/1993		6,79	0,51	1,697	0,110	1,094	0,706	1,122	0,123	120	237	45	98	3	2	70	11
Letchee TF	TF	8/12/1993		5,33	0,43	1,886	0,226	0,927	0,908	0,407	0,042	17	75	59	16	11	2	12	16
Mangue1 TF	TF	8/12/1993		7,75	3,39	1,752	0,155	0,848	0,632	0,285	0,069	50	145	135	17	2	1	64	54
Mangue2 TF	TF	8/12/1993		11,22	6,80	1,244	0,080	0,621	1,078	0,269	0,084	92	459	350	30	8	2	93	39
Tomate1 TF	TF	8/12/1993		21,58	0,04	5,010	0,507	5,929	1,985	1,614	0,169	152	199	254	55	4	7	656	99
Tomate1 Fr	Fr	8/12/1993		43,38	-	4,576	0,764	10,96	0,317	0,602	0,106	593	115	62	56	2	7	97	52
Banane1 TF	TF	8/12/1993		11,78	0,01	2,456	0,162	3,630	0,449	0,843	0,028	55	449	941	45	10	4	7	16
Banane2 TF	TF	8/12/1993		12,26	0,01	3,140	0,203	4,216	0,219	0,875	0,016	35	364	843	65	7	4	3	13
Banane12 Fr	Fr	8/12/1993		16,98	0,08	1,031	0,125	3,133	0,088	0,291	0,002	-	35	49	7	-	2	3	6

Tableau 2 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de sols cultivés sur l'exploitation de M. Le Van Hao.

Espèces Variété	pH eau	pH KCl	CT mg/g	NT mg/g	CaE meq %	MgE meq %	KE meq %	NaE meq %	CEC meq %	MnE mg/g	Mn FR mg/g	P2O5 As mg/g	SiO2 %	Fe2O3 %	Al2O3 %	MnO2 %	TiO2 %	NiO %	Cr2O3 %	CoO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2O %	Niav ppm
Prof 5 (0-10) Banane	5,3	5,4	18,1	1,69	3,02	10,5	2,18	0,25	11,6	-	1,56	0,364	11,6	47,4	6,88	0,72	0,11	1,22	1,95	0,11	0,17	5,13	0,06	0,01	133,7
Prof 5 (10-20) Banane	6,5	6,2	16,6	1,40	2,25	8,21	0,14	0,10	11,1	-	1,78	0,008	10,3	49,3	7,72	0,78	0,11	1,21	2,44	0,11	0,13	4,98	-	-	128,8
Prof 6 (0-10) Banane	6,1	5,9	29,1	1,84	1,25	10,4	0,26	0,05	14,8	-	1,28	0,012	10,3	50,6	7,23	0,68	0,11	1,31	2,5	0,10	0,11	3,51	-	0,01	208,8
Prof 6 (10-20) Banane	6,3	6,0	28,8	1,82	1,37	10,5	0,02	0,05	14,4	-	1,21	0,01	9,25	52,5	6,17	0,69	0,11	1,28	2,63	0,10	0,10	3,46	-	0,01	196,8
Citron1 sain	5,8	5,3	28,5	2,19	5,96	18,2	6,14	0,34	35,7	0,06	0,98	2,45	19,8	36,8	3,92	0,57	0,07	1,14	1,83	0,07	0,46	8,35	0,24	0,03	341,8
Citron2 malade	5,5	4,7	37,7	2,64	5,73	16,1	2,85	0,17	35,8	0,07	0,61	2,15	17,9	35,7	3,83	0,48	0,07	1,16	2,33	0,07	0,41	5,25	0,10	0,02	499,7
Ananas	6,3	6,2	16,1	1,16	3,74	2,05	0,26	0,08	7,0	-	0,93	0,317	4,15	67	6,05	0,91	0,11	1,20	2,69	0,12	0,19	1,19	0,01	-	33,2
Mangu e	6,2	5,8	25,9	2,17	9,46	4,61	0,4	0,16	19,1	-	0,94	2,58	8,02	58,9	5,44	0,77	0,11	1,17	1,84	0,09	0,92	2,21	0,02	0,02	133,5
Tomate	6,1	5,8	34,3	1,33	3,58	4,16	0,76	0,03	10,7	-	1,69	0,22	9,65	47,3	7,24	0,80	0,11	1,07	3,24	0,12	0,20	5,14	0,03	-	100,6

5.2 - ANNEXE N°2

Normes de teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées, en fonction de l'organe de prélèvement

Tableau N° 1 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe analysé lors du prélèvement	Remarques concernant les éléments minéraux : Carences et toxicités	NORMES (en % de MS et en ppm*)												
			Stade St	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
Blé tendre Orge	<ul style="list-style-type: none"> - plante entière à différents stades : - début à mi-tallage : <i>St 1</i> - épis 1 cm : <i>St 2</i> - mi-tallage à début montaison : <i>St 3</i> - 2 noeuds : <i>St 4</i> - fin gonflement : <i>St 5</i> - Floraison : <i>St 7</i> - 2 et 3 ème feuilles sous épis - floraison : <i>St 6</i> 	<p>Les principaux symptômes foliaires de carences en éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> - K : jaunissement puis dessèchement de l'extrémité des vieilles feuilles, progressant le long des bords du limbe ; - N : jaunissement de l'extrémité des vieilles feuilles progressant en V le long de la nervure centrale ; - Mg : jaunissement internervaire du limbe des vieilles feuilles ; - Mn : chlorose généralisée avec des petites tâches blanches nécrotiques au milieu de la longueur de la feuille ; - P : rougissement puis nécrose des vieilles feuilles ; - S : jaunissement uniforme de la base des jeunes feuilles à partir du début de la montaison - Cu : jaunissement puis blanchiment de l'extrémité des plus jeunes feuilles à partir du stade gonflement. 	1	> 6,0	0,3 à 0,4	> 4,0		0,12 à 0,2			8 à 10				
			2	4,5											
			3	> 3,6											
			4			> 2,4									
			5			> 2,3				< 0,2	0,24		< 20		
			6	2,4 à 3,2	>	1,9 à 2,5			>	>					
			7		0,25				0,13	0,25	0,22		3 à 6		> 25
Sorgho	- la 3 ème feuille sous l'épis. Les analyses porteront sur les limbes des feuilles : <i>St 1</i>		1	3,2 à 4,2	0,2 à 0,6	2,0 à 3,0	0,2 à 0,9	0,2 à 0,5	-	1 à 10	2 à 15	55 à 200	6 à 10	20 à 40	
Tomate	<ul style="list-style-type: none"> - l'organe choisi est généralement la feuille (limbe + pétiole) entre la floraison et la récolte du premier bouquet; - la 5 ème ou 6 ème feuille à partir du sommet : <i>St 1</i>. 		1	4,5 à 5,1	0,4	6 à 10	1,3 à 1,5	0,5							
Concombre	- 4 ème et 5 ème feuille à partir du sommet (Limbe : L et Pétiole : P)	L/P = % MS dans le Limbe / % de MS dans le pétiole	L/P	1,76	1,16	0,36	2,5	1,99							

Tableau N° 2 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe analysé lors du prélèvement	Remarques concernant les éléments minéraux : Carences et toxicités	NORMES (en % de MS et en ppm*)												
			Stade St	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
Maïs	<p>- la feuille de l'épis dès le début du renflement provoqué par le nouvel épi sur la tige à l'aisselle de la feuille : <i>Stade 1</i> ;</p> <p>- la plante entière quand elle est inférieure à 30 cm de haut : <i>Stade 2</i> ;</p> <p>- la plante entière au stade 6 - 7 feuilles : <i>Stade 3</i> .</p>	<p>Intéactions négatives intenses entre l'alimentation en fer et l'alimentation en zinc : intérêt du rapport Fe/Zn ;</p> <p>le niveau critique de zinc est de 15 ppm mais ces teneurs sont plus élevées dans les feuilles de la partie supérieure de la plante ainsi qu'au cours des premiers stades de la croissance. Ce niveau critique en zinc dépend également des hybrides.</p> <p>Les principaux symptômes foliaires de carences en éléments :</p> <p>- K : jaunissement puis dessèchement de l'extrémité des vieilles feuilles progressant le long des bords du limbe ;</p> <p>- N : jaunissement de l'extrémité des vieilles feuilles progressant en V le long de la nervure centrale jusqu'au stade 10 feuilles : aspect général de la végétation de pâle à très pâle ;</p> <p>- Mg : ponctuations blanches séparées par des zones vertes entre les nervures. Jaunissement internervaires sur l'extrémité du limbe des vieilles feuilles ;</p> <p>- Mn : chlorose généralisée avec des petites taches blanches nécrotiques au milieu de la longueur de la feuille ;</p> <p>- P : coloration vert bronzé à rouge pourpre de l'extrémité de l'ensemble de feuilles, voire de la plante entière ;</p> <p>- S : jaunissement internervaire des jeunes feuilles plus prononcé à leur base ;</p> <p>- Zn : plages blanchâtres de chaque côté de la nervure centrale sur le tier inférieur des jeunes feuilles. Symptômes visibles du stade 6 feuilles au stade 10-12 feuilles ;</p> <p>- Cu : dessèchement de l'extrémité des jeunes feuilles dès le stade 6-8 feuilles, visibles jusqu'à la floraison.</p>	1	2,8 à 3,6	0,25 à 0,40	1,71 à 2,25	0,21 à 0,5	0,16 à 0,20		6 à 25	6 à 20		20 à 150	20 à 70	
			2	3,5 à 5	0,3 à 0,5			0,15 à 0,45				5 à 20		25 à 300	20 à 60
			3							> 0,3					

Tableau N° 3 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe analysé lors du prélèvement	Remarques concernant les éléments minéraux : Carences et toxicités	NORMES (en % de MS et en ppm*)												
			Stade St	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
Pois	<ul style="list-style-type: none"> - une feuille adulte sans pétiole (stade non précisé) : <i>stade 1</i> ; - feuille du 3^{ème} noeud à partir du sommet : - au stade 8 noeuds : <i>stade 2</i> ; - en pleine floraison : <i>stade 3</i> 	<p>Les principaux symptômes foliaires de carences en éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> - K : jaunissement puis dessèchement du bord des vieilles feuilles ; - Mg : décoloration internervaire des vieilles feuilles, moins marquée sur les bords ; - Mn : jaunissement internervaire des jeunes feuilles à partir des bords du limbe ; - P : dessèchement des vieilles feuilles à partir de leur extrémité ; - S : jaunissement des jeunes feuilles avec une forte réduction de croissance ; - Cu : jeunes feuilles de couleur vert gris puis desséchées ; - Fe : jaunissement uniforme des jeunes feuilles ne respectant pas les nervures ; - B : folioles et vrilles des jeunes feuilles de taille réduite, desséchées ou fripées (les symptômes sur feuilles sont souvent peu nets) ; - Mo : feuilles chlorotiques et légèrement tordues, de teinte vert pâle. Zones nécrotiques le long de la nervure principale et des bords. 	1		> 0,35	> 2		>0,2	>0,2	>20	>5	>50	>20		
			2		0,36 à 0,5	1,3 à 2,0									
			3			1,1 à 1,5									
Agrumes	<ul style="list-style-type: none"> - la feuille entière (limbe + pétiole) le stade n'est pas précisé ; - la feuille de rameaux fructifères (F) c'est à dire les rameaux portant le ou les fruits. On appelle rameaux non fructifères : NF. 		F	2,2 à 2,7	0,12 à 0,18	1,0 à 1,7	3,0 à 6,0	0,3 à 0,6	0,2 à 0,3	50 à 200	5,1 à 15	60 à 150	25 à 100	25 à 100	
			NF	2,4 à 2,6	0,12 à 0,16	0,7 à 1,09	3,0 à 5,5	0,26 à 0,6	0,2 à 0,3	31 à 100	5 à 16	60 à 120	25 à 200	25 à 100	

Tableau N°4 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe analysé lors du prélèvement	Remarques concernant les éléments minéraux : Carences et toxicités	NORMES (en % de MS et en ppm*)												
			Stade St	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
Mangüier	- la feuille entière (limbe + pétiole) sur les rameaux terminaux de la pousse principale de l'année, si possible fructifère (F) ; - la période de pleine floraison est facile à repérer, elle est donc recommandée, mais les feuilles prélevées doivent être au même stade de développement pour tous les arbres.	- les déficits en zinc, en bore, en manganèse et en cuivre ont été observés en particulier quand la fumure azoté est excessive ; - les variétés diffèrent peu entre elles pour le zinc et des niveaux > a 20 ppm sont corrects, < à 15 ppm ils correspondent à une carence ; - les jeunes feuilles d'arbres sains sont plus riches que les feuilles âgées mais les niveaux de carences sont identiques.	partie aériennes	1,0 à 1,5	0,08 à 0,17	0,3 à 0,8	2,0 à 3,5	0,15 à 0,4							
			Pousse de l'année	0,78 1,37	0,10 0,15	0,63 1,14	1,38 1,4	0,11 0,19	0,07 0,10	7,4 7,05	75 6,5	2577 162	274 269	55 17	
			Fruit : peau pulpe	0,59 0,55	0,09 0,11	0,94 1,21	0,38 0,05	0,17 0,09							
			Noyau amande coque	0,91 0,44	0,17 0,05	1,09 0,38	0,11 0,2	0,17 0,06							
Papayer	- la feuille "F" est celle qui porte à son aisselle la plus jeune fleur entièrement épanouie. Il est préférable d'échantillonner la feuille située immédiatement en dessous et de 5 rang plus âgée (F+5). - le limbe ou/et le pétiole peuvent être prélevés, mais toujours séparément. - le pétiole qui peut atteindre 1 m est divisé en trois parties : 1/3 apical, 1/3 médian, 1/3 basal. Le 1/3 médian est le plus souvent prélevé de la feuille F+5 : <i>stade 1</i> ; - le limbe est constitué de plusieurs lobes, le lobe médian, bien délimité par les échancrures atteignant presque le point d'attache pétioleaire, est utilisé lors des prélèvements (de la feuille F+5) : <i>stade 2</i> .	- une déficience en bore dans les feuilles et les tiges a été publiée ; - une déficience multiple en B, Zn et Mn a été soupçonnée sur la variété "Wilder" en Guadeloupe.													

Tableau N°5 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

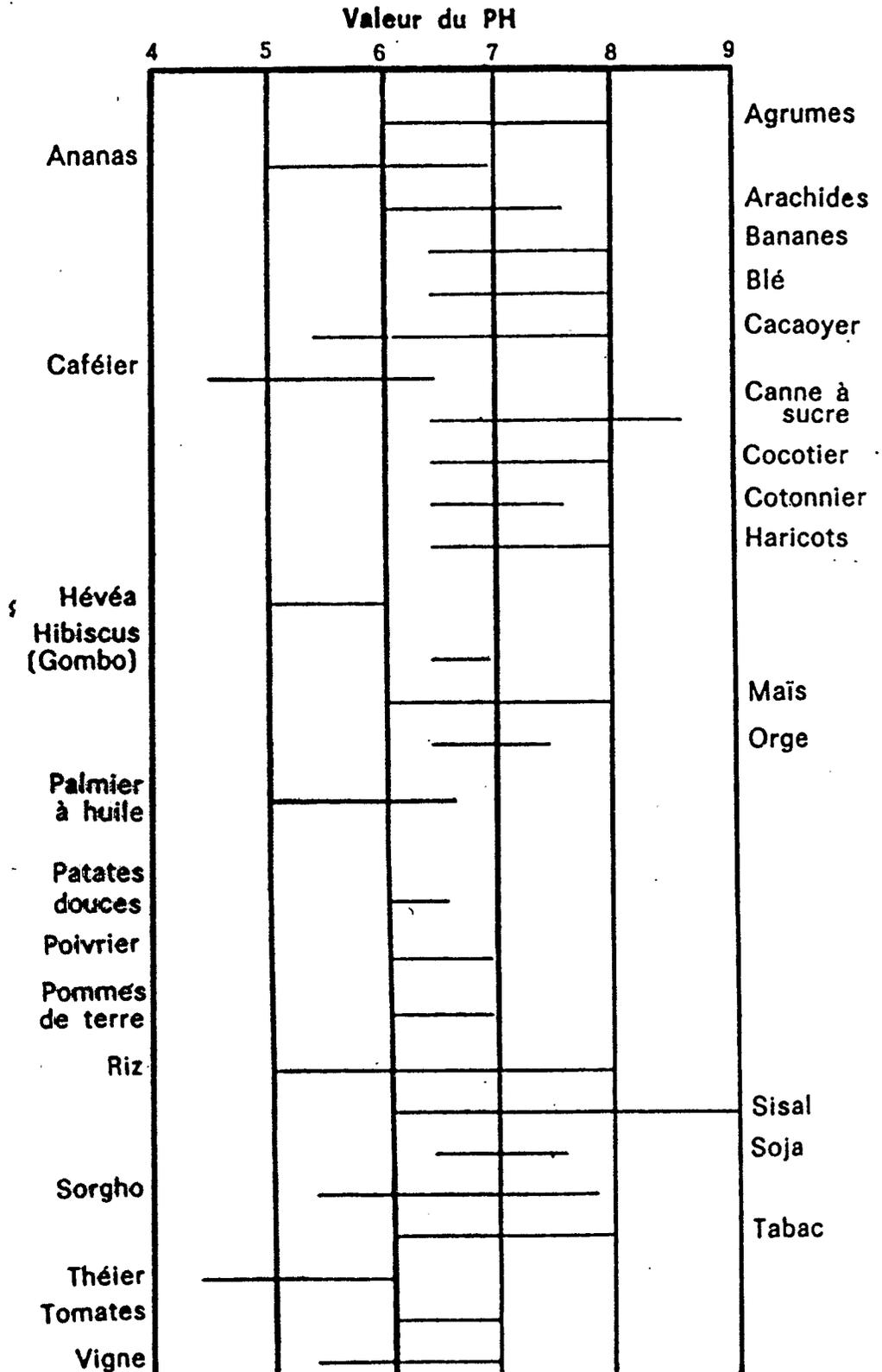
Plante cultivée	Organe analysé lors du prélèvement	Remarques concernant les éléments minéraux : Carences et toxicités	NORMES (en % de MS et en ppm*)												
			Stade	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
Bananier	<p>- les prélèvements se feront au stade "rejet en fin de croissance ;</p> <p>- le limbe est le plus souvent utilisé, vu ses dimensions, son prélèvement intégral est rarement envisagé. Les gradients à l'intérieur de chaque demi-limbe sont extrêmement accusés, dans le sens transversal comme dans le sens longitudinal, il est donc conseillé de prélever les demi-limbes : limbe interne et limbe externe à mi longueur de la 3^{ème} feuille à partir du sommet : <i>stade 1</i> ;</p> <p>- la nervure centrale de la 3^{ème} feuille à partir du sommet : <i>stade 2</i> ;</p> <p>- le pétiole de la 7^{ème} feuille à partir du sommet : <i>stade 3</i> .</p> <p>-- les analyses de fruits : l'échantillonnage portait sur 10 fruits tirés au sort parmi l'ensemble. Les différences de compositions sont apparues entre la hampe, les coussinets, le pédoncule, la peau et la pulpe.</p>	<p>- le limbe est le plus propice à l'estimation de la nutrition en N, Cl, B, Fe, Ca. Le pétiole à celle en P, Mg, Mn. Tous deux sont équivalents pour K, Na et Zn.</p> <p>les principaux symptômes foliaires de carence en éléments :</p> <p><i>1 - Symptômes généralisés :</i></p> <p>- N : chlorose généralisée avec accentuation sur les vieilles feuilles. Coloration jaune-vert pâle des limbes, jaune-vert rosé des pétioles et des graines. La croissance est fortement ralentie.</p> <p><i>2 - Symptômes sur jeunes feuilles :</i></p> <p>- S : retard de coloration des limbes s'accompagnant d'un ralentissement de croissance. Sur les bananiers plus âgés il y a des troubles de la différenciation avec des déformations morphologiques importantes : épaissement des nervures secondaires, gaufrage des feuilles et réduction des limbes.</p> <p>- Ca : chlorose en dent de scie localisée vers l'extrémité des feuilles. Ces dents chlorotiques sont de couleur jaune à brun pourpre. Rabougrissement végétatif.</p> <p>- Zn : chlorose en bandes dans le sens des nervures secondaires, souvent blanches.</p> <p>- B : déformations morphologiques très importantes sur les jeunes feuilles : limbes réduits de formes irrégulières gaufrés et ondulés sur les bords. Emission en abondance de rejets avec des symptômes accentués.</p> <p>- Mn : chlorose en peigne : au début un fin liseré vert en bordure de feuille qui progresse vers la nervure principale, le feuillage prend alors une coloration jaune vert sale.</p> <p><i>3 - sur les vieilles feuilles :</i></p> <p>- Mg : jaunissement demeurant parallèle aux marges foliaires et importantes déformations morphologiques : feuilles irrégulières déformées de largeur réduite.</p> <p>- P : feuillage de coloration vert foncé à tendance bleutée ou bronzée. Nécroses anguleuses en dent de scie.</p> <p>- K : jaunissement fulgurant des feuilles.</p>	1	2,6	0,2	3,0	0,5	0,3	0,23	11	9	80	25	18	
			2	0,65	0,08	3,0	0,5	0,3		10	7	50	80	12	
			3	0,4	0,07	2,1	0,5	0,3	0,35	8	5	30	70	8	
			Fruit:												
			hampe	0,88	0,26	12,9	0,48	0,19							
			Coussinets	0,87	0,19	9,5	0,88	0,33							
			pédoncules	0,87	0,16	9,5	0,68	0,30							
			peau	1,12	0,20	6,9	0,38	0,16							
			pulpe	0,70	0,09	1,3	0,03	0,09							

5.3 - ANNEXE N°3

Tableau de répartition des cultures en sols acides et en sols alcalins

CULTURE DE SOLS ACIDES

CULTURES DE SOLS ALCALINS



6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lundegardh H. 1956. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux.
- De Geus et Jan G. 1973. Fertilizer Guide for tropics and subtropics. Centre d'étude de l'azote, 774 pages.
- Mémento de l'agronome. 1991. Quatrième édition, collection "Techniques rurales en Afrique". Ministère de la coopération et du développement, Deuxième partie : agriculture spéciale, p. 641-1013.
- L'Huillier L. et Edighoffer S. 1991. Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Nouvelle-Calédonie. Etude de la toxicité du nickel sur les plantes cultivées : synthèse des connaissances actuelles. Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, 11 : 16 p.
- Bourdon E. et Becquer T. 1992. Etude préliminaire de l'organisation pédologique des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Grande Terre : Zones de La Coulée et de la Lembi. Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, 12 : 19 p.
- L'Huillier L. et Edighoffer S. 1992. Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Nouvelle-Calédonie. Etude des effets de doses toxiques de sulfates de nickel sur la croissance, le développement et la nutrition du maïs. Nouméa ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, 13 : 82 p.
- L'Huillier L. 1992. Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Nouvelle-Calédonie. Effets d'une fumure organique sur la croissance et la nutrition minérale du maïs cultivé sur un sol ferrallitique riche en métaux lourds (Ni, Mn, Cr, Co). Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, 15 : 112 p.
- Bourdon E. et Becquer T. 1992. Etude de l'organisation pédologique des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Grande Terre : zones de la Coulée et de la Lembi. Caractérisation physico-chimique des sols. Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, 16 : 88 p.