CONVENTIONS

SCIENCES DE LA VIE

AGROPEDOLOGIE

N° 23

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

2- Observations réalisées chez M. Cochard

Sylvie EDIGHOFFER

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

CONVENTIONS

SCIENCES DE LA VIE

AGROPEDOLOGIE

N° 23

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

2- Observations réalisées chez M. Cochard

Sylvie EDIGHOFFER

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

/Edighoffer, S.

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. Cochard

Nouméa : ORSTOM. Novembre 1993. 109 p.
Conv. : Sci. vie : Agropédol. ; 23

Ø68SPASOL
ENQUETE AGROPEDOLOGIQUE ; SOL FERRALLITIQUE ; METAUX LOURDS ;
PLANTE MARAICHERE / NOUVELLE CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM
Novembre 1993

ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

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

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

2- OBSERVATIONS REALISEES CHEZ M. COCHARD

1 - INTRODUCTION

Cette enquête Agropédologique se situe dans le cadre d'une 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 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 du sol.

Elle a débuté en 1992 chez M. Cochard et elle sera répétée chez d'autres exploitants de la région de la Coulée, de la Lembi et de la rivière des Pirogues. La démarche suivie a été décrite dans un premier document détaillant la méthode de diagnostique 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.

Cette étude de parcelles agricoles, est réalisée sur deux types de sols ferrallitiques situés, la première en plaine alluviale, principale zone de cultures et la seconde en zone de piedmont, zone qui semble répondre aux préoccupations des agriculteurs, désireux de vouloir agrandir leurs surfaces cultivées.

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 M. Cochard.

QUESTIONNAIRE AGRICULTEUR

CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION

A - Situation de famille

1. Nom de l'exploitant : *COCHARD Pierre*.....

2. Formation de l'agriculteur : *Ingénieur d'Angers*.....

3. Existe t-il dans la famille des personnes ayant eu une formation agricole ou autre ?
Si oui, laquelle ? *Son frère possède un BTS Agricole, il travaille avec lui sur l'exploitation*.....

4. Exercez-vous une autre activité que celle d'agriculteur ? *Non*.....

5. Depuis combien d'années êtes vous agriculteur ? *Depuis 1974 soit 17 ans*.....

B - Situation de l'exploitation

6. Nom de l'exploitation : *Domaine du KOUANDJI*.....

7. Statut de l'exploitant :

Propriétaire	Locataire	Autres
des parcelles du marais	*le dessus de ses serres vers le haut de la montagne*	*Concessionnaire des parcelles N°2 à 6*

8. Date de la première mise en valeur : *en 1974 pour les parcelles proches de l'exploitation*
et en 1984 pour les parcelles situées en plaine.....

9. Localisation de l'exploitation : *dans la région de LA COULEE*.....

10. Superficie de l'exploitation : *100 ha dont 55 ha de plaine, 15 ha de bananes et 31 ha proches de l'exploitation*.....

11. Nombre de parcelles au total : *18 parcelles*.....

12. Nombre de parcelles les plus éloignées de l'exploitation : *deux parcelles se situent au bord de la route Territoriale et à proximité de la rivière LA COULEE :n°15 et n°16 qui représentent au total 4,5 ha*.....

13. Distance de la parcelle la plus éloignée des bâtiments techniques de l'exploitation : *1,5 km*.....

14. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine
/	*piedmont*	*marais perchés sur glacis*	*plaine alluviale*

15. Existe t-il une station météo proche de l'exploitation ? *Oui*.....
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 ? *10 ouvriers*.....

D - Matériel agricole

17. Quels matériels utilisez-vous ?

Opérations culturales :	Matériels utilisés :
labour	*une charrue bisocs*
préparation du lit de semences	*un rotovator et une herse vibrante*
épandage de produits divers	*une cuve à lisier et un semoir à engrais VICON*
récolte	*une arracheuse décolleteuse pour carottes*

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	*girobroyage*
2	*rotavator*
3	*sous solage* *charrue*
4	*rotavator*
5	*herse*

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
Céréales : blé				
orge				
sorgho	*sorgho fourrager*	*parcelles N°8,9,10,11, 12,14 et 16*		
avoine				
maïs				

Cultures maraîchères pomme de terre				
carotte	*Carottes Royal cross*	*en plaine parcelles N°15 et 13*	*toute l'année*	*4,7 t/ha sur l'année et pointe à 30t/ha*
courgette	*courgettes*	*parcelle N°3, 8, 10*	*toute l'année*	
concombre	*poivron concombre*	*parcelle N°10*	*toute l'année*	
aubergine	*aubergine*	*parcelle N°3, 8, 10*	*toute l'année*	
poireau	*poireau*	*parcelle N°3, 8, 10*	*toute l'année*	
tomate	*tomate Tropic boy et Roma riogrande*	*parcelles N°3, 6, 8*	*toute l'année*	*30 à 50 t/ha soit 1,5 à 2 kg par pieds*

Cultures	Variétés	Localisation	Dates de culture	rendement
Cultures fruitières orange				
mandarine	*clémentine*			
citron	*citron*			
pamplemousse				
banane	*banane 90% de william + Grande naine + Poingo*	*dans la plaine parcelles N°4, 7 et 13*	*toute l'année et surtout en janvier février mars*	*sur l'année 15t/ha pouvant aller jusqu'à 25t/ha*
ananas				
pomme-liane	*pomme liane*			
litchi				
mangue				

Cultures vivrières igname	*igname*			
patate	*patate curry*			
taro				
manioc				

Autres. cultures café	*café*			
pervenche	*pervenche de Madagascar*			

22. Parmi ces productions, quelles sont celles qui vous intéressent le plus ? *La banane*
avec les deux variétés : William et Poingo.....

23. A quelles dates pratiquez-vous ces productions ? *CF. tableaux ci-dessus*.....

24. Quels sont les rendements atteints ? *CF. tableaux ci-dessus*.....

25. Quelles sont les principales variétés, de chaque production ? *CF. tableaux ci-dessus*.....

26. Quelles sont les cultures les plus rentables ? *La banane* .....

B - Technique de production

27. Qu'apportez-vous comme engrais ? .....

Numéro d'apport	Type d'engrais
1	*1 t/ha de N/P/K 13/13/21 pour les bananes 400 kg / ha*
2	*5 fois par an du lisier de porc*
3	*pour les cultures de carottes, tomate et courgette apport de fumier sec*

28. Apportez-vous de la matière organique, et sous quelle forme ? Résidus de récolte, fumier ou lisier ? *Du fumier sec de poule et du lisier de porc*

Type de matière organique	Quantité
résidus de récolte	
fumier	*fumier sec de poule*
lisier	*5 fois par an épandage de lisier*
autre	

29. Réalisez-vous une préparation spécifique du sol pour chaque production ? Si oui, laquelle ? *Pour les tomates aubergines et poivrons la culture est en billons,*
les bananes sont plantées après passage de la sous soleuse

30. Pratiquez-vous l'irrigation ?

oui	

Nombre de parcelles irriguées ? *2 parcelles*
Surfaces irriguées au total ? *Soit 7 ha car à proximité de la rivière et du lotissement*

31. Avez-vous (ou avez-vous eu) des problèmes de maladies ? *Sur bananier de la cercosporiose, sur tomate de l'alternariose (comme sur la carotte) et sur courgette*
de l'oidium

32. Avez-vous eu recours à des traitements phytosanitaires sur vos cultures ? *Utilisation de pyrétrénoïdes et de fongicides ainsi que des traitements contre la cercosporiose sur bananier.*

33. Quelles types de successions réalisez-vous sur vos parcelles ? *Pour les cultures maraîchères il y a alternance de carotte (pendant environ 4 mois) et du sorgho fourrager pendant 8 mois. Il y a en plus sur l'exploitation une parcelle au repos pendant un ou deux ans et des parcelles en culture de bananes pendant 4 ans au moins.*

34. Connaissez-vous des zones où les cultures sont particulièrement faciles à réaliser ? *la zone de coteaux avait au début des rendements relativement bons, mais actuellement cette zone est beaucoup moins productive. C'est cependant dans cette zone que sont cultivées les carottes et les tomates en période de pluies alors que durant la période sèche celles-ci descendent dans la plaine. La banane dans la plaine a toujours de bons rendements.*

Connaissez-vous des zones où les cultures ne viennent pas ? *Les zones de marais*
Savez-vous pourquoi ? *Par un excès d'eau de pluie et de rivière à proximité, accompagnés par des remontés de nappes.*

C - Cultures envisagées dans l'avenir

35. Quelles sont les cultures à abandonner ? pourquoi ? *Pour des raisons climatiques la culture d'oignons fut abandonnée, car la récolte se faisait durant une période trop humide ce qui a entraîné un pourrissement des oignons. Pour des raisons commerciales les cultures de chou et d'ananas furent abandonnées car jugées pas assez rentables et avec des symptômes de carences en fer très marqués (?).*

36. Voulez-vous essayer de nouvelles cultures ? Savez-vous les conduire ? *Cette année le poireau que je compte mener sans un désherbage systématique de la parcelle, c'est à dire en même temps que l'herbe à oignons.*

37. Voulez-vous augmenter vos surfaces cultivées ? *Je souhaiterais une extension vers la zone de marais dans la mesure du possible ou ces terrains sont impraticables une bonne partie de l'année, si ce n'est toute l'année. Des tentatives sont actuellement réalisées en bordure de route.*

FONCTIONNEMENT DU PARCELLAIRE

43. Pensez-vous avoir des problèmes climatiques sur votre exploitation ? *Globalement pas trop sauf un passage de vent dans la vallée des parcelles numérotées de 7 à 12.*

44. Les sols présents sur votre exploitation sont-ils fertiles ? Et relativement homogènes ? : Combien de types de sols distinguez-vous ? *Je pense avoir quatre types de sols sur mon exploitation : la plaine alluviale, la zone de coteau, les marais et une zone riche en argile noire sous les serres*

45. Avez-vous des problèmes d'érosion ? *Oui*
Si oui, de quels types ? *Des glissements de terrain*
Sur quelle parcelle ? *Dans la zone de coteau (zone de vergers)*
Qu'avez-vous fait pour y remédier ? *Pour les vergers je pratique la technique de l'enherbement minimum et en période de pluies une couverture végétale. De plus, les cultures implantées suivent dans la mesure du possible les courbes de niveau.*

46. Quels sont les principaux problèmes rencontrés sur vos cultures ? *Sur les coteaux des essais ont été fait en culture de bananiers mais le résultat ne fut pas satisfaisant du tout car la végétation était basse, rabougrie par rapport aux cultures réalisées dans la plaine.*

47. Avez-vous remarqué des symptômes anormaux de développement ? Si oui, quel traitement avez-vous appliqué ? *Sur bananiers après débroussaillement et avant l'application des doses de lisier. Sur bananier cultivés en zone de coteau , les pieds étaient plus petits par rapport a ceux cultivés en plaine, sur carottes des problèmes de nématodes et de compactage en plaine.*

3 - PHASE II

RECONNAISSANCE DES DIFFERENTS FACIES PEDOLOGIQUES DE L'EXPLOITATION DE M. COCHARD

3.1- Premier exemple en plaine alluviale, la parcelle n°15

Fiche n°1 : cartographie des volumes de sols de la parcelle n°15

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

Fiche n°3 : caractéristiques de la parcelle n°15

3.1.1- Le profil cultural n°1

Photographie du profil cultural n°1
Schéma du profil cultural n°1
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural n°1

3.1.2- Le profil cultural n°2

Photographie du profil cultural n°2
Schéma du profil cultural n°2
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural n°2

3.2- Deuxième exemple en zone de piedmont, la parcelle n°3

Fiche n°4 : cartographie des volumes de sols de la parcelle n°3

Fiche n°5 : vue en trois dimensions de la parcelle n°3

3.2.1- Le profil cultural n°3

Photographie du profil cultural n°3
Schéma du profil cultural n°3
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural n°3

3.2.2- Le profil cultural n°4

Photographie du profil cultural n°4
Schéma du profil cultural n°4
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural n°4

Fiche n°1 : FICHES DE DIAGNOSTIQUES AGROPEDOLOGIQUES

Exploitation de M.Cochard, parcelle n°15 située en plaine alluviale

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

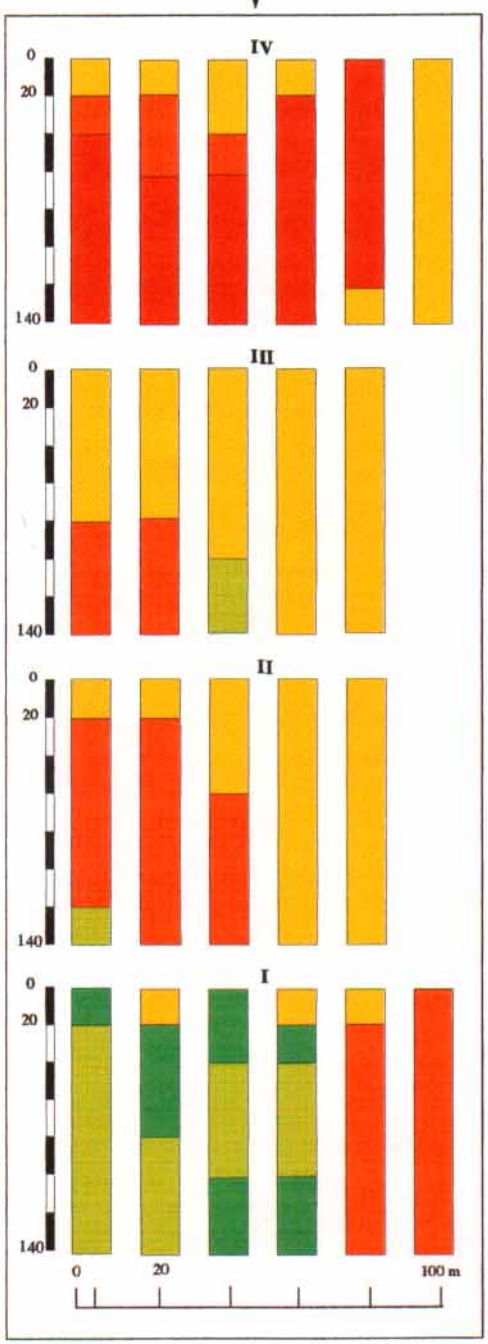
↓

Description et regroupement des sondages

↓

Identification des horizons diagnostiques
CF. Fiche 2 : unités cartographiques U8 à U11

↓



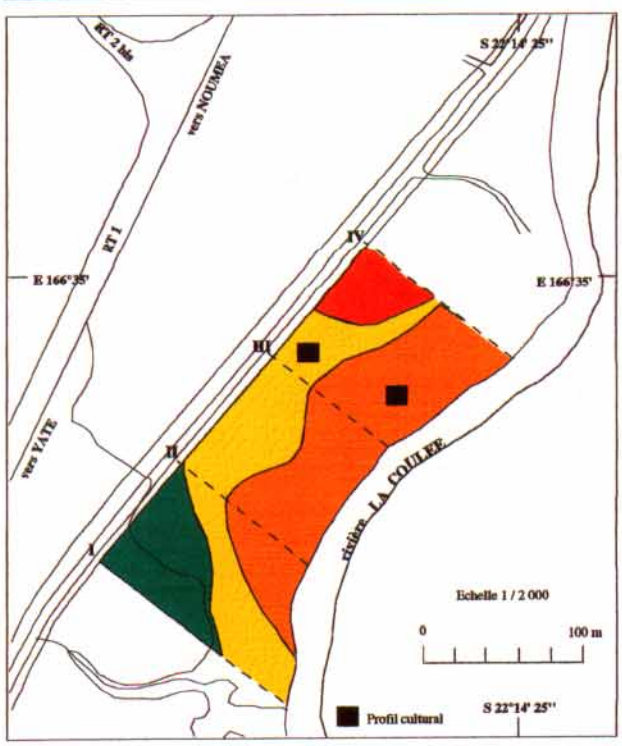
Vue en coupe des variations latérales des horizons-diagnostiques constituant le pédo-comparateur

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

- horizon brun rougeâtre foncé, (2,5 YR 3/4), sablo-limoneux meuble. — VOLUME 1
- horizon brun rougeâtre (5 YR 3/4), limono-argileux, engorgé dès 80 cm collant. — VOLUME 2
- horizon rouge sombre (5 YR 3/3), limono-argilo-sableux, meuble. — VOLUME 3
- horizon brun rougeâtre foncé (7,5 YR 5/6),limono-argileux avec des gravillons, meuble.
- horizon rouge sombre (10 R 3/4) gravillonnaire (graviers et gravillons: sesquioxydes). — VOLUME 4

↓

Cartographie des volumes de sols (vue en plan)



↓

Diagnostic agropédologique

Contraintes physiques observées dans le volume 2 :

- la présence d'une nappe permanente accompagnée d'un battement saisonnier entraîne un engorgement semi-temporaire en surface ;
- à partir des 20 premiers centimètres une texture argilo-limoneuse limite également le drainage interne.

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 ou 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.

Fiche n°3 : Exploitation de M. Cochard : Caractéristiques de la parcelle numéro 15 (parcelle située en plaine alluviale)

ETUDE D'UNE PARCELLE PARTICULIÈRE

48. Quelle est la principale caractéristique de cette parcelle ? *Cette parcelle est plus ou moins bonne à moyenne sur l'exploitation, au bord de la rivière, après le bourrelet de berge et à proximité de la route territoriale et d'un lotissement*.....

49. Quelle est sa superficie ? *1.20 ha*.....

50. Qu'est ce qui entoure cette parcelle ? *Un chemin domanial sur toute sa longueur, au dessus une parcelle de carottes et de l'autre coté une autre parcelle de carottes*.....

51. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine
			plaine alluviale Unité U11

52. Profondeur de sol, zone exploitable par les racines (en cm) : *environ 100 cm*
.....

53. Existe t-il des obstacles à l'enracinement ? De quel type ? *Pas vraiment d'obstacles à l'enracinement mais plutôt des risques de remontée de nappe*.....

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

55. Ce sol présente t-il, selon vous, des problèmes ou des avantages particuliers ?
C'est une parcelle avec des problèmes d'eau en fonction du moment de l'année, de plus cette parcelle n'est pas irrigable.....

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

drainage insuffisant	drainage parfois insuffisant	sol sain
pas homogène		

57. Sensibilité à la sécheresse ?

sol séchant rapidement	sol conservant bien l'humidité
	sol frais

58. Type de culture en place ?

Culture	Choix de la culture	date de semis	Variété	rendement prévisible
Carotte	*éloignement*	*17 avril*	*Royal Cross hybride japonais*	*15 à 30 t / ha*

59. Est-il possible de préciser les cultures successives antérieures ? *Alternance de sorgho fourrager et de culture de carotte*.....

60. Maladies ou attaques d'insectes survenues lors de vos cultures ? *Une attaque de chenilles comme les attaques régulières qui apparaissent au moment des changements de saison entre mars et avril et au mois de septembre*.....

61. Amendements réalisés sur cette parcelle ? *N/P/K. et Gypse et lisier de porc*

62. Dates des principaux apports ?

Dates des apports	N-P-K	Chaux, calcaire, gypse	Matière organique	Autres apports
début avril	*N: 130U P: 180U (400kg/ha de triphosphate) K: 210U (soit 1t/ha)*	*gypse 1.2 t/ha*	*lisier de porc 20 à 30 m3/ha*	*sorgho fourrager enfoui*

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 ? A une toxicité éventuelle ? *Non*.....

65. Avez-vous remarqué ces mêmes symptômes sur une autre culture ? *Sur carotte, j'ai constaté des problèmes de fourchage de tubercule et d'éclatement, probablement dus à un problème de circulation en eau et à un problème calcique dans la carotte*.....

3.1.1- Le profil cultural n°1

Le profil cultural n°1, réalisé dans le volume de sol n°1 de la parcelle n°15

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

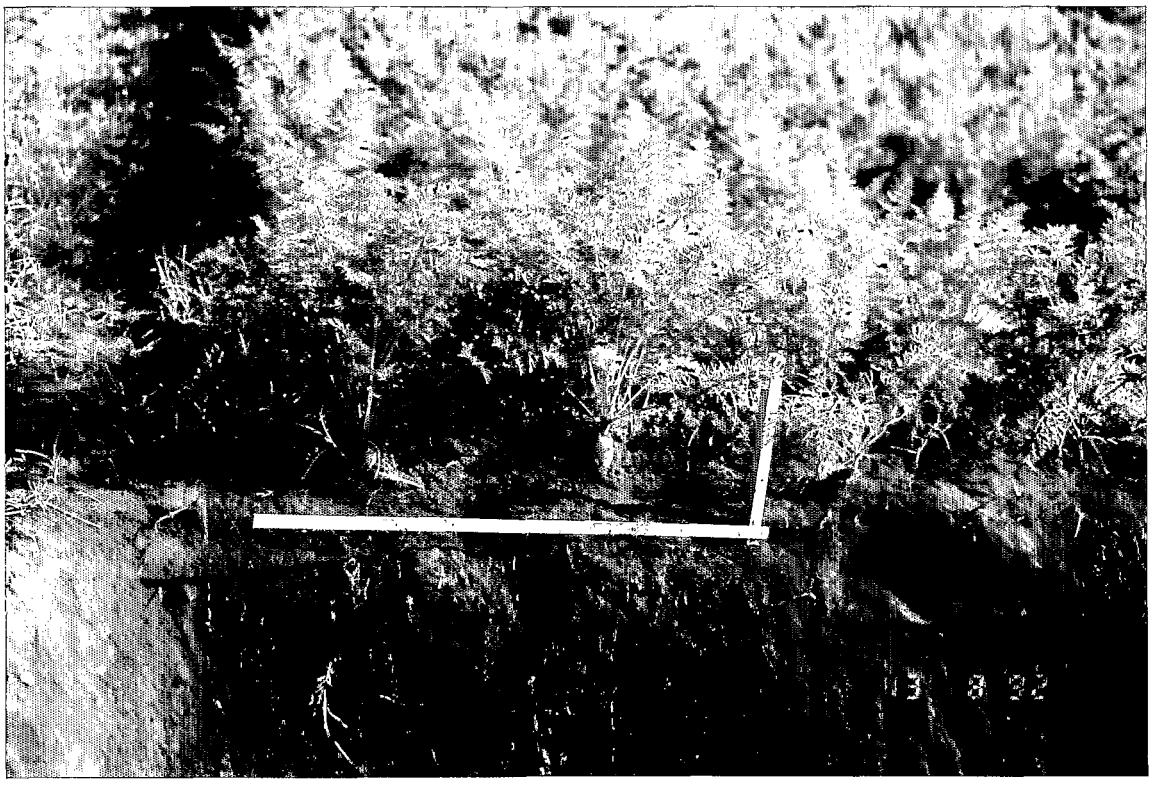
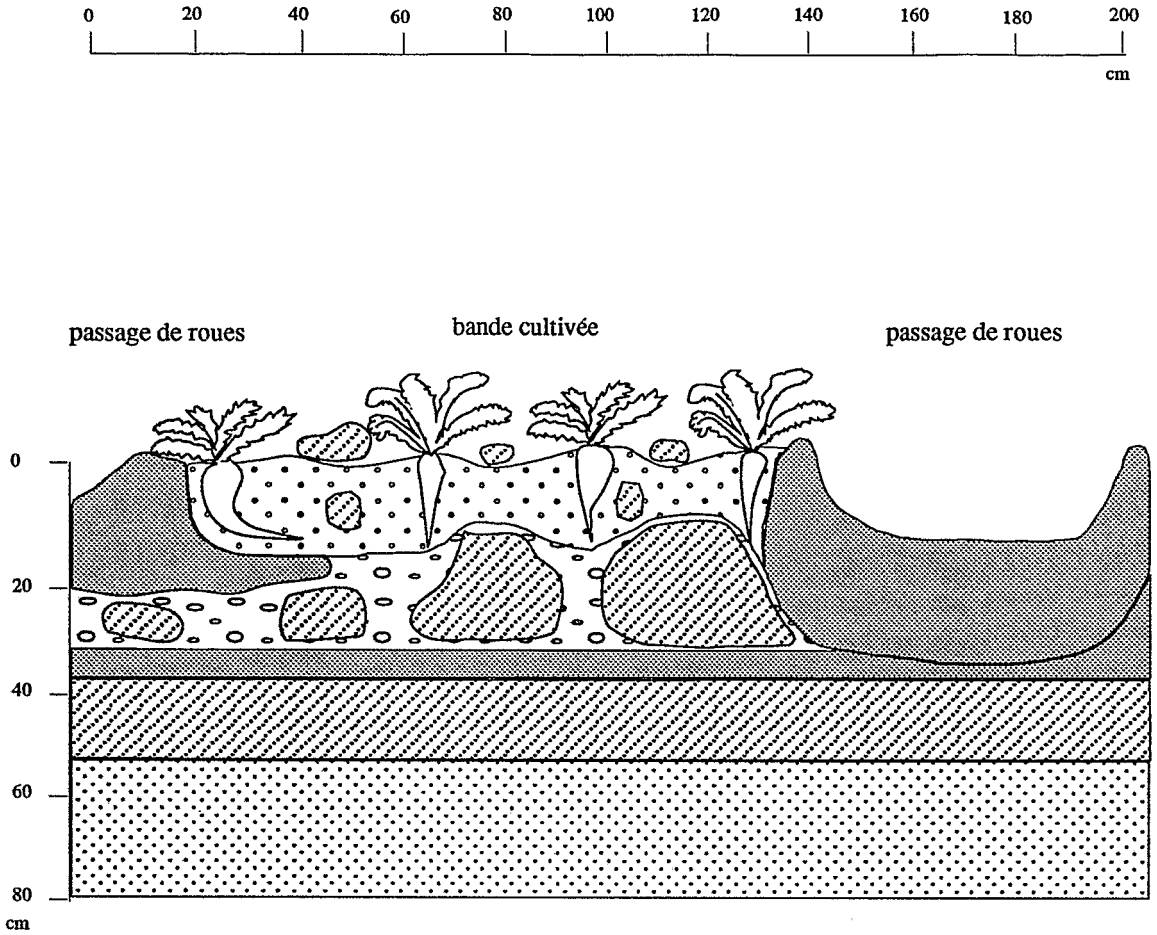


Schéma du profil cultural n° 1



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 gravillonnaires, très meuble avec de gros gravillons de sesquioxydes 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 MUNSELL	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 - COMPACITE - 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 - Dendrites - 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'arrangem ent	aucune	qq racines < à 1 mm irrégulière entre les agrégats limité à l'horizon vides d'arrangem ent	aucune
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS *Taille* mm *Faces* - planes - courbes - planes et courbes *Arêtes* - anguleuses - émoussées - pas d'arête *Allongement préférentiel* - 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 sesquioxyd es 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 friable	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 cylindriques vacuolaires vésiculaire inter granulaires	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, apparait 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 du 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.

3.1.2- Le profil cultural n°2

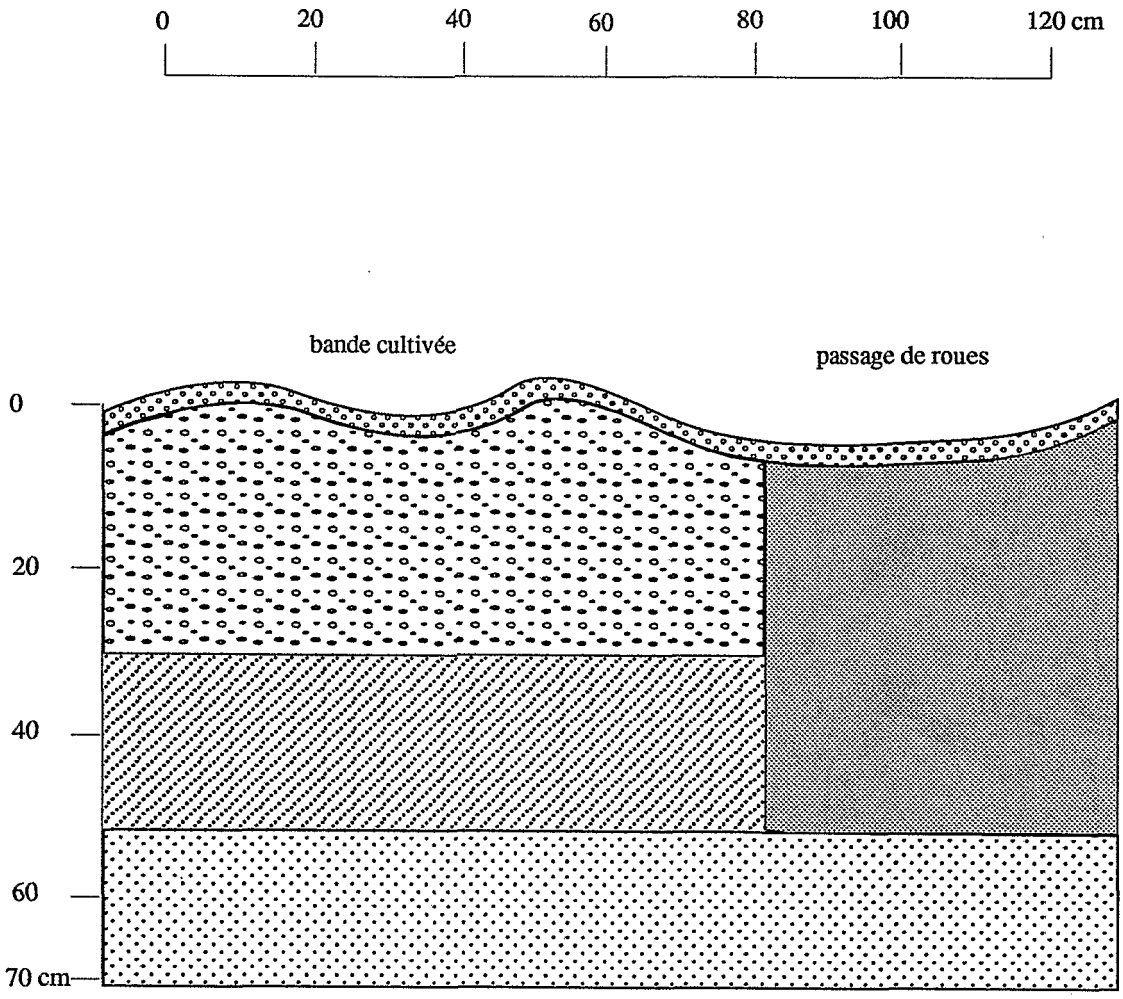
Le profil cultural n°2, réalisé dans le volume de sol n°2 de la parcelle n°15

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 cultural n°2



LEGENDE

- Horizon limono-argileux, assez compact. Présence de racines très fines (< à 0,1 mm de diamètre) ;
- Horizon très compact, de structure massive situé au niveau des passages de roues ;
- Horizon limono-argileux, assez compact, de couleur brun-jaunâtre ;
- Horizon gravillonnaires, très meuble avec de gros gravillons de sesquioxydes de fer dont le diamètre varie de 2 à 5 mm .

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 - TRAITS PEDOLOGIQUES Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	/	/	taches brunes à jaunes	revêtement métallique

PROFIL N°2				
HORIZONS	1	2	3	4
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 *Taille* mm *Faces* - planes - courbes - planes et courbes *Arêtes* - anguleuses - émoussées - pas d'arête *Allongement préférentiel* - 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.

Fiche n°4 : FICHE DE DIAGNOSTIQUES AGRO-PEDOLOGIQUES
Exploitation de M.Cochard, parcelle n°3 située en zone de piedmont

Sondages systématiques tous les 10 ou 20 m et prise d'échantillons tous les 20 cm

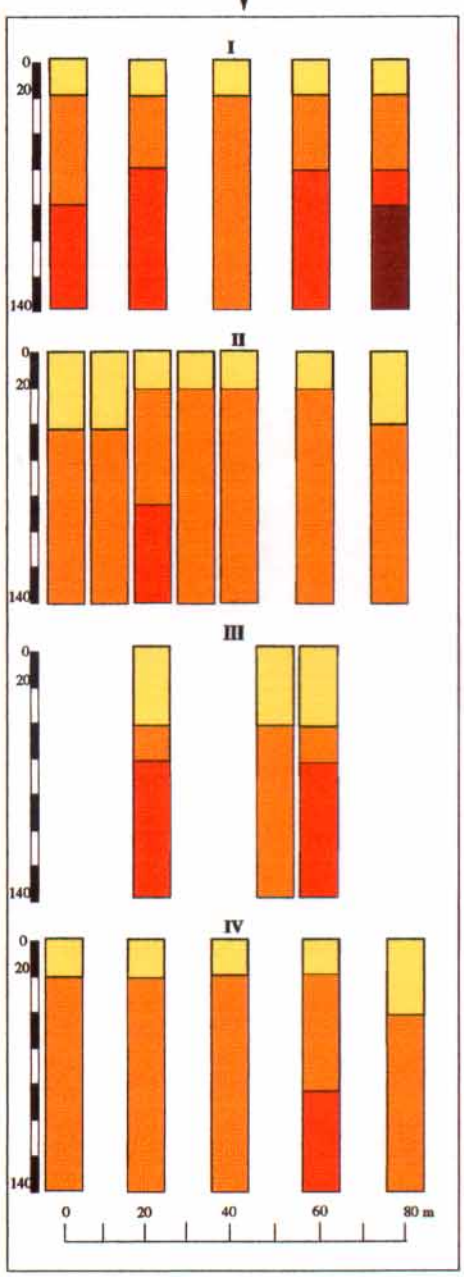
↓

Description et regroupement des sondages

↓

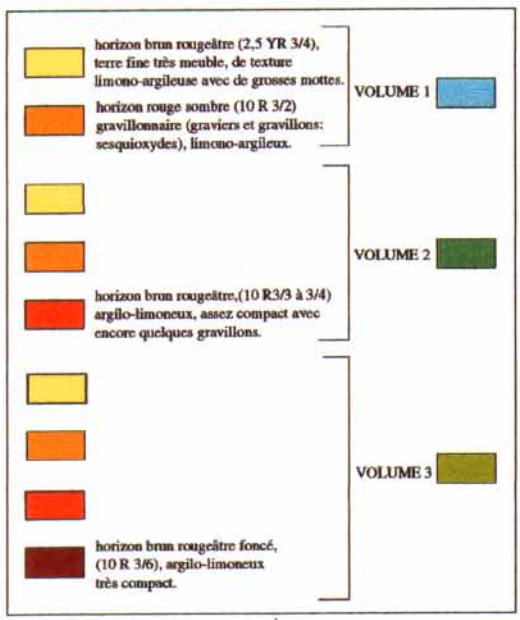
Identification des horizons diagnostiques

↓



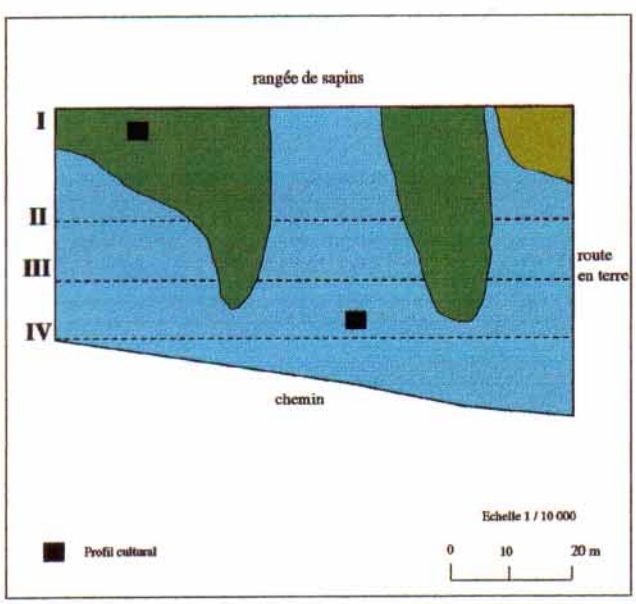
Vue en coupe des variations latérales des horizons-diagnostiques constituant le pédo-comparateur

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



↓

Cartographie des volumes de sols
(vue en plan)



↓

Diagnostic agropédologique

Les contraintes physiques observées sur cette parcelle sont les suivantes :

- des pentes relativement importantes de part et d'autre du modelé ;
- dans le volume 2 : un horizon gravillonnaire qui diminue, rend ce volume plus cohérent dès 60 cm ;
- dans le volume 3: l'épaisseur de l'horizon gravillonnaire est encore plus faible que dans le volume 2, ce qui laisse apparaître des horizons plus argilo-limoneux très compacts dès 40 cm.

3.2.1- Le profil cultural n°3

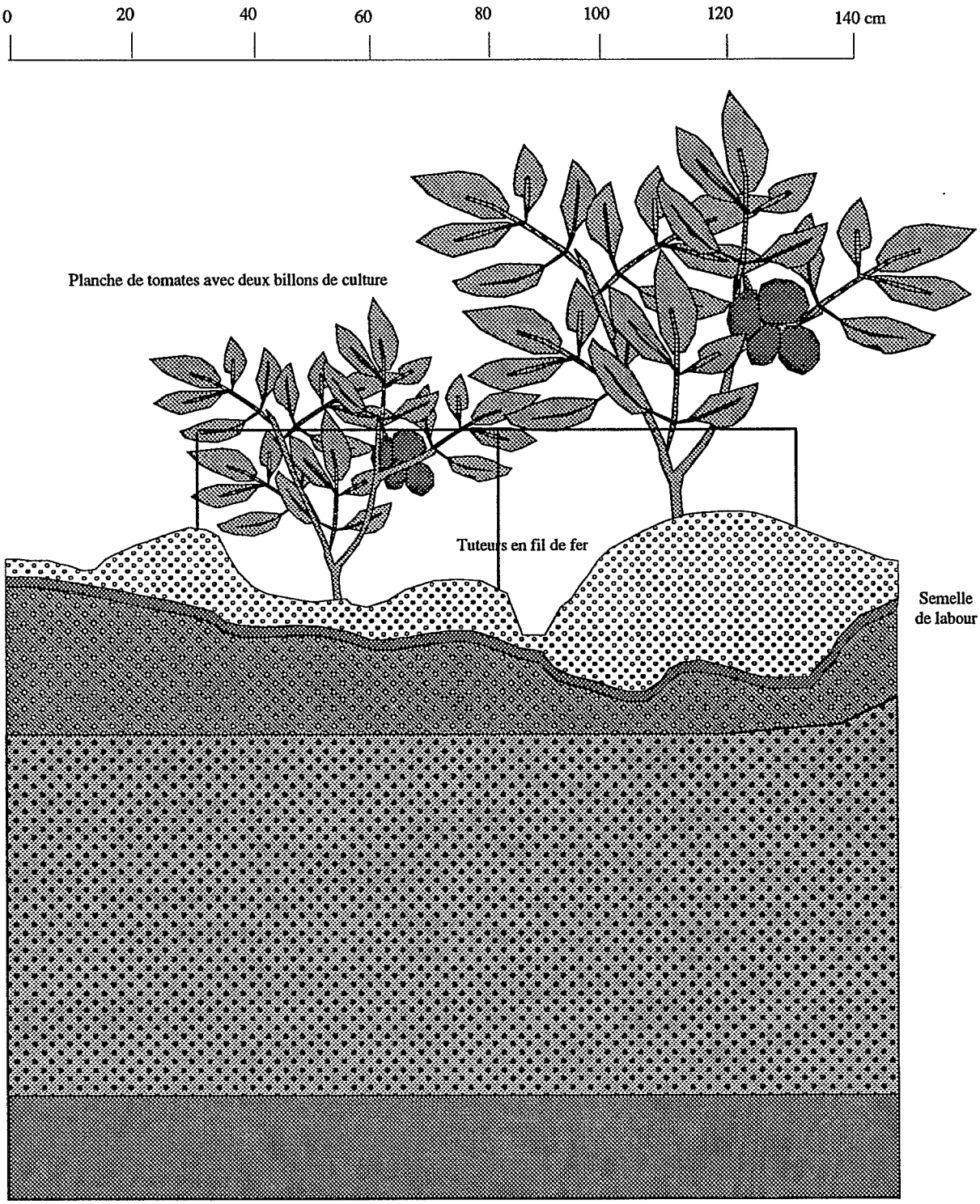
Le profil cultural n°3, réalisé dans le volume de sol n°1, de la parcelle n°3 :

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 3	**Observateur :** Sylvie	**Date :** 07/93	**Culture :** Tomates	**Précédents :** Patate curry

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
Les tomates sont en fin de récolte, les feuilles sont toutes sèches. Elles reposent sur le sol, soutenues par des fils reposant sur des tuteurs en fil de fer.	Le profil cultural se situe perpendiculaire aux planches de tomates, au sommet du modelé, dans le volume de sol N°1.	Charrue, rotavator

Photographie du profil cultural n°3

Schéma du profil cultural n°3



LEGENDE

Horizon limono-sableux, brun rougeâtre (2,5 YR 3/4), très meuble.La structure est particulaire avec quelques gravillons (1 à 2 mm). Horizon organique : présence de racines très fines (1 mm de diamètre) et de débris végétaux (tiges, pailles). Une pellicule de battance est visible en surface ;

Horizon limono-argilo-sableux rouge sombre (10 R 2/2), assez compact. La structure est massive. Présence de gravillons de sesquioxydes de fer ;

Horizon rouge sombre (10 R 3/2 à 3/3) très compact. La structure est massive, gravillonnaire avec des gravillons de plus grosse taille (2 à 3 mm de diamètre) ;

Horizon limono-argileux, rouge-noirâtre (10 R 2/1) très compact. La structure est massive avec de nombreuses tâches rouges et noires en bandes horizontales et des revêtements métalliques.

PROFIL N°3				
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-sableux	limono-argilo-sableux	limono-sableux	limono-sableux
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	frais	frais	sec
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSELL	2,5 YR 3/4	10 R 2/2	10 R 3/2 à 3/3	10 R 2/1
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	massive fissurée	massive fissurée	massive
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	très important	faible	faible	très faible
6 - COMPACITE - Très peu compact - Peu compact - Assez compact - Très compact	très peu compact	assez compact	compact	très 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	S 0,1 Gr 0,1-0,2 ES 1 à 3	Gr 0,1-0,2-0,3	Gr 0,3-0,5	Gr 0,1-0,2-0,3 brillants
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable - Faible - Importante - Très importante	très important	Faible	NDD	Absente
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, racines bloquées	nette	distincte
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches- Imprégnations-Revêtements-Concrétions -Pellicules-Dendrites-Carapaces-Cuirasses	pellicule continue en surface	/	revêtemt, tâches rouges	revêtemt, tâches rouges

PROFIL N°3				
HORIZONS	1	2	3	4
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	des fourmis	faible	NDD	NDD
12 - RACINES		rares	rares	absente
- Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 -	< 1mm	1 mm	< 1 mm	
- Distribution régulière ou irrégulière	régulière	irrégulière	irrégulière	
- Dans le plan horizontal, vertical ou oblique	vertical	horizontale	vertical	
- Entre les agrégats	entre et dans			
- Dans les agrégats	les agrégats	limité à	limité à	
- Limité à l'horizon		l'horizon	l'horizon	
- Traversant l'horizon				
Mode de pénétration des racines :				
- dans les cavités				
- dans les chenaux	vide		chenaux	
- dans les fentes	d'arrangemt	vide		
- dans les vides d'arrangement		d'arrangemt		
- Observations de déformations des racines				
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS		/	/	
Taille mm	1 à 3 mm			
- faces				
- planes	courbes			
- courbes				
- planes et courbes				
Arêtes				
- anguleuses	grumeleuse			
- émoussées	émoussées			
- pas d'arête				
Allongement préférentiel				
- vertical	horizontal			
- horizontal				
- autre				
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE des agrégats				
- Non fragile, non friable				
- Peu fragile, peu friable				
- Fragile, friable	fragile,	/	/	/
- Très fragile, très friable	friable			
15 - PLASTICITE DES AGREGATS				
- Non plastique	non			
- Peu plastique	plastique,			
- Plastique	non collant			
- Très plastique				
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS	massif			
- Massif	fissuré			
- Massif fissuré				
- Fragmentaire				
- Non identifié				
17 - PORES DANS LES AGREGATS				
- Abondance /cm2	assez			
- Forme et taille en mm	important			
cylindriques	vésiculaire			
vacuolaires	tubulaire			
vésiculaire				
intergranulaires				

Interprétation agropédologique du profil cultural n°3

Le profil cultural n°3 se situe dans le volume de sol n°1 de la cartographie de la parcelle en zone de piedmont. La culture en place était malheureusement en fin de période de production ce qui ne m'a pas permis d'observer l'allure générale des plants (en particulier des feuilles vertes car lors de la description elles étaient toutes sèches).

La partie du profil la plus meuble est caractérisée par l'horizon 1, sablo-limoneux et présent sur les 10 à 20 premiers centimètres de sol. En dessous une semelle de labour, continue sur tout le profil, forme une véritable barrière pour les racines qui arrivent difficilement à la traverser. A la surface de l'horizon 1, une pellicule de battance formée vraisemblablement par un arrosage trop violent ou de fortes pluies.

Globalement, les couches de sols situées en dessous de l'horizon 1 sont très compactes, avec des gravillons dont la taille augmente sensiblement au fur et à mesure que l'on descend dans le profil, pour aboutir à l'horizon 4, qui, tout en ressemblant beaucoup aux horizons 2 et 3 (situés au dessus), présentent des tâches rouges et noires et des revêtements métalliques caractéristiques d'une hydromorphie temporaire ou d'une nappe en profondeur.

En conclusion, le volume de sol exploitable par les racines est par endroit très faible et peut donc empêcher un développement maximum des racines du plant de tomate. La limite physique de la semelle de labour contribue à accentuer ce phénomène dans la mesure ou les racines, très fines chez la tomate, ne peuvent la traverser. Comme les horizons situés en dessous sont globalement plus compacts, il faudrait constituer un volume de terre fine, plus important et des billons, sur la planche de tomates, plus volumineux.

Des traces de sous-solage ont été observées à 70 cm dans le profil. Cette technique est destinée à briser le sol pour l'ameublir. Les traces observées sont très anciennes car la sol a repris son aspect initial, les mottes se sont ressoudées on ne distingue plus que la galerie réalisée lors du sous-solage.

3.2.2- Le profil cultural n°4

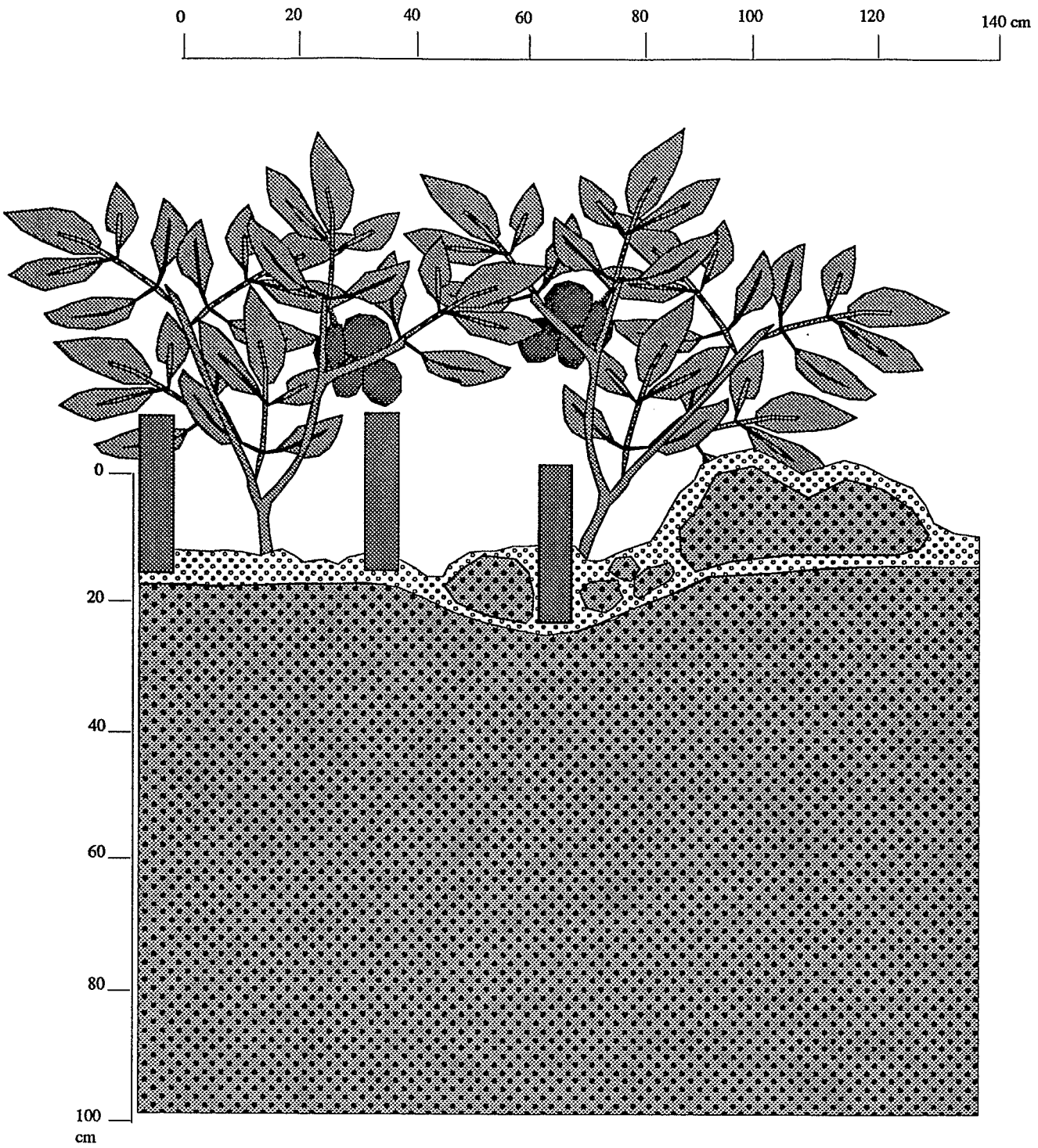
Le profil cultural n°4, réalisé dans le volume de sol n°2, de la parcelle n°3 :

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro : 4	**Observateur :** Sylvie	**Date :** 07/93	**Culture :** tomates en début de récolte	**Précédents :** patate Curry

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
Les tomates sont âgées de 1 mois, et vont produire leur première récolte.	profil situé en bordure de chemin de tracteur, sous une rangée de pins.	charrue, rotavator

Photographie du profil cultural n°4

SCHEMA DU PROFIL N°4



LEGENDE

Horizon limono-sableux, brun rougeâtre (2,5 YR 3/4), très meuble.La structure est particulaire avec quelques gravillons (1 à 2 mm). Horizon organique : présence de racines très fines (1 mm de diamètre);

Horizon rouge sombre (10 R 3/2 à 3/3) très compact. La structure est massive, gravillonnaire avec des gravillons de plus grosse taille (2 à 3 mm de diamètre) ;

PROFIL N°4			
HORIZONS	1	2	3
1 - TEXTURE - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	LS Limono-sableux	Ls limoneux	
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	sec à frais	frais	
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSELL	2,5 YR 3/4	10 R 3/2 à 3/3	
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	important	faible	
6 - COMPACITE - Très peu compact - Peu compact - Assez compact - Très compact	très peu compact	très compact à très cohérent	
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	Gr : 0,1-0,2-0,3-0,5 ES : 1-2-3	Gr : 0,1-0,2-0,3	
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable - Faible - Importante - Très importante	NDD	Tiges et MO enfouies	
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 et irrégulière	nette racines déviées	
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches- Imprégnations-Revêtements-Concrétions -Pellicules-Dendrites-Carapaces-Cuirasses	/	/	

PROFIL N°4			
HORIZONS	1	2	3
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 (ou ES) - 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	importante 0,1-0,2 irrégulière horizontal à oblique radicelles entre les ES vides d'arrangemt	faible 0,2-0,3 irrégulière traversant l'horizon dans les ES et entre vides d'arrangemt	
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS *Taille* mm - faces - planes - courbes - planes et courbes *Arêtes* - anguleuses - émoussées - pas d'arête *Allongement préférentiel* - vertical - horizontal - autre	polyédrique émoussées horizontal	/	
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE des agrégats - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	très fragile très friable	/	
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	non plastique, non collant	/	
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	libre non emboité	/	
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm2 - Forme et taille en mm cylindriques vacuolaires vésiculaire intergranulaires	porosité inter- agrégats	/	

Interprétation agropédologique du profil cultural n°4

Le profil cultural n°4 se situe dans le volume de sol n°2 de la cartographie d'une parcelle en zone de piedmont. Les plants de tomates de la parcelle étaient bien développés et au stade de production (les fruits étaient encore verts). Le développement était homogène sur les deux billons de culture.

L'horizon 1 est relativement meuble avec cependant de grosses mottes qui proviennent de l'horizon gravillonnaire - horizon 2 - situé en dessous. Ces mottes, très compactes sont des obstacles à l'enracinement et les racines de tomates doivent les contourner avec cependant la possibilité pour quelques unes d'entr'elles de pénétrer ces gros agrégats par les vides d'arrangement. La limite avec l'horizon inférieur est très nette en raison de la compacité de celui-ci. Une semelle de labour n'a pas été observée, mais il est possible de repérer des pailles enfouies et des résidus de tiges entre ces deux volumes de sols. Quelques racines très fines descendent dans le profil jusqu'à 40 cm. Des traces de sous-solage ont été observées à 70 cm, résultat d'un travail du sol antérieur.

En conclusion, lors du travail du sol, en particulier lors du labour, il est très important de connaître la succession de couches de sol sur les 50 premiers centimètres, pour pouvoir utiliser, en deuxième passage, un engin approprié pour casser les blocs de terre compacte remontée des horizons inférieurs. La culture de tomate reviendrait, en fait, à fabriquer un volume de terre fine suffisamment important (sur 20 à 30 cm) pour permettre une meilleure colonisation du sol par les racines quelque soit les horizons de profondeur.

4 - PHASE III

NIVEAUX (SOL ET PLANTE) DES TENEURS EN METAUX LOURDS DE CULTURES SUR LES SOLS FERRALLITIQUES DE MONSIEUR COCHARD

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 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 de pouvoir faire des hypothèses sur les symptômes anormaux de développement des végétaux.

4.1 - Répartition des éléments minéraux dans les sols des parcelles étudiées

4.4.1- Répartition des éléments minéraux dans le sol de la parcelle n°15 en plaine alluviale

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) sont rapportées dans l'histogramme ci-dessous.

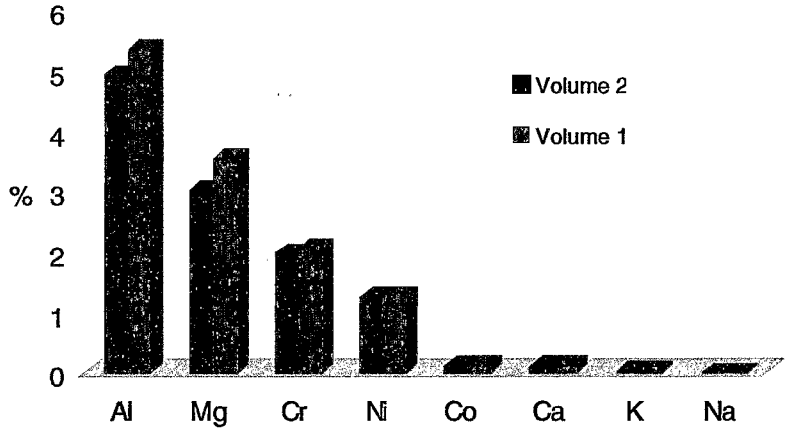


Fig.1 : Comparaison de teneurs en éléments minéraux dans chaque volume de sol

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 prenant une densité de sol de 1).

- **En éléments 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.

4.1.2 - Répartition des éléments minéraux dans les sols de parcelles en zone de piedmont, en glacis colluvio-alluviaux et en plaine alluviale

On a comparé les teneurs en éléments minéraux de trois types de sols : un sol de piedmont (Unité U3), un sol de glacis colluvio-alluviaux (Unité U9) et un sol de plaine alluviale (Unité U11) (CF. Annexe 1, tableau 5). Cette comparaison est représentée dans l'histogramme Fig.2, ci-dessous.

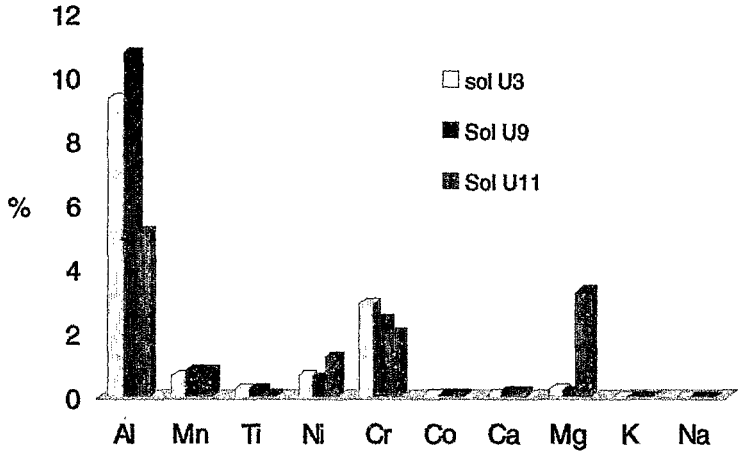


Fig.2 : Teneurs en éléments minéraux de trois types de sols : en zone de piedmont (U3), en zone de glacis colluvio-alluviaux (U9) et en plaine alluviale (U11).

En plaine alluviale, on constate que les teneurs en nickel (1,27 %) et en magnésium (3,28 %) sont plus importantes que dans les autres unités, alors que la zone de glacis est plus riche en aluminium (10,68 %) et en Manganèse (0,83 %). La zone de piedmont a des teneurs très importantes en aluminium (9,32 %) et en chrome (2,88 %). On constate donc, qu'il y a accumulation de nickel et de magnésium en bas de pente (dans la plaine alluviale), alors que sur les pentes (unités U3 et U9) c'est surtout l'aluminium, le chrome et le manganèse qui dominent avec des teneurs proches des 10 % pour l'aluminium, de 3 % pour le chrome et de 1 % pour le manganèse.

Les rapports Mg/Ca échangeables et totaux nous paraissent intéressants à calculer sur ces trois types de sols ferrallitiques. La plaine alluviale possède les plus forts rapports Mg/Ca total et échangeable respectivement de 33 et 6,4 alors que le glacis et le piedmont présentent des rapports de 1,5 et 8,7 pour les éléments totaux, et de 0,37 et 0,44 pour les éléments échangeables. Ces résultats mettent en évidence la capacité d'échange plus importante en plaine alluviale que dans les zones sur pentes (glacis et piedmont).

Des analyses spécifiques ont été réalisées par le Laboratoire de Chimie, pour mieux connaître les fractions dites assimilables du sol, par les plantes (CF. Annexe 1, tableau 5 et Fig.3 ci-dessous)

Le phosphore assimilable (P2O5 As), qui représente la fraction du phosphore total accessible aux plantes, fut dosé dans les trois unités de modelé (méthode de dosage Truog). On constate que l'unité U11 a la teneur la plus élevée en phosphore assimilable, autour de 600 ppm, et que plus la pente devient forte, (de l'unité U9 à U3), moins il y a de phosphore assimilable par les plantes.

Le manganèse facilement réductible (Mn FR) fut également dosé par la méthode de Cheng et Oulette qui tend à déterminer la quantité de manganèse non assimilable susceptible de devenir rapidement assimilable par la plante. Là encore, on constate que la plaine alluviale a des teneurs très importantes en manganèse facilement réductible, environ 1900 ppm, pour des teneurs toujours plus faibles sur les pentes (unité U3) et les bas de pente (unité U9) .

Le nickel disponible (Ni av) pour les plantes fut également dosé par le Laboratoire de Chimie par une méthode d'analyse appropriée à nos sols ferrallitiques ferritiques. Globalement, la plus grande partie du nickel disponible se situe en plaine alluviale (dans l'unité U11), autour de 200 ppm, pour une teneur totale en nickel dans le sol de 1,27 % (soit 12 700 ppm).

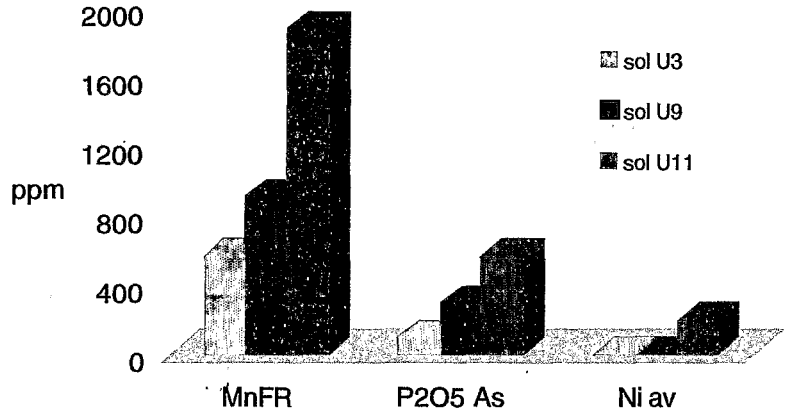


Fig.3 : Comparaisons des teneur en Mn, P et Ni assimilables sur trois types de sols, représentés par trois unités de modelé : U3, U9 et U11

La plaine alluviale constitue donc le plus grand réservoir de phosphore assimilable, résultat d'accumulations lors de précédentes cultures maraîchères effectuées dans cette zone accessible facilement par des engins mécaniques. De plus, il est intéressant de constater que cette zone est particulièrement riche en MnFR et en Niav, donc susceptible d'engendrer des risques de toxicité aux métaux lourds (Ni et Mn) sur les végétaux cultivés.

4.2 - Répartition des Teneurs en éléments minéraux dans les végétaux des parcelles étudiées

4.2.1 - Répartition des éléments majeurs dans les végétaux

- En plaine alluviale, parcelle n°15 :

Les tiges et feuilles et les racines de carotte ont été analysées sur chacun des deux volumes de sols (CF. annexe 1 : tableau 3). La répartition de ces éléments dans les tiges et feuilles comme dans les racines est visualisée dans l'histogramme ci-dessous (CF. Fig.4).

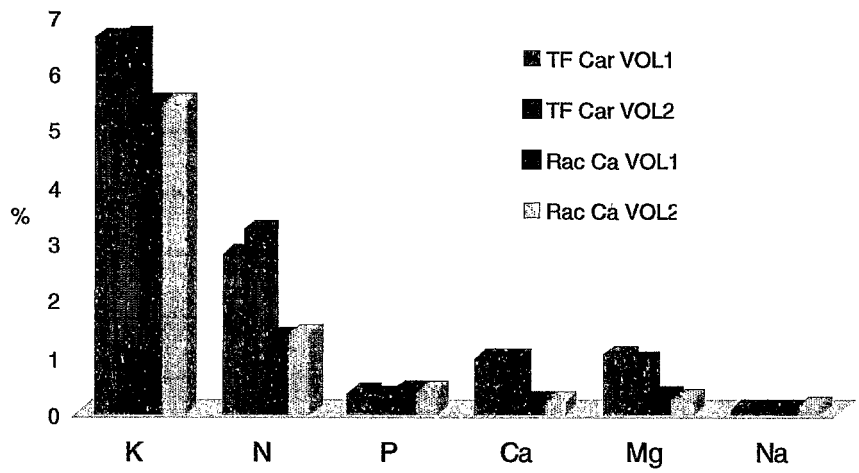


Fig.4 : Teneurs en éléments majeurs dans les tiges et feuilles et les racines de carottes, de chaque volume de sol

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.

- Répartition d'éléments majeurs dans trois végétaux : le café, la tomate et la carotte, sur trois unités de modelé.

La carotte est cultivée en plaine alluviale (U11), la tomate sur de faible pente en zone de glacis colluvio-alluviaux (U9) et le café en zone de piedmont avec 5 à 10% de pente (U3). (CF. Annexe 1, tableau 3) dans l'histogramme Fig.5 ci-après.

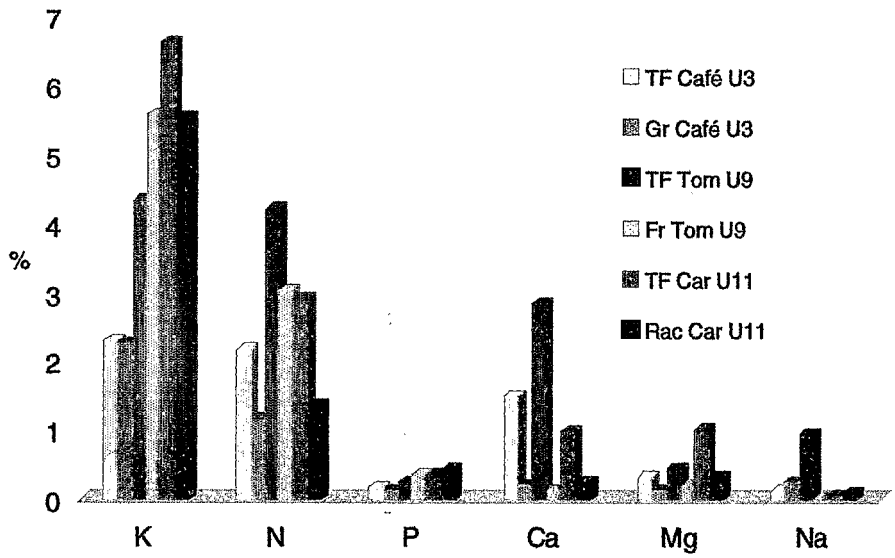


Fig.5 : Teneurs en éléments majeurs de Café cultivés en zone de piedmont (U3), de tomate en zone de glacis colluvio-alluviaux (U9) et de carotte en plaine alluviale (U 11)

On constate de très grandes variations dans la composition des végétaux, mais généralement l'assimilation d'éléments est plus importante dans les tiges et feuilles que dans les fruits. Le calcul du rapport Mg/Ca en éléments totaux dans les végétaux confirme la remarque annoncée précédemment sur les très grandes différences de composition de ces trois végétaux. Dans les tiges et feuilles les rapports Mg/Ca sont respectivement pour le café, la tomate et la carotte de 0,29 - 0,22 - 1,44 alors que dans les fruits ces rapports sont encore plus dissemblables : 0,81 - 2,21 - 1,86.

4.2.2 - Répartition des oligo-éléments dans les végétaux

- en plaine alluviale, parcelle n°15 :

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

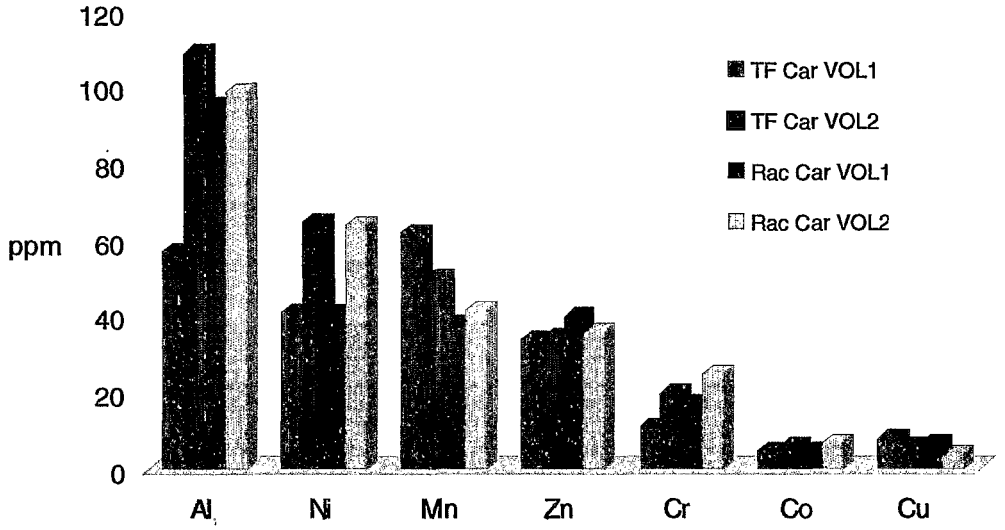


Fig.6 : Teneurs en oligo-éléments dans les tiges et feuilles et les racines de carottes, de chaque volume de sol

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 pou 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 autours 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.

- Au niveau de la répartition des oligo-éléments dans les végétaux sur trois types de sols :

On constate que les végétaux cultivés sur pente (Unités U3 et U9) ont des teneurs très importantes en manganèse dans les tiges et feuilles alors que le nickel et l'aluminium sont plus assimilables dans les végétaux en plaine alluviale (carotte cultivée dans l'unité U11) CF. Fig.7.

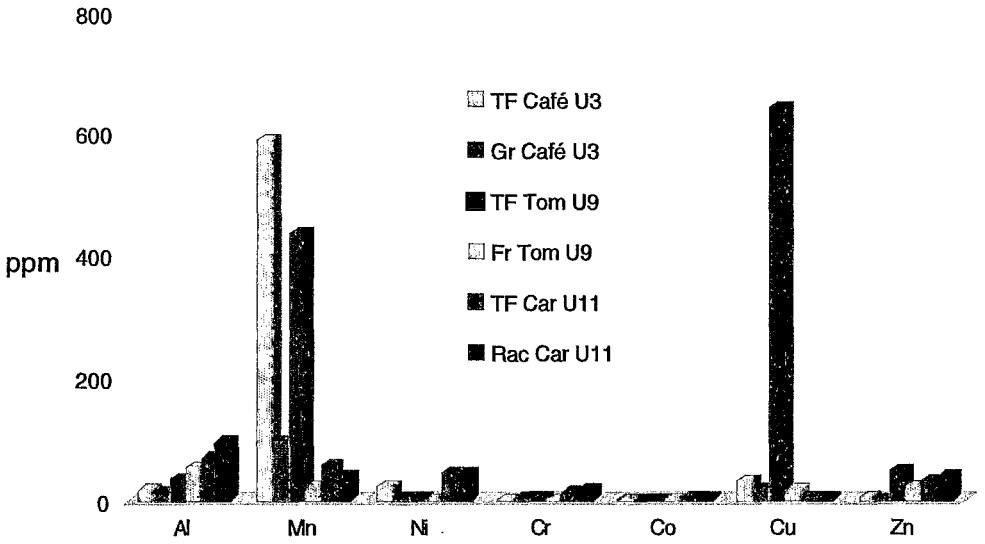


Fig.7 : Teneurs en oligo-éléments de Café cultivés en zone de piedmont (U3), de tomate en zone de glacis colluvio-alluviaux (U9) et de carotte en plaine alluviale (U11)

On constate que les végétaux cultivés en plaine alluviale assimilent plus facilement le nickel en raison de quantités de nickel assimilables plus importantes dans les sols de l'unité U11 de la plaine alluviale (CF. Fig.3). Par contre, les teneurs en manganèse sont plus importantes sur pente. On peut donc poser comme hypothèse, que le manganèse est mieux assimilé par la plante sur pente et que le nickel plus disponible en plaine alluviale.

4.3 - Les Agrumes

4.3.1 - Comparaison de teneurs en éléments majeurs de Clémentinier, citronnier et oranger, cultivés en zone de glacis colluvio-alluviaux (unité U9), à des normes en éléments minéraux chez les agrumes :

- *Teneurs en éléments majeurs dans les tiges et feuilles d'agrumes*
CF. Annexe 1, Tableau 2 et histogramme Fig.8 ci-dessous.

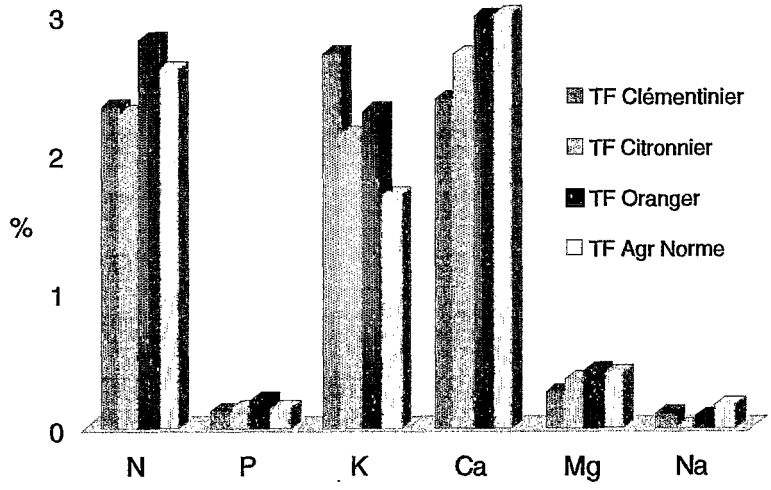


Fig.8 : Comparaison des teneurs en éléments majeurs dans les tiges et feuilles d'agrumes cultivés sur sol ferrallitique

On remarque que les teneurs en éléments minéraux de tiges et feuilles d'agrumes ne sont pas très différentes de la norme, à l'exception du potassium dont les teneurs sont plus importantes pour les agrumes cultivés sur sol ferrallitique. Les rapports Mg/Ca en éléments totaux pour le clémentinier, le citronnier et l'oranger sont de 0,15 - 0,18 - 0,19 avec un rapport de 0,18 pour la norme. Globalement il ne semble pas avoir de différences de teneurs en éléments majeurs dans les tiges et feuilles d'agrumes.

- *Dans les fruits*, les teneurs en éléments majeurs sont pratiquement les mêmes pour ces trois agrumes. (CF. Annexe 1, Tableau 2) et CF. Fig.9 ci-dessous.

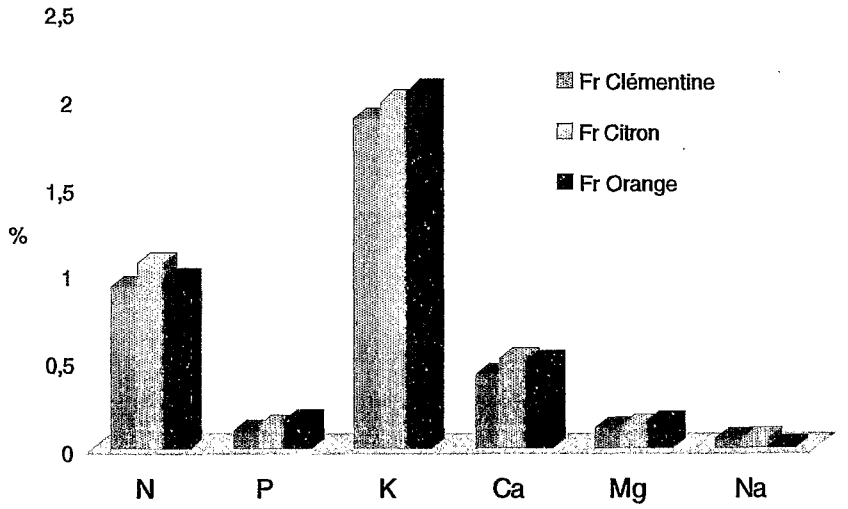


Fig.9 : Comparaison de teneurs en éléments majeurs de fruits d'agrumes cultivés sur sol ferrallitique

4.3.2- Comparaison de teneurs en oligo-éléments de Clémentinier, citronnier et oranger, cultivés en zone de glacis colluvio-alluviaux (unité U9), à des normes en éléments minéraux chez les agrumes :

- *Teneurs en oligo-éléments dans les tiges et feuilles d'agrumes* (CF. Annexe 1, Tableau 2 et histogramme Fig.10 ci-dessous)

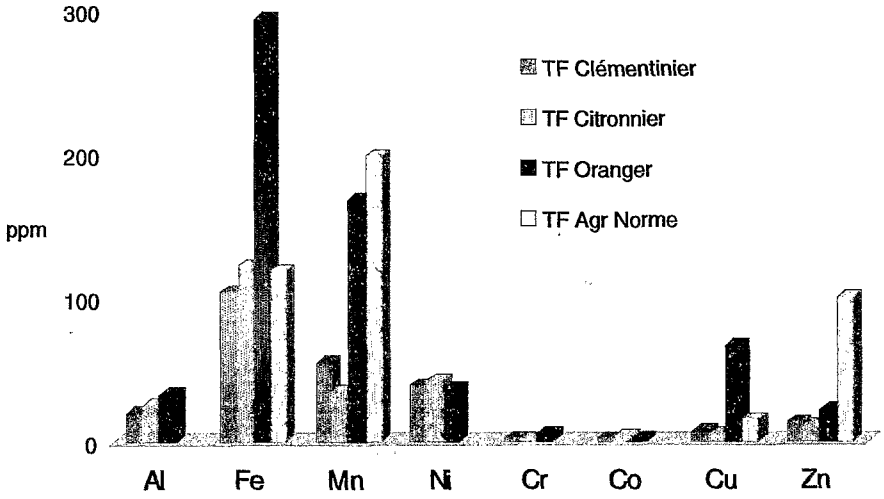


Fig.10 : Comparaison de teneurs en oligo-éléments dans les tiges et feuilles d'agrumes cultivés sur sol ferrallitique

Les tiges et feuilles d'agrumes sont très riches en fer et en manganèse avec de fortes variations suivant arbre fruitier considéré. Les feuilles d'oranger accumulent des teneurs élevées en oligo-éléments, particulièrement en fer (295 ppm) et en cuivre (67 ppm), (teneurs qui sont au-dessus de la norme).

- *Teneurs en oligo-éléments dans les fruits* CF. Fig.11 ci-dessous

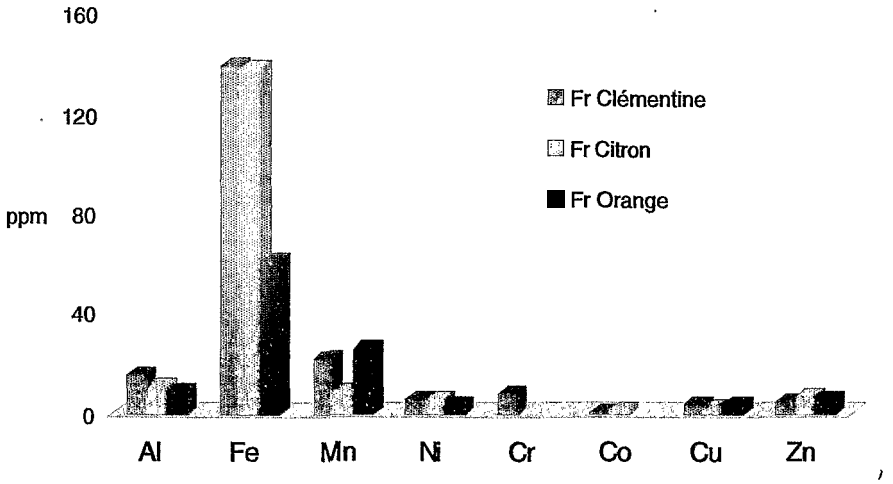


Fig.11 : Comparaison de teneurs en oligo-éléments de fruits d'agrumes cultivés sur sol ferrallitique

Les teneurs en fer sont très importantes dans les clémentines et les citrons, mais les teneurs en métaux lourds : Ni, Cr, Co, Cu et Zn restent faibles, moins de 8 ppm dans les fruits. Ces fortes teneurs en fer, dans les fruits comme dans les tiges et feuilles seraient probablement dues à des pollutions par le sol, malgré un lavage soigneux réalisé à l'eau permutée.

4.4. Une culture particulière : la Pervenche de Madagascar cultivée en zone de glacis colluvio-alluviaux U9

4.4.1 - Teneurs en éléments majeurs dans les tiges et feuilles de Pervenche (CF. Annexe 1, Tableau 1), la représentation graphique dans l'histogramme ci-dessous (CF. Fig.12)

Des plantes entières de Pervenches ont été prélevées à plusieurs endroits sur une parcelle en zone de piedmont. Ces prélèvements ont été effectués sur la plus grande diagonale, espacés de plusieurs mètres (à 15, 30, 45, 60 et 85 mètres), pour repérer des zones préférentielles d'absorption. En effet, des différences de développement végétatif ont pu être observées sur cette parcelle, les Pervenches situées en haut de pente (0 à 30 m) étaient plus développées que celles situées en bas de pente (30 à 85 m).

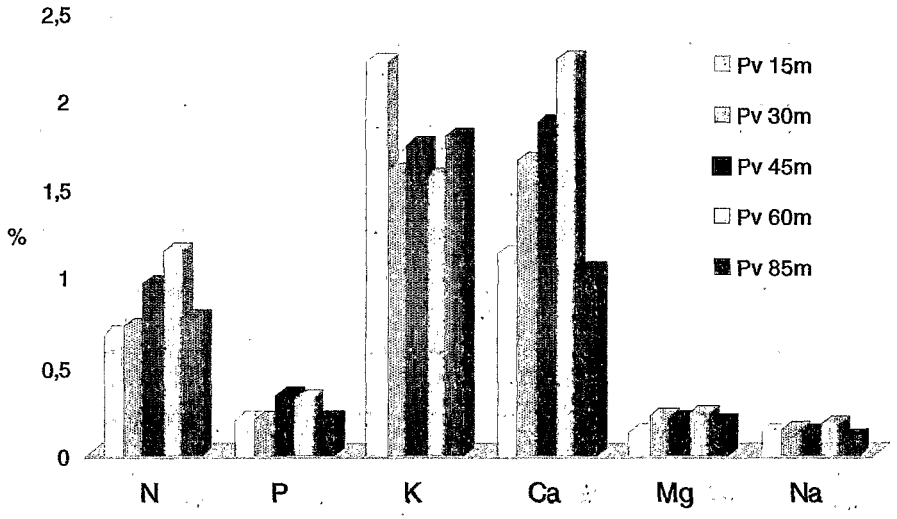


Fig.12 : Teneurs en éléments majeurs dans les plantes entières de Pervenche prélevées à différents endroits d'une parcelle

Les pervenches accumulent dans leurs parties végétatives de très grandes quantités de potassium et de calcium. Globalement il n'y a pas de grandes différences dans l'assimilation des éléments majeurs en divers endroits d'une parcelle agricole, avec peut être des teneurs plus importantes au niveau des prélèvements réalisés à 45 et 60 mètres, qui pourraient correspondre à une zone de bas fond sur cette pente modérée ce qui expliquerait un plus faible développement végétatif dans cette zone.

Les rapports Mg/Ca en éléments échangeables, mettent en évidence des rapports plus élevés en bas de pente. En effet de haut en bas de la pente les rapports Mg/Ca dans les tiges et feuilles sont de 0,16 - 0,18 - 0,15 - 0,14 - 0,25. On constate donc, une légère augmentation de ce rapport en bas de pente qui correspondrait à un développement végétatif moins important.

4.4.2 - Teneurs en oligo-éléments dans les tiges et feuilles de Pervenche (CF. Annexe 1, Tableau 1, Fig.13)

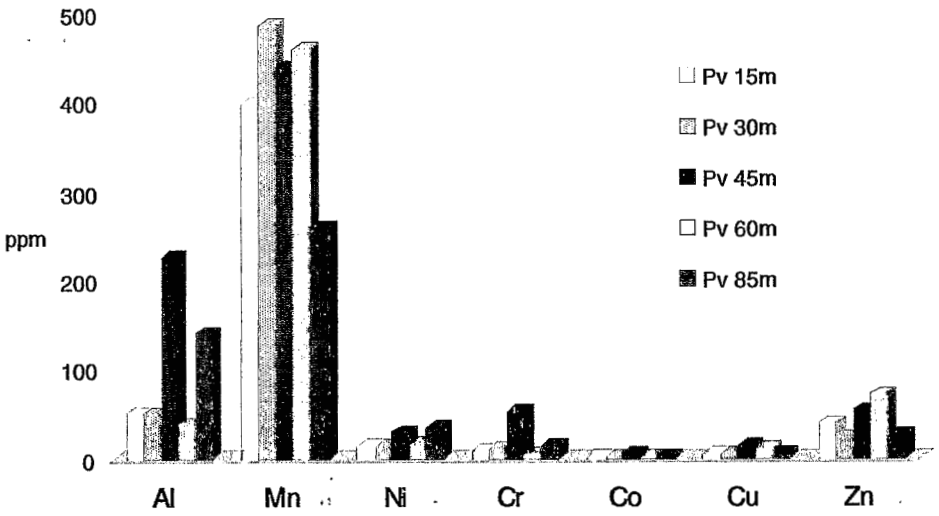


Fig.13 : Teneurs en oligo-éléments dans les plantes entières de Pervenche prélevées à différents endroits d'une parcelle

Le manganèse est l'élément qui s'accumule en très grande quantité dans la Pervenche (jusqu'à 500 ppm), uniformément en divers endroits de la parcelle. L'aluminium, le zinc, le nickel et le chrome, présents dans la plante en quantités plus faibles, semblent s'accumuler dans les parties végétatives de bas de pente (45-60-85 m).

4.5 - Le manguier cultivé en zone de piedmont U3

4.5.1 - Teneurs en éléments majeurs de quatre manguiers localisés sur une parcelle en zone de piedmont.

Des prélèvements de feuilles de manguier ont été faits sur plusieurs manguiers d'une parcelle en zone de piedmont, donc sur forte pente. La parcelle comprenait 5 lignes (de 1 à 5) de 8 pieds (de A à I, A étant le sommet de la pente). Chaque prélèvement est alors identifié précisément sur la parcelle. CF. Annexe 1, Tableau 1 Fig.14 ci-après.

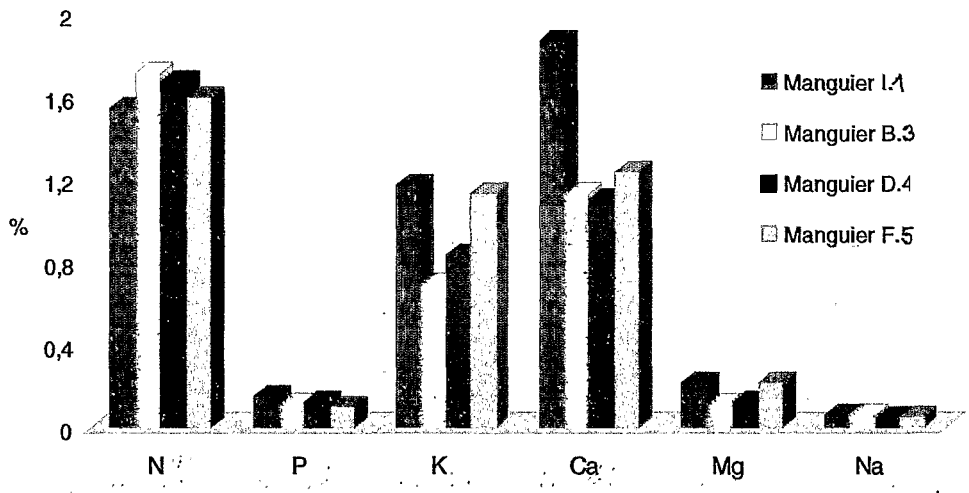


Fig.14 : Teneurs en éléments majeurs des tiges et feuilles de quatre manguiers, localisés sur une parcelle en zone de piedmont (U3)

Globalement il n'y a pas de grandes différences dans les teneurs en éléments majeurs pour ces quatre manguiers, avec cependant des teneurs plus élevées en position I.1, c'est à dire en bas de pente. Les rapports Mg/Ca sont respectivement de -0,16-0,15-0,17-0,24- (I.1-B.3-D.4-F.5) donc très proches les uns des autres.

- Comparaison de la valeur moyenne en éléments majeurs de ces quatre manguiers à une norme CF. Fig.15 ci-dessous.

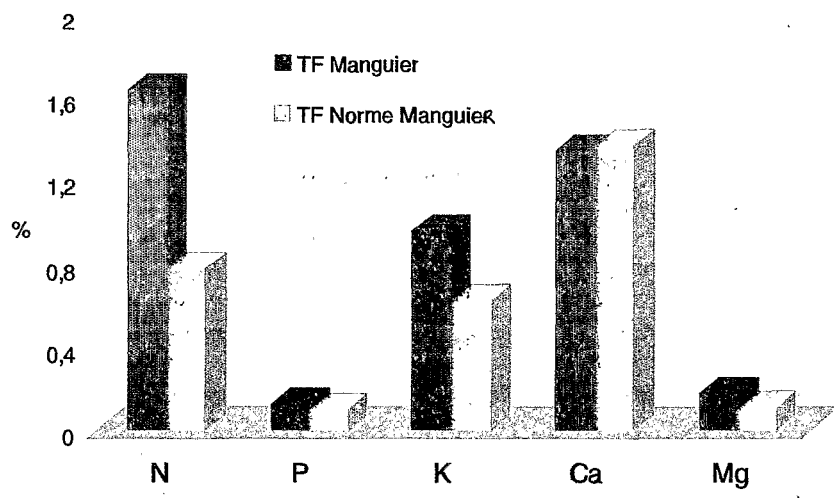


Fig.15 : Teneurs moyennes en éléments majeurs dans les tiges et feuilles de quatre manguiers comparées aux valeurs momales

Les valeurs moyennes en azote et en potassium de ces quatre manguiers sont légèrement plus élevées que les normes trouvées par les recherches bibliographiques (CF. Annexe 2, Tableau 14). Pour les autres éléments, les ordres de grandeur sont respectés. Le rapport Mg/Ca moyen de ces quatre manguiers est de 0,18 soit légèrement plus élevé que la valeur normale, qui est de 0,11.

5.2 - Teneurs en oligo-éléments de quatre manguiers localisés sur une parcelle de zone de piedmont CF. Fig.16 ci-dessous.

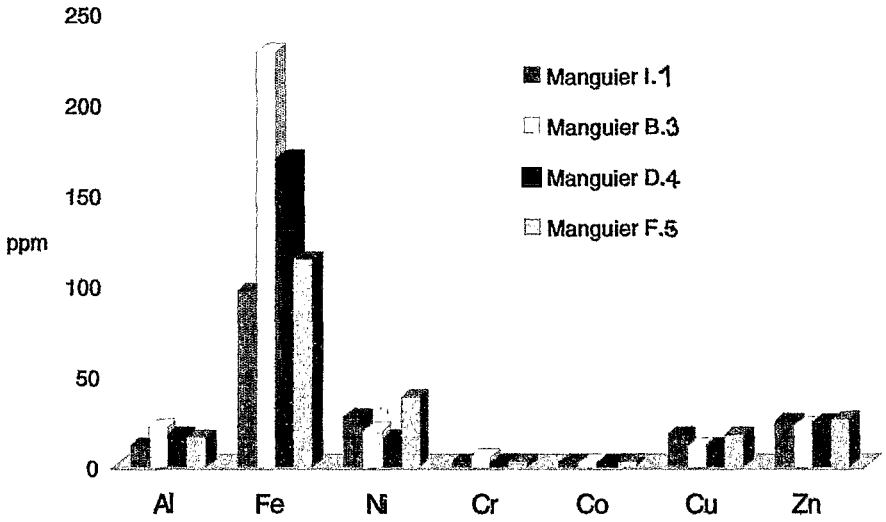


Fig.16 : Teneurs en oligo-éléments dans les tiges et feuilles de quatre manguiers, localisés sur une parcelle en zone de piedmont (U3)

Dans l'ordre alphabétique, les positions I et F sont celles situées en bas de pente de piedmont. On constate une accumulation de Fer et d'aluminium dans les feuilles de manguiers situés au sommet du piedmont, par contre, dans le bas de pente le nickel semble être mieux assimilé.

- Comparaisons de ces teneurs à des valeurs moyennes, CF. Fig.17 ci-dessous. (CF. Annexe 2, Tableau 14 pour les normes)

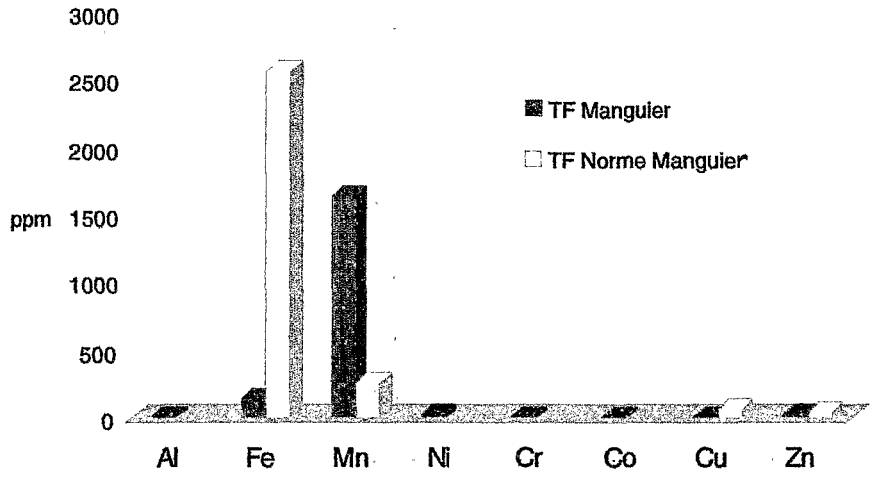


Fig.17 : Teneurs moyennes en oligo-éléments dans les tiges et feuilles quatre manguiers, comparées aux valeurs normales

Il existe très peu de références bibliographiques de normes en éléments minéraux et en métaux lourds sur sols ferrallitiques. Les quelques valeurs trouvées, sont très variables et dépendent du type de sol. En effet, les sols ferrallitiques ferritiques du Sud du Territoire sont très riches en fer et en métaux lourds Ni, Mn, Co et Cr, d'où une plus forte absorption de ces éléments par les végétaux.

4.6 - Le bananier cultivé en plaine alluviale

4.6.1 - Teneurs en éléments majeurs dans les parties aériennes de bananiers cultivés en bordure de rivière, en plaine alluviale (CF. Annexe 1 , Tableau 7 et histogramme Fig.18 ci-dessous).

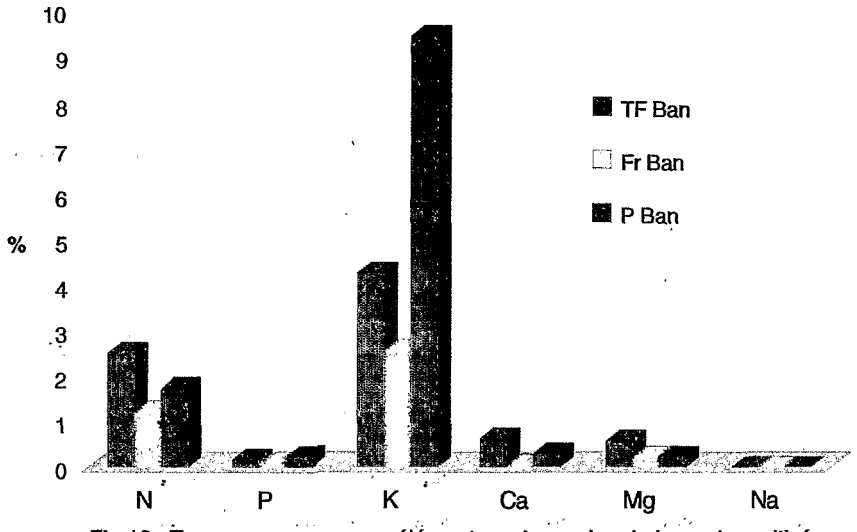


Fig.18 : Teneurs moyennes en éléments majeurs chez le bananier cultivé en plaine alluviale (U11)

La répartition des éléments majeurs chez le bananier se fait préférentiellement dans les tiges et feuilles et dans les peaux de bananes. Une exception, le potassium dont les teneurs prédominent dans les peaux de bananes. Les rapports Mg/Ca dans les tiges et feuilles, les fruits et les peaux sont de 1,29 - 4,63 - 1,15. Les références bibliographiques (Annexe 2, Tableau 14) donnent une valeur de 0,83 du rapport Mg/Ca des limbes, rapport beaucoup plus faible que les valeurs trouvées chez M. Cochard.

6.2 Teneurs en oligo-éléments CF. Annexe 1, Tableau 7 et histogramme Fig.19 ci-dessous.

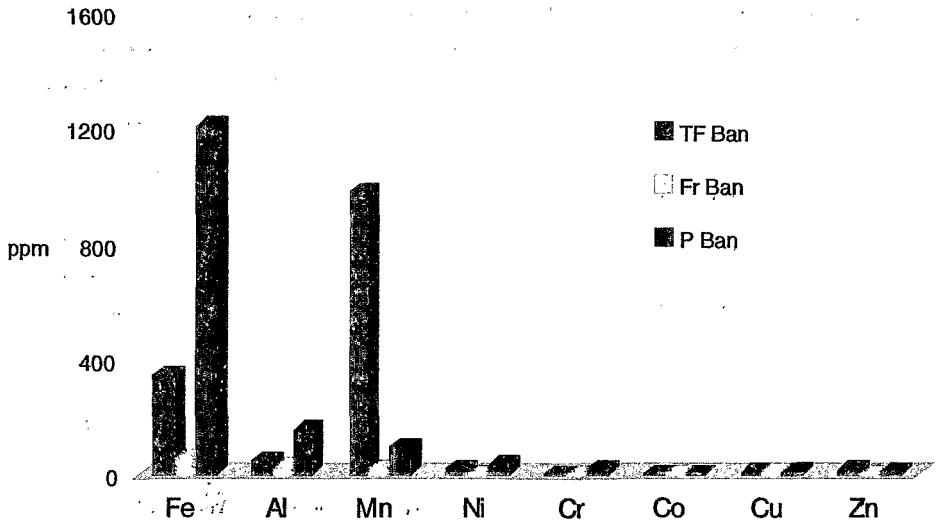


Fig.19 : Teneurs moyennes en oligo-éléments chez le bananier cultivé en plaine alluviale (U11)

Les oligo-éléments semblent s'accumuler dans la peau des bananes, sauf pour le manganèse qui domine dans les tiges et feuilles.

4.7 - Les cultures maraîchères

4.7.1 - Teneurs en éléments majeurs de la tomate cultivée en zone de piedmont et en plaine alluviale CF. Annexe 1, Tableaux 3,4,6 et Fig 20 ci-dessous.

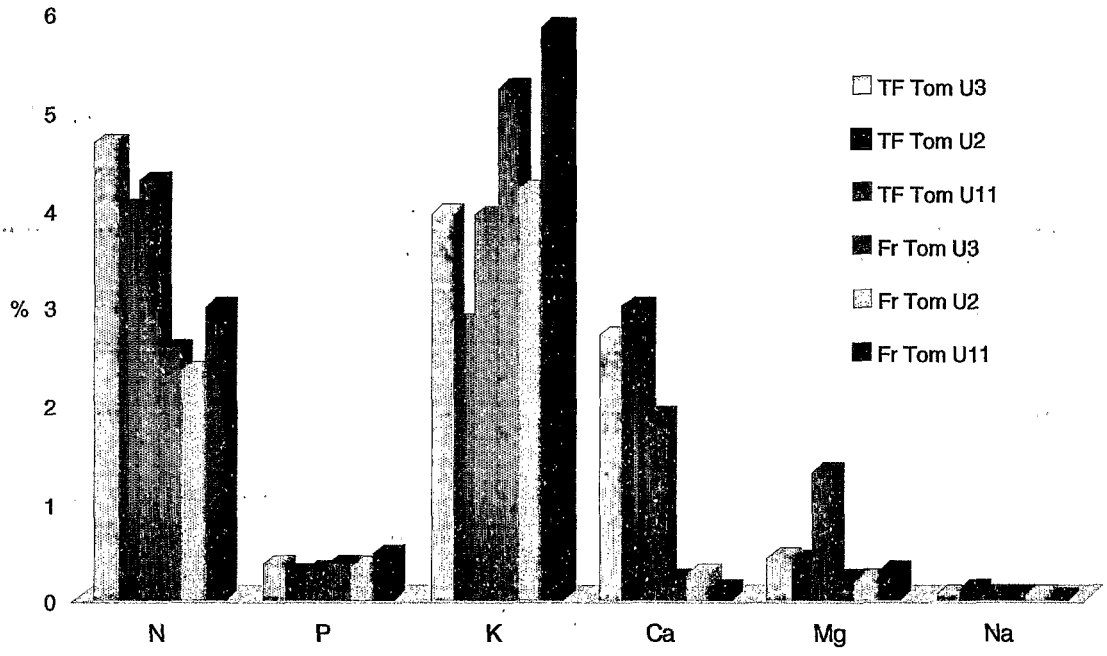


Fig.20 : Teneurs en éléments majeurs dans les TF et les Fr de Tomates cultivées en zone de piedmont (U3 et U2) et en plaine alluviale (U11)

Les éléments majeurs sont contenus en plus grande quantité dans les tiges et feuilles que dans les fruits, sauf pour le potassium dont les tomates analysées sont plus riches. Globalement il n'y a pas de grandes différences dans les teneurs en éléments majeurs entre la plaine et le piedmont, avec des valeurs en magnésium plus importantes dans les parties végétatives des tomates en plaine alluviale. Les rapports Mg/Ca dans les tiges et feuilles sur ces trois unités de modelé sont de 0,22 - 0,19 - 0,97 (pour les végétaux cultivés sur les unités de modelé suivantes U3, U2 et U11) alors que la valeur normale de ce rapport est de 0,54. Dans les fruits, les valeurs du rapport Mg/Ca sont de 1,33 - 1,10 et 3,37 avec toujours des rapports plus élevés dans la plaine alluviale en raison de l'abondance de magnésium dans ces plaines alluviales.

- Teneurs en oligo-éléments CF. Annexe 1, Tableaux 3,4,6 et Fig 21

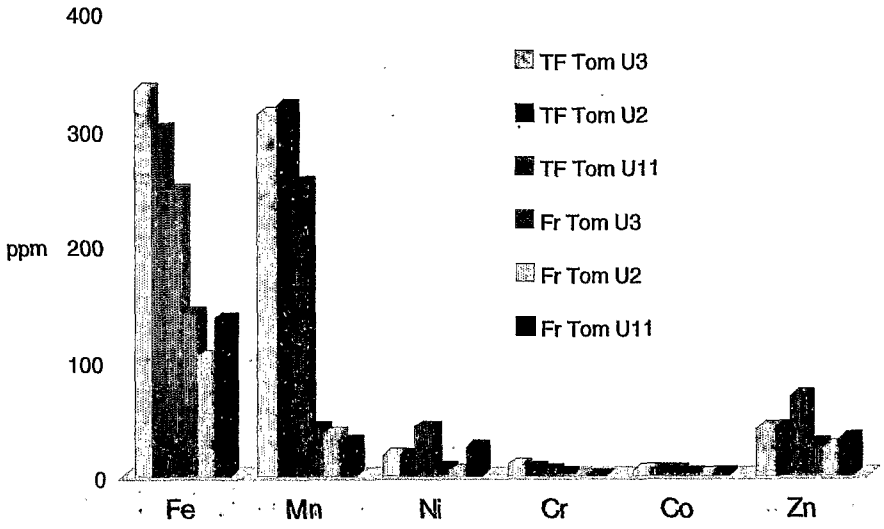


Fig.21 : Teneurs en oligo-éléments dans les TF et les Fr de Tomates cultivées en zone de piedmont (U2 et U3) et en plaine alluviale (U11)

Le fer et le manganèse sont mieux assimilés par les tiges et feuilles de tomates sur pente, alors que dans la plaine alluviale c'est le nickel qui apparaît en plus grandes quantités dans les tiges et feuilles comme dans les fruits (43 ppm dans les tiges et feuilles au lieu de 19 sur pente, dans les fruits 26 ppm au lieu de 6 ppm).

4.7.2 - Teneurs en éléments majeurs de l'aubergine cultivée en zone de piedmont et en plaine alluviale CF. Annexe 1, Tableaux 6 et 7 et Fig 22.

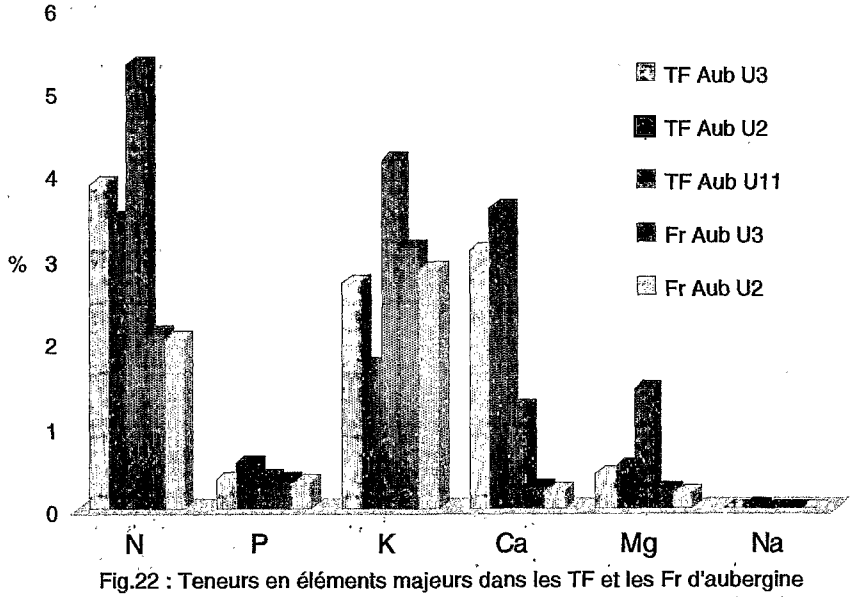


Fig.22 : Teneurs en éléments majeurs dans les TF et les Fr d'aubergine cultivées en zone de piedmont (U2 et U3) et en plaine alluviale (U11)

La répartition des éléments majeurs dans l'aubergine suit celle de la tomate. Les éléments majeurs sont contenus en plus grande quantité dans les tiges et feuilles que dans les fruits. Toujours pas de grandes différences dans les teneurs en éléments majeurs entre la plaine et le piedmont, avec des valeurs en magnésium plus importantes dans les parties végétatives des aubergines en plaine alluviale. Les rapports Mg/Ca semblent varier dans le même sens : tiges et feuilles - 0,13 - 0,14 - 1,66 et dans les fruits - 1,17 - 1,18 mais un rapport certainnement plus élevé comme pour la tomate.

- Teneurs en oligo-éléments de l'aubergine CF. Annexe 1, Tableaux 6-7 et Fig 23.

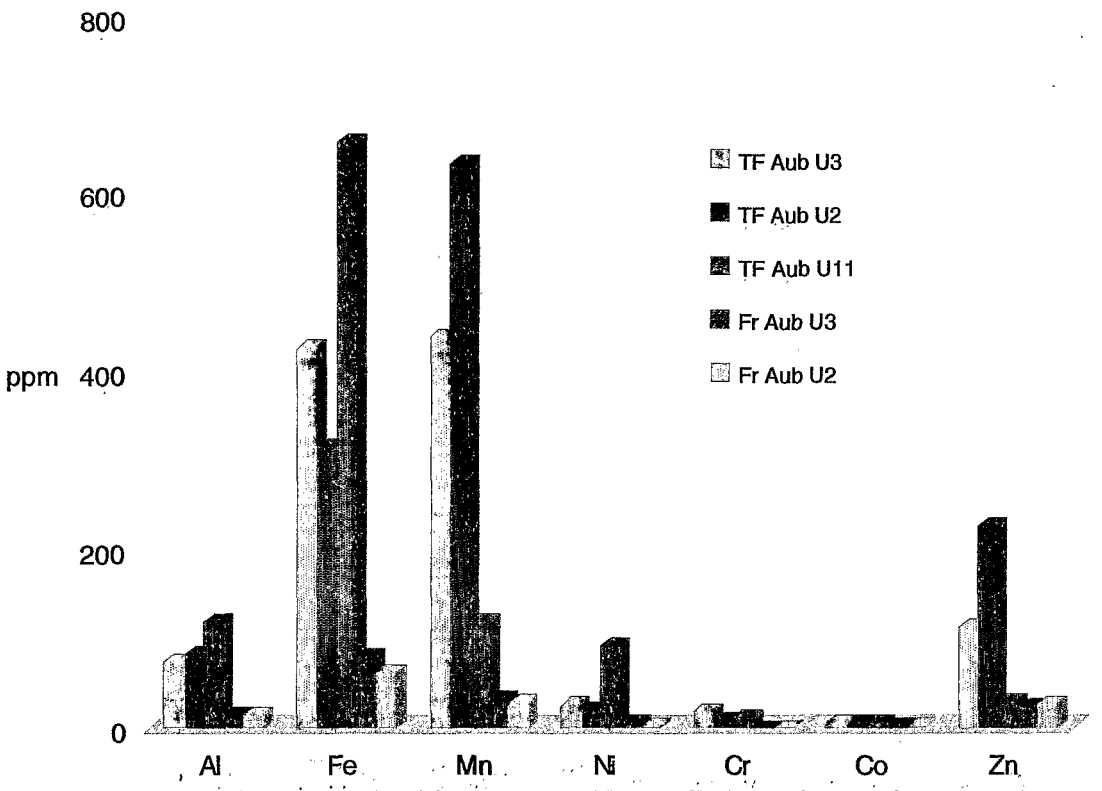


Fig.23 : Teneurs en oligo-éléments dans les TF et les Fr d'aubergine cultivées en zone de piedmont (U2 et U3) et en plaine alluviale (U11)

A la différence de la tomate, l'aubergine située en plaine alluviale semble mieux assimiler tous les oligo-éléments sauf le manganèse. Cette moins bonne assimilation de l'aluminium, du fer et du manganèse en piedmont peut s'expliquer par les très fortes différences d'assimilation de l'élément en fonction de l'endroit de la pente où l'on se situe, CF. le cas des manguiers situés en piedmont dont assimilation variait en fonction du sommet ou sur les bas de pentes.

4.8 - Premières synthèses sur le statut des nutriments et des métaux lourds chez les végétaux cultivés par M. Cochard sur quelques faciès des sols ferrallitiques.

- **Au niveau du sol** : il y a accumulation de nickel et de magnésium en plaine alluviale, alors que les zones de piedmont et de glacis colluvio-alluviaux ont des teneurs plus importantes en aluminium et en chrome. Manganèse facilement réductible, phosphore assimilable et nickel disponible présentent également des teneurs plus élevées en plaine alluviale.

Teneurs en %	Al	Mn	Ni	Cr	Co	Ca	Mg	K
Sol piedmont U3	9,32	0,65	0,66	2,88	0,05	0,04	0,25	0,01
Sol glacis U9	10,68	0,83	0,57	2,44	0,05	0,17	0,19	0,01
Sol plaine U11	5,16	0,79	1,27	2,03	0,11	0,14	3,28	0,02

Tableau 1 : Répartition des éléments minéraux sur trois types de faciès

- **Au niveau des végétaux** : plusieurs constats semblent pouvoir être formulées :

1- les teneurs en majeurs et en oligo-éléments sont plus importantes dans les tiges et feuilles que dans les fruits, les racines ou les tubercules.

Teneurs en %	K	N	P	Ca	Mg	Na
TF Carotte	6,6	3,3	0,3	0,9	1,0	0,1
Racine Carotte	5,5	1,4	0,4	0,2	0,3	0,1

Tableau 2 : Teneur en éléments majeurs de carottes cultivées en plaine

2- Les végétaux cultivés sur pentes ont des teneurs plus importantes en manganèse dans leurs tiges et feuilles, alors que sur plaine c'est le nickel et l'aluminium qui dominent. Le manganèse est mieux assimilé sur pente et le nickel plus disponible en plaine alluviale.

Teneurs en ppm	Al	Mn	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
TF Café U3	17,5	593,5	25,5	2	2	33,5	8
Gr Café U3	12,5	99,5	4	4	1	19	3,5
TF Tom U9	38,5	440,5	6,5	4,5	3	646	50,5
Fr Tom U9	54	23	3	2	2	18	24
TF Car U11	70,25	59	47,3	13	5,5	7,5	34,3
Rac Car U11	96,25	39	46,5	19,3	5,5	6	39,3

Tableau 3 : Teneur en oligo-éléments de trois végétaux cultivés sur trois unité de modelé

3- Un exemple d'assimilation différente au sein d'une parcelle agricole, située en plaine alluviale. La cartographie des volumes de sols a permis de repérer deux volumes : un volume sableux (Vol.1) et un volume engorgé (Vol.2). Une analyse des végétaux cultivés, dans ces deux zones montre que l'assimilation du nickel était plus importante dans le volume engorgé que dans le volume sableux.

Teneurs en ppm	Al	Ni	Mn	Zn	Cr	Co	Cu
TF Car Vol.1	57	41	62	34	11	5	8
TF Car Vol.2	109	65	50	35	20	6	6
Rac Car Vol.1	95	41	38	40	17	5	7
Rac Car Vol.2	99	64	42	36	25	7	4

Tableau 4 : Teneur en oligo-éléments de carottes cultivées en plaine alluviale sur 2 volumes de sols

4- Les agrumes clémentine, citron et orange ont des teneurs semblables dans leurs tiges et feuilles, alors que dans les fruits l'absorption d'oligo-éléments diffère selon l'agrume. En effet, la clémentine et le citron ont des teneurs plus élevées en Al, Fe et Ni dans leurs fruits que l'orange.

Teneurs en ppm	Al	Fe	Ni	Mn	Cr	Co
Clémentine fruit	16	140	6	22	8	1
Citron fruit	11	138	6,5	9,5	-	2
Orange fruit	9	62	4	26	-	-

Tableau 5 : Teneurs en oligo-éléments d'agrumes cultivées en zone de piedmont

5- La peau des bananes est très riche en potassium et en fer, alors que les tiges et feuilles accumulent le manganèse. Le fruit a toujours des valeurs bien plus faibles.

Teneurs	N %	P %	K %	Fe ppm	Al ppm	Mn ppm	Ni ppm
TF Ban	2,52	0,18	4,28	343	50	983	23
Fr Ban	1,22	0,11	2,59	60	26	22	5
P Ban	1,72	0,23	9,47	1209	156	95	37

Tableau 6 : Teneurs en éléments minéraux de bananes

6- Les cultures maraîchères (tomates et aubergine), sont plus riches en fer et en manganèse en zone de piedmont, alors qu'en plaine c'est le nickel qui domine dans les parties aériennes.

Teneurs en ppm	Fe	Mn	Ni
TF Tom / Aub U3	334 / 427	313 / 441	19 / 26
TF Tom / Aub U2	299 / 319	320 / 634	19 / 20
TF Tom / Aub U11	247 / 659	253 / 120	43 / 94
Fr Tom / Aub U3	140 / 80	43 / 32	7 / 5
Fr Tom / Aub U2	105 / 64	38 / 29	6 / 3
Fr Tom / Aub U11	137 / -	31 / -	26 / 6

Tableau 7 : Comparaisons de teneurs en oligo-éléments de deux cultures maraîchères : la tomate et l'aubergine cultivées sur trois faciès de sols

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 *ValenciaLate* **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
Café*Catimor* **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
Café*Catimor* **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
Café*Catimor* **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
Café*Catimor* **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

Tableau 4 : 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
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 *TropicBoy* **To-1**	5 et 6ème feuilles sommet	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 *TropicBoy* **To-2**	5 et 6ème feuilles sommet	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 *TropicBoy* **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 %	Na2O %
Café*Catimor* **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 *Tropicboy* **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 *RoyalCross* **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 *RoyalCross* **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 *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
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 fruits **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 peaux **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 *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 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 %	Na2O %
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 %	Na2O %
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	11,92	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	10,70	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	10,47	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	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
				N	O	R	M	E	S			* en	ppm	
					%	ms		et						
blé tendre orge	- plante entière à différents stades : * début à mi-tallage : *stade 1* * épi 1 cm : *stade 2* * mi-tallage à début montaison : *stade 3* * 2 noeuds : *stade 4* * fin gonflement : *stade 5* * à la floraison : *stade 7* -2 et 3ème feuille sous l'épi * à la floraison : *stade 6*	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 2 3 4 5 6 7	>6,0 4,5 >3,6 2,4 à 3,2	0,3 à 0,4 > à 0,25	>4,0 >2,4 >2,3 >1,6 1,9 à 2,5		0,12 à 0,2 <0,2 > à 0,13	0,24 > à 0,25 0,22		8 à 10 <20 3 à 6		>25	
sorgho	- la 3ème feuille, sous l'épi. Les analyses porteront sur les limbes des feuilles : *stade 1.*		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	N P	O % K	R ms Ca	M Mg	E et S	S B*	Cu*	* en Fe*	ppm Mn*	Zn*
maïs	- 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 : *stade 1* ; - la plante entière quand elle est < à 30 cm de haut : *stade 2* - la plante entière au stade 6-7 feuilles:*stade 3*	- interactions négatives intenses entre l'alimentation en fer et l'alimentation en zinc : intérêt du rapport Fe/Zn ; - 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. **Les principaux symptômes foliaire de carences en éléments :** - K : jaunissement, puis desséchement 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 jusqu'au stade 10 feuilles: aspect général pâle à très pâle de la végétation ; - Mg : ponctuations blanches séparées par des zones vertes, entre les nervures. Jaunissements internervaires sur l'extrémité du limbe des vieilles feuilles ; - Mn : chlorose généralisée avec petites taches blanches nécrotiques au milieu de la longueur de la feuille ; - P: coloration vert bronzé à rouge pourpre de l'extrémité de l'ensemble des feuilles, voire de la plante entière ; - S : jaunissement internervaire des jeunes feuilles, plus prononcé à leur base ; - Zn : plages blanchatres de chaque coté de la nervure centrale sur la tiers inférieur des jeunes feuilles. Symptômes visibles du stade 6 feuilles au stade 10-12 feuilles ; - Cu: desséchement de l'extrémité des jeunes feuilles, dès le stade 6-8 feuilles visibles jusqu'à la floraison.	*1* *2* *3*	2,8 à 3,6 3,5 à 5	0,25 à 0,40 0,3 à 0,5	1,71 à 2,25	0,21 à 0,50	0,16 à 0,20 0,15 à 0,45	>0,3	6 à 25	6 à 20 5 à 20		20 à 150 25 à 300	20 à 70 20 à 60

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	N P	O % K	R ms Ca	M Mg	E et S	S B*	Cu*	* en Fe*	ppm Mn*	Zn*
tomate	- pour la tomate, l'organe choisi est généralement la feuille (limbe + pétiole) entre la floraison et la récolte du premier bouquet. La 5ème ou 6ème feuille à partir du sommet est fréquemment utilisée : *stade 1.*		*1*	4,5 à 5,1	0,4	6 à 10	1,3 à 1,5	0,5	-	-	-	-	-	-
concombre	- pour le concombre, la 4ème et 5ème 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 : *stade 1* - feuille du 3ème noeud à partir du sommet *au stade 8 noeuds : *stade 2* *en pleine floraison : *stade 3*	Les principaux symptômes foliaire de carences en éléments : - K: jaunissement puis desséchement 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: desséchement 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 0,36 à 0,5	> à 2 1,3 à 2,0 1,1 à 1,5		> 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	N P	O % K	R ms Ca	M Mg	E et S	S B*	Cu*	* en Fe*	ppm 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	0,78	0,10	0,63	1,38	0,11	0,07	7,4	75	2577	274	55
			pousses de l'années	1,37	0,15	1,14	1,4	0,19	0,10	7,05	6,5	162	269	17
			Fruit :											
			peau	0,59	0,09	0,94	0,38	0,17						
			pulpe	0,55	0,11	1,21	0,05	0,09						
			noyau :											
			amande	0,91	0,17	1,09	0,11	0,17						
			coque	0,44	0,05	0,38	0,2	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 3ème feuille à partir du sommet : *stade 1* - la nervure centrale de la 3ème feuille à partir du sommet : *stade 2* - le pétiole de la 7ème feuille à partir du sommet : *stade 3*	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	N P	O % K	R ms Ca	M Mg	E et S	S B*	Cu*	* en Fe*	ppm Mn*	Zn*
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.	**Les principaux symptômes foliaires de carence en éléments :** 1 - Symptômes généralisés : - 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. 2 - Sympyômes sur jeunes feuilles : - S : retard de coloration des limbes s'accompagnant d'un ralentissement de croissance. Sur des bananiers plus agés il y a des troubles de la différenciation avec des déformations morphologiques importantes : épaississement des nervures secondaires, gaufrage des feuilles et réduction des limbes. - Ca : chlorose en dent de scie localisée vers l'extrémité des feuilles. Ces dents chlorotiques sont de couleurs jaune à brun pourpre.Rabougrissement végétatif. - Zn : Chlorose en bandes, dans le sens des nervures secondaires, souvent blanches. - 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. - 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. 3 - Sur les vieilles feuilles : - Mg : Jaunissement demeurant parallèle aux marges foliaires et importantes déformations morphologiques : feuilles irrégulières, déformées de largeurs réduites . - P : feuillage de coloration vert foncé à tendance bleutée ou bronzée. Nécroses anguleuses en dent de scie. - K : Jaunissement fulgurant des feuilles.	**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	- 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) - le limbe ou/et le pétiole peuvent être prélevés, mais toujours séparément. - 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 : *stade 1* ; - le limbe est constitué de plusieurs lobes, le **lobe médian** , bien délimité par des échancrures atteignant presque le point d'attache pétiolaire, est utilisé lors des prélèvements (de la feuille F+5) : *stade* 2.	- 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.	*1* 2											
ananas	- 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. - on prélève la feuille D à l'émergence de l'inflorescence : *stade 1*	- Normes : valeurs inférieurs à 5 ppm pour le cuivre dans la feuille entière et 8 ppm pour le zinc ; - pour le fer et le manganèse le rapport Fe/Mn est important : . déficience en Mn avec symptômes Fe/Mn > 10,5 . risque de déficience en Mn sans symptômes 4 < Fe/Mn > 10,5 . absence de symptômes 0,4 < Fe/Mn > 4 . déficience en fer avec symptômes Fe/Mn < 0,4	*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	stades	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
				N O R M E S % ms et						* en ppm				
Riz	- la paille : *stade 1*		*1*	0,88	0,2	0,5	0,4	0,1	0,08	-	-	-	-	-
	- le riz blanc :				à	à	à	à	à					
	stade 2 : valeurs moyennes				0,5	2,0	0,8	0,3	0,1					
	stade 3 : valeurs minimales		2	-	0,27	0,1	0,005	0 ,058	-	-	-	-	-	-
	stade 4 : valeurs maximales		3	-	0,18	0,02	0,003	0,03	-	-	-	-	-	-
			4	-	0,38	0,16	0,03	0,09	-	-	-	-	-	-
Manioc	- *racines entières : stade 1*		*1*	-	0,1	1	0,1	-	-	-	-	30	-	-
	- *écorces : stade 2*		2	-	0,1	-	0,2	-	-	-	-	200	-	-
	- *cylindre central : stade 3*		3	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	10	-	-
	- *tiges : stade 4*		*4*	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
	- *feuilles : stade 5*		*5*	-	0,5	2	0,5	-	-	-	-	300	-	-
Igname		**Les principaux symptômes foliaire de carences en éléments:** - **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 chutte de bas en haut ; - **Ca** : feuille coriace et réduite, les plus agées 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** : 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.