

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPEDOLOGIE

N° 22

1993

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

1- Définition et mise à l'épreuve de la démarche
agropédologique grâce à une première enquête
réalisée chez M. Cochard

Sylvie EDIGHOFFER
Emmanuel BOURDON

Avenant n°2 à la convention
PROVINCE SUD / ORSTOM
Notifié le 5 juin 1992

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPÉDOLOGIE

N° 22

1993

**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**

**1- Définition et mise à l'épreuve de la démarche agropédologique
grâce à une première enquête réalisée chez M. Cochard**

**Sylvie EDIGHOFFER
Emmanuel BOURDON**

**Avenant n°2 à la convention
PROVINCE SUD / ORSTOM
Notifié le 5 juin 1992**



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

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1993

/Edighoffer, S.
/Bourdon, E.

Mise en valeur des sols ferralitiques 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. 1- Définition et mise à l'épreuve de la démarche agropédo-
logique grâce à une première enquête réalisée chez M. Cochard

Nouméa : ORSTOM. Novembre 1993. 87 p.
Conv. : Sci. vie : Agropédol. ; 22

Ø68SPASOL

ENQUETE AGROPEDOLOGIQUE ; SOL FERRALLITIQUE ; METAUX LOURDS ;
METHODOLOGIE ; PLANTE MARAICHERE / NOUVELLE CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM
Novembre 1993



AVERTISSEMENT

Ce rapport rend compte des résultats obtenus en 1992 concernant l'enquête agropédologique sur l'étude du 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 2 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. Bourdon, E. Ouckewen, L. Taputuarai et W. Nigote du laboratoire d'Agropédologie ;

- J. Pétard, Chef du laboratoire d'Analyses et les membres de son équipe.

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.....	7
1.1 -Objectif de l'enquête.....	7
1.2 -Les trois phases de l'enquête	8
2 - PHASE I : COLLECTE D'INFORMATIONS GENERALES SUR L'EXPLOITATION.....	9
Questionnaire concernant l'exploitation	11
3 - PHASE II : RECONNAISSANCE DES DIFFERENTS FACIES PEDOLOGIQUES DE L'EXPLOITATION ; UN EXEMPLE EN PLAINES ALLUVIALE.....	21
3.1 -Les cinq étapes de la démarche à suivre pour la cartographie d'une zone d'étude au 1/2 000 ème.....	23
Fiche n°1 : croquis récapitulatif de la démarche	25
3.2 -Première et deuxième étapes : superposition des unités pédologiques, carte au 1/10 000 ème, identification des systèmes-sols	24
Fiche n°2 : identification des parcelles de l'exploitation de M.Cochard.....	27
3.3 -Troisième et quatrième étapes : réalisation du pédo- comparateur et cartographie des volumes de sol de la parcelle à étudier	28
Fiche n°3 : réalisation du pédo-comparateur pour obtenir une cartographie des volumes de sols de la parcelle n°15 en plaine alluviale.....	29
Fiche n°4 : caractéristiques de la parcelle n°15	31
Fiche n°5 : technique de réalisation d'un comparateur pédologique	35

3.4 -Cinquième étape : le profil cultural	36
3.4.1- Positionnement du profil dans la parcelle	36
3.4.2- Localisation, dimension de la fosse. Orientation et organisation	36
3.4.3- Réalisation de la fosse	36
3.4.4- Les repères sur la face d'observation.....	36
3.4.5- Identification des horizons et / ou des volumes structuraux homogènes ..	36
3.4.6- Réalisation de deux profils culturaux.....	37
3.4.6.1- <i>Réalisation du profil cultural n°1, en plaine alluviale</i>	37
- Photographie du profil cultural n°1	37
- Schéma du profil cultural n°1	38
- Description des horizons	39
- Interprétation agropédologique du profil cultural n°1	41
3.4.6.2- <i>Réalisation du profil cultural n°2, en plaine alluviale</i>	42
- Photographie du profil cultural n°2	42
- Schéma du profil cultural n°2	43
- Description des horizons	44
- Interprétation agropédologique du profil cultural n°2	46
4 - PHASE III : REFERENTIEL SOL-PLANTE DES TENEURS EN METAUX LOURDS DES CULTURES SUR LES SOLS FERRALLITIQUES DU SUD CALEDONIEN	47
4.1 -Les différentes analyses à réaliser	49
4.1.1- Au niveau de la zone d'étude.....	49
4.1.2- Au cours des diverses prospections	49
4.2 -Remarques concernant les prélèvements	50
4.3 -Préparations spécifiques des échantillons	51
4.3.1- Lavage.....	51
4.3.2- Séchage aux tunnels à infrarouges.....	51
4.3.3- Mise à l'étuve.....	51
4.3.4- Broyage	51
4.3.5- Analyses chimiques par le laboratoire de chimie	51

4.4 -Répartition des éléments minéraux dans l'exemple choisi en plaine alluviale.....	53
4.4.1- Répartition des éléments minéraux dans le sol.....	53
4.4.2- Répartition des éléments minéraux dans les végétaux.....	55
4.4.2.1- <i>Eléments majeurs</i>	55
4.4.2.2- <i>Oligo-éléments</i>	57
5 - ANNEXES.....	59
5.1 -Annexe n°1 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur la propriété de M. Cochard (tableaux N° 1 à 10).	61
5.2 -Annexe n°2 : Normes de teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement (tableaux N° 11 à 16).....	73
6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	81

ENQUETE SUR LE STATUT DES NUTRIMENTS ET DES METAUX LOURDS CHEZ LES VEGETAUX CULTIVES SUR LES DIFFERENTS FACIES DES SOLS FERRALLITIQUES DES MASSIFS DU SUD

1- DEFINITION ET MISE A L'EPREUVE DE LA DEMARCHE AGROPEDOLOGIQUE GRACE A UNE PREMIERE ENQUETE REALISEE CHEZ M. COCHARD.

1 - INTRODUCTION

Les responsables du Développement Rural observent depuis une quinzaine d'années déjà, que les cultures effectuées sur les différents faciès des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Grande Terre soulèvent de nombreux problèmes. En particulier, leurs rendements sont assez souvent faibles et l'allure générale des plants est parfois anormale.

Pour préciser la nature de ces problèmes, il fut donc décidé, 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**, de réaliser une enquête agropédologique chez les agriculteurs de la région en question. Rappelons ici, que les solutions à apporter à un certain nombre de ces problèmes déjà identifiés sont en cours d'étude par ailleurs, à l'aide de recherches expérimentales en serre, au champ ou en laboratoire.

1.1 - Objectif de l'enquête

L'enquête 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 Lembi 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 de sol.

1.2 - Les trois phases de l'enquête

Réalisée, dans un premier temps, chez les exploitants agricoles des vallées de La Coulée et de la Lembi, l'enquête s'organisera, au niveau de chaque exploitation, en trois phases :

1- une collecte d'informations générales par l'intermédiaire d'un questionnaire à remplir chez l'agriculteur, collecte qui doit renseigner sur l'organisation et les itinéraires techniques propres à l'exploitation ;

2- une reconnaissance des différents faciès pédologiques de l'exploitation, dans le but de mieux situer les comportements et / ou les symptômes anormaux de développement des végétaux cultivés. Cette reconnaissance s'appuiera sur la carte morpho-pédologique au 1 / 25 000 ème des vallées de La Coulée et de la Lembi d'E. Bourdon et T. Becquer, ainsi que sur un travail de terrain de repérage des volumes de sols et de description de profils culturaux sur les parcelles sélectionnées ;

3- un suivi des parcelles sélectionnées avec observation de la végétation et prélèvements d'échantillons de sol et de végétaux à des stades définis.

2 - PHASE I

COLLECTE D'INFORMATIONS GENERALES SUR L' EXPLOITATION

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

Ci-joint le questionnaire à réaliser chez l'agriculteur.

QUESTIONNAIRE AGRICULTEUR

CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION

A - Situation de famille

1. Nom de l'exploitant :
2. Formation de l'agriculteur :
3. Existe t-il dans la famille des personnes ayant eu une formation agricole ou autre? Si oui, laquelle ?.....
.....
.....
4. Exercez-vous une autre activité que celle d'agriculteur ?.....
.....
.....
5. Depuis combien d'années êtes-vous agriculteur ?.....
.....

B - Situation de l'exploitation

6. Nom de l'exploitation :
7. Statut de l'exploitant :

Propriétaire	Locataire	Autres

8. Date de la première mise en valeur :
9. Localisation de l'exploitation :

10. Superficie de l'exploitation :

11. Nombre de parcelles au total :

12. Nombre de parcelles inaccessibles :

13. Distance de la parcelle la plus éloignée des bâtiments techniques de l'exploitation :

14. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine

15. Existe t-il une station météo proche de l'exploitation ?
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 ?

D - Matériel agricole

17. Quels matériels utilisez-vous ?

Opérations culturales	Matériels utilisés
labour	
préparation du lit de semences	
épandage de produits divers	
récolte	

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

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

Ordre d'utilisation	Machine utilisée
1	
2	
3	
4	
5	

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

SYSTEMES 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				
courgette				
chou				
aubergine				
poireau				
tomate				

<i>Cultures fruitières</i>				
orange				
mandarine				
citron				
pamplemousse				
banane				
ananas				
pomme-liane				
litchi				
mangue				

Cultures	Variétés	Localisation	Dates de culture	rendement
<i>Cultures vivrières</i>				
igname				
patate				
taro				
manioc				

<i>Autres cultures</i>				
café				
pervenche				

22. Parmi ces productions, quelles sont celles qui vous intéressent le plus ?.....
.....
.....
.....

23. A quelles dates pratiquez-vous ces productions ?.....
.....
.....

24. Quels sont les rendements atteints ?.....
.....

25. Quelles sont les principales variétés, de chaque production ?.....
.....
.....

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

B - Technique de production

27. Qu'apportez-vous comme engrais ?

Ordre des apports	Type d'engrais
1	
2	
3	
4	

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

Type de matière organique	Quantité
résidus de récolte	
fumier	
lisier	
autre	

29. Réalisez-vous une préparation spécifique du sol pour chaque production ? Si oui, laquelle ?

30. Pratiquez-vous l'irrigation ?

oui	non
-----	-----

Nombre de parcelles irriguées ?

Surfaces irriguées au total ?

31. Avez-vous (ou avez-vous eu) des problèmes de maladies ?

32. Avez-vous eu recours à des traitements phytosanitaires sur vos cultures ? ..
.....
.....

33. Quelles types de successions réalisez-vous sur vos parcelles ?
.....
.....
.....

34. Connaissez-vous des zones où les cultures sont particulièrement faciles à réaliser ?
.....
.....

Connaissez-vous des zones où les cultures ne viennent pas ?
.....

Savez-vous pourquoi ?
.....
.....

C - Cultures envisagées dans l'avenir

35. Quelles sont les cultures à abandonner ? Pourquoi ?
.....
.....
.....

36. Voulez-vous essayer de nouvelles cultures ? Savez-vous les conduire ?
.....
.....
.....

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

SYSTÈMES D'ÉLEVAGES

A - Différents types d'élevages

38. Quels types d'élevages pratiquez-vous ?

Elevages	Race	Importance de l'élevage	Age moyen
bovin			
ovin			
porc			
volailles			
poule			
poulet			
pigeon			
canard			
oie			
pintade			
lapin			
autres			

39. Parmi vos élevages, quels sont ceux qui vous intéressent le plus ?

.....

40. Quels sont les plus rentables ?

.....

B - Conduite de ces élevages

41. Voulez-vous abandonner certains élevages ?

.....

42. Voulez-vous essayer un nouvel élevage ? Si oui, lequel ?.....

FONCTIONNEMENT DU PARCELLAIRE

43. Pensez-vous avoir des problèmes climatiques sur votre exploitation ?
.....
.....

**44. Les sols présents sur votre exploitation sont-ils fertiles ?
Relativement homogènes ? Combien de types de sols distinguez-vous ?.....**
.....
.....

45. Avez-vous des problèmes d'érosion ?
.....
Si oui, de quels types ?
.....
Sur quelle parcelle ?
.....
Qu'avez-vous fait pour y remédier ?
.....
.....

46. Quels sont les principaux problèmes rencontrés sur vos cultures ?
.....
.....

**47. Avez-vous remarqué des symptômes anormaux de développement ?
Si oui, quel traitement avez-vous appliqué ?**
.....
.....
.....

3 - PHASE II

RECONNAISSANCE DES DIFFERENTS FACIES PEDOLOGIQUES DE L'EXPLOITATION

(Le cas de l'exploitation de Monsieur COCHARD est pris
comme exemple)

3.1 - Description, sous forme d'organigramme, des cinq étapes de la démarche à suivre pour la cartographie d'une zone d'étude au 1 / 2 000 ème

La reconnaissance des différents faciès pédologiques de l'exploitation passe par cinq étapes successives :

1ère ETAPE : SUPERPOSITION DES UNITES PEDOLOGIQUES A L'EXPLOITATION DE M. COCHARD

L'exploitation agricole est située sur la carte au 1/10 000 ème des différentes unités morfo-pédologiques des vallées de La Coulée et de la Lembi (carte qui est un agrandissement de la carte géomorphopédologique au 1/25 000 ème, Bourdon E. et Becquer T. , 1992).

2ème ETAPE : IDENTIFICATION DES SYSTEMES-SOLS DE LA ZONE D'ETUDE

Il est alors possible de repérer différentes unités de sol qui correspondent à différents modelés et chaînes de sol. (CF. fiches de description de la carte pédologique). Aux modelés sont associés des horizons-diagnostiques de référence dont la superposition et l'agencement forment des volumes de sol qui seront déterminés ultérieurement au sein de la parcelle intéressant notre étude.

La ou les zones d'études sont sélectionnées en fonction de la culture en place et de l'unité cartographique sous laquelle la grande majorité des agriculteurs réalisent leurs cultures maraîchères.

3ème ETAPE : REALISATION DU PEDO-COMPARATEUR

Des sondages tarières sont réalisés sur ces parcelles sélectionnées, pour repérer l'ordre d'association et/ou de superposition des horizons diagnostiques de référence (CF. 2ème étape). Les critères de différenciation de ces horizons sont morphologiques, ils sont basés sur des différences de couleurs, de texture, de présence et/ou d'absence d'éléments grossiers. Les pédo-comparateurs sont des outils indispensables, dans la mesure où ils permettent d'identifier plusieurs modes d'assemblage d'horizons-diagnostiques, qui serviront sur le terrain, à établir une cartographie des volumes de sol.

4ème ETAPE : CARTOGRAPHIE DES VOLUMES DE SOL

Une fois repéré les différents volumes de sol dans les pédo-comparateurs, il convient de compléter ces observations par de nouveaux sondages tarières qui permettront alors, de préciser les limites de chaque volume, leurs extensions sur la parcelle.

5ème ETAPE : REALISATION DE PROFILS CULTURAUX

Pour chaque volume de sol on réalise un profil cultural et/ou un profil pédologique, pour mieux comprendre les relations sol-plante et les éventuels problèmes de toxicité liés aux métaux lourds.

La fiche n°1, ci-contre, présente à titre d'exemple, la poursuite des quatre premières étapes de la phase II appliquées à la parcelle n°15 de la propriété de M. Cochard.

3.2 - Première et deuxième étapes : superposition des unités pédologiques ; carte au 1 / 10 000 ème ; identification des systèmes-sols

Partant de la carte géomorpho-pédologique des vallées de La Coulée et de la Lembi au 1 / 25 000 ème (*Bourdon E. et Becquer T., 1992*) la zone sur laquelle se situe l'exploitation de M. Cochard est agrandie au 1 / 10 000 ème.

Les modelés de cette zone sont de trois types :

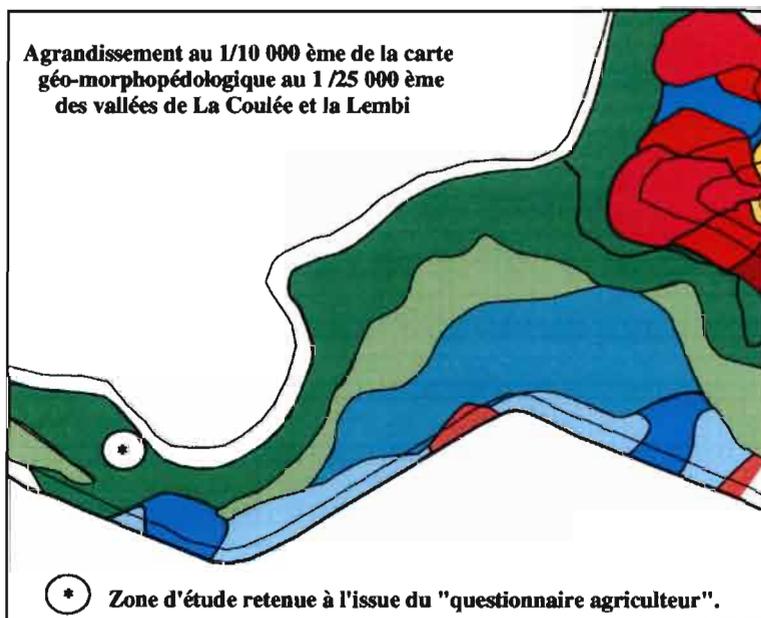
- un modelé de montagne associé aux formations de piedmonts issues de péridotites (unités : U1, U2, U3, U4 et U5) ;
- un modelé de plaine et de glacis colluvial issu d'apports colluvio-alluviaux (unités : U6 et U7) ;
- un modelé de plaine (unités U10 et U11) et de glacis alluvio-colluvial (unité : U8 en partie).

D'après les fiches de description des unités cartographiques (*Bourdon E. et Becquer T., 1992*), il est possible de repérer les horizons-diagnostiques correspondants au modelé de plaine et au modelé de montagne, ainsi que les chaînes de sols de référence. Les parcelles de l'exploitation sont identifiées en fonction des cultures en places (CF. Fiche n°2 : Identification des parcelles, ci-après).

D'après le questionnaire, la parcelle n°15 se situerait en plaine alluviale. La plaine alluviale comprend trois unités représentatives : l'unité U11 (de 0 à 1% de pente), l'unité U10 (de 0 à 2% de pente) et l'unité U8 en partie (de 0 à 5 % de pente).

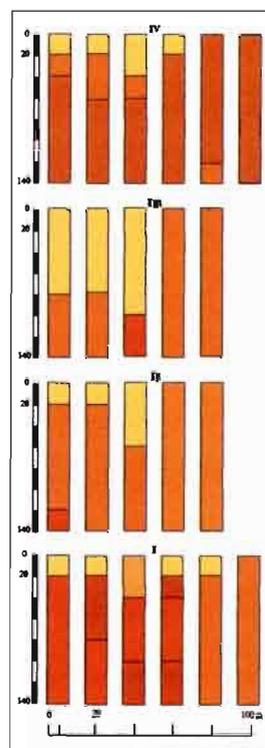
1 ère ETAPE :

Carte des unités pédologiques présentes sur l'exploitation de M. Cochard



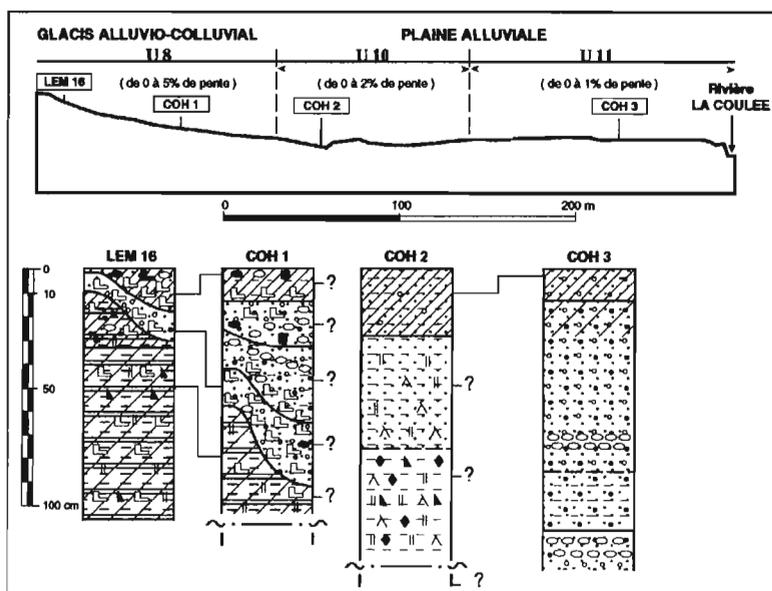
3 ème ETAPE :

Réalisation du pédo-comparateur et identification des horizons-diagnostiques



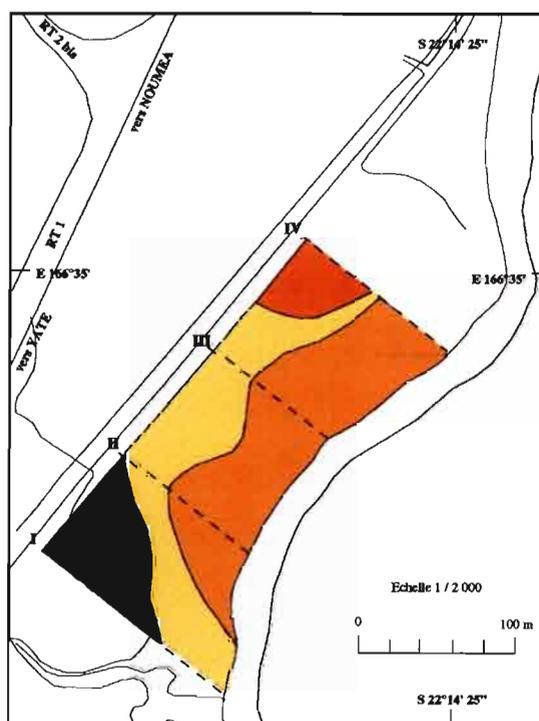
2 ème ETAPE :

Identification des système-sols de la zone d'étude correspondants aux unités U 8, U 10 et U 11



4 ème ETAPE :

Cartographie des volumes de sols de la zone d'étude parcelle n°15



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

Numéros des parcelles	Cultures actuellement en place
1	Parcelle recouverte d'herbe à oignon sans traitement et en patate-cury prochainement ;
2	Parcelle au repos, en traitement contre l'herbe à oignon ;
3	Cultures de courgette, aubergine, tomate et patate douce ;
4	Cultures de bananes d'ages différents, sachant que l'extrémité de la parcelle où se situent les bananes de 1984 est à l'arrachage pour être remplacées par des cultures maraîchères;
5	Culture de pervenches de Madagascar d'une hauteur d'environ 80 cm, une partie de cette parcelle est en attente d'implantation d'aubergine et de tomates ;
6	Culture de tomate,
7	Parcelle divisée en deux : partie proche de la rivière en jachère, l'autre partie est en bananiers ;
8	1/4 de la parcelle est en aubergine, courgette et tomate ; 1/4 est en jachère ; 1/2 en sorgho fourrager ;
9	Sorgho fourrager ;
10	Une partie de la parcelle est en carotte, courgette et concombre. Une autre partie est en sorgho fourrager ;
11 et 12	Sorgho fourrager ;
13	Une partie de la parcelle, la plus homogène, est en bananes, l'autre partie est en sorgho fourrager qui sera sûrement remplacé par de la carotte durant l'année 1993 ;
14	Cette parcelle est une zone hydromorphe avec présence de mouillères importantes qui peuvent être dangereuses lors du passage d'engins ;
15	Trois zones peuvent être distinguées sur cette parcelle : 15(1) : sous carotte en bas de la parcelle ; 15(2) : sous carotte en bordure de rivière ; 15(3) : le long de la route, anciennement en sorgho fourrager et prochainement sous carottes ;
16	Sorgho fourrager ;
17 et 18	Parcelles en bordure de route dans la zone de marais. La parcelle 17 est recouverte de buffalo (gazon) qui servira à la fabrication de plaques de gazon pour une entreprise (Pacifique Jardin). La parcelle 18 a été labourée il y a quelques mois. Elle est recouverte de graminées spontanées.

3.3 - Troisième et quatrième étapes : réalisation du pédo-comparateur et cartographie des volumes de sols de la parcelle à étudier

Des sondages à la tarière sont réalisés sur la zone d'étude pour repérer l'ordre d'association et / ou de superposition des horizons-diagnostiques.

Une fois repéré les différents volumes de sol dans les pédo-comparateurs, il convient de compléter ces observations par de nouveaux sondages tarières qui permettront alors, de préciser les limites de chaque volume et leur extension sur la parcelle.

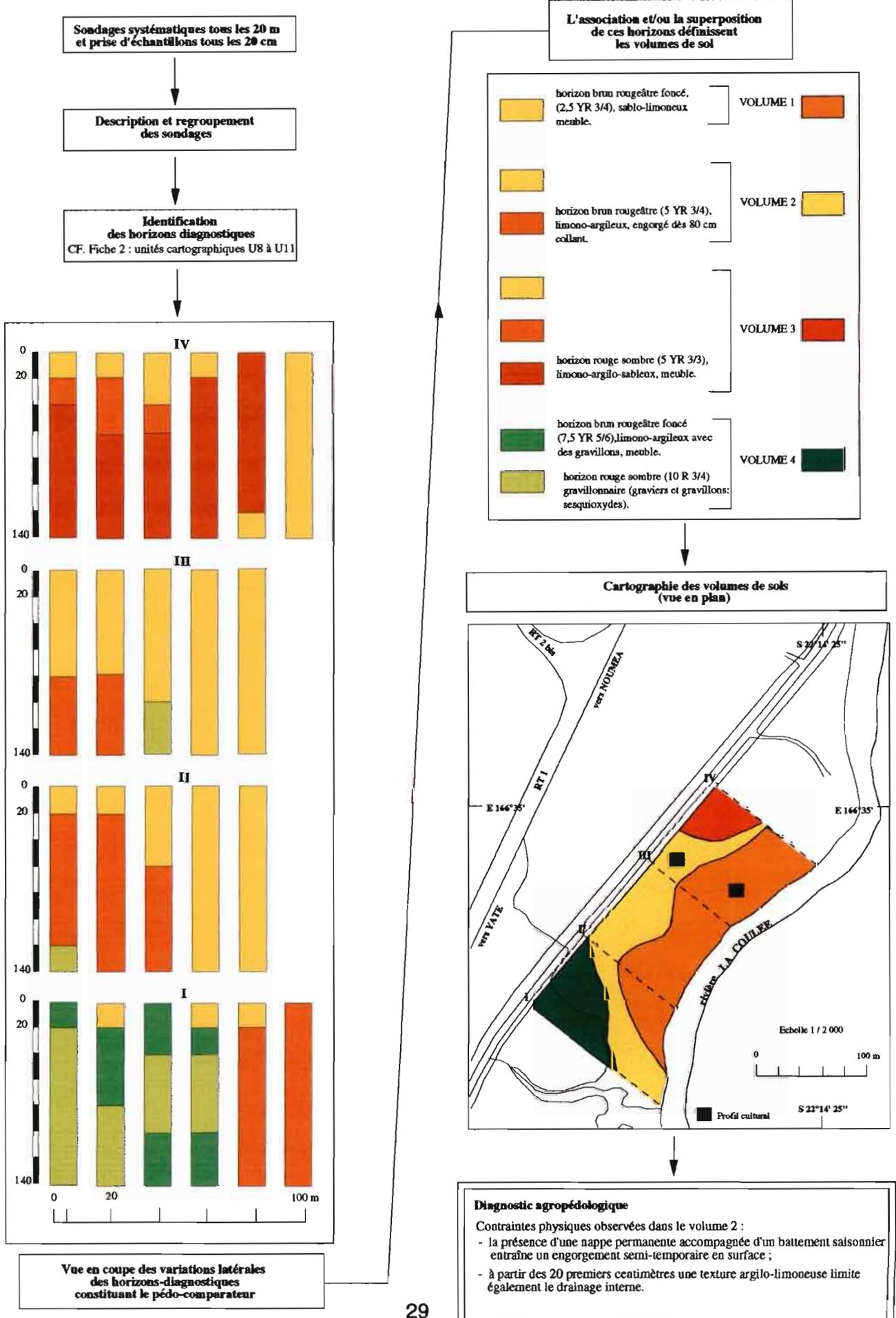
Les différents volumes de sols, sont rassemblés sur la carte au 1 / 2 000 ème de la parcelle étudiée : Méthodologie pour la réalisation de fiches de diagnostics agropédologiques de la parcelle n°15 (Fiche n°3 : ci-contre).

Les informations concernant le travail du sol et les amendements apportés sur la parcelle n°15 sont mentionnées dans la fiche n°4 ci-après.

Réalisation des pédo-comparateurs

La technique de réalisation des pédo-comparateurs est décrite dans la fiche n°5 ci-après.

Fiche n°3 : FICHES DE DIAGNOSTIQUES AGROPÉDOLOGIQUES
Exploitation de M.Cochard, parcelle n°15 située en plaine alluviale



**Fiche n°4 : Exploitation de M. Cochard : Caractéristiques de la parcelle à étudier
(parcelle n°15 située en plaine alluviale)**

ETUDE D'UNE PARCELLE PARTICULIÈRE
--

48. Quelle est la principale caractéristique de cette parcelle ?
 "Avec problèmes", pourquoi ?

 "Sans problèmes", pourquoi ?

49. Quelle est sa superficie ?

50. Qu'est ce qui entoure cette parcelle ?

51. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine

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

53. Existe t-il des obstacles à l'enracinement ? De quel type ?

54. Avez-vous une idée de la texture de ce sol ?
 Du pourcentage estimé, en argile ?
 Du pourcentage estimé, en limons fins et/ou Limons grossiers ?
 Du pourcentage estimé, en sables fins et/ou sables grossiers ?

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

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

drainage insuffisant	drainage parfois insuffisant	sol sain

57. Sensibilité à la sécheresse ?

sol séchant rapidement	sol conservant bien l'humidité

58. Type de culture en place ?

Culture	Motivations de la culture	date de semis	Variété	Rendement prévisible

59. Est-il possible de préciser les cultures antérieures ?

.....

.....

60. Maladies ou attaques d'insectes survenues lors de ces cultures ?

.....

.....

61. Amendements réalisés sur cette parcelle ?

.....

.....

62. Dates des principaux apports ?

Dates des apports	N-P-K	Chaux, calcaire, gypse	Matière organique	Autres apports

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

.....

.....

.....

.....

64. Pensez-vous à une carence ? A une toxicité éventuelle ?

.....

.....

.....

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

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

.....

.....

.....

A une autre époque de l'année ?

.....

.....

.....



Photographie d'un comparateur pédologique.

Fiche n°5 : Technique de réalisation du comparateur pédologique

Définition : Un comparateur pédologique est une grande caisse de bois, remplis de petites boîtes en carton, chargées de recevoir des échantillons de terres à différentes profondeurs. On peut ainsi visualiser et observer a posteriori ces fragments de terre et repérer les différents horizons (CF. description du pédo-comparateur ci-dessous et photographie ci-contre).

Matériel nécessaire : Pour contenir les prélèvements de sol on utilise les plateaux de séchage de sol qui sont en bois. On fabrique des petits cubes en papier, appelés godets échantillonneurs, dans lesquels seront disposés les échantillons de terre. Pour éviter toute erreur lors des prélèvements de sol, la boîte est graduée, tous les 20 cm, ce qui nous permet à tout moment de vérifier si le prélèvement réalisé correspond bien à la bonne profondeur.

Technique de prélèvement :

- avant d'aller sur le terrain, la tarière manuelle est graduée tous les 20 cm à l'aide d'un ruban adhésif de couleur ;
- la caisse du pédo-comparateur a été préparée auparavant, graduée et remplie de godets échantillonneurs. Il est important de ne pas oublier le couvercle de la boîte, pour éviter les pollutions extérieures ;
- dans un ordre chronologique de prélèvements, les échantillons de sol sont disposés dans les godets échantillonneurs, du haut vers le bas du profil ;
- l'état du sol lors des prélèvements donne des indications sur son humidité et son engorgement. Ces informations viendront compléter celles réalisées en laboratoire.

Description :

Profondeur en cm	prélèvements						
	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
10							
20							
40							
60							
80							
100							
120							
140							
160							
180							
200							
220							
240							

Caisse en bois remplie de godets échantillonneurs, devant recevoir les prélèvements de sol de différentes profondeurs.

Les chiffres de S3 à S9 représentent les prélèvements, qui sont effectués à treize profondeurs : de 0 à 10 cm, de 10 à 20 cm, de 20 à 40 cm jusqu'à 240 cm.

Entre chaque prélèvement la tarière est débarrassée de son sol et une petite quantité est déposée dans le godet échantillonneur en relation avec la profondeur du prélèvement. Les godets échantillonneurs ont, dans le cas présent, 5 cm de coté.

3.4 - Cinquième étape : le profil cultural

Le **profil cultural** est défini par Hennin et al. comme "l'ensemble constitué par la succession des couches de terre individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions"

3.4.1- Positionnement des profils culturaux dans la parcelle

Il y aura donc, au moins, autant de profils culturaux, qu'il y aura de volumes de sols sur la parcelle.

3.4.2- Localisation et dimension de la fosse d'observation ; orientation et organisation

Elle doit :

- 1 - se situer dans le volume cartographique ;
- 2 - être perpendiculaire au labour ;
- 3 - avoir une longueur égale au moins à une largeur de charrue ;
- 4 - avoir une largeur d'environ 60 cm pour être à l'aise ;
- 5 - permettre l'observation du profil au meilleur moment de la journée :
 - si la lumière est forte : face à l'ombre
 - si la lumière est faible : face éclairée ;
- 6 - être creusée en répartissant la terre du même côté, c'est à dire du côté opposé de la face d'observation.

3.4.3- Réalisation de la fosse

Elle peut se faire de deux manières : manuellement ou mécaniquement. Si on utilise la pelle mécanique, des précautions seront à prendre pour éviter tous tassements, plus particulièrement sur la face d'observation, devant laquelle la surface du terrain ne devra pas être modifiée. Avant d'observer le profil il faudra, au besoin, le rafraîchir.

3.4.4- Les repères sur la face d'observation

Les traces de roues et les lignes de semis sont repérées en surface, puis dessinées à la bonne échelle dans le cadre de la fiche d'observation prévue à cet effet. Ces mesures sont effectuées avec un double mètre.

3.4.5- Identification des horizons et/ou des volumes structuraux homogènes

Le volume structural homogène se repère dans le profil par le volume de sol se distinguant des volumes adjacents par son état structural, c'est à dire par la manière dont sont assemblés ses divers constituants et par les conséquences de cet assemblage (porosité, compacité). C'est l'unité de base de la description des sols cultivés et il est préférable de les numéroter pour plus de clarté dans les représentations.

3.4.6- Réalisation de deux profils culturaux, en plaine alluviale

3.4.6.1- Réalisation du profil cultural n°1

Profil cultural n°1, réalisé dans le volume de sol n°1 de la parcelle n°15, située en plaine alluviale.

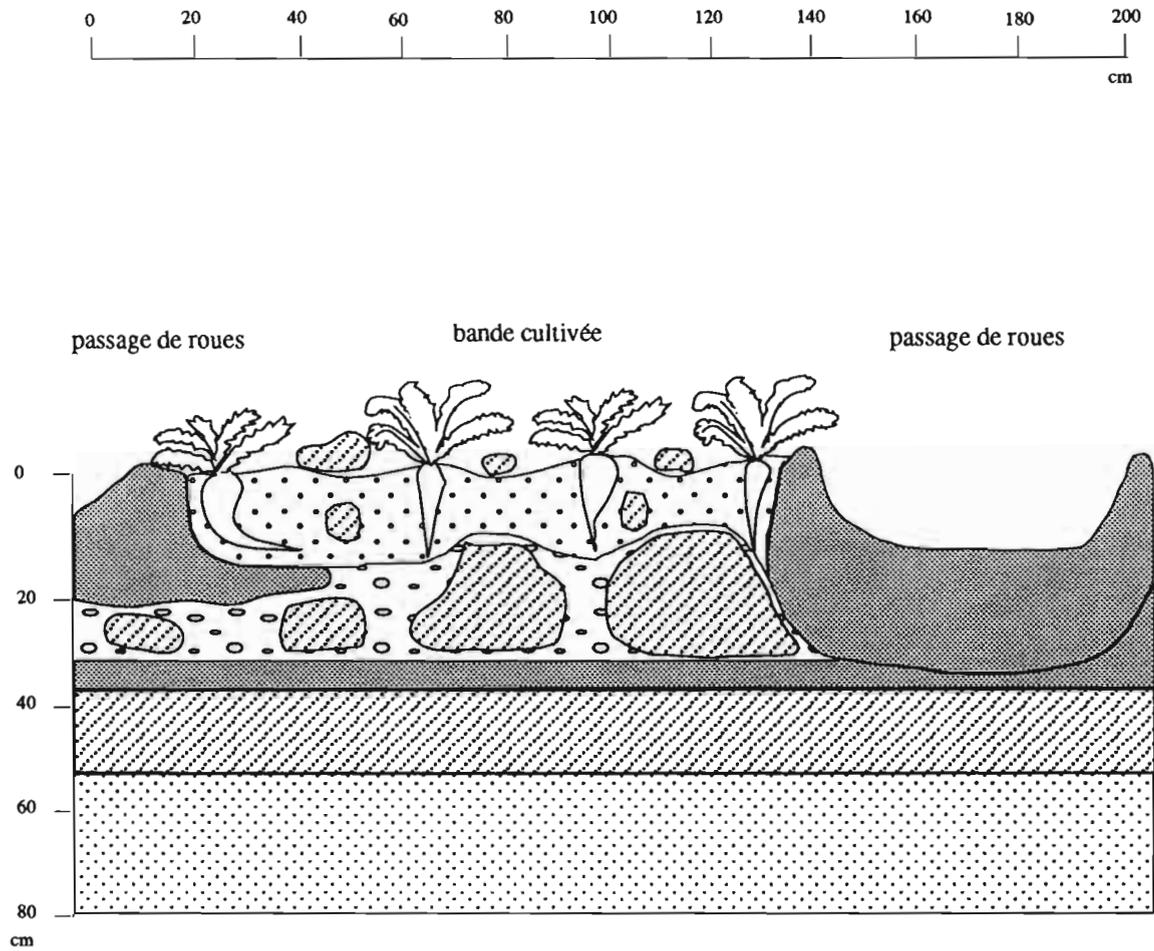
FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 1	Observateur : Sylvie	Date : le 13/08/92	Culture : carottes	Précédents : sorgho fourrager

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
sur une parcelle de carottes qui seront récoltées dans quinze jours.	le profil se situe perpendiculairement par rapport au labour à environ 50 mètres de la route en terre dans le VOL.1	- charrue, rotavator, herse, épandeur d'engrais ; - 2ème passage après les inondations ;

Photographie du profil cultural n°1



Schéma du profil cultural n° 1



LEGENDE

- Horizon de surface meuble, particulaire très peu compact qui permet le développement des carottes sur les 15 premiers centimètres de sol ;
- Horizon limono-sableux , à structure fragmentaire comprenant des éléments structuraux de moyenne à grande taille provenant de l'horizon limoneux situé en dessous ;
- Horizon très compact, de structure massive situé au niveau des passages de roues et à 30 cm environs sur toute la longueur du profil. Ces nombreux tassements sont responsables de cette semelle de labour à 30 cm et des traces de roues très marquées de part et d'autre du profil ;
- Horizon limono-argileux, assez compact, de couleur brun-jaunâtre dont les éléments structuraux se retrouvent dans tous les horizons supérieurs. Ceci peut s'expliquer par un travail du sol en profondeur au moins jusqu'à 50 cm ;
- Horizon gravillonnaire, très meuble avec de gros gravillons de sesquioxides de fer dont le diamètre varie de 2 à 5 mm .

PROFIL N°1					
HORIZONS	1	2	3	4	5
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	sablo-limoneuse	limono-sableuse	limono-argileuse	limono-argileuse	sableuse
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	frais	frais	frais	frais
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSSELL	5 YR 4/4	5 YR 3/4	5 YR 3/3	5 YR 3/4	2,5YR 3/2
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	fragmentaire polyédrique sub anguleuse	massive	fragmentaire	particulaire
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Faible - Assez important - Très important	très important	assez important	faible	assez important	assez important
6 - COMPACTITE - Très peu compacte - Peu compacte - Assez compacte - Très compacte	très peu compacte	peu compacte	très compacte	assez compacte	très peu compacte
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	sables fins	sables fins	blocs jusqu'à 20 cm de diamètre	petits gravillons 0,1 cm	gravillons 0,1 à 0,5
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable (NDD) - Faible - Importante - Très importante	très importante	importante	débris végétaux pailles et bois	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 mais irrégulière	très nette	distincte	nette
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dentrites - Carapaces - Cuirasses	/	/	/	taches brune à jaune	imprégnation métallique

PROFIL N°1					
HORIZONS	1	2	3	4	5
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	NDD	NDD	NDD
12 - RACINES - Nombreuse, aucune - 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	nombreuse < à 1 mm régulière entre les agrégats traversant l'horizon chenaux	nombreuse < à 2 mm régulière entre les agrégats traversant l'horizon chenaux et vide d'arrange- ment	aucune	qq racines < à 1 mm irrégulière entre les agrégats limité à l'horizon vides d'arrange- ment	aucune
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> <i>Faces</i> - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	< à 5mm courbes émoussées non	5 à 20 cm planes et courbes émoussées non	gros blocs 20 cm diamètre planes anguleuses non	< à 5 cm planes et courbes émoussées non	grains de sables et de sesquiox- ydes de fer de 2 à 5 mm
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	très fragile très friable	peu fragile peu friable	non fragile non fraible	peu fragile peu friable	très fragile très friable
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	non plastique	non plastique	non plastique	non plastique	non plastique
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	non identifié	massif	massif	massif fissuré	fragmentaire
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm2 - Forme et taille en mm cyindriques vaculaires vésiculaire intergranulaires	importants	peu important	absence	peu important cylindrique	/

Interprétation agropédologique du profil cultural n°1

Ce profil se situe dans un volume de sol sablo-limoneux (CF. 4ème étape, cartographie des volumes de sol). En surface, *l'horizon 1*, relativement meuble, est favorable à la croissance des jeunes carottes, alors que, de part et d'autre de cette bande de culture, une zone très compacte correspondant aux passages de roues empêche le développement de végétaux (*horizon 3*). On peut donc observer que les carottes se situant à proximité des passages de roues ont de très grandes difficultés à se développer convenablement, ce qui se traduit quelques fois par des déformations de leur racine principale (CF. schéma du profil n°1).

De plus, en dessous de cet horizon, apparaît une zone hétérogène avec de grosses mottes (*horizon 2*), qui empêchent également la croissance des carottes. Ces grosses mottes proviennent de l'horizon 4 qui a dû être retourné lors du travail du sol et s'est fragmenté en mottes relativement importantes (dans *l'horizon 2*), ou en petites mottes dans les horizons meubles de surface ainsi qu'en surface (dans *l'horizon 1*).

En sus de ces deux obstacles, on observe une semelle de labour à environ 30 cm. En dessous, *l'horizon 4* assez compact dont quelques fragments se retrouvent dans les strates supérieures, et *l'horizon 5* : horizon sableux formé de gros grains de couleur noire qui forment une limite nette avec les horizons supérieurs.

Globalement, les 15 premiers centimètres de sol sont favorables à la culture de carottes, mais diverses opérations culturales (labour...) ont provoquées le retournement d'une couche plus compacte située dès 40 cm (*horizon 4*) pour donner, en surface, de grosses mottes plus dures. Les zones affectées par le passage de roues sont incultivables car extrêmement tassées. La présence d'une semelle de labour à 30 cm ne semble pas être un problème pour ce type de culture : culture maraîchère avec un système racinaire de surface. Par contre, la proximité de la rivière pourrait causer des problèmes en cas de fortes crues.

3.4.6.2- Réalisation du profil cultural n°2

Profil cultural n°2, réalisé dans le volume de sol n°2 de la parcelle n°15, située en plaine alluviale.

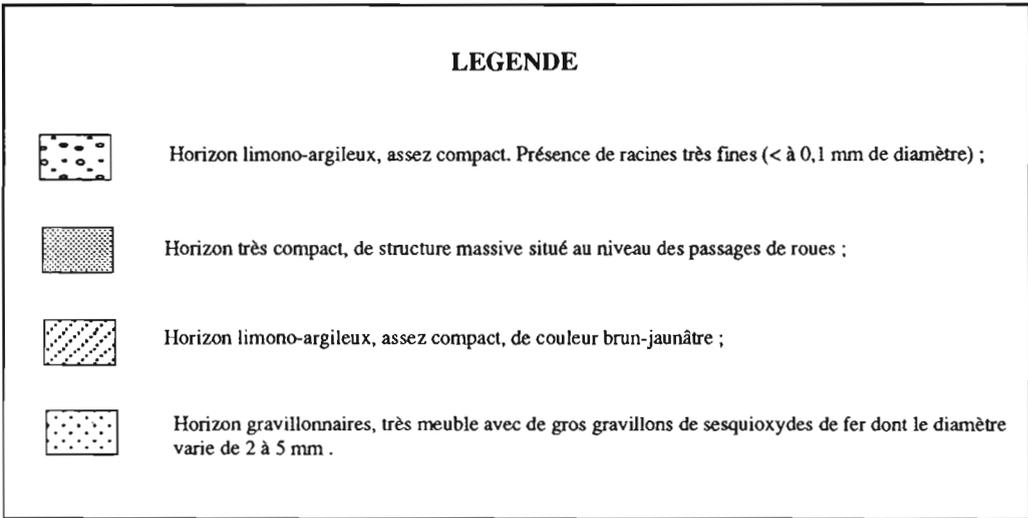
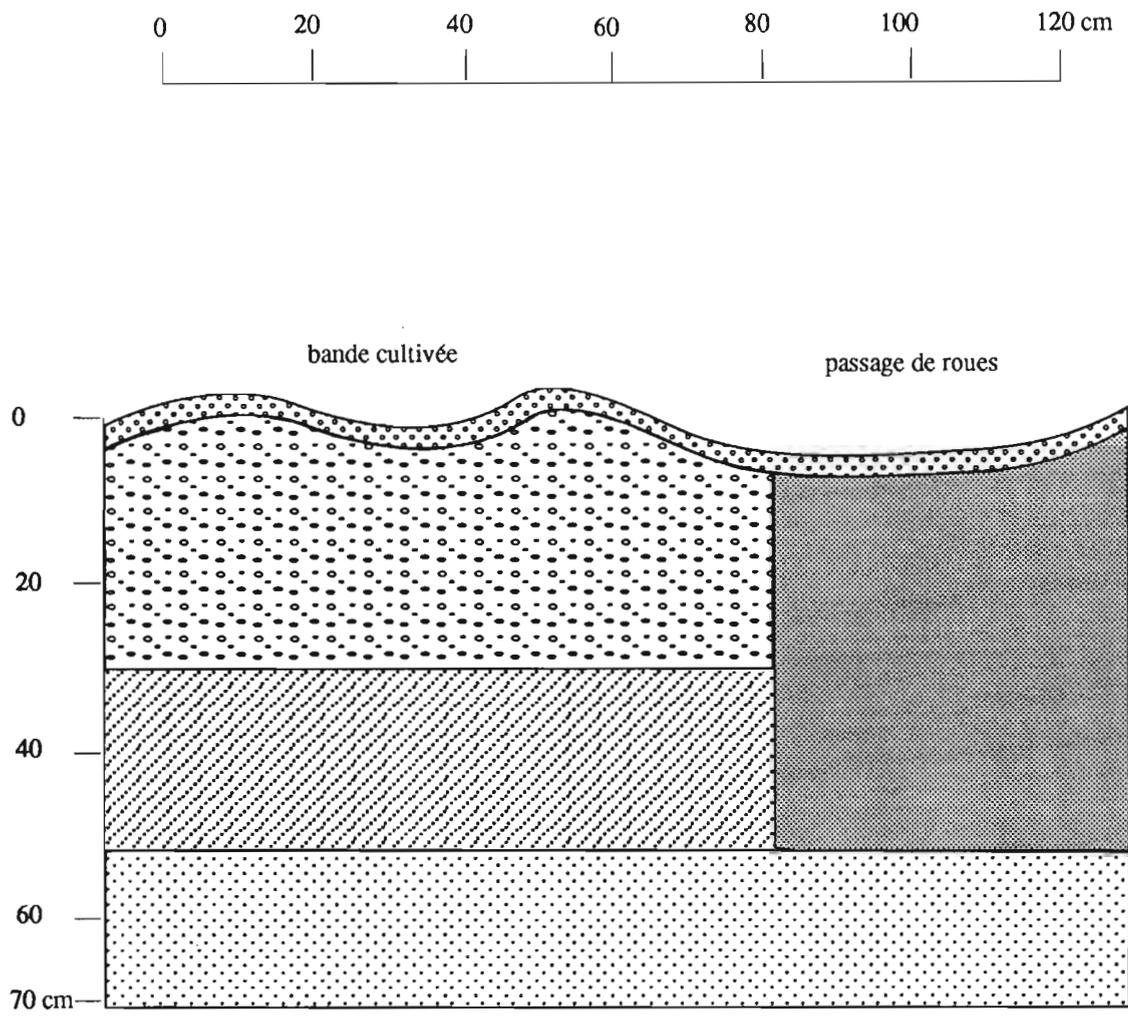
FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 2	Observateur : Sylvie EDIGHOFFER	Date : le 13/08/92	Culture : carottes	Précédents : sorgho fourrager

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
cette zone a déjà été récoltée, donc le profil est assez tassé par les multiples passages de la récolteuse.	le profil se situe perpendiculairement par rapport au labour à environ 15 mètres de la route en terre	- charrue, rotavator, herse, épandeur d'engrais ; - 2ème passage après les inondations.

Photographie du profil cultural n°2



Schéma du profil culturel n°2



PROFIL N°2					
HORIZONS	1	2	3	4	
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	limono-argileuse	limono-argileuse	sablo-limoneuse	sableuse	
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	frais	frais	humide	
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSELL	5 YR 3/4	5 YR 4/4	5 YR 3/3	2,5YR 3/2	
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	massive fissurée grumeleuse	massive polyédrique sub anguleuse	fragmentaire grumeleuse	particulaire	
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Faible - Assez important - Très important	faible	faible	assez important	assez important	
6 - COMPACITE - Très peu compacte - Peu compacte - Assez compacte - Très compacte	assez compacte	très compacte	très peu compacte	très peu compacte	
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 0,2 et 0,5 cm	
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable (NDD) - Faible - Importante - Très importante	importante	NDD	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	graduelle	nette	distincte	nette	
10 - TRAIT PEDOLOGIQUES Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dentrites - Carapaces - Cuirasses	/	/	taches brunes à jaunes	revêtement métallique	

PROFIL N°2					
HORIZONS	1	2	3	4	5
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	NDD	NDD	
12 - RACINES - Nombreuses, aucune - 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	qq racines < 1 mm irrégulière entre les agrégats traversant l'horizon vide d'arrange- ment	qq très rares racines 1 mm irrégulière vide d'arrange- ment	très rares racines < 1 mm	aucune	
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> <i>Faces</i> - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	< 5 cm planes et courbes émoussées horizontal	< 2 cm planes émoussées horizontal	< 5 cm planes et courbes émoussées horizontal	/	
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	peu fragile peu friable	non fragile non friable	fragile friable	très fragile très friable	
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	non plastique	non plastique	non plastique	non plastique	
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	massif	massif	massif fissuré	fragmentaire	
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm2 - Forme et taille en mm cylindriques vacuolaires vésiculaire intergranulaires	faibles vacuolaire	/	importants cylindrique		

Interprétation agropédologique du profil cultural n°2

Le profil n°2, situé dans le volume 2 (CF. cartographie des volumes de sol de la parcelle 15 de l'exploitation de M. Cochard), est globalement très tassé. D'après le schéma du profil n°2, seule en surface une très mince couche de terre (d'environ 2 cm d'épaisseur), est relativement meuble, alors que les horizons sous jacents sont extrêmement compacts.

On repère, dans la zone la moins affectée par le passage d'engins, un horizon assez compact (*horizon 1*) avec quelques racines très fines orientées horizontalement sans ramifications jusqu' à 20 cm. En dessous, l'horizon 3 très peu compact, à tendance sablo-limoneuse et de couleur rouge jaunâtre, repose à 50 cm sur un horizon gravillonnaire très sableux (*horizon 4*) dont la limite est nette par rapport aux horizons précédents. On observe également une zone très compacte : *l'horizon 2*, qui est le résultat des multiples passages de roues d'engins lors des différents travaux du sol.

D'après la cartographie des volumes de sol (CF. 4 ème étape), la zone où a été effectué ce profil possède des contraintes physiques qui empêchent un développement racinaire homogène. En effet, la présence d'une nappe permanente accompagnée d'un battement saisonnier entraîne un engorgement temporaire en surface dont l'examen détaillé révélait de plus l'influence de la texture argilo-limoneuse dès les 20 premiers centimètres qui limite également le drainage interne. Ces contraintes physiques furent accentuées par le passage de la récolteuse quelques semaines auparavant, passage qui a eu comme conséquences de tasser encore plus le sol.

Dans ces conditions, la culture de carottes pourrait être plus difficile dans le cas du profil n°1 à cause soit de l'engorgement temporaire du terrain soit de sa compacité pratiquement dès la surface.

4 - PHASE III

**REFERENTIEL SOL-PLANTE DES TENEURS EN METAUX
LOURDS DES CULTURES SUR LES SOLS
FERRALLITIQUES DU SUD CALEDONIEN**

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

4.1- Les différentes analyses à réaliser

4.1.1- Au niveau de la zone d'étude

Deux types d'analyses seront effectuées : des analyses de sol et des analyses de végétaux pour préciser le statut des métaux lourds dans le sol et dans la plante.

Les analyses de sols seront effectuées au niveau de chaque profil pédologique, c'est à dire sur un volume de sol particulier. Par profil, il y aura autant d'analyses de sol que d'horizons diagnostiques. Il sera porté une attention particulière aux teneurs en nickel total et, plus particulièrement, en nickel assimilable (méthode d'extraction au DTPA).

Sur toutes les zones d'étude, des prélèvements de végétaux seront réalisés en cours de croissance, au niveau des tiges et feuilles et des fruits, pour déterminer leurs teneurs en métaux lourds, mais aussi en nutriments les plus classiques : N, P, K, Ca, Mg, Na, Si.

4.1.2- Au cours des diverses prospections

Parallèlement, il sera réalisé des prélèvements de végétaux à différents stades de végétation avec un positionnement exact de ces prélèvements sur le parcellaire de l'exploitant. Le maximum d'informations concernant le végétal (variété, date de semis etc...), le type de sol, les fumures apportées, seront recueillies dans des tableaux récapitulatifs qui nous permettront, lorsque cela sera possible, de procéder à une analyse statistique des données recueillies. Ces résultats sont reportés dans les tableaux récapitulatifs, numérotés de 1 à 10, des teneurs en éléments minéraux de quelques plantes maraîchères en fonction du type de sol où elles sont cultivées.

Une recherche bibliographique a également été réalisée pour connaître les normes ou les valeurs normales en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement, tableaux numérotés de 11 à 16 ci-après.

4.2- Remarques concernant les prélèvements

4.2.1- Localiser avec précision la parcelle où seront effectués les prélèvements sur le plan parcellaire de l'exploitant.

4.2.2- Les prélèvements de végétaux se feront par pied en arboriculture et sur une moyenne de 10 pieds au moins en culture maraîchère. Les arbres sont, si possible, numérotés (avec une petite étiquette placée sur le rameau où l'on a réalisé le prélèvement) et les cultures maraîchères sont localisées sur la parcelle. Les échantillons seront constitués d'un certain nombre de feuilles fraîches (nombre variable selon la taille des feuilles), sachant que les pieds de bordure sont toujours exclus. La quantité de matière végétale sèche nécessaire est de 10 g au minimum.

En même temps des **prélèvements de sol** seront effectués à proximité des **prélèvements végétaux**, la quantité de sol nécessaire est d'environ 2 kg de terre.

4.2.3- Les précautions à respecter lors des prélèvements

- éviter de prendre des feuilles souillées par des projections de terre, blessées par le passage d'engins, altérées par des dégâts parasites ;

- récolter sur un rameau toutes les feuilles qui ont sensiblement le même âge, on prélève généralement les feuilles de l'année ;

- noter impérativement la date de prélèvement ainsi que le moment de la journée où s'est effectué le prélèvement ;

- prélever des feuilles à une hauteur aussi constante que possible pour des arbres ou des arbustes, soit à environ 1,5 m du sol ("à hauteur d'homme") ;

- prendre de la terre au niveau de la zone accessible par les racines pour les échantillons de sol, le prélèvement sera plus important pour les arbustes.

4.2.4- Les fruits.

Les fruits, à maturités, présents sur l'exploitation, seront également prélevés et repérés suivant leur pied. Ils seront pesés frais et secs pour connaître leur pourcentage en matière sèche.

4.3 - Préparations spécifiques des échantillons

Remarque : la composition des échantillons peu évoluer après le prélèvement, ils doivent être préparés pour analyse le plus rapidement possible ;

4.3.1- Lavage.

Un lavage préalable est nécessaire, afin d'éliminer les traces de poussière de sol et de produits non absorbés. L'emploi d'un détergent est utile et les pertes en éléments sont insignifiantes si le lavage est rapide. Le lavage s'effectuera avec de l'eau permutée afin d'éliminer les traces de pollution extérieure ;

4.3.2- Séchage partiel des échantillons végétaux aux tunnels à infrarouges.

Les échantillons végétaux sont découpés en petits fragments et disposés dans des barquettes en aluminium. Celles-ci sont placées dans les tunnels à infrarouges pendant au moins 24 heures pour éliminer une bonne partie de l'humidité ;

4.3.3- Mise à l'étuve des échantillons végétaux à 105°C pendant 44 heures.

4.3.4- Broyage des végétaux.

Les échantillons sont broyés finement avec un tamis de 0,5 mm de diamètre ;

4.3.5- Analyses chimiques par le Laboratoire de chimie.

Les déterminations à effectuer portent non seulement sur les teneurs en métaux lourds mais aussi sur les éléments majeurs dans les sols et dans les végétaux ci-joint le tableau ci-dessous (CF. Annexe 1 : tableaux de 1 à 10).

Analyses de sols	Analyses de végétaux
pH du sol : pH eau et pH KCl	Cendres et Silice
MO totale : CT et NT	Azote et phosphore
Bases échangeables : CaE, MgE, KE, NaE.	Bases : Ca, Mg, K et Na
Capacité d'échange : CEC	Chlore
Phosphore total et assimilable	Métaux lourds : Al, Fe, Mn, Ni, Cr, Co, Cu et Zn
Manganèse échangeable et facilement réductible	
Analyse totale : SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , MnO ₂ , NiO, Cr ₂ O ₃ , CoO, CaO, MgO, K ₂ O, Na ₂ O et Ni assimilable.	En prévision : le dosage du bore mais la méthode reste à expérimenter.

4.4 - Répartition des éléments minéraux dans l'exemple choisi en plaine alluviale (parcelle n°15 chez M. Cochard)

4.4.1- Répartition des éléments minéraux dans le sol

Dans l'exemple choisi en plaine alluviale chez Monsieur Cochard, la parcelle n°15 se situe à proximité de la route territoriale en bordure de la rivière La Coulée. Cette parcelle est cultivée en carottes, de variété *Royal Cross*, âgées de 90 jours. La cartographie de cette parcelle permet de mettre en évidence 4 types de sols, dont deux principaux : le volume de sol n°1 et le volume de sol n°2 sont cultivés, les deux autres types de sols ne représentent que des surfaces très faibles et sont actuellement en friche. Des analyses de sols ont été réalisées dans ces deux volumes pour repérer des différences de composition. Ces teneurs issues de l'annexe 1 (tableau 5, p.67) sont reportées dans l'histogramme ci-dessous.

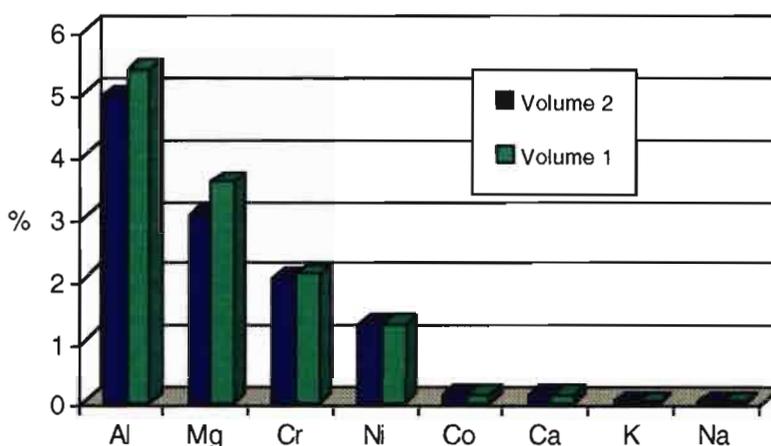


Fig.1 : Comparaison de teneurs en éléments minéraux dans chaque volume de sol

Pour ces deux volumes de sols, les teneurs en éléments minéraux sont très proches.

Remarque sur le rapport Mg/Ca, en **éléments échangeables** et **totaux**:

- **En éléments échangeables**, le rapport Mg/Ca est de 6,8 dans le volume 1 (11,67 % de Mg et 2,83 % de Ca) et de 6 dans le volume 2 (10,14 % de Mg et 2,77 % de Ca). Ces rapports sont très élevés et caractéristiques d'un sol hypermagnésien. Pour rétablir ces rapports, du gypse mériterait donc d'être appliqué, vu le niveau élevé du pH 6,3 .

Pour atteindre un rapport $(Mg/Ca)^{++}$ de 2, les quantités de CaO à apporter dans les 20 premiers centimètres de sol de chacun des deux volumes sont de :

- Volume 1 : 1689 kg/ha de CaO ;
- Volume 2 : 1290 kg/ha de CaO .

- En **élément totaux** le rapport Mg/Ca dans le volume 1 est de 41, alors que dans le volume 2, il est de 35. Ces valeurs très élevées montrent que la plaine alluviale est riche en éléments minéraux primaires d'origine péridotitique ou serpentinique. Le volume 1, sableux, semblerait plus riches en éléments primaires que le volume 2, engorgé. On n'observe, en effet, aucune trace de carbonates.

4.4.2- Répartition des éléments minéraux dans les végétaux

4.4.2.1- Les éléments majeurs

- Les tiges et feuilles et les racines de carotte ont été analysées dans chacun des deux volumes de sols (CF. annexe 1 : tableau 3, p.65). La répartition de ces éléments dans les tiges et feuilles comme dans les racines est visualisée dans l'histogramme ci-dessous (CF. Fig.2).

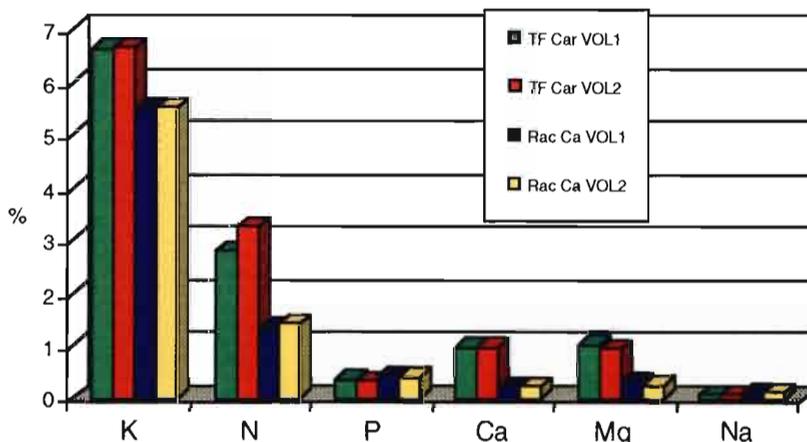


Fig.2 : Teneurs en éléments majeurs dans les tiges et feuilles et les racines de carottes, de chaque volume de sol

Les teneurs en éléments majeurs sont plus élevées dans les tiges et feuilles que dans les racines mais, là encore, ces teneurs sont très proches pour les deux volumes de sols.

Dans les tiges et feuilles le rapport Mg/Ca en éléments totaux est légèrement plus élevé dans le volume 1 ($Mg/Ca = 1,5$) que dans le volume 2 ($Mg/Ca = 1,3$). Dans les racines ce rapport est du même ordre de grandeur, $Mg/Ca = 1,9$ dans le volume 1 et $Mg/Ca = 1,6$ dans le volume 2. Les rapports Mg/Ca dans le végétal varient dans le même sens que dans le sol.

Les recherches bibliographiques donnent une valeur idéale de ce rapport pour la racine de carotte de 1,23. Dans le cas de la parcelle n°15, ces rapports sont légèrement plus élevés. Les valeurs idéales de ce rapport Mg/Ca dans les tiges et feuilles de carotte n'ont pas été trouvées, par rapport au rapport Mg/Ca des tiges et feuilles de la tomate ($Mg/Ca = 0,46$) il semblerait élevé et justifier l'application d'amendement calcique, ceci reste évidemment à montrer expérimentalement.

4.4.2.2- Les oligo-éléments

- Les teneurs en oligo-éléments ont également été analysées dans les végétaux (CF. Annexe 1, tableau 3 p.65).

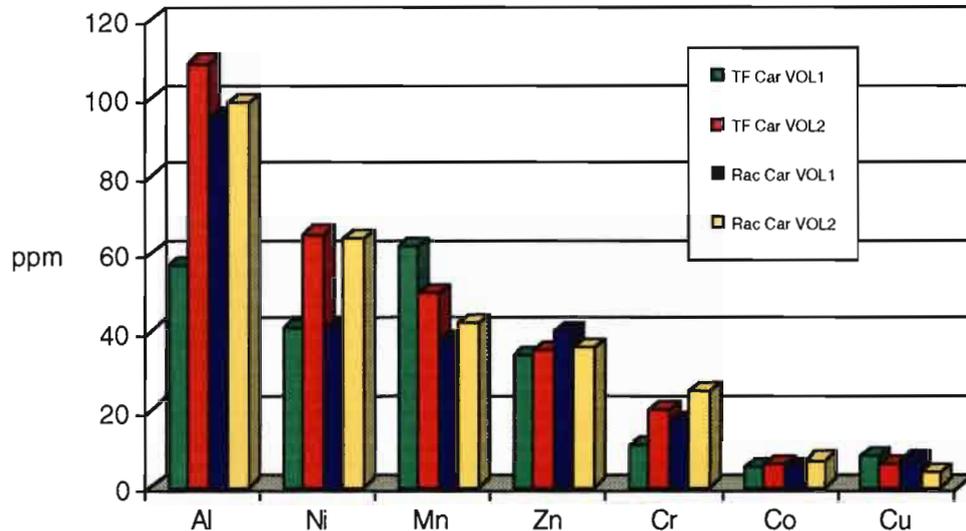


Fig.3 : Teneurs en oligo-éléments dans les tiges et feuilles et les racines de carottes, de chaque volume de sol

On constate deux situations possibles d'absorption d'oligo-éléments, celles où l'absorption dépend du volume de sol (l'aluminium, le nickel et le chrome), et celles où l'absorption n'est pas différente dans les deux volumes de sols (le manganèse, le zinc, le cobalt et le cuivre).

- Les teneurs en aluminium, nickel et en chrome sont ainsi plus importantes dans les végétaux cultivés sur le volume de sol 2, c'est à dire en zone engorgée, que sur le volume de sol 1, en zone sableuse. Elles sont de 109 ppm pour l'aluminium et 65 ppm de nickel dans les feuilles (comme dans les racines) en zone engorgée alors qu'en zone sableuse ces teneurs varient autour de 60 ppm pour l'aluminium et 40 ppm pour le nickel. Pour le chrome la différence existe mais est moins marquée (25 ppm en zone engorgée et 17 ppm en zone sableuse).

- Par contre les quatre oligo-éléments - cuivre - cobalt - zinc et aluminium - sont absorbés en quantités équivalentes dans les tiges et feuilles comme dans les racines pour les deux volumes de sols. Pour le cuivre et le cobalt les teneurs sont inférieures à 10 ppm, pour le zinc elles sont proches de 40 ppm et pour l'aluminium elles tournent autour de 90 ppm.

- L'absorption du manganèse ne dépend également pas du volume de sol, mais cet élément est absorbé de préférence dans les tiges et feuilles où sa teneur est de 60 ppm alors qu'elle n'est que de 40 ppm dans les racines.

5 - ANNEXES

5.1 - ANNEXE N°1 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur la propriété de M. Cochard.

5.2 - ANNEXE N°2 : Normes de teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées, en fonction de l'organe de prélèvement.

5.1 - ANNEXE N°1

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

Tableau 1 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Pervenche Madag. PV-15	plante entière	19/06 1992		parcelle N°1 à 15 m en diagonale unité U3	17,1 g	7,98	0,01	0,679	0,197	2,228	1,139	0,130	0,132	52	462	398	15	10	3	7	40
Pervenche Madag. PV-30	plante entière	19/06		parcelle N°1 à 30 m unité U3	38,9 g	8,39	0,01	0,731	0,211	1,607	1,663	0,220	0,138	52	429	489	15	11	3	7	25
Pervenche Madag. PV-45	plante entière	19/06		parcelle N°1 à 45 m unité U3	12,5 g	10,14	0,01	0,973	0,334	1,749	1,880	0,201	0,135	227	2240	441	31	54	5	16	55
Pervenche Madag. PV-60	plante entière	19/06		parcelle N°1 à 60 m unité U3	44,4 g	10,27	0,01	1,158	0,326	1,570	2,240	0,235	0,174	40	372	462	18	7	4	11	73
Pervenche Madag. PV-85	plante entière	19/06		parcelle N°1 à 85 m unité U3	41,3 g	7,13	0,01	0,771	0,208	1,795	1,047	0,188	0,091	142	1006	260	35	16	3	6	28
Manguier Ma-I1	feuilles: lim+pét	19/06	3 ans	parcelle V2 unité U2	46,3 g	8,67	1,04	1,551	0,154	1,186	1,882	0,221	0,064	12	97	1153	27	2	3	17	24
Manguier Ma-B3	feuilles: lim+pét	19/06	3 ans	parcelle V2 unité U2	25,6 g	5,29	0,37	1,722	0,123	0,709	1,145	0,126	0,064	22	229	1905	20	5	2	11	23
Manguier Ma-D4	feuilles: lim+pét	19/06	3 ans	parcelle V2 unité U2	31,8 g	5,34	0,21	1,683	0,140	0,843	1,116	0,140	0,061	17	171	1769	15	3	2	12	25
Manguier Ma-F5	feuilles: lim+pét	19/06	3 ans	parcelle V2 unité U2	48,6 g	7,29	1,37	1,609	0,114	1,138	1,250	0,221	0,054	15	115	1781	38	3	3	17	26
Pomme-liane PL-1	feuilles: lim+pét	19/06		parcelle N°3 (en bas) unité U9	16,2 g	14,18	0,02	3,642	0,154	2,056	3,622	0,301	0,123	17	117	306	12	3	6	3	18
Pomme-liane PL-2	feuilles: lim+pét	19/06		parcelle N°3 (au milieu) unité U9	23,7 g	15,54	0,02	3,827	0,177	2,171	3,832	0,347	0,106	20	145	245	13	5	5	4	19

Tableau 2 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Clémenti Valencia Late Cle-1	feuilles: lim+pét	19/06		parcelle V1 unité U9	24,8 g	11,66	0,03	2,327	0,120	2,692	2,144	0,238	0,089	25	114	59	56	3	3	8	14
Clémenti Valencia Late Cle-2	feuilles: lim+pét	19/06		parcelle V1 unité U9	21,3 g	12,78	0,04	2,345	0,143	2,748	2,644	0,279	0,117	17	97	53	25	/	3	8	14
Clémenti Valencia Late Cle-Fr12	3 Fruits à maturités	01/07		parcelle V1 unité U9		13,03	0,01	0,939	0,113	1,894	0,425	0,124	0,061	16	140	22	6	8	/	4	5
Citronnier Ci-1	feuilles: lim+pét	19/06		parcelle V1 unité U9	32,1 g	10,93	0,04	2,130	0,139	2,423	2,259	0,330	0,004	27	112	33	46	/	3	6	10
Citronnier Ci-2	feuilles: lim+pét	19/06		parcelle V1 unité U9	24,7 g	12,14	0,06	2,456	0,167	1,846	3,162	0,380	0,007	25	135	40	42	3	4	7	12
Citron Ci-Fr1	4 fruits à maturités	19/06		parcelle V1 unité U9	10,74 %ms	9,79	0,01	1,028	0,141	2,142	0,442	0,137	0,092	7	115	9	6	/	2	3	7
Citron Ci-Fr2	4 fruits à maturités	19/06		parcelle V1 unité U9	10,53 %ms	8,78	0,01	1,128	0,152	1,855	0,598	0,143	0,044	15	162	10	7	/	2	3	8
Oranger Or-1	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle N°3 unité U9		13,00	0,11	2,814	0,203	2,301	2,987	0,427	0,092	34	295	169	38	6	3	67	22
Oranger Or-Fr1	2 fruits à maturité	01/07		parcelle N°3 unité U9		11,02	0,01	0,981	0,169	2,060	0,508	0,153	0,018	9	62	26	4	/	/	4	6
CaféCatinor Caf-1	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle C2 unité U3		8,85	0,01	2,085	0,168	2,235	1,509	0,330	0,012	16	75	586	26	/	2	23	7
CaféCatinor Caf-2	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle C2 unité U3		9,07	0,01	2,282	0,177	2,384	1,488	0,312	0,013	19	100	601	25	2	2	44	9
CaféCatinor Caf-Fr1	grains à maturité	01/07		parcelle C2 unité U3		12,80	0,01	1,093	0,157	2,270	0,161	0,126	0,031	11	82	76	3	4	1	18	3
CaféCatinor Caf-Fr2	grains à maturité	01/07		parcelle C2 unité U3		12,24	0,01	1,242	0,156	2,272	0,302	0,144	0,023	14	100	123	5	/	1	20	4

Tableau 3 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Carotte RoyalCross Car-1	tiges et feuilles	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 2) unité U11	16,8 g	18,15	0,06	3,259	0,346	6,665	0,979	0,940	0,085	109	1105	50	65	20	6	6	35
Carotte RoyalCross Car-2	tiges et feuilles	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 1) unité U11	13,2 g	17,55	0,06	2,595	0,372	6,175	1,156	1,092	0,099	55	718	69	52	13	5	8	39
Carotte RoyalCross Car-3	tiges et feuilles	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 1) unité U11	11,2 g	17,47	0,02	3,007	0,368	6,500	0,876	1,053	0,069	85	784	53	45	15	6	8	34
Carotte RoyalCross Car-4	tiges et feuilles	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 1) unité U11	11,9 g	18,73	0,02	2,783	0,347	7,221	0,927	0,995	0,048	32	263	64	27	4	5	8	29
Carotte RoyalCross Car-Fr1	3 racines	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 2) unité U11	8,7 %ms	17,15	0,01	1,431	0,404	5,512	0,228	0,268	0,122	99	1346	42	64	25	7	4	36
Carotte RoyalCross Car-Fr2	3 racines	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 1) unité U11	9,8 %ms	15,21	0,01	1,296	0,444	4,849	0,218	0,298	0,129	35	604	32	38	10	4	7	33
Carotte RoyalCross Car-Fr3	2	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 1) unité U11	8,3 %ms	17,33	0,01	1,408	0,457	6,010	0,268	0,415	0,102	182	1615	44	58	34	7	6	44
Carotte RoyalCross Car-Fr4	3 racines	19/06	90 jours	parcelle N°15 (volume 1) unité U11	9,2 %ms	18,29	0,01	1,325	0,420	5,822	0,257	0,315	0,091	69	661	38	26	8	4	7	44
Poireau Poi-1	plante entière	01/07		parcelle N°3 unité U9		8,85	0,01	3,369	0,541	2,105	1,299	0,353	0,081	174	1493	190	18	33	4	22	67
Poireau Poi-2	plante entière	01/07		parcelle N°3 unité U9		11,80	0,01	3,627	0,615	3,180	1,498	0,396	0,246	149	1371	122	16	35	3	12	57

65

Tableau 4 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces <i>variétés</i>	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Courgette Cou-1	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle N°3 unité U9		22,47	0,01	5,986	0,633	6,434	2,935	0,591	0,013	64	672	144	12	16	4	16	68
Courgette Cou-2	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle N°3 unité U9		22,36	0,01	5,926	0,619	5,642	3,463	0,556	0,010	54	439	191	13	11	4	14	63
Courgette Cou-3	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle N°3 unité U9		20,83	0,01	5,275	0,614	6,076	2,951	0,514	0,011	31	237	108	10	5	4	15	66
Courgette Cou-Fr1	fruits à maturités	01/07		parcelle N°3 unité U9		23,23	0,01	4,602	0,779	7,451	0,437	0,371	0,008	9	112	36	8	/	3	14	54
Courgette Cou-Fr2	fruits à maturités	01/07		parcelle N°3 unité U9		20,69	0,01	5,248	0,816	7,122	0,458	0,324	0,010	14	150	35	6	5	3	15	49
Courgette Cou-Fr3	fruits à maturités	01/07		parcelle N°3 unité U9		19,93	0,01	5,397	0,812	6,900	0,450	0,334	0,007	11	120	38	7	3	3	14	54
Tomate <i>TropicBoy</i> To-1	5 et 6ème feuilles sommets	01/07		parcelle N°3 unité U9		16,48	0,01	4,256	0,273	4,389	2,783	0,411	0,094	31	177	363	6	4	3	464	43
Tomate <i>TropicBoy</i> To-2	5 et 6ème feuilles sommets	01/07		parcelle N°3 unité U9		16,60	0,01	4,201	0,262	4,306	2,905	0,484	0,098	46	204	518	7	5	3	828	58
Tomate <i>TropicBoy</i> To-Fr12	3 fruits à maturités	01/07		parcelle N°3 unité U9		28,13	0,01	3,039	0,373	5,595	0,139	0,221	0,036	54	107	23	3	/	2	18	24
Aubergine Au-1	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle N°3 unité U9		19,04	0,01	4,101	0,251	6,100	2,548	0,231	0,027	84	647	341	13	17	5	279	41
Aubergine Au-2	feuilles: lim+pét	01/07		parcelle N°3 unité U9		19,52	0,01	4,567	0,261	6,052	2,794	0,275	0,018	129	1058	486	19	24	5	646	63

Tableau 5 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	RESULTATS DES ANALYSES DE SOL																									
	pH eau	pH KCl	CT mg/g	NT mg/g	C/N -	CaE meq %	MgE meq %	KE meq %	NaE meq %	CEC meq %	MnE mg/g	MnFr mg/g	P2O5 As mg/g	Niex ppm	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	TiO2 %	MnO2 %	NiO %	Cr2O3 %	CoO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2 O %
Café <i>Catimor</i> Caf-Sol12	5,2	5,8	9,6	0,65	15,1	0,86	0,23	0,07	<0,01	1,3	<0,05	0,57	0,104	4,5	1,31	9,32	70,93	0,22	0,65	0,66	2,88	0,05	0,04	0,25	<0,01	<0,01
Poireau Poi-Sol12	6,3	6,4	19,5	1,48	13,5	4,06	0,86	0,13	<0,01	5,2	<0,05	1,77	0,403	9,2	1,61	10,68	66,09	0,25	1,08	0,57	2,25	0,05	0,25	0,17	0,01	<0,01
Courgette Cou-Sol123	5,7	6,1	11,8	0,78	15,3	1,5	0,5	0,08	0,02	3	<0,05	1,21	0,239	7,5	1,38	10,28	69,11	0,23	0,89	0,55	2,72	0,05	0,06	0,14	<0,01	<0,01
Tomate <i>Tropicboy</i> To-Sol12	6,3	6,4	16,5	1,21	13,9	4,64	0,83	0,06	0,05	4,6	<0,05	0,57	0,313	4,6	1,80	10,18	66,49	0,23	0,74	0,60	2,34	0,05	0,28	0,25	0,01	<0,01
Aubergine Au-Sol12	6,1	6,2	18,3	1,36	13,7	3,99	0,89	0,15	<0,01	6,6	<0,05	0,47	0,436	7,7	1,44	10,68	67,14	0,24	0,69	0,56	2,45	0,05	0,19	0,19	<0,01	<0,01
Pomme- liane PL-Sol12	5,5	6,0	16,2	1,22	13,6	1,10	0,17	0,09	<0,01	2,3	<0,05	0,58	0,116	4,7	1,22	11,59	66,71	0,31	0,76	0,57	2,43	0,06	0,06	0,20	<0,01	<0,01
Carotte <i>RoyalCross</i> Car-sol1	6,3	6,0	12,9	0,91	14,4	2,77	10,14	0,47	0,09	16,1	<0,05	1,94	0,054	182,1	12,99	4,95	53,33	0,14	0,83	1,27	1,99	0,11	0,12	3,02	0,02	<0,01
Carotte <i>RoyalCross</i> Car-sol2	6,3	6,0	19,8	1,34	15,1	2,83	11,67	0,74	0,08	18,6	<0,05	1,84	0,060	225,4	13,06	5,38	48,86	0,10	0,75	1,27	2,07	0,11	0,16	3,55	0,03	<0,01

Tableau 6 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Pervenche Madag. PV-N5.1	plante entière	9/09 1992		parcelle N°5 dans l'unité U3 (au début)		6,99	0,02	0,903	0,383	1,942	0,845	0,159	0,090	76	708	808	25	16	5	10	63
Pervenche Madag. PV-N5.2	plante entière	9/09 1992		parcelle N°5 dans l'unité U2 (au fond)		8,80	0,01	1,061	0,372	2,061	1,383	0,246	0,098	69	621	509	23	13	4	18	89
Tomate To-3	5 et 6 ème feuilles	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U3 (au début)		15,82	0,02	4,668	0,363	3,945	2,716	0,431	0,071	66	334	313	19	10	5	87	41
Tomate fruits To-Fr3	fruits à maturités	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U3 (au début)		25,40	-	2,578	0,366	5,233	0,220	0,211	0,055	239	140	43	7	2	3	43	27
Tomate To-4	5 et 6 ème feuilles	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U2 (au fond)		15,15	0,03	4,001	0,288	2,849	3,009	0,411	0,104	69	299	320	19	7	5	486	42
Tomate fruits To-Fr4	fruits à maturités	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U2 (au fond)		27,07	-	2,354	0,348	4,203	0,267	0,212	0,055	1104	105	38	6	-	3	68	26
Tomate To-5	5 et 6 ème feuilles	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		16,10	0,09	4,293	0,294	3,932	1,873	1,306	0,062	61	247	253	43	6	4	1000	69
Tomate fruits To-Fr5	fruits à maturités	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		26,82	-	3,000	0,482	5,861	0,126	0,305	0,032	413	137	31	26	-	3	32	32
Aubergine Au-3	feuilles entières	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U3 (au début)		14,26	0,03	3,911	0,358	2,723	3,111	0,417	0,025	74	427	441	26	18	5	498	113
Aubergine fruits Au-Fr3	fruits à maturités	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U3 (au début)		7,98	0,06	2,123	0,375	3,142	0,273	0,229	0,018	16	80	32	5	-	2	14	24
Aubergine Au-4	feuilles entières	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U2 (au fond)		14,31	0,02	3,495	0,554	1,736	3,606	0,509	0,053	84	319	634	20	8	5	954	229
Aubergine fruits Au-Fr4	fruits à maturités	9/09		parcelle N°5 dans l'unité U2 (au fond)		7,48	-	2,047	0,343	2,869	0,233	0,198	0,022	16	64	29	3	-	2	18	28

Tableau 7 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces <i>variétés</i>	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Aubergine Au-5	feuilles entières	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		14,11	0,01	5,327	0,399	4,170	1,211	1,448	0,015	119	659	120	94	11	6	152	30
Banane Ban-3	3 ème feuille du sommet	9/09		parcelle N°4 dans l'unité U11 (au fond)		11,78	0,28	2,701	0,193	4,396	0,712	0,382	0,003	46	347	1116	14	8	3	7	15
Banane Ban-4	3 ème feuille du sommet	9/09		parcelle N°4 dans l'unité U11 (au milieu)		11,38	0,35	2,112	0,151	4,084	0,708	0,470	0,005	24	145	1036	17	2	2	5	16
Banane Ban-5	3 ème feuille du sommet	9/09		parcelle N°4 dans l'unité U11 (au début)		12,98	2,05	2,605	0,188	3,977	0,771	0,641	0,006	26	170	1173	20	3	3	8	18
Banane Ban-Fr5	fruits à maturités	9/09		parcelle N°4 dans l'unité U11 (au début)		24,88	-	1,222	0,104	2,591	0,067	0,223	0,003	26	60	22	5	-	1	11	6
Banane Ban-P5	peaux des fruits	9/09		parcelle N°4 dans l'unité U11 (au début)		30,12	0,58	1,724	0,235	9,476	0,278	0,229	0,008	156	1209	95	37	21	6	8	14
Banane Ban-6	3 ème feuille du sommet	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		13,31	1,32	2,662	0,209	4,657	0,371	0,887	0,003	104	710	608	42	12	4	6	15
Sorgho fourrager SF-1	plantes entières	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		9,04	4,42	0,808	0,283	1,761	0,067	0,411	0,036	16	97	37	7	-	1	5	32
Sorgho fourrager SF-Fr1	grains	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		11,59	8,73	1,150	0,278	0,491	0,094	0,404	0,039	31	170	67	12	3	-	9	42
Sorgho fourrager SF-2	plantes entières	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		8,52	4,14	1,129	0,127	1,854	0,063	0,349	0,025	21	142	58	7	-	3	3	19
Sorgho fourrager SF-Fr2	grains	9/09		parcelle N°7 dans l'unité U11 (plaine)		8,68	5,36	1,528	0,246	0,811	0,089	0,414	0,025	46	222	82	15	4	1	9	46

Tableau 8 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces <i>variétés</i>	Organe prélevé	Date	Age	Localisation N° parcelle	Poids sec	RESULTATS DES ANALYSES DE VEGETAUX en % de M.S. ou en ppm de M.S.															
						Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
Carotte Car-5	tiges et feuilles	9/09		parcelle N°15 profil N°1, unité U11		19,69	-	2,182	0,320	6,584	1,350	1,144	0,156	316	2571	91	86	50	10	9	27
Carotte fruits Car-Fr5	fruits	9/09		parcelle N°15 profil N°1, unité U11		17,42	-	1,997	0,487	5,316	0,298	0,340	0,108	71	513	34	35	10	4	11	39
Carotte Car-6	tiges et feuilles	9/09		parcelle N°15 profil N°2 unité U11		18,94	0,02	3,086	0,240	6,525	1,095	1,358	0,164	168	1279	115	53	26	7	6	26
Carotte fruits Car-Fr6	fruits	9/09		parcelle N°15 profil N°2 unité U11		23,79	-	2,710	0,449	5,620	0,222	0,322	0,122	51	246	42	29	5	4	10	37

Tableau 9 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	RESULTATS DES ANALYSES DE SOL																									
	pH eau	pH KCl	CT mg/g	NT mg/g	C/N -	CaE meq %	MgE meq %	KE meq %	NaE meq %	CEC meq %	MnE mg/g	MnFr mg/g	P2O5 As mg/g	Niex µg/g	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	TiO2 %	MnO2 %	NiO %	Cr2O3 %	CoO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2 O %
Pervenche PV- solN51	6,2	6,1	19,8	1,36	14,6	6,55	0,79	0,26	0,01	8,4	0,05	2,63	0,909	17,9	1,60	7,81	69,52	0,20	1,71	0,68	2,44	0,09	0,35	0,29	0,01	0,01
Pervenche PV- SolN52	6,1	6,1	16,6	1,34	12,4	4,12	0,55	0,22	0,08	5,4	0,05	1,15	0,489	14,8	1,75	9,28	67,00	0,22	1,08	0,61	2,11	0,05	0,20	0,21	0,01	0,01
Tomate To-Sol3	6,2	6,1	12,6	1,03	12,2	5,08	0,62	0,31	0,06	6,5	0,05	2,34	1,006	14,9	1,77	7,92	70,45	0,20	1,76	0,68	2,49	0,09	0,30	0,30	0,01	0,01
Tomate To-Sol4	6,3	6,2	16,7	1,43	11,7	5,63	0,70	0,34	0,05	6,5	0,05	1,10	0,829	13,7	1,75	8,91	67,93	0,22	1,10	0,62	2,26	0,05	0,31	0,24	0,01	0,01
Tomate To-Sol5	6,0	5,7	16,1	1,26	12,8	5,45	0,89	0,36	0,11	6,6	0,06	1,26	0,409	111,1	13,72	9,47	42,14	0,17	0,64	0,91	1,89	0,09	0,28	2,66	0,04	0,01
Aubergine Au-Sol3	6,4	6,2	17,0	1,36	12,5	5,70	0,66	0,28	0,05	7,8	0,05	2,25	1,270	18,5	1,89	7,83	68,96	0,20	1,86	0,69	2,45	0,09	0,43	0,37	0,01	0,01
Aubergine Au-sol4	6,2	6,1	14,8	1,23	12,0	4,83	0,61	0,23	0,04	7,0	0,05	0,99	1,060	12,8	1,79	9,16	66,91	0,23	1,04	0,59	2,17	0,05	0,30	0,23	0,01	0,01
Aubergine Au-sol5	6,2	6,0	9,5	0,76	12,5	2,66	6,50	0,61	0,07	11,0	0,05	1,13	0,078	56,3	12,5	8,90	43,05	0,17	0,63	0,84	2,75	0,09	0,14	2,95	0,04	0,01
Banane Ban-sol3	5,7	5,8	14,9	1,27	11,7	2,11	1,19	0,41	0,06	4,9	0,05	1,04	0,322	17,4	2,40	9,28	66,24	0,21	0,91	0,68	2,13	0,05	0,10	0,44	0,01	0,01
Banane Ban-sol4	5,6	5,5	16,7	1,37	12,2	3,20	3,24	0,48	0,09	9,6	0,05	2,48	0,414	68,5	5,74	8,18	62,05	0,18	1,38	0,90	1,79	0,08	0,15	1,22	0,01	0,01
Banane Ban-sol5	6,4	6,1	21,7	1,68	12,9	6,89	6,07	0,91	0,07	15,2	0,05	1,71	0,266	75,8	9,78	7,94	54,14	0,15	0,90	1,05	1,48	0,09	0,30	1,85	0,03	0,02
Banane Ban-sol6	6,2	6,0	5,6	0,51	11,0	1,30	7,24	0,34	0,09	8,9	0,05	0,99	0,015	40,6	11,29	8,55	42,35	0,17	0,60	0,80	3,88	0,08	0,08	3,57	0,01	0,01
Sorgho-f SF-sol1	6,4	6,1	9,6	0,74	13,0	3,17	5,70	0,45	0,10	10,7	0,05	1,90	0,031	53,6	10,9	8,13	47,10	0,16	0,73	0,98	2,79	0,11	0,15	2,92	0,02	0,01
Sorgho-f SF-sol2	6,5	6,1	21,6	1,40	15,5	4,70	10,76	0,38	0,11	16,7	0,05	1,15	0,019	100,6	14,63	9,36	44,16	0,16	0,67	0,95	1,37	0,09	0,23	2,62	0,02	0,01

Tableau 10 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés et de sols sur la propriété de M. Cochard

Espèces variétés	RESULTATS DES ANALYSES DE SOL																									
	pH eau	pH KCl	CT mg/g	NT mg/g	C/N -	CaE meq %	MgE meq %	KE meq %	NaE meq %	CEC meq %	MnE mg/g	MnFr mg/g	P2O5 As mg/g	Niex ppm	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	TiO2 %	MnO2 %	NiO %	Cr2O3 %	CoO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2 O %
Carotte Car-sol5. 20	6,4	6,1	17,1	1,33	12,9	3,85	7,59	0,76	0,08	13,0	0,05	1,29	0,029	99,6	11,9 2	7,15	47,07	0,13	0,72	1,05	2,33	0,11	0,19	3,49	0,03	0,01
Carotte Car-sol5. 40	6,5	6,2	11,2	0,84	13,2	1,97	7,36	0,22	0,02	9,9	0,05	1,26	0,010	63,4	10,7 0	7,73	49,98	0,13	0,74	1,03	2,82	0,11	0,12	3,62	0,01	0,01
Carotte Car-sol6. 20	6,3	6,0	23,7	0,92	25,9	2,34	6,01	0,60	0,02	10,0	0,05	1,14	0,058	67,8	10,4 7	7,76	45,73	0,15	0,69	0,98	3,46	0,11	0,13	4,16	0,02	0,01
Carotte Car-sol6. 40	6,5	6,2	8,9	0,70	12,8	1,80	5,43	0,36	0,01	8,2	0,05	1,20	0,009	51,1	9,79	7,38	48,81	0,14	0,71	0,96	3,72	0,11	0,10	3,66	0,01	0,01

5.2 - ANNEXE N°2

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

Tableau 11 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	stades	N O R M E S % ms et B* Cu* Fe* Mn* Zn*												
				N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*		
blé tendre orge	- plante entière à différents stades : * début à mi-tallage : <i>stade 1</i> * épi 1 cm : <i>stade 2</i> * mi-tallage à début montaison : <i>stade 3</i> * 2 noeuds : <i>stade 4</i> * fin gonflement : <i>stade 5</i> * à la floraison : <i>stade 7</i> - 2 et 3 ^{ème} feuille sous l'épi * à la floraison : <i>stade 6</i>	Les principaux symptômes foliaire de carences en éléments : - 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 petites taches 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		>2,4										
			4			>2,3		<0,2	0,24				<20			
			5			>1,6										
			6	2,4 à 3,2	> à 0,25	1,9 à 2,5		> à 0,13	> à 0,25				3 à 6		>25	
			7													
sorgho	- la 3 ^{ème} feuille, sous l'épi. Les analyses porteront sur les limbes des feuilles : <i>stade 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 100	20 à 40	

Tableau 12 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	stades	N		O	R	M	E	S	Cu*	* en Fe*	ppm Mn*	Zn*		
				N	P	% K	ms Ca	Mg	et S	B*						
maïs	<p>- généralement la feuille de l'épi 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 < 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>- interactions négatives intenses entre l'alimentation en fer et l'alimentation en zinc : intérêt du rapport Fe/Zn ;</p> <p>- le niveau critique en 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 foliaire 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 pâle à très pâle de la végétation ;</p> <p>- Mg : ponctuations blanches séparées par des zones vertes, entre les nervures. Jaunissements internervaires sur l'extrémité du limbe des vieilles feuilles ;</p> <p>- Mn : chlorose généralisée avec 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 des 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 la tiers 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 0,50	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 13 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	stades	N	O	R	M	E	S	Cu*	* en Fe*	ppm Mn*	Zn*
				P	% K	ms Ca	Mg	et S	B*				
tomate	- pour la tomate, 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 est fréquemment utilisée : <i>stade 1</i> .		1	4,5 à 5,1	0,4	6 à 10	1,3 à 1,5	0,5	-	-	-	-	-
concombre	- pour le concombre, la 4 ^{ème} et 5 ^{ème} feuilles à partir du sommet (limbe : L et pétiole : P).	- L/P = % ms dans le limbe / % ms dans le pétiole	L/P	1,76	1,16	0,36	2,50	1,99	-	-	-	-	-
pois	- 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>	Les principaux symptômes foliaire de carences en éléments : - 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 de limbe ; - P: dessèchement des vieilles feuilles à partir de leur extrémité ; - S: jaunissement des jeunes feuilles avec 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 feuille 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 2 3	> à 0,35	> à 2	> à 1,3 à 2,0	> à 0,20	> à 0,20	> à 20	> à 5	> à 50	> à 20	

Tableau 14 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	stades	N		O %		R ms		M et S		S		* en ppm	
				N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
agrumes	- la feuille est habituellement analysée : la feuille entière limbe + pétiole (le stade non précisé) - généralement les feuilles de rameaux fructifères (F) sont prélevées en priorité, c'est à dire les rameaux portant le ou les fruits. On appelle rameaux non fructifères : NF		F	2,20 à 2,70	0,12 à 0,18	1,00 à 1,70	3,00 à 6,00	0,30 à 0,60	0,20 à 0,30	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 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	
manguier	- la feuille entière (limbe + pétiole) sur les rameaux terminaux de la pousse principale de l'année, si possible fructifères (F). - la période de pleine floraison est facile à repérer, elle est donc recommandée, mais dans tous les cas 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 azotée est excessive ; - les variétés diffèrent peu entre elles pour le zinc, et des niveaux > à 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 carence sont identiques.		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	-	-	-	-	-	-	
			parties aériennes pousses de l'année	0,78	0,10	0,63	1,38	0,11	0,07	7,4	75	2577	274	55	
			Fruit :	1,37	0,15	1,14	1,4	0,19	0,10	7,05	6,5	162	269	17	
			peau	0,59	0,09	0,94	0,38	0,17							
			pulpe	0,55	0,11	1,21	0,05	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							
bananier	- les prélèvements se feront au stade "rejet en fin de croissance" ; - 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> - la nervure centrale de la 3 ^{ème} feuille à partir du sommet : <i>stade 2</i> - le pétiole de la 7 ^{ème} feuille à partir du sommet : <i>stade 3</i>	le limbe est 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, Zn.	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	

Tableau 15 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	stades	N		O	R	M	E	S	Cu*	* en	ppm	Zn*		
				N	P	% K	ms Ca	Mg	et S	B*		Fe*	Mn*			
Bananier (suite)	- analyse des fruits : l'échantillonnage portait sur 10 fruits tirés au sort parmi l'ensemble. Des différences de compositions sont apparues entre la hampe, les coussinets, le pédoncule, la peau et la pulpe.	<p>Les principaux symptômes foliaires de carence en éléments :</p> <p>1 - Symptômes généralisés :</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>2 - Symptômes sur jeunes feuilles :</p> <p>- S : retard de coloration des limbes s'accompagnant d'un ralentissement de croissance. Sur des 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 couleurs 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>3 - Sur les vieilles feuilles :</p> <p>- Mg : Jaunissement demeurant parallèle aux marges foliaires et importantes déformations morphologiques : feuilles irrégulières, déformées de largeurs réduites .</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>	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								

Tableau 16 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	stades	N	N P	O % K	R ms Ca	M Mg	E et S	S B ⁺	Cu ⁺	* en Fe ⁺	ppm Mn ⁺	Zn ⁺
papayer	<p>- 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 rangs plus âgée (F+5)</p> <p>- le limbe ou/et le pétiole peuvent être prélevés, mais toujours séparément.</p> <p>- le pétiole, qui peut atteindre 1 m, est divisé en 3 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> ;</p> <p>- le limbe est constitué de plusieurs lobes, le lobe médian , bien délimité par des échancrures atteignant presque le point d'attache pétioleaire, est utilisé lors des prélèvements (de la feuille F+5) : <i>stade 2</i>.</p>	<p>- une déficience en bore dans les feuilles et les tiges a été publiée ;</p> <p>- une déficience multiple en B, Zn et Mn a été soupçonnée sur la variété "Wilder" en Guadeloupe.</p>	1 2											
ananas	<p>- la feuille D est celle qui vient de terminer sa croissance et qui représente avec fidélité et sensibilité l'état nutritionnel de la plante ; la feuille D est repérée comme étant la plus longue, mais plus précisément lorsque ses bords, à la base, sont parallèles, donc perpendiculaires à la ligne d'insertion sur la tige. En pratique, ce critère morphologique ne permet pas toujours de distinguer une seule feuille, mais souvent deux ou trois, auquel cas il convient de conserver la plus âgées.</p> <p>- on prélève la feuille D à l'émergence de l'inflorescence : <i>stade 1</i></p>	<p>- Normes : valeurs inférieurs à 5 ppm pour le cuivre dans la feuille entière et 8 ppm pour le zinc ;</p> <p>- pour le fer et le manganèse le rapport Fe/Mn est important :</p> <p>. déficience en Mn avec symptômes Fe/Mn > 10,5</p> <p>. risque de déficience en Mn sans symptômes 4 < Fe/Mn > 10,5</p> <p>. absence de symptômes 0,4 < Fe/Mn > 4</p> <p>. déficience en fer avec symptômes Fe/Mn < 0,4</p>	1	1,5 à 1,7	0,1	2,2 à 3,0	0,8 à 1,2	0,3	-	30	8	100 à 200	50 à 200	10

Tableau 17 : Teneurs en éléments minéraux de quelques plantes cultivées en fonction de l'organe de prélèvement

Plante cultivée	Organe à prélever	Remarques concernant les éléments minéraux	N O R M E S													
			stades	N	P	% K	ms Ca	Mg	et S	B*	Cu*	* en ppm Fe*	Mn*	Zn*		
Riz	- la paille : stade 1 - le riz blanc : stade 2 : valeurs moyennes stade 3 : valeurs minimales stade 4 : valeurs maximales		1	0,88	0,2 à	0,5 à	0,4 à	0,1 à	0,08 à	-	-	-	-	-		
			2	-	0,5 0,27	2,0 0,1	0,8 0,005	0,3 0,058	0,1 -	-	-	-	-	-		
			3	-	0,18	0,02	0,003	0,03	-	-	-	-	-	-	-	
			4	-	0,38	0,16	0,03	0,09	-	-	-	-	-	-	-	
Manioc	- racines entières : stade 1 - écorces : stade 2 - cylindre central : stade 3 - tiges : stade 4 - feuilles : stade 5		1	-	0,1	1	0,1	-	-	-	-	-	30	-	-	
			2	-	0,1	-	0,2	-	-	-	-	-	200	-	-	
			3	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	10	-	-	
			4	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			5	-	0,5	2	0,5	-	-	-	-	-	-	300	-	-
Igname		<p>Les principaux symptômes foliaire de carences en éléments:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N: feuilles très petites, vert clair ou jaunâtre d'abord, puis se desséchant de la pointe aux marges avant de tomber. Repousse de feuilles minces, translucides, anthocyanées qui ne tombent pas ; - P: feuilles à pigmentation pourpre, violacée, jeunes, vert sombre brillant, adultes à sénescence marquée par des aires dispersées, jaune à brun clair, puis brun foncé, un jaunissement entre ces aires et la chute de bas en haut ; - Ca : feuille coriace et réduite, les plus âgées marbrées de jaune, à la fin nécrosées le long de la nervure principale à la face inférieure ; - K : d'abord petites taches rondes brunâtres, puis après leur coalescence surtout aux marges, enroulement vers le haut, aspect brûlé, nécrosé sur fond jaune et abscission des feuilles; - S : jaunissement généralisé, nervures comprises, des feuilles plus étroites que la normale ; - Mn : marbrures chlorotiques internervaires ; - Fe : chlorose internervaire des jeunes feuilles, feuilles adultes vert clair à jaunes. 														

6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lundegurdh 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 : 82p.
- 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.

