

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPÉDOLOGIE

N° 32

1995

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

4 - Observations réalisées chez M. POMINA

Sylvie EDIGHOFFER

Convention Province Sud / ORSTOM
Avenant n°4 du 8 septembre 1994

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPÉDOLOGIE

N° 32

1995

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

4 - Observations réalisées chez M. POMINA

Sylvie EDIGHOFFER

Convention Province Sud / ORSTOM
Avenant n°4 du 8 septembre 1994



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

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1995

/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. 4- Observations réalisées chez M. POMINA

Nouméa : ORSTOM. Décembre 1995. 79 p.
Conv. : Sci. Vie ; Agropédol. ; 32

Ø68PROSOL

ENQUETE AGROPEDOLOGIQUE ; METAUX LOURD ; PLANTE CULTIVEE / NOUVELLE
CALEDONIE ; PROVINCE SUD / SOL FERRALLITIQUE

Imprimé par le Centre ORSTOM
Décembre 1995

 ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

AVERTISSEMENT

Ce rapport rend compte des résultats de l'enquête agropédologique 1994 sur le statut des nutriments et des métaux lourds chez les végétaux cultivés sur les différents faciès des sols ferrallitiques du Sud.

Ces recherches ont été conduites au titre de la première opération - relative à l'organisation structurale des sols ferrallitiques du Sud - de l'avenant 4 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 (collaboration aux diverses mesures et observations réalisées sur le terrain) ;
- E. Ouckewen, L. Taputuarai et W. Nigote (traitement des échantillons de sols et de végétaux au Laboratoire d'Agropédologie) ;
- J.L. Duprey et les membres de son équipe du Laboratoire d'Analyses.

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

Sommaire

	Pages
1 - INTRODUCTION.....	5
2 - PHASE I : COLLECTE D'INFORMATIONS GENERALES SUR L'EXPLOITATION.....	9
Questionnaire concernant l'exploitation de M. POMINA	11
3 - PHASE II : RECONNAISSANCE DES DIFFERENTS FACIES PEDOLOGIQUES DE L'EXPLOITATION DE M. POMINA.....	17
3.1 - Exemple d'une parcelle située en plaine et en piedmont	20
Fiche n°1 : cartographie des volumes de sols de la parcelle n°1	21
Fiche n°2 : caractéristiques de la parcelle n°1.....	23
3.1.1-Le profil cultural Pomi-1.....	25
Photographie du profil cultural.....	25
Schéma du profil cultural.....	27
Description des horizons.....	29
Interprétation agropédologique du profil.....	31
3.1.2-Le profil cultural Pomi-2.....	32
Photographie du profil cultural.....	32
Schéma du profil cultural.....	33
Description des horizons.....	35
Interprétation agropédologique du profil.....	37
3.1.3-Le profil cultural Pomi-3.....	38
Photographie du profil cultural.....	38
Schéma du profil cultural.....	39
Description des horizons.....	41
Interprétation agropédologique du profil.....	43
3.2 - Caractéristiques physiques et chimiques des profils culturaux	44
Fiche n°4 : Caractéristiques physiques des profils culturaux	45
3.2.1-Caractéristiques physiques	44
3.2.1.1 - Méthodes de mesures	44
3.2.1.2 - Observations	47
Texture.....	47

Compacité et porosité.....	47
Développement racinaire.....	48
3.2.2-Caractéristiques chimiques	49
4 - PHASE III : NIVEAUX (SOL ET PLANTE) DES TENEURS EN Métaux Lourds	51
4.1 - Résultats.....	53
4.1.1-Parcelles de tomates cultivées en plaine et en glacis.....	53
4.1.1.1 Niveaux des éléments minéraux dans les sols	53
4.1.1.2 Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles de tomates	53
4.1.2-Parcelle de bananiers cultivée en plaine.....	55
4.1.2.1 Niveaux des éléments minéraux dans les sols	55
4.1.2.2 Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles	57
4.1.3-Plantes maraichères cultivées en zone de glacis intermédiaire.....	57
4.1.3.1 Niveaux des éléments minéraux dans les sols	57
4.1.3.2 Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles	57
4.1.4-Taro et igname cultivés en plaine et en glacis.....	59
4.1.4.1 Niveaux des éléments minéraux dans les sols	59
4.1.4.2 Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles	59
4.2- Interprétations : comparaisons à des normes.....	60
4.2.1 Niveaux des éléments minéraux dans les sol.....	60
4.2.2 Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux.....	61
4.2.2.1 Les tomates.....	61
4.2.2.2 Les bananiers.....	61
4.2.2.3 Les plantes maraichères : radis, chou de chine et courgette.....	62
4.2.2.4 Le taro et l'igname.....	62
5 - ANNEXES	63
5.1 - Annexe n°1:	
Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur la propriété de M. Pomina (Tableaux N°1, N°2 et N°3).....	65
5.2 - Annexe n°2 :	
Normes de teneurs en éléments minéraux de plantes cultivées (Tableaux N°1, N°2, N°3, N°4, N°5 et N°6).....	71
6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	79

1 - INTRODUCTION

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

Elle a comme objectif l'établissement d'un premier référentiel, tant pédologique qu'agronomique, sur les teneurs en nutriments et en métaux lourds du sol et des végétaux cultivés sur les principaux faciès des sols ferrallitiques des vallées de La Coulée, de la Lembi. Il s'agit 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.

La démarche suivie a été décrite dans un premier document détaillant la méthode de diagnostique agropédologique de parcelles agricoles (Edighoffer S. et Bourdon E., 1993).

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 des teneurs en métaux lourds et en nutriments des plantes cultivées observées.

2 - PHASE I

COLLECTE D'INFORMATIONS GENERALES SUR L' EXPLOITATION

Questionnaire "agriculteur" 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 .

QUESTIONNAIRE AGRICULTEUR
RÉALISÉ LE 17 MAI 1994

CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION

A - Situation de famille

1. Nom de l'exploitant : *POMINA Bruno*
2. Formation de l'agriculteur : *ancien pâtissier*
3. Existe t-il dans la famille des personnes ayant eu une formation agricole ou autre ? Si oui, laquelle ? *le grand-père était agriculteur mais il est décédé actuellement.*
4. Exercez-vous une autre activité que celle d'agriculteur ? *non*
5. Depuis combien d'années êtes-vous agriculteur ? *Depuis 1990, c'est à dire 4 ans.*

B - Situation de l'exploitation

6. Nom de l'exploitation : *lots 42 et 57 du domaine.*
7. Statut de l'exploitant :

Propriétaire	Locataire	Autres
<i>3,5 ha au bord de la rivière soit 3 lots du morcellement Rival (lots n°27, 28 et 29).</i>	<i>15 ha du domaine, c'est à dire un peu en plaine mais surtout en glacis et en piedmont</i>	

8. Date de la première mise en valeur : *les parcelles du bord de rivière étaient cultivées par M.Gros avant 1990, mais depuis cette date M. Pomina exploite la plaine et le piedmont.*
9. Localisation de l'exploitation : *le morcellement Rival, le long de la rivière La Lembi.*
10. Superficie de l'exploitation : *18,5 ha*
11. Nombre de parcelles au total : *10 parcelles*
12. Nombre de parcelles inaccessibles : *une seule parcelle, au sommet de la montagne plantée avec du Gaïc et du santal. Cette parcelle avait bien démarré mais actuellement les plants connaissent des problèmes de croissance.*
13. Distance de la parcelle la plus éloignée des bâtiments techniques de l'exploitation : *700 m*

14. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine
x	x	x	x

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

Avez-vous des données météo récentes ? *non, cf. données sur l'exploitation de M. Cochard ;*

C - Main-d'oeuvre sur l'exploitation

16. Combien de personnes travaillent sur l'exploitation ? *5 personnes à temps complet ;*

D - Matériel agricole

17. Quels matériels utilisez-vous ?

Opérations culturales	Matériels utilisés
Labour	<i>Sous-soleuse Charrue</i>
Préparation du lit de semences	<i>Rotavator Buteur pour igname</i>
Epandage de produits divers	<i>Epandeur à engrais VICON Pulvérisateurs TECHNOMA (300 et 450 l) et 3 de 10 l portatifs</i>
Récolte	<i>Machine à essuyer les tomates</i>

18. En empruntez-vous à l'extérieur ? Si oui, lequel ? Et à qui ? *le RIPER pour le sous-solage que j'emprunte à M. Birot ainsi que la cuve à lisier ;*

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

Ordre d'utilisation	Machine utilisée
1	<i>Sous-soleuse</i>
2	<i>Charrue</i>
3	<i>Rotavator</i>

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

SYSTÈMES DE CULTURES

A - Différentes cultures

21. Que produisez-vous ?

Cultures	Variétés	Localisation	Dates de culture	Rendement
----------	----------	--------------	------------------	-----------

<i>Cultures maraîchères</i>				
pomme de terre				
carotte	<i>Royal Cross</i>	<i>Grande parcelle</i>	<i>10 Mai</i>	
courgette	<i>Diamant</i>	<i>plaine</i>	<i>début mai</i>	
chou de chine	<i>Chinese Cabbage</i>	<i>plaine</i>	<i>avril</i>	
aubergine	<i>Noires: hybride double en 1992</i>	<i>plaine</i>		
poireau	<i>Gros long d'été</i>	<i>plaine</i>		
tomate	<i>Luxor Tomates cerise</i>	<i>plaine glacis</i>	<i>en continue</i>	

<i>Cultures fruitières</i>				
orange				
banane	<i>William</i>	<i>Achat à M. Le Van Hao</i>		
ananas				
pomme-liane	<i>locale sauvage</i>			
litchi				
mangue				

Cultures	Variétés	Localisation	Dates de culture	rendement
<i>Cultures vivrières</i>				
igname	<i>Houailou ou Martinique</i>	<i>glacis</i>	<i>fin de récolte</i>	<i>1000 pieds</i>
patate Curry	<i>Patate curry</i>	<i>plaine</i>	<i>début de repiquage</i>	
taro des montagne	<i>Taro de Montagne</i>	<i>plaine</i>	<i>Novembre</i>	
manioc	<i>Manioc</i>	<i>piedmont, au sommet de la grande parcelle</i>	<i>repiqué en début d'année</i>	

22. Parmi ces productions, quelles sont celles qui vous intéressent le plus ? *les tomates et les patates curry ;*
23. A quelles dates pratiquez-vous ces productions ? *les tomates, toute l'année ;*
24. Quels sont les rendements atteints ? *(pas de réponse), il ne sait pas ;*
25. Quelles sont les principales variétés, de chaque production ? *LUXOR pour la tomate*
26. Quelles sont les cultures les plus rentables ? *les tomates*

B - Technique de production

27. Qu'apportez-vous comme engrais ? *du calcaire une fois par an, soit 2 tonnes sur la grande parcelle (sur environ 1 ha) ;*

Ordre des apports	Type d'engrais
1	<i>Lisier et fumier de poule en fin de culture ;</i>
2	<i>Avant le repiquage : 13-13-21 et 0-32-16 à la main dans les lignes ;</i>
3	<i>Après le repiquage : nitrate de potasse et ammonitrate (34 % : 17 % A et 17% N) ;</i>
4	<i>Tous les mois : 13-13-21 le long de la ligne à la main.</i>

28. Apportez-vous de la matière organique, et sous quelle forme ? *Résidus de récolte, fumier ou lisier ? du fumier et du lisier environ tous les quatre mois après les cultures maraîchères ;*

Type de matière organique	Quantité
<i>résidus de récolte</i>	<i>Sorgho fourrager sur la grande parcelle , c'est la première fois depuis 4 ans.</i>
<i>fumier</i>	<i>pas de dose communiquée</i>
<i>lisier</i>	<i>pas de dose communiquée</i>
<i>autre</i>	

29. Réalisez-vous une préparation spécifique du sol pour chaque production ? *Si oui, laquelle? les planches de carottes sont réalisées avec le tracteur, la buteuse réalise les butes pour les ignames et les taros, pour la tomate le buttage se fait à la pelle.*

30. Pratiquez-vous l'irrigation ?

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

Nombre de parcelles irriguées ? *7 parcelles*

Surfaces irriguées au total ? *7 ha sont irrigués*

31. Avez-vous (ou avez-vous eu) des problèmes de maladies ? *sur la tomate de l'antracnose et des problèmes de virus. Chez le concombre de l'oïdium.*

32. Avez-vous eu recours à des traitements phytosanitaires sur vos cultures ? *2 fois par semaine un traitement phytosanitaire a lieu, avec des produits à chaque fois différents du type : Tamaron, Tokution, Protiofos, Decis, Attack, Kafil super, Trigard, Vertimec et Lannate L.*

33. Quelles types de successions réalisez-vous sur vos parcelles ? *cultures maraîchères sur cultures maraîchères sauf cette année pour la grande parcelle ou du sorgho fourrager a été enfoui comme engrais vert.*

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

Connaissez-vous des zones où les cultures ne viennent pas ? *en piedmont, en montagne ;*

Savez-vous pourquoi ? *sol trop acide car les feuilles étaient jaunes sur ananas.*

C - Cultures envisagées dans l'avenir

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

36. Voulez-vous essayer de nouvelles cultures ? Savez-vous les conduire ? *pas de nouvelles cultures en prévision.*

37. Voulez-vous augmenter vos surfaces cultivées ? *il aimerait bien, mais il n'a plus de place de part et d'autre de son exploitation : du privé d'un côté, et du domaniale de l'autre (situé en zone de montagne) .*

SYSTÈMES D'ÉLEVAGES

A - Différents types d'élevages

38. Quels types d'élevages pratiquez-vous ?

Elevages	Race	Importance de l'élevage	Age moyen
porc	<i>Cochons de chez Birot</i>	<i>3 ou 4</i>	
oie	<i>Oies</i>	<i>12</i>	
autres : Chevaux	<i>Chevaux</i>	<i>3</i>	<i>2 pouliches et un cheval</i>

39. Parmi vos élevages, quels sont ceux qui vous intéressent le plus ? *ces élevages ne servent qu'à éliminer les déchets et pour ma consommation personnelle, je n'ai pas l'intention d'agrandir ces élevages.*

40. Quels sont les plus rentables ? *les chevaux, car je vais vendre le cheval et garder les deux pouliches.*

B - Conduite de ces élevages

41. Voulez-vous abandonner certains élevages ? *non*

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

FONCTIONNEMENT DU PARCELLAIRE

43. Pensez-vous avoir des problèmes climatiques sur votre exploitation ? *la proximité de la rivière entraîne lors des fortes pluies de fin d'année, un débordement de la rivière qui envahit les parcelles sur le bourrelet de berge.*

44. Les sols présents sur votre exploitation sont-ils fertiles ?
Relativement homogènes ? Combien de types de sols distinguez-vous ? *depuis que je les travaille, les sols sont maintenant fertiles. Par contre, il existe de grandes différences au niveau des types de sols sur mon exploitation. Il y a des sols différents en plaine et en montagne.*

45. Avez-vous des problèmes d'érosion ? *lors de fortes pluies, j'ai des descentes de cailloux de la montagne et des glissements de terre.*

Si oui, de quels types ? *cailloux sur la parcelle ;*

Sur quelle parcelle ? *les parcelles en plaine ;*

Qu'avez-vous fait pour y remédier ? *des canaux en ligne de niveau pour éviter les éboulements sur mes parcelles.*

46. Quels sont les principaux problèmes rencontrés sur vos cultures ? *pas de problèmes particuliers.*

47. Avez-vous remarqué des symptômes anormaux de développement ?

Si oui, quel traitement avez-vous appliqué ? *a priori non, sauf sur ma dernière récolte d'ignames dont on pouvait distinguer des boursouflures sur les peaux.*

3 - PHASE II

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

3.1- Exemple d'une parcelle située en plaine et en piedmont

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

Fiche n°2 : Caractéristiques de la parcelle n°1

3.1.1-Le profil cultural Pomi-1

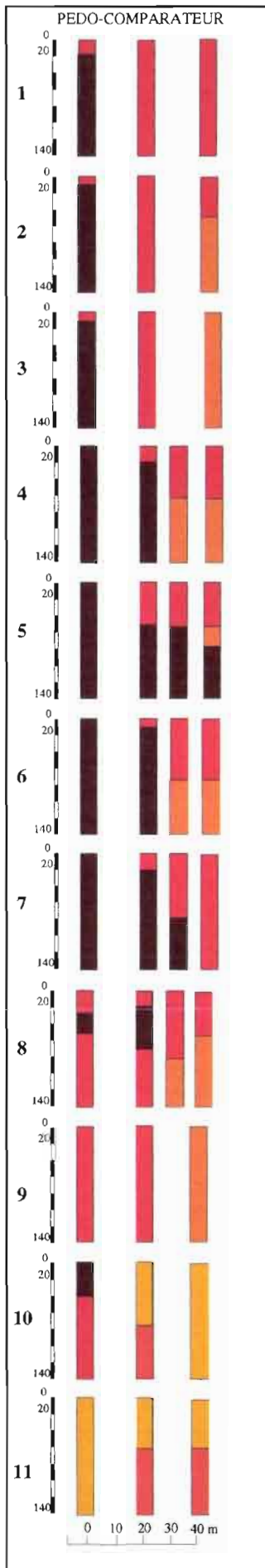
Photographie du profil cultural
Schéma du profil cultural
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural

3.1.2-Le profil cultural pomi-2

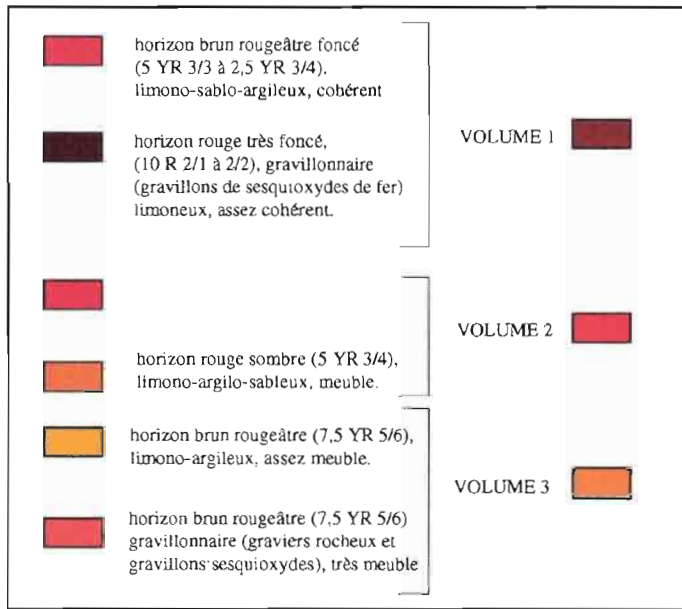
Photographie du profil cultural
Schéma du profil cultural
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural

3.1.3-Le profil cultural Pomi-3

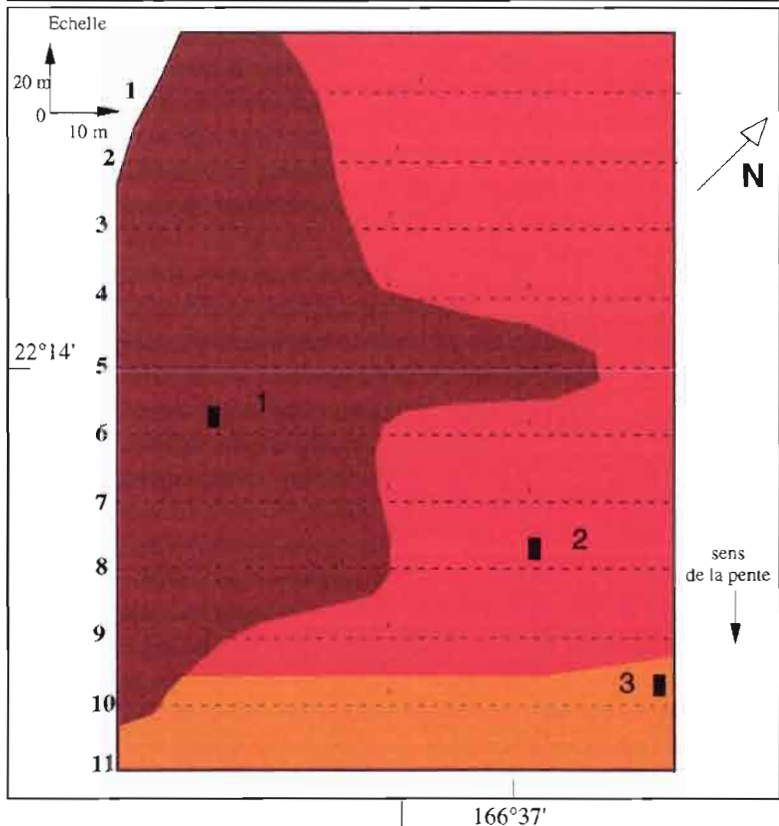
Photographie du profil cultural
Schéma du profil cultural
Description des horizons
Interprétation agropédologique du profil cultural



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



Cartographie des volumes de sols (vue en plan)



Diagnostic agro-pédologique

Les contraintes physiques observées sur cette parcelle sont les suivantes :

- des pentes relativement importantes dans le volume 1 ;
- le volume 1 est assez cohérent dès 20 cm de profondeur.



Fiche n° 2 : exploitation de M. Pomina : caractéristiques de la grande parcelle située en plaine alluviale, en glacis et en piedmont.

ETUDE D'UNE PARCELLE PARTICULIÈRE

48. Quelle est la principale caractéristique de cette parcelle ?
 "Avec problèmes", pourquoi ? *le sommet de cette parcelle marche pas très bien*
 "Sans problèmes", pourquoi ? *les 3/4 inférieurs sont très bons*

49. Quelle est sa superficie ? *1 ha*

50. Qu'est ce qui entoure cette parcelle ? *des bois de fer le long de la route qui mène au poteau électrique à haute tension et une rangée d'Eucalyptus et des pins proches des bâtiments d'exploitation*

51. Situation topographique :

montagne	piedmont	glacis	plaine
X	X	X	X

52. Profondeur de sol, zone exploitable par les racines (en cm) : *20 cm*

53. Existe-t-il des obstacles à l'enracinement ? De quel type ? *non pas actuellement, mais il y avait des cailloux vers le bas du modelé en plaine*

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

55. Ce sol présente t-il, selon vous, des problèmes ou des avantages particuliers ? *sol meuble et sol filtrant, l'eau ne reste pas dans le sol. On peu dire qu'en période sèche, c'est un problème, il faut arroser deux fois par jour car ce type de sol sèche beaucoup.*

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

drainage insuffisant	drainage parfois insuffisant	sol sain
		X

57. Sensibilité à la sécheresse ?

sol séchant rapidement	sol conservant bien l'humidité
X	

58. Type de culture en place ?

Culture	Motivations de la culture	date de semis	Variété	Rendement prévisible
<i>Carottes</i>		<i>10 mai 1994</i>	<i>Royal Cross</i>	
<i>Tomates</i>		<i>Septembre 1994</i>	<i>Luxor</i>	

59. Est-il possible de préciser les cultures antérieures ? *en bas de cette parcelle une culture de fleurs : Glaïeul d'août à Novembre (10 000 bulbes sur 20 planches). Cette culture pendant 3 ans (1993, 1992, 1991). En 1990 culture de tomates et de choux, mais il y avait beaucoup trop d'attaques d'insectes avec le choux, donc cette culture n'a pas été recommencée.*

60. Maladies ou attaques d'insectes survenues lors de ces cultures ? *culture d'ananas au sommet de cette parcelle (en piedmont et en glacis) pendant 3 ans. Les ananas poussaient très mal et l'allure générale des plants était jaune.*

61. Amendements réalisés sur cette parcelle ? *pas de données.*

62. Dates des principaux apports ?

Dates des apports	N-P-K	Chaux, calcaire, gypse	Matière organique	Autres apports
<i>Mois de mai</i>		<i>2 t de calcaire l'année dernière</i>	<i>Fumier et lisier au moment du labour</i>	

63. La plante cultivée sur cette parcelle présente t-elle des symptômes anormaux de développement ? Si oui, lesquels ? *les cultures de choux et d'ananas présentaient des symptômes foliaires particuliers : feuilles très jaunes par endroit sur cette parcelle, alors que ces symptômes n'ont pas été observés pour la culture de pastèque.*

64. Pensez-vous à une carence ? A une toxicité éventuelle ? *l'acidité du sol, en relation avec le pH du sol.*

65. Avez-vous remarqué ces mêmes symptômes sur une autre culture ? *ces symptômes n'ont pas été observés en plaine.*

A un autre moment du cycle de développement de la plante ? *ces symptômes apparaissent pour des cultures sur piedmont plus particulièrement en début de culture.*

A une autre époque de l'année ? *pas de relation avec l'époque de l'année.*

3.1.1- Le profil cultural Pomi-1

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro POMI 1	Observateur : Sylvie + Manu	Date : 20/05/1994	Culture : sorgho fourrager	Précédents : tomates

Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
le sorgho fourrager a été coupé	au sommet de la bosse et entre deux rangs de sorgho fourrager	charrue rotavator

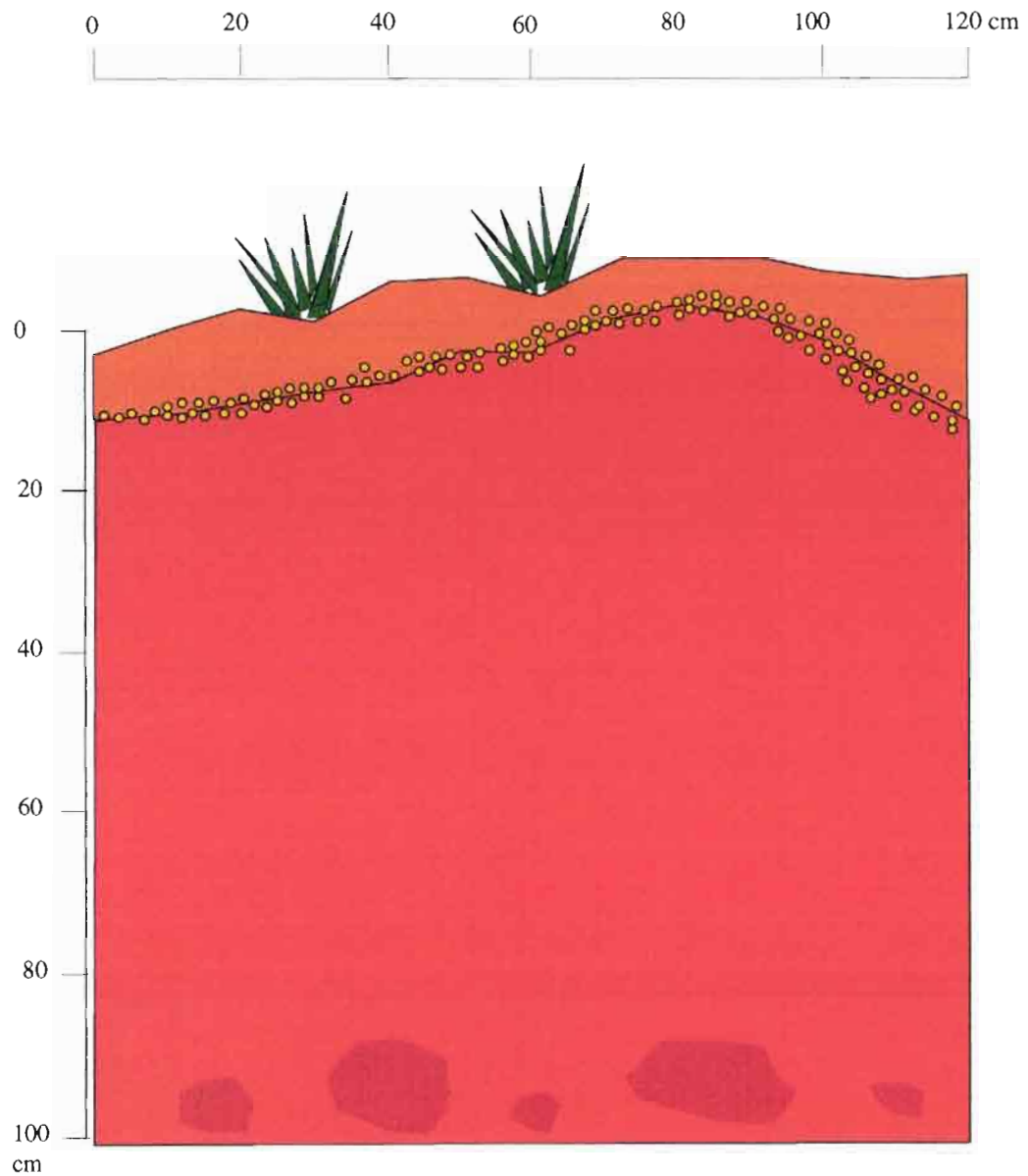
SITUATION TOPOGRAPHIQUE

Ce profil cultural se situe au sommet de la parcelle de Monsieur Pomina et au niveau d'une forme arrondie du modelé. La végétation présente est du sorgho fourrager récemment coupé, formant en surface une quantité importante de matière organique.





Photographie du profil cultural Pomi-1



Schéma du profil Pomi-1



LEGENDE

-  horizon limono-sableux de couleur 10 R 3/2, la structure est particulière, très meuble. Présence de gravillons d'assez grande taille de 1 à 2 mm. A la partie inférieure de cet horizon on remarque des fragments de pailles au niveau de la semelle de labour.
-  horizon limono-argilo-sableux de couleur 10 R 2/1 à 10 R 2/2. La structure est massive, cohérente et compacte avec des gravillons de 1 à 2 mm de diamètre et en quantité plus abondante. A la partie inférieure du profil (environ 1 mètre) de gros blocs de cuirasse.
-  Bloc de cuirasse de 10 à 20 cm de diamètre.
-  Paille enfouie.

PROFIL POMI 1				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-60)		
1 - TEXTURE (les majuscules indiquent des caractères dominants) - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	LS	LAs		
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	frais		
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSSELL	10 R 3/2	10 R 2/1 à 10 R 2/2		
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	massive		
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	très important	très faible		
6 - COMPACTÉ ET COHÉSION - Très peu compact / boulant - Peu compact / meuble - Assez compact / cohérent - Très compact / très cohérent	très meuble	cohérent à 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	des gravillons de 1 à 2 mm de diamètre	graviers et gravillons très abondants de 1 à 2 mm		
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable (NDD) - Faible - Importante - Très importante	au fond de cet horizon des fragments de tiges et de feuilles	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 et régulière	graduelle		
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	NDD	pas de revêtement. Une couleur noire métallique		

PROFIL POMI 1				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-60)		
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD		
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	très abondantes de tailles 1 (et <1) et des 2 mm régulières horizontales limitées à l'horizon	quelques rares racines très fines de tailles de 1 mm et <1mm orientation quelconque des racines		
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille</i> : mm <i>Forme</i> - polyédrique anguleuse et sub-anguleuse - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	pas d'agrégation	pas d'agrégation		
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE des AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	-	-		
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	-	-		
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	-	-		
17 - POROSITE - Abondance /cm2 - Forme et taille en mm - cylindriques - vacuolaires - vésiculaire - intergranulaires	importante	assez importante tubulaire (présence de petits tubes)		

Interprétation agropédologique du profil cultural Pomi-1.

L'horizon de surface, de couleur rouge sombre, épais de 10 cm, est très riche en matière organique de type fragments de tiges et de feuilles de sorgho fourrager. En surface, des plants de sorgho récemment coupés et des débris de tiges avec quelques blocs de cuirasse. Il est constitué par un enchevêtrement de racines dans un sol à structure particulière. La porosité totale est de 70 % et les valeurs pénétrométriques sont très faibles (cf. caractéristiques physiques et chimiques des profils culturaux réalisés sur les parcelles de M. Pomina).

Le deuxième horizon, de 10 à 100 cm de profondeur, forme une limite nette et régulière avec l'horizon précédent, tant sur la couleur que sur la compacité. En effet, cet horizon est de couleur rouge très sombre presque noire et les valeurs pénétrométriques sont très élevées (entre 20 et 25 mm soit entre 6,29 et 13,97 kg/cm²). Cette compacité du sol s'accompagne par une disparition de la matière organique de type paille enfouie et une absence de racines qui n'ont pu pénétrer dans cet horizon. En même temps, la porosité diminue, elle est de 60 %. On peut observer au fond du profil (vers 1 m de profondeur) des blocs de cuirasses de 10 à 20 cm de diamètre.

3.1.2- Le profil cultural pomi-2

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro POMI 2	Observateur : Sylvie + Manu	Date : 24/05/1994	Culture : aucune	Précédents : sorgho fourrager et cultures maraîchères : tomates

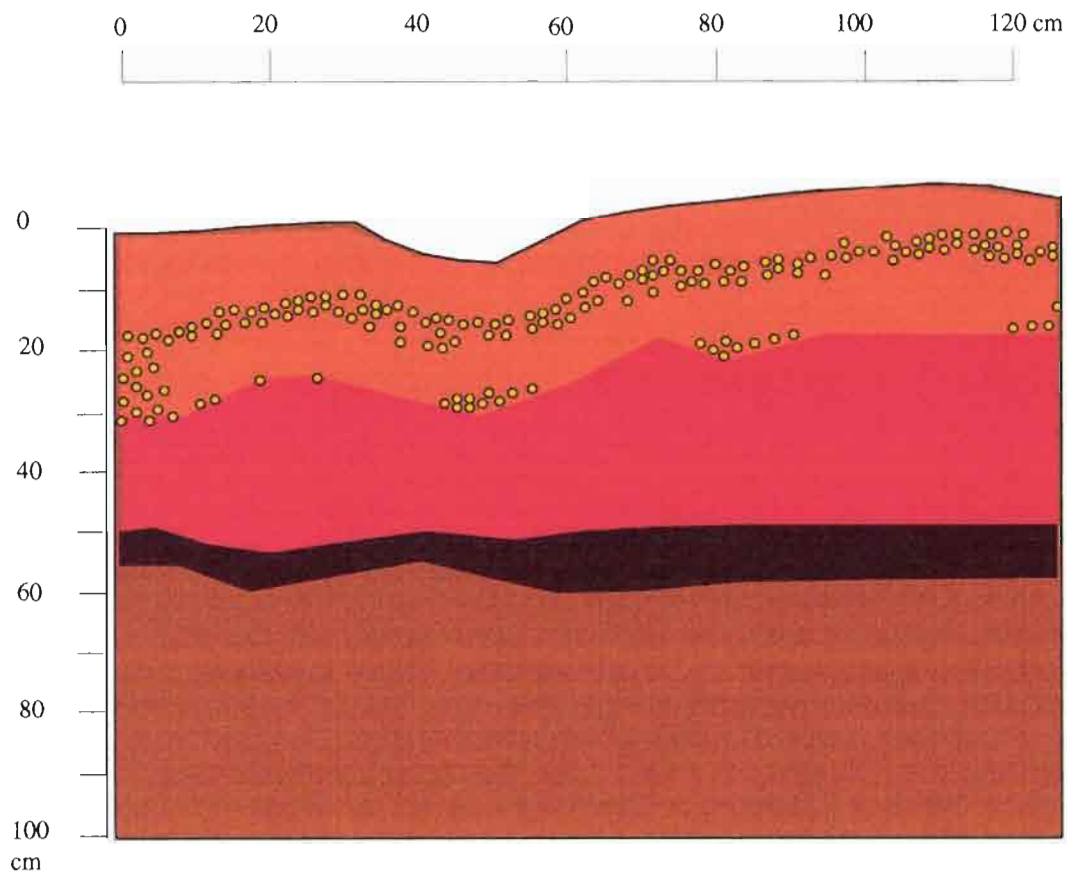
Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
le profil a été observé après le labour après l'épandage de fumier	perpendiculaire aux lignes de labour, entre deux passages de roues, à mi pente	girobroyeur et labour

SITUATION TOPOGRAPHIQUE
<p>Ce profil cultural se situe à mi pente de la parcelle, perpendiculairement aux lignes de travail du sol, entre deux passages de roues. L'observation de ce profil a été réalisé juste après le girobroyeur et le labour et avant le passage du rotavator. Du fumier de poule vient d'être appliqué dans les lignes de cultures.</p>






Photographie du profil cultural Pomi-2



Schéma du profil Pomi-2



LEGENDE

-  horizon sablo-limoneux de couleur 2,5 YR 3/2 , à structure particulaire et grumeleuse, très meuble à boulant. Présence de quelques pierres et graviers (< 5 mm). Dans cet horizon on remarque des fragments de paille enfouies.
-  horizon sablo-limoneux de couleur 10 R 3/2 à 10 R 3/3. La structure est massive à assez cohérente. Présence de sables grossiers : gravillons et graviers de 1 à 5 mm et quelques rares fragments de matière organique.
-  horizon constitué de sables grossiers, à structure particulaire très meuble à boulant. Présence de gravillons d'assez grande taille de 1 à 2 mm, de fragments de cuirasse (1 à 2 cm) et de fragments de roches altérées.
-  horizon sablo-argileux de couleur 2,5 YR 3/4 , à structure particulaire meuble à assez cohérent. Présence de graviers < 5 mm de diamètre.
-  Paille enfouie.

PROFIL POMI 2				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-30)	2 (30-50)	3 (50-60)	4 (60-80)
1 - TEXTURE (les majuscules indiquent des caractères dominants) - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	SL	SL	S	Sla
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais	frais	frais	frais
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSELL	2,5 YR 3/2	10 R 3/2 à 3/3	-	2,5 YR 3/4
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire et grumeleuse avec des petites mottes terreuses	massive	très meuble à boulant	particulaire
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	important vides d'arrangement	très faible	très important	assez important
6 - COMPACTITE ET COHESION - Très peu compact / boulant - Peu compact / meuble - Assez compact / cohérent - Très compact / très cohérent	meuble à boulant	assez cohérent	très meuble à boulant	meuble à assez 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	quelques pierres : péridotites (5-10 cm), et des graviers (1-5 mm) arrondis	sables grossiers et des graviers < 5 mm	des cailloux et des morceaux de cuirasse (1-2 cm) et des roches altérées arrondies	sables grossiers graviers < 5 mm
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable (NDD) - Faible - Importante - Très importante	enfouie au fond de l'horizon des tiges et des feuilles des pailles	quelques rares fragments de paille	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 et régulière	nette et irrégulière	nette et régulière	-
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Tâches- Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules- Dendrites - Carapaces - Cuirasses	NDD	NDD	NDD	NDD

PROFIL POMI 2				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-30)	2 (30-50)	3 (50-60)	4 (60-80)
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	NDD	NDD
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	très abondantes de tailles 1 et <1mm et de 2 mm d'orientation quelconque généralisées à l'horizon	abondantes très fines taille <1 mm d'orientation quelconque. Elles pénètrent dans les vides d'arrangements	quelques très rares racines très fines < 1 mm d'orientation quelconque	absente
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> <i>Forme</i> - polyédrique anguleuse et sub-anguleuse - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	de gros agrégats de 5 à 10 cm de diamètre. Forme des agrégats : sub-anguleuse	pas d'agrégats	pas d'agrégats	pas d'agrégats
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE DES AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	friable en frais, peu friable en sec	-	-	-
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	massif fissuré	-	-	-
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm ² - Forme et taille en mm - cylindriques - vacuolaires - vésiculaire - intergranulaires	porosité très fine dans les mottes	très poreux pores moyens et fins tubulaires	très poreux inter granulaires	très poreux

Interprétation agropédologique du profil cultural Pomi-2

Ce profil cultural a été réalisé après le labour et avant enfouissement de la matière organique de type fumier de poule. **L'horizon labouré** est relativement épais de 0 à 30 cm de profondeur avec une structure particulière et grumeleuse. La porosité est très importante (> 65 %) avec des valeurs pénétrométriques relativement faibles entre 5 et 10 mm (soit entre 0,5 et 1,4 kg/cm²). La matière organique est très importante (sous forme de paille enfouie), située à 10 cm de profondeur, elle forme une limite régulière avec l'horizon inférieur. La texture est sablo-limoneuse avec des graviers de 1 à 5 mm de diamètre et des pierres de type péridotitique de 5 à 10 cm de diamètre.

De 30 à 50 cm de profondeur, un horizon assez cohérent apparaît. La structure est massive et il est constitué exclusivement de graviers dont la taille n'excède pas 5 mm. On constate quelques rares fragments de paille enfouies. Les racines sont très fines (< 1 mm) et très abondantes. La porosité totale a diminué, elle n'est plus que de 60 % avec des valeurs pénétrométriques élevées entre 15 à 20 mm (soit entre 3 et 6,29 kg/cm²).

De 50 à 60 cm de profondeur, apparaît un horizon gravillonnaire constitué essentiellement de gravillons de sesquioxydes de fer (de 2 à 5 mm de diamètre). On observe également des cailloux (de 1 à 2 cm de diamètre), des fragments de cuirasse et quelques roches altérées. La matière organique a totalement disparu, seul subsiste quelques rares fragments de racines. Les valeurs pénétrométriques sont assez faibles entre 10 à 15 mm (soit entre 1,4 et 3,02 kg/cm²).

L'horizon situé au fond du profil (de 60 à 80 cm) est sablo-limono-argileux. Ce changement de texture se traduit par une diminution de la porosité (58 %) et par des valeurs pénétrométriques plus élevées entre 15 et 20 mm (soit entre 3,02 et 6,29 kg/cm²). On observe des graviers de petites tailles (< 5 mm) et une absence de racines et de matière organique.

La préparation du sol, sur cette partie de parcelle, semble satisfaisante. L'horizon de surface est relativement épais (30 cm d'épaisseur) et meuble (structure particulière), mais la présence de cailloux et de pierres de taille moyenne (10 cm de diamètre), pourraient gêner l'enracinement.

3.1.3- Le profil cultural Pomi-3

FICHE D'OBSERVATION DU PROFIL CULTURAL				
Numéro POMI 3	Observateur : Sylvie + Manu	Date : 24/05/1994	Culture : carottes	Précédents : sorgho fourrager et cultures florales

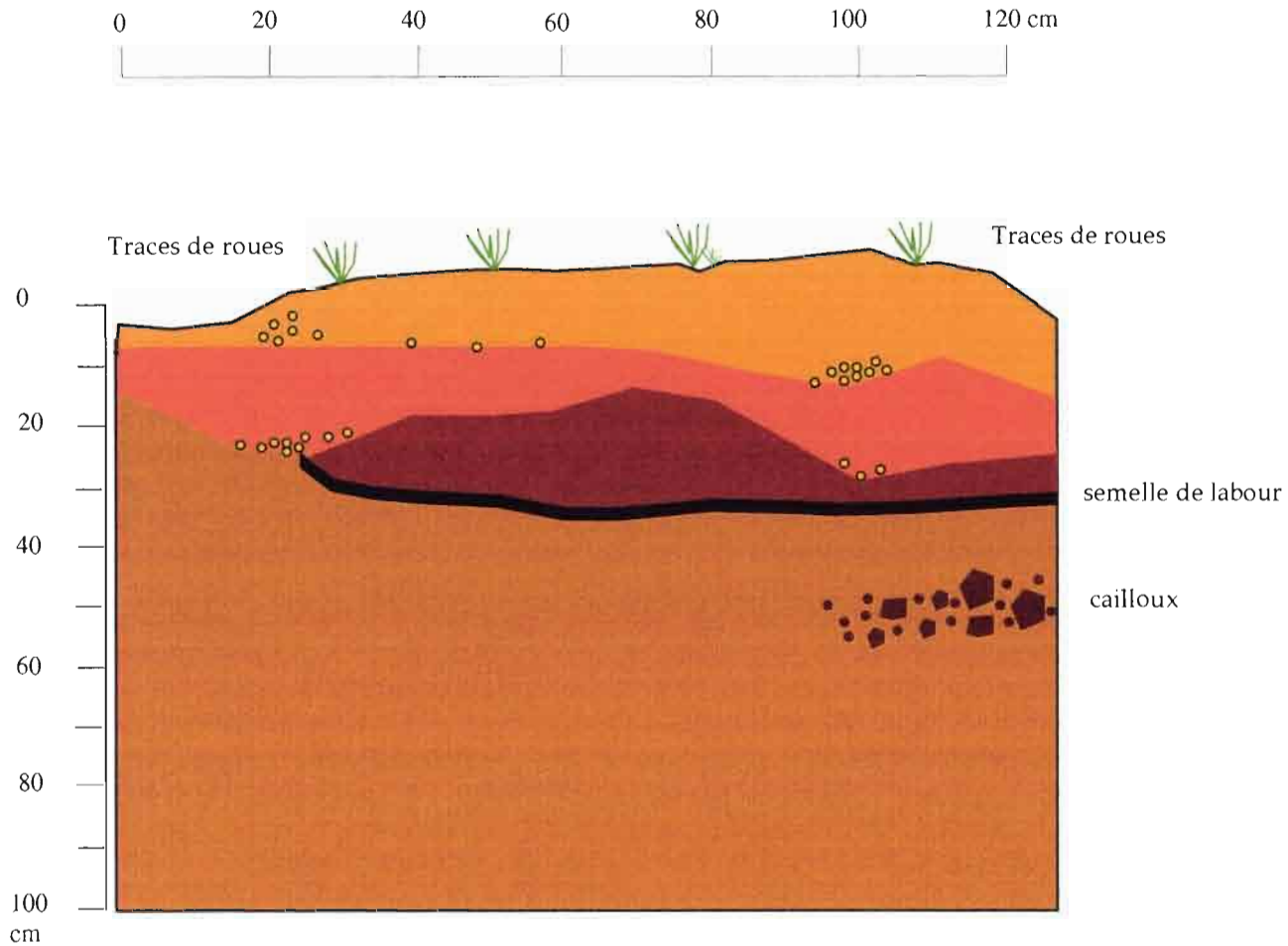
Observations	Situation du profil	Itinéraire Technique
les carottes sont âgées de 15 jours elles commencent à germer et à sortir de terre	perpendiculaire aux planches de carottes en bout de parcelle en bordure de route	charrue rotavator

SITUATION TOPOGRAPHIQUE
Ce profil se situe en bas de pente, en plaine alluviale, en bordure de deux chemins d'exploitation. La forme du modelé est plane d'ou la réalisation de planches de carottes.

Photographie du profil cultural Pomi-3



Schéma du profil Pomi-3



LEGENDE

- horizon sablo-limoneux de couleur 7,5 YR 3/2 , à structure particulière très meuble à boullant. Présence de quelques gros fragments de roches altérées, de pierres et graviers de sesquioxides de fer (< 5 mm). Dans cet horizon on remarque des fragments de paille enfouies.

- horizon limono-sableux de couleur 5 YR 3/3. La structure est massive à assez cohérente. Présence de sables grossiers : gravillons et graviers de 1 à 5 mm et quelques rares fragments de matière organique.

- horizon constitué de sables grossiers, à structure particulière très meuble à boullant. Présence de gravillons d'assez grande taille de 1 à 2 mm de diamètre

- horizon limono-argilo-sableux de couleur 5 YR 3/3 à 5 YR 3/4 avec un réseau de tâches noires au fond du profil. La structure est massive, meuble à assez cohérente. Présence de cailloux et de roches de type péridotitique altérées à 60 cm, le diamètre des plus gros cailloux ne dépasse pas 10 cm.

- Paille enfouie.

PROFIL POMI 3				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-15)	3 (20-30)	4 (30-80)
1 - TEXTURE (les majuscules indiquent des caractères dominants) - Sableuse : S - Limoneuse : L - Argileuse : A - Sablo-limoneuse : SL - Limono-sableuse : LS - Limono-argileuse : LA - Sablo-argileuse : SA	Sl	LS	S	LAS
2 - HUMIDITE - Sec - Frais - Humide - Très humide	frais à humide	humide	frais	humide
3 - COULEUR Couleur dominante du code MUNSELL	7,5 YR 3/2	5 YR 3/3	-	5 YR 3/3 à 3/4
4 - STRUCTURE - Particulaire - Massive - Massive fissurée - Fragmentaire peu nette - Fragmentaire nette - Fragmentaire très nette	particulaire	massive	boulant	massive
5 - VIDES ENTRE ELEMENTS STRUCTURAUX - Volume des vides faibles - Volume des vides assez important - Volume des vides très important	très important	très faible	très important inter-agrégats	très faible
6 - COMPACTÉ ET COHÉSION - Très peu compact / boulant - Peu compact / meuble - Assez compact / cohérent - Très compact / très cohérent	très meuble	meuble à assez cohérent	très meuble à boulant	meuble à assez 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	fragments de roches, cailloux et graviers	graviers gravillons et quelques rares cailloux	graviers gravillons et quelques rares cailloux	sables très fins et quelques poches de graviers et de cailloux
8- MATIERE ORGANIQUE - Absente - Non directement décelable (NDD) - Faible - Importante - Très importante	quelques fragments de tiges, de feuilles et de paille	quelques rares fragments de paille	pas de MO	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 et irrégulière	nette irrégulière et interrompue	tranchée nette et régulière	-
10 - TRAITS PEDOLOGIQUES - Taches - Imprégnations - Revêtements - Concrétions - Pellicules - Dendrites - Carapaces - Cuirasses	NDD	NDD	NDD	taches noires à grises. engorgement ?

PROFIL POMI 3				
VOLUME (Profondeur en cm)	1 (0-10)	2 (10-15)	3 (20-30)	4 (30-80)
11 - ACTIVITE BIOLOGIQUE	NDD	NDD	NDD	des zones noires sableuses
12 - RACINES - Diamètre en mm : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 10 - - Distribution régulière ou irrégulière - Dans le plan horizontal, vertical ou oblique - Entre les agrégats - Dans les agrégats - Limité à l'horizon - Traversant l'horizon Mode de pénétration des racines : - dans les cavités - dans les chenaux - dans les fentes - dans les vides d'arrangement - Observations de déformations des racines	quelques rares racines très fines <1 mm d'orientation quelconque	quelques très rares racines très fines < 1 mm	pas de racines	taches noires associées aux passages de racines très fines
13 - MORPHOLOGIE DES AGREGATS <i>Taille mm</i> <i>Forme</i> - polyédrique anguleuse et sub-anguleuse - planes - courbes - planes et courbes <i>Arêtes</i> - anguleuses - émoussées - pas d'arête <i>Allongement préférentiel</i> - vertical - horizontal - autre	pas d'agrégats	pas d'agrégats	pas d'agrégats	pas d'agrégats
14 - FRAGILITE ou FRIABILITE des AGREGATS - Non fragile, non friable - Peu fragile, peu friable - Fragile, friable - Très fragile, très friable	-	-	-	-
15 - PLASTICITE DES AGREGATS - Non plastique - Peu plastique - Plastique - Très plastique	-	-	-	-
16 - ASSEMBLAGE INTERNE DES AGREGATS - Massif - Massif fissuré - Fragmentaire - Non identifié	-	-	-	-
17 - PORES DANS LES AGREGATS - Abondance /cm ² - Forme et taille en mm - cylindriques - vacuolaires - vésiculaire - intergranulaires	-	poreux	-	très poreux pores fins moyens et tubulaires

Interprétation agropédologique du profil cultural Pomi-3

L'horizon de surface (de 0 à 10 cm de profondeur), est sablo-limoneux, de couleur jaune ocre foncé, très meuble avec des valeurs pénétrométriques entre 0 et 5 mm (soit entre 0,04 et 0,51 kg/cm²). La structure est particulière avec quelques fragments de roches altérées, des pierres et des graviers de sesquioxydes de fer (< 5 mm). La matière organique est présente sous forme de fragments de paille enfouies, localisée en amas par endroit. Cet horizon est très poreux (70% de porosité totale).

Le deuxième horizon, (entre 10 à 15 cm de profondeur), est plus limoneux avec une structure massive qui rend l'ensemble de cet horizon relativement meuble à assez cohérent. Il est constitué en majorité par des graviers et des gravillons de sesquioxydes de fer de 1 à 5 mm de diamètre. La matière organique est rare mais on remarque par endroit quelques fragments de pailles.

Le troisième horizon, (entre 20 et 30 cm de profondeur), est un horizon sableux à structure particulière très meuble à boulant. Il n'est pas continu tout au long du profil et il repose sur une semelle de labour situé entre 35 et 40 cm de profondeur. On constate que la porosité diminue (on passe à 60 %) avec des valeurs pénétrométriques qui augmentent entre 10 et 15 mm (soit entre 1,4 et 3,02 kg/cm²).

Le quatrième horizon, de 40 cm au fond du profil, est limono-argilo-sableux à structure massive, meuble à assez cohérent, les valeurs pénétrométriques varient entre 10 et 15 mm (soit entre 1,4 et 3,02 kg/cm²). Il est constitué de sables très fins et de quelques graviers. On notera la présence d'une poche de cailloux et de galets de type péridotitique à 60 cm de profondeur.

3.2 - Caractéristiques physiques et chimiques des profils culturaux (cf. fiche N°3 ci-contre)

Ce paragraphe présente les résultats des déterminations physiques et chimiques effectuées sur trois profils culturaux observés sur une même parcelle. Celle-ci s'étend de haut en bas d'un modelé. Le profil pomi-1 (au sommet du modelé), est recouvert de sorgho fourrager récemment coupé. Le profil pomi-2 (à mi-pente), vient d'être labouré et le profil pomi-3 (en bas de pente), est cultivé en carottes âgées de quelques semaines.

3.2.1 - Caractéristiques physiques

3.2.1.1 - Méthodes de mesures

Rappels sur le principe de fonctionnement du pénétromètre :

Lors de la description des sols, chaque horizon est décrit d'après une appréciation de sa couleur, de sa texture et de sa structure, mais également avec une indication chiffrée de sa compacité (Moreau R. et Nagumo F. 1994) selon un carroyage de 10 cm de côté sur l'ensemble du profil. L'appareil utilisé est un pénétromètre à aiguille conique (type *Yamanaka*) d'origine japonaise. Le principe d'utilisation de ce pénétromètre est simple : une aiguille conique est introduite dans le sol, ce qui provoque la compression d'un ressort fonction de la résistance du sol. La lecture de la longueur de compression du ressort se fait au moyen d'une réglette coulissante placée à l'extrémité opposée au cône. La compacité du sol est évaluée en mm, longueur qui est convertie en résistance à la pénétration en kg/cm^2 .

Méthode de calcul de la porosité

- La porosité totale (P) est calculée d'après la relation

$$P \text{ (en \%)} = (1 - D_a/D_r) * 100$$

D_a et D_r sont respectivement les densités apparentes et réelles du sol (Humbel, 1974). La densité apparente (D_a) concerne le sol en place, avec ses agrégats et ses vides. La densité réelle (D_r) ne concerne que les éléments constitutifs (minéraux et organiques) du sol, abstraction faite de tout fluide (air et eau), donc de tous les vides du sol.

- La micro et la méso porosité sont obtenues par des mesures des humidités volumiques aux pf 4.2 et 2.5 . La macroporosité est déduite de la porosité totale et ces valeurs de pF.

La microporosité (ou porosité matricielle) correspond aux pores les plus petits ou l'eau est très fortement retenue et ne permet pas à la plante de l'utiliser.

La mésoporosité (ou porosité utile pour la plante) correspond à l'eau de capillarité c'est à dire à l'eau demeurant dans le sol après ressuyage. Une partie de cette eau, faiblement retenue par le sol, est mobilisable par les plantes.

La macroporosité correspond à l'eau gravitaire, c'est à dire à l'eau remplissant tous les vides du sol sous l'action de la gravité. L'eau circule librement dans les espaces lacunaires du sol et descend en profondeur dans le profil.

Fiche n°3 : caractéristiques physiques des profils culturaux

Schéma du profil Pomi-1

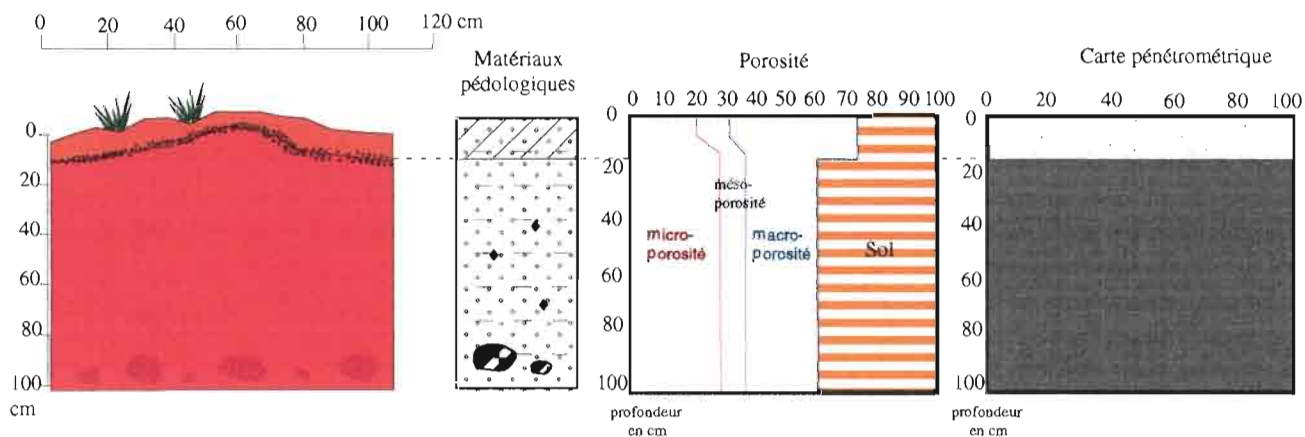


Schéma du profil Pomi-2

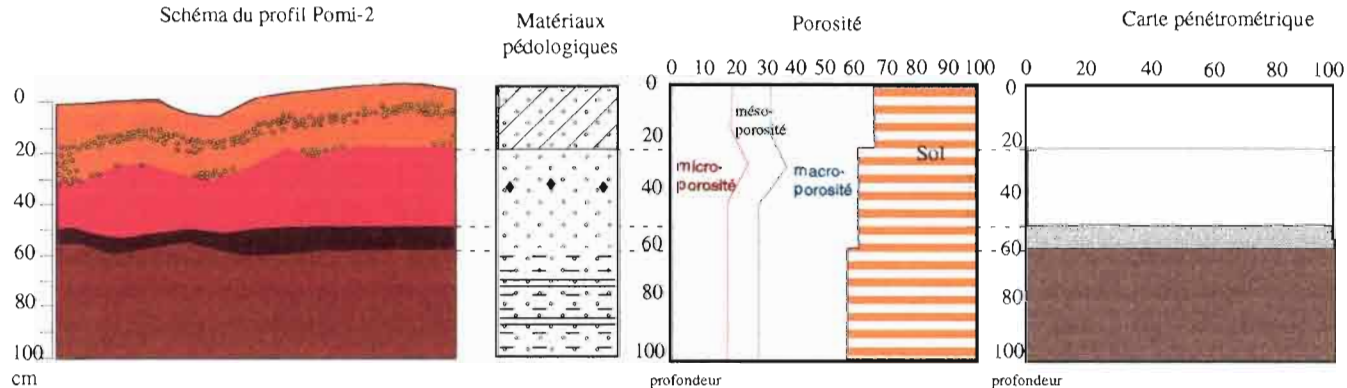
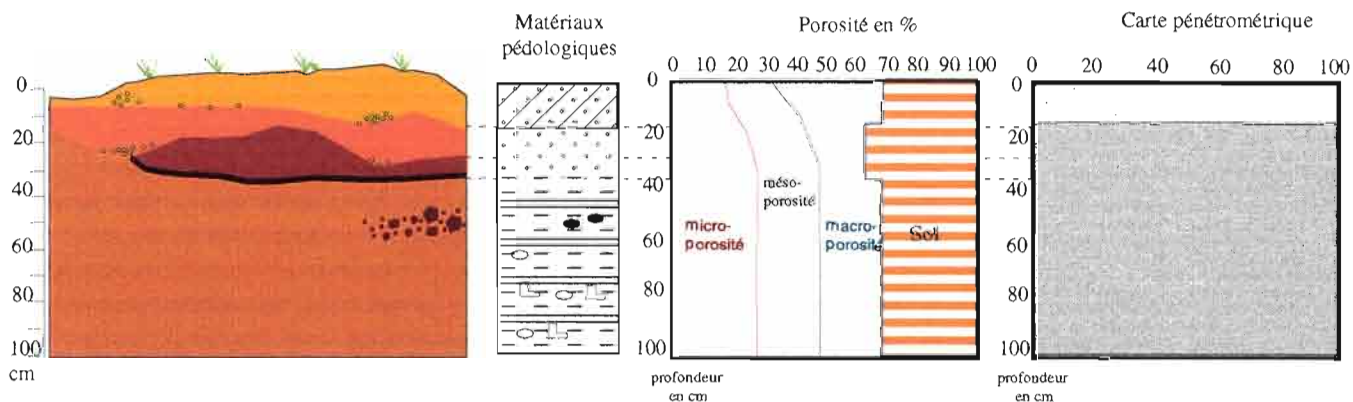


Schéma du profil Pomi-3



GRANULOMÉTRIE	
	Argile
	Cailloux
	Limons
	Roches, blocs de péridotite
	Sable
	Cailloux et pierres
	Matière Organique
	Volume (Fe, Mn)

MESURES PÉNÉTROMÉTRIQUES	
	0 - 5 mm (0,04 - 0,51 kg / cm ²)
	5 - 10 mm (0,51 - 1,40 kg / cm ²)
	10 - 15 mm (1,40 - 3,02 kg / cm ²)
	15 - 20 mm (3,02 - 6,29 kg / cm ²)
	20 - 25 + mm (6,29 - 13,97 kg / cm ²)



3.2.1.2 - Observations

Texture

Tableau n°1 : Analyse granulométrique, matière organique et capacité d'échange cationique

Nom Profil	Prof en cm	GRANULOMÉTRIE en %							MO	CT	NT	C/N	CEC
		Argile	Limon fin	A+L	Limon Grossier	Sable Fin	L+S	Sable Grossier	en %	mg/g	mg/g	-	meq %
Pomi1-1	0-10	14,9	24,5	39,4	5,8	23,6	29,4	29,8	1,27	7,35	0,66	11	0,36
Pomi1-2	10-20	23,2	18,8	42,0	0,8	14,9	15,7	42,7	0,17	1,01	0,06	17	-3,49
Pomi1-3	50-60	19,8	15,9	35,7	3,1	13,0	16,1	47,7	0,13	0,76	0,04	19	-4,12
Pomi2-1	0-20	18,1	27,3	45,4	5,5	15,6	21,1	32,4	2,06	11,9	0,88	14	5,49
Pomi2-2	20-40	18,1	27,1	45,2	3,0	14,5	17,5	35,6	1,69	9,79	0,61	16	3,74
Pomi2-3	40-60	15,4	20,7	36,1	2,8	12,4	15,2	48,3	0,57	3,29	0,18	18	0,35
Pomi2-4	60-80	16,0	24,1	40,1	4,5	15,4	19,9	39,6	0,40	2,32	0,15	15	-0,32
Pomi3-1	0-10	17,2	26,0	43,2	4,1	12,6	16,7	39,4	1,58	9,18	0,74	12	5,66
Pomi3-2	10-20	16,6	26,9	43,5	3,4	12,2	15,6	39,3	2,37	13,7	1,05	13	6,75
Pomi3-3	30-40	16,0	46,4	62,4	6,7	12,1	18,8	18,5	0,84	4,89	0,40	12	4,14

L'analyse granulométrique des différents horizons de sols de ces trois profils culturaux, montre que les horizons de surface ont :

- 40 % de particules fines (argile et limons fins) ;
- 20 à 30 % de particules moyennes (limons grossiers et sables fins) ;
- 30 à 40 % de particules grossières (sables grossiers).

La texture est Limono-sableuse et varie en fonction de la profondeur (cf. tableau n°1 ci-dessus). La matière organique est localisée dans l'horizon de surface de 0 à 10 cm (ou 20 - 40 cm) de profondeur, et diminue considérablement au fur et à mesure que l'on descend dans le profil.

Les capacités d'échanges cationiques sont faibles et existent seulement en surface pour le profil pomi-1 situé en piedmont : 0,36 meq% à 10 cm de profondeur. En glacis (pomi-2) et en plaine (pomi-3), les valeurs sont plus élevées en surface (5,49 et 5,66 meq%) et existent encore en profondeur (pomi-2 : 0,35 meq% à 60 cm et pomi-3 : 4,14 à 40 cm).

Le rapport C/N est un indice intéressant, qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique. Dans les horizons de surface ce rapport est proche de 12, alors qu'en profondeur il augmente progressivement (jusqu'à 19). La matière organique se transforme correctement en surface, alors que la minéralisation est plus lente en profondeur.

Compacité et porosité

Le profil Pomi-1 en zone de piedmont, est caractérisé par deux couches de sols, séparées par de la matière organique enfouie à 20 cm de profondeur. Les valeurs pénétrométriques augmentent avec la profondeur :

- de 0 à 20 cm de profondeur, les valeurs pénétrométriques sont comprises entre 5 et 10 mm (soit entre 0,51 et 1,40 kg/cm²) ;
- de 20 à 100 cm de profondeur, ces valeurs varient entre 20 et 25 mm (soit entre 6,29 et 13,97 kg/cm²). Cette augmentation, avec la profondeur, de la compacité s'accompagne d'une diminution de la porosité totale qui de, 70 % à 20 cm de profondeur, n'est plus que de 60 % à 1 mètre. Cette porosité totale se décompose en 3 porosités :
 - une macroporosité de 40 % dans l'horizon de surface, de 25 % à 20 cm ;
 - une microporosité d'environ 20 %, elle reste relativement constante avec la profondeur ;
 - une mésoporosité ou porosité utile de 10 %, valeur relativement faible.

On note également un changement de texture et de structure dès 20 cm : d'un sol limono-sableux particulière en surface, on passe à un sol plus limoneux à structure massive.

Le profil Pomi-2 en glacis, est constitué par une succession de 4 couches de sols :

- de 0 à 20 cm de profondeur, les valeurs pénétrométriques sont comprises entre 5 et 10 mm (soit entre 0,51 et 1,4 kg/cm²) ;
- de 20 à 50 cm de profondeur, ces valeurs varient entre 0 et 5 mm (soit entre 0,04 et 0,51 kg/cm²) ;
- de 50 à 60 cm de profondeur, ces valeurs varient entre 10 et 15 mm (soit entre 1,4 et 3,02 kg/cm²) ;
- de 60 à 100 cm de profondeur, ces valeurs varient entre 15 et 20 mm (soit entre 3,02 et 6,29 kg/cm²). Les trois premiers horizons sont relativement meubles, seul le dernier horizon à 60 cm de profondeur est plus compact (valeurs pénétrométriques de 6,29 kg/cm²). La porosité totale est assez élevée, de 70 à 50 % sur l'ensemble du profil, elle se décompose en trois porosités :

- une macroporosité de 40 % dans l'horizon de surface, de 25 % à 20 cm ;
- une microporosité d'environ 20 %, elle reste relativement constante avec la profondeur ;
- une mésoporosité ou porosité utile de 10 %, valeur relativement faible.

On note également un changement de texture et de structure dès 60 cm : d'un sol limono-sableux particulière, on passe à un sol plus limoneux à structure massive et cohérente à 60 cm.

Le profil Pomi-3 en plaine alluviale, est constitué, comme le profil Pomi-2, par une succession de 4 couches de sols, mais les valeurs pénétrométriques sont très peu variables :

- de 0 à 20 cm de profondeur, les valeurs pénétrométriques sont comprises entre 0 et 10 mm (soit entre 0,04 et 1,4 kg/cm²) ;
 - de 20 à 100 cm de profondeur, ces valeurs varient entre 10 et 15 mm (soit entre 1,4 et 3,02 kg/cm²). L'ensemble du profil est relativement meuble ce qui se traduit par une porosité totale élevée de 70 %, elle se décompose en trois porosités :
- une macroporosité de 40 % dans l'horizon de surface, de 25 % à 20 cm ;
 - une microporosité d'environ 20 %, elle reste relativement constante avec la profondeur ;
 - une mésoporosité ou porosité utile de 20 %, valeur plus élevée que les deux précédents profils. On note également un changement de texture à 40 cm de profondeur, au niveau de la semelle de labour : d'un sol limono-sableux particulière, on passe à un sol plus limoneux et légèrement plus cohérent.

Développement racinaire

Lors de l'observation de ces trois profils culturaux, seul le profil Pomi-1 était cultivé (en sorgho fourrager récemment coupé), Pomi-2 venait d'être labouré et Pomi-3 avait des carottes âgées de quelques semaines, avec un système racinaire peu développé. En zone de piedmont (c'est à dire le profil Pomi-1), les racines de sorgho se situent exclusivement dans l'horizon de surface (0 - 20 cm), ne pouvant pénétrer dans l'horizon inférieur car trop cohérent. En zone de glacis (profil Pomi-2), les racines pénètrent plus profondément, l'horizon plus cohérent n'apparaît qu'à 60 cm de profondeur. En plaine alluviale (profil Pomi-3), l'ensemble du profil est meuble avec des valeurs pénétrométriques relativement faibles (cf. *compacité et porosité*), on remarque cependant une semelle de labour à 40 cm de profondeur, qui pourrait gêner le développement des jeunes carottes.

3.2.2 - Caractéristiques chimiques

Tableau n°2 : Analyse chimique et pH

Profil	Prof	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	Mn ECH	NiO	Ni DTPA	Cr ₂ O ₃	BASES ÉCHANGEABLES				pH eau	pH KCl	P ₂ O ₅ Tot	P ₂ O ₅ As
									Ca	Mg	K	Na				
unité	cm	%	%	%	ppm	%	ppm	%	meq %	meq %	meq %	meq %			mg/g	mg/g
Pomi1-1	0-10	1,39	74,9	0,61	0,9	1,07	0,48	2,76	1,10	0,17	0,22	0,04	6,0	6,3	3,29	0,16
Pomi1-2	10-20	1,38	75,8	0,72	0	1,20	0	2,26	0,39	0,07	0,04	0,09	5,9	6,2	0,25	0
Pomi1-3	50-60	1,45	76,3	0,76	0	1,34	0	2,49	0,18	0,05	0,01	0,03	5,7	6,3	0,20	0
Pomi2-1	0-20	1,65	71,8	0,56	4,63	0,92	6,44	4,64	3,76	0,54	0,10	0,05	6,5	6,5	3,75	0,38
Pomi2-2	20-40	1,49	72,6	0,55	3,08	0,90	6,31	4,67	2,17	0,18	0,15	0,01	6,1	6,2	1,71	0,08
Pomi2-3	40-60	1,16	72,7	0,53	0,64	0,73	0,07	7,13	0,62	0,11	0,05	0,08	5,6	6,0	0,49	0
Pomi2-4	60-80	1,30	71,2	0,39	0,13	0,78	0,14	7,25	0,42	0,19	0,01	0,03	5,8	6,2	0,54	0
Pomi3-1	0-10	4,30	66,8	1,12	3,48	1,27	38,7	4,26	4,72	0,76	0,19	0,03	7,1	7,0	2,79	0,39
Pomi3-2	10-20	4,63	65,7	1,08	6,04	1,27	41,2	3,62	5,42	1,40	0,46	0,06	7,1	6,9	2,92	0,25
Pomi3-3	30-40	5,94	65,9	1,16	1,03	1,6	47,5	2,69	1,67	1,13	0,21	0,06	6,4	6,6	0,18	0

Les trois profils culturaux se positionnent sur une même parcelle, mais en trois types de faciès de sols. Le profil Pomi-1 en piedmont, le profil Pomi-2 en glacis et le profil Pomi-3 en plaine. Les pH des sols se situent en zone neutre (entre 6 et 7 unités pH), avec une légère diminution avec la profondeur.

S'agissant des teneurs en éléments totaux, la silice, le fer, le manganèse, le nickel, le chrome et le phosphore ont été analysés pour chacun des trois profils culturaux, à différentes profondeurs. Pour le nickel, le manganèse et le phosphore, il a été dosé leurs formes assimilables.

Les teneurs en silice sont plus élevées en plaine (Pomi-3) : 4,3 % en surface et 5,9 % à 40 cm de profondeur, qu'en glacis (Pomi-2) et en piedmont (Pomi-1) : autour de 1,5 % dans les profils.

Les teneurs en fer sont plus élevées en piedmont (Pomi-1) : 75 %, qu'en glacis (Pomi-2) : 70 % et qu'en plaine (Pomi-3) : 65 %.

Les teneurs en manganèse total sont plus importantes en plaine : de l'ordre de 1 % (Pomi-3), et en piedmont (Pomi-1) : 0,7 %, et bien plus faibles en glacis (Pomi-2) : 0,5 %. S'agissant des teneurs en manganèse échangeable, les valeurs les plus élevées sont observées dans les horizons de surface des profils situés en glacis : 4,6 ppm (Pomi-2) et en plaine : 3,4 à 6 ppm (Pomi-3). Ces valeurs diminuent avec la profondeur. On peut donc supposer, qu'en glacis et en plaine, le manganèse est sous une forme disponible pour les plantes.

Les teneurs en nickel total sont plus élevées en plaine (Pomi-3) : 1,27 %, avec une augmentation avec la profondeur : 1,6 % à 40 cm. En piedmont (Pomi-1), les teneurs en nickel sont un peu plus faibles : 1,07 % à 10 cm et 1,3 % à 60 cm de profondeur, et encore plus faibles en glacis (Pomi-2) : 0,9 % à 20 cm et de 0,7 % à 60 cm de profondeur. S'agissant des teneurs en nickel assimilable (extrait au DTPA), les plus fortes valeurs sont également observées en plaine 39 ppm à 10 cm et 48 ppm à 40 cm de profondeur. Pour les deux autres faciès de sols, le nickel est peu disponible pour la plante : 0,4 ppm en piedmont et 6 ppm en glacis.

Les teneurs en chrome sont élevées : 4,6 % en glacis (7 % à 80 cm de profondeur), 4 % en plaine (Pomi-3) et 2 % en piedmont (Pomi-1).

Des extractions sont faites sur les principaux cations échangeables avec des acides faibles, pour juger ainsi du stock disponible pour la plante. Les rapports Mg/Ca sur ces trois profils de sol sont très faibles, autour de 0,15 dans le premier horizon de sol.

Les teneurs en phosphore total sont très importantes dans les horizons de surface, de l'ordre de 11 t/ha de P₂O₅ en piedmont et en glacis, et de 8 t/ha de P₂O₅ en plaine. La valeur recommandée de 7t/ha de P₂O₅ est donc ici déjà atteinte et permet donc de donner à la plante des quantités de phosphore relativement importante. Les teneurs en phosphore assimilable sont de 0,4 mg/g en plaine et en glacis, et de 0,2 mg/g en piedmont.

4 - PHASE III

**NIVEAUX (SOL ET PLANTE) DES TENEURS
EN METAUX LOURDS**

Fig.1 : Teneurs en éléments minéraux des sols de plaine et de glacis cultivés en tomates chez M. POMINA

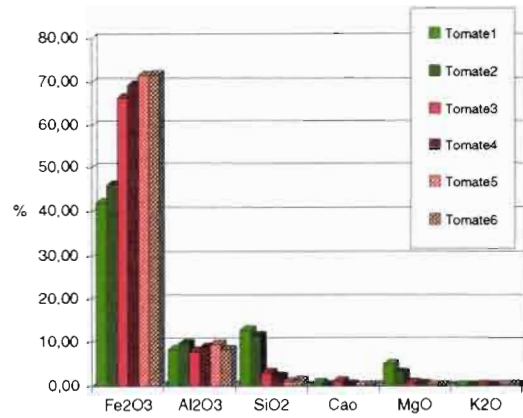


Fig.2 : Teneurs en métaux des sols de plaine et de glacis cultivés en tomates chez M. POMINA

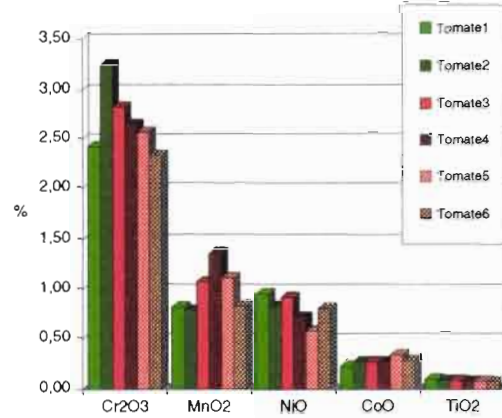


Fig.3 : Teneurs en éléments assimilables des sols de plaine et de glacis cultivés en tomates chez M. POMINA

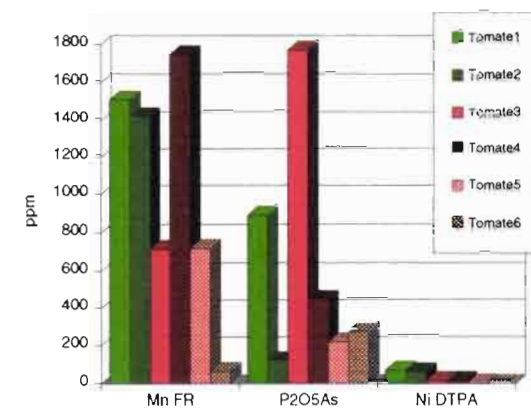


Fig.4 : Teneurs en éléments majeurs dans les feuilles de tomates cultivées en plaine et en glacis chez M. POMINA

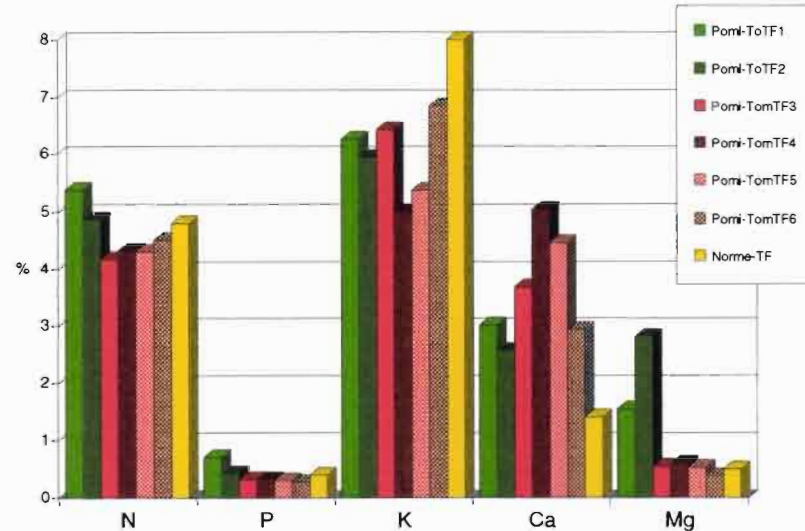
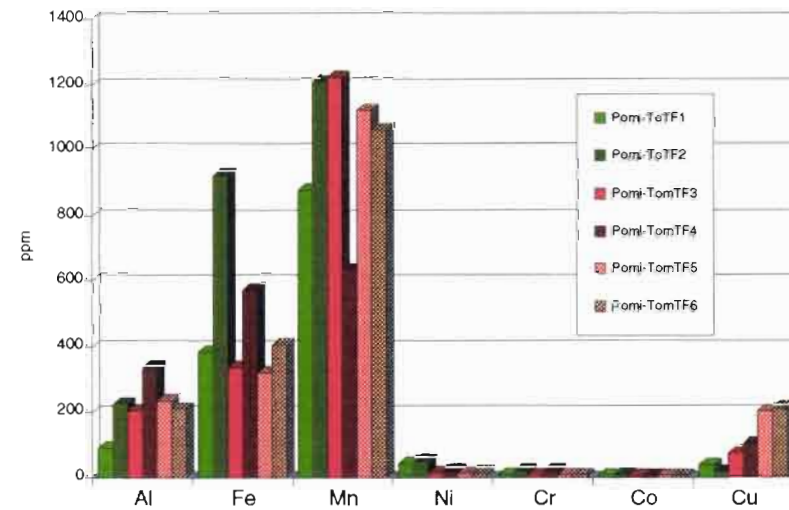


Fig.5 : Teneurs en métaux dans les feuilles de tomates cultivées en plaine et en glacis chez M. POMINA



Rappels des objectifs de l'enquête

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

4.1 - Résultats

4.1.1-Parcelles de tomates cultivées en plaine et sur glacis

Les 6 parcelles étudiées se situent autour des bâtiments d'exploitation. Deux d'entre elles sont localisées en bordure de la rivière La Lembi en zone de plaine alluviale, les quatre autres se situent sur un modelé intermédiaire en zone de glacis.

4.1.1.1 - Niveaux des éléments minéraux dans les sols (cf. fig.1, 2 et 3 ci-contre)

Les prélèvements de sols ont été effectués aux pieds des plants de tomates sur une profondeur de 20 centimètres. Des analyses d'éléments totaux et d'éléments assimilables ont été effectuées sur chacun de ces prélèvements. Les résultats de ces déterminations figurent sur les diagrammes 1, 2 et 3 ci-contre, pour lesquels la couleur verte a été utilisée pour les données relatives à la plaine et la couleur rouge pour celles du glacis.

L'analyse des éléments minéraux totaux révèlent des teneurs en fer plus élevées dans les sols de glacis, teneurs proches de 70 % (cf. fig.1 : tomate 3, tomate 4, tomate 5 et tomate 6), alors qu'elles ne sont que de 40 % pour les sols de plaine (cf. fig.1 : tomate 1 et tomate 2).

Les sols de plaine sont plus riches en silice, valeurs proches de 10 % (tomate 1 et tomate 2), alors qu'en zone de glacis, ces teneurs ne dépassent pas 4 % (tomates 3, tomate 4, tomate 5 et tomate 6). La même observation peut être faite pour les teneurs en magnésium qui sont plus élevées dans les sols de plaine (valeurs proches de 5 %) que dans les sols de glacis (valeurs inférieures à 1%) (cf. fig.1 : tomate 1 et tomate 2).

Les teneurs en métaux de ces deux faciès de sols (cf. fig.2) sont comparables et très importantes pour ce qui est du chrome total (2,5%), du manganèse total (1%) et du nickel total (0,9%).

Les éléments assimilables (cf. fig.3) sont, par contre, très variables entre la plaine et le glacis pour le manganèse et le phosphore alors que les différences sont bien marquées pour le nickel assimilable (extrait au DTPA). En effet, les sols (tomate 1 et tomate 2) de plaine ont des teneurs en nickel assimilable de 70 et 60 ppm, alors que ceux de glacis ont des valeurs toujours inférieures à 15 ppm (tomate 3, tomate 4, tomate 5 et tomate 6). Le nickel semblerait donc, plus disponible en plaine. Les teneurs en manganèse facilement réductible sont élevées en plaine (1400 ppm) et très variables en glacis (de 100 à 1800 ppm). Les teneurs en phosphore assimilable nous renseignent sur l'intensité d'exploitation de ces sols, on remarque ainsi, que le sol de plaine (tomate 1) et le sol de glacis (tomate 3), cultivés depuis plusieurs années, sont très riches en phosphore (800 et 1800 ppm).

4.1.1.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles (cf. fig.4 et fig.5 ci-contre)

Les prélèvements de feuilles ont été effectués au niveau de troisième feuilles à partir du sommet et sur 4 ou 5 plants de tomate.

Fig.6 : Teneurs en éléments minéraux des sols de plaine cultivés en bananes chez M. POMINA

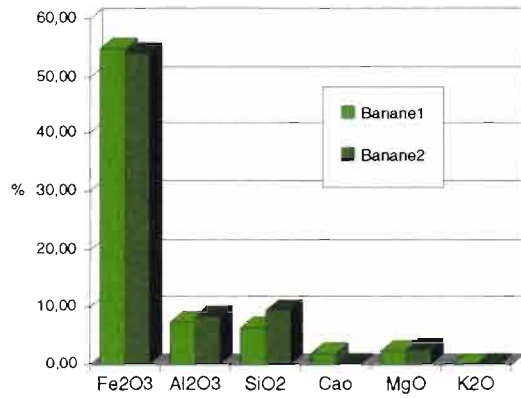


Fig.7 : Teneurs en métaux des sols de plaine cultivés en bananiers chez M. POMINA

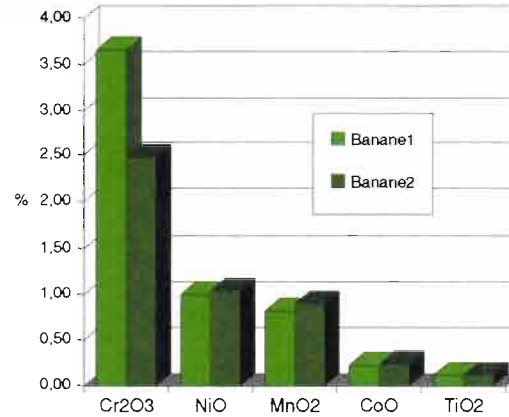


Fig.8 : Teneurs en éléments assimilables des sols de plaine cultivés en bananiers chez M. POMINA

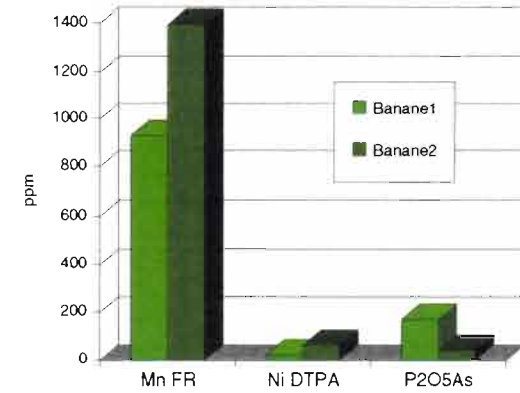


FIG.9 : Teneurs en éléments majeurs dans les feuilles et les fruits de bananiers cultivés en plaine chez M. POMINA

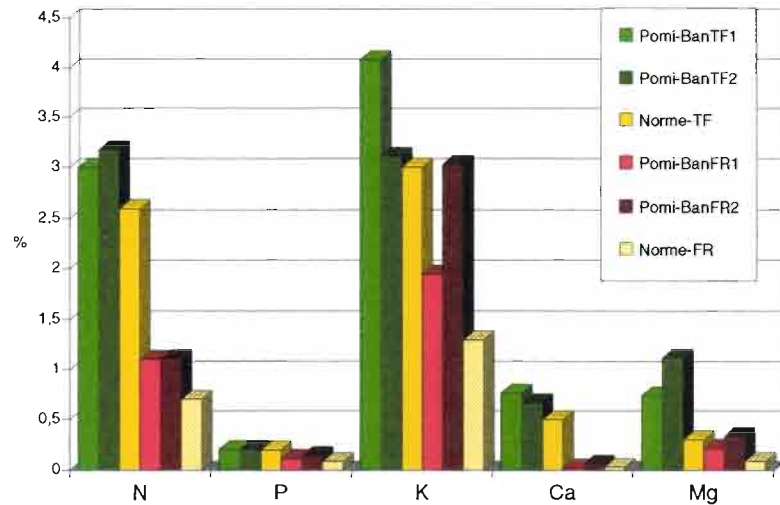
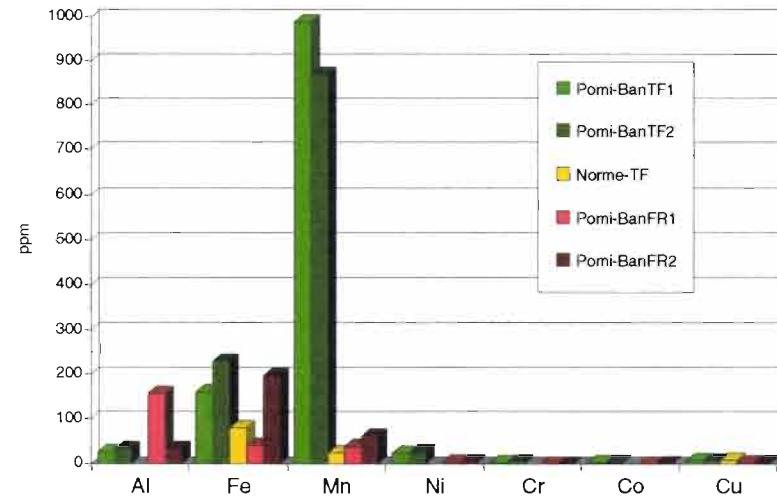


Fig.10 : Teneurs en métaux dans les feuilles et les fruits de bananiers cultivés en plaine chez M. POMINA



Les couleurs vertes et rouges ont été utilisées pour différencier les sols de plaine et de glacis, la couleur jaune pour donner les normes en éléments majeurs (lorsqu'elles existent).

Les teneurs en azote et en phosphore sont semblables en plaine et en glacis et très proches de la norme (azote : 4,5 % et phosphore : 0,5 %). Par contre, en plaine comme en glacis, les teneurs en potassium sont plus faibles que la norme (valeurs oscillant autour de 6 % de potassium alors que la norme est de 8%). A l'inverse, pour le calcium et le magnésium, les teneurs observées sont généralement plus élevées que les normes données : les teneurs en calcium oscillant autour de 3% en plaine et de 5% en glacis pour une valeur normale de 1,3 % et les teneurs en magnésium entre 1 et 3 % en plaine et de l'ordre de 0,5 % en glacis pour une norme de 0,5 %. Si les teneurs élevées en calcium dans les feuilles, s'expliquent par les chaulages pratiqués (2 t/ha de CaO l'année dernière), les teneurs élevées en magnésium observées sur les tomates de plaine sont liées aux niveaux élevés du magnésium échangeable dans leurs sols.

S'agissant des métaux lourds (cf. fig.5), l'aluminium est absorbé en égale quantité en plaine et en glacis (autour de 200 ppm) de même que le fer (400 ppm avec un maximum en plaine à 900 ppm). Par contre, les teneurs en nickel sont très élevées : 45 ppm de Ni en plaine et 15 ppm de Ni en glacis. Selon L'Huillier L. (1994) le seuil de toxicité au nickel est de 15 ppm pour le maïs, Salim et al. (1988) observent une toxicité chez l'aubergine pour des teneurs supérieures à 27 ppm de nickel. On peut donc se demander si les teneurs très élevées en nickel obtenues dans les feuilles de tomate en plaine sont toxiques. De la même façon, les teneurs élevées en manganèse observées, en plaine comme en glacis (valeur de 1200 ppm), pourraient être toxiques. En effet, Le Bot et al (1990) constatent un début de toxicité dès 916 ppm de manganèse dans les parties aériennes de feuilles de tomates. Comme aucun symptôme de toxicité n'a pu être observé sur la végétation, on a probablement une toxicité latente qui pourraient entraîner seulement des baisses de rendements ou des ralentissements de croissance.

4.1.2-Parcelle de bananiers cultivée en plaine

Cette parcelle se situe en bordure de la rivière La Lembi. Deux prélèvements de sols, distants d'une vingtaine de mètres, ont été effectués sur sa partie haute (banane 1) et sur sa partie basse (banane 2).

4.1.2.1 - Niveaux des éléments minéraux dans le sol (cf. fig.6, fig.7 et fig.8, ci-contre)

S'agissant des teneurs en éléments totaux, on observe :

- des teneurs en fer de 50 % ;
- des teneurs en silice de 9 % ;
- des teneurs en calcium de 1,95 % pour le sol banane 1 et de 0,13 % pour banane 2 ;
- des teneurs en magnésium de 2,5%, caractérisant cette parcelle comme hypermagnésienne;
- des teneurs en chrome de 3,65 % pour le sol banane 1 et de 2,47 % pour banane 2.

Pour ce qui est des teneurs en éléments assimilables, elles sont plus élevées en bas de la parcelle, notamment celles en manganèse facilement réductible (1400 ppm en bas et 900 ppm en haut de la parcelle) et en nickel disponible (62 ppm pour le bas et 22 ppm pour le haut). Ces différences entre partie supérieure et partie inférieure de la parcelle doivent être liées à l'hydromorphie temporaire plus importante en bordure de rivière.

Fig.11 : Teneurs en éléments minéraux des sols de glacis cultivés en plantes maraichères chez M. POMINA

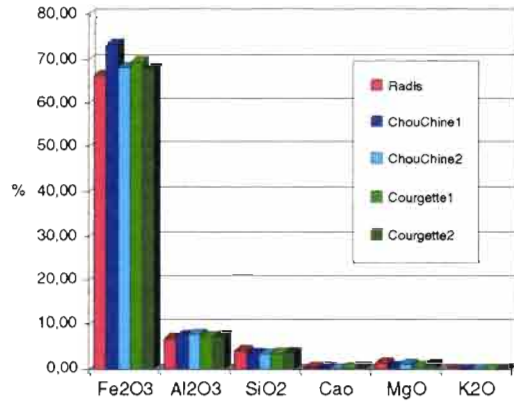


Fig.12 : Teneurs en métaux des sols de glacis cultivés en plantes maraichères chez M. POMINA

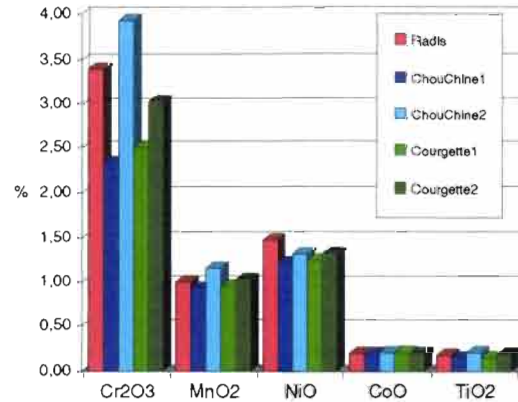


Fig.13 : Teneurs en éléments assimilables des sols de glacis cultivés en plantes maraichères chez M. POMINA

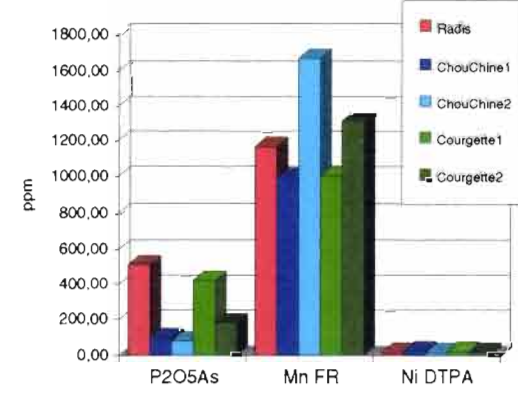


Fig.14 : Teneurs en éléments majeurs dans les feuilles et les fruits de plantes maraichères cultivées en glacis chez M. POMINA

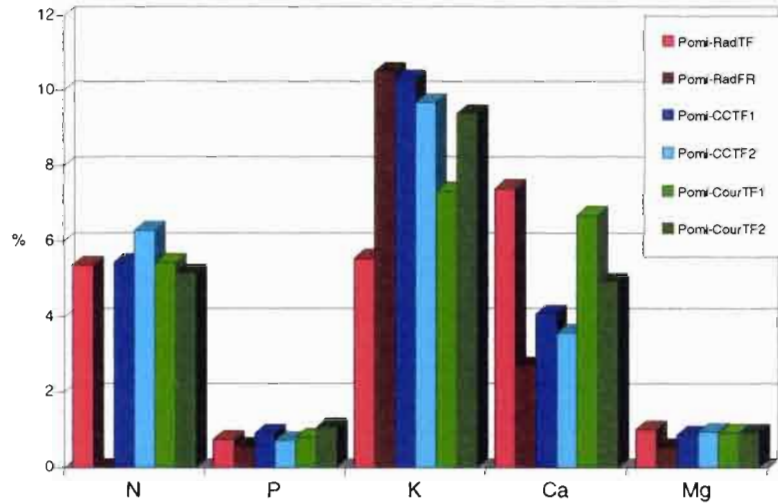
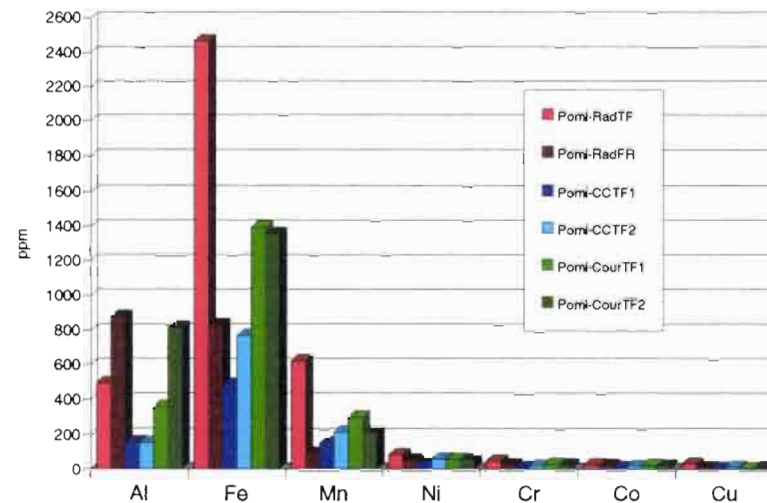


Fig.15 : Teneurs en métaux dans les feuilles et les fruits de plantes maraichères cultivées en glacis chez M. POMINA



4.1.2.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles et les fruits (cf. fig.9 et fig.10, page précédente)

Aussi bien dans les feuilles et dans les fruits, les teneurs en éléments majeurs : azote, phosphore, potassium calcium et magnésium, sont toujours supérieures aux normes trouvées. Si l'on peut donc penser, que les besoins en nutriments du bananier sont largement couverts par les apports d'engrais N-P-K tous les mois et d'amendement calcaire (2 t/ha) en 1993, et que les teneurs élevées en magnésium dans les feuilles et dans les fruits s'expliquent par les très fortes teneurs dans le sol, une autre hypothèse pourrait expliquer cette situation : un arrêt de développement lié aux métaux lourds, qui aurait entraîné une dilution des autres éléments dans la plante.

S'agissant des teneurs en métaux lourds, seules celles en fer et en manganèse apparaissent à des niveaux très élevés dans les feuilles. Les teneurs en fer varient ainsi, entre 150 et 250 ppm, pour une valeur normale de 80 ppm. Celles en manganèse autour de 1000 ppm pour une valeur normale de 25 ppm. Les teneurs en nickel sont également élevées : 24 ppm et 27 ppm de nickel dans les feuilles de banane 1 et banane 2.

4.1.3-Plantes maraîchères cultivées en zone de glacis intermédiaire

Les plantes maraîchères suivantes : radis, chou de chine et courgette, sont cultivées sur planches sur une même parcelle (d'environ 1 hectare). Cette parcelle se situe en position intermédiaire entre le piedmont et la plaine, c'est à dire en zone de glacis, au-dessus d'une parcelle de tomate (située en bordure de berge) et en dessous d'un chemin d'exploitation. Cinq prélèvements de sols et de végétaux ont été effectués, de haut en bas. Les planches de radis se trouvent en position haute, celles de chou de chine en position médiane et celles de courgettes dans le bas.

4.1.3.1 - Niveaux des éléments minéraux dans les sols (cf. fig.11, fig.12 et fig.13 ci-contre)

On constate des teneurs élevées en fer (proches de 70 %), des teneurs assez faibles en calcium (< 0,5%) et en magnésium (autour de 1%). Les teneurs en chrome varient énormément sur cette parcelle (de 2,5 % à 4 % de Cr₂O₃) et celles en manganèse sont très proches les unes des autres (autour de 1 % MnO₂), comme celles en nickel (autour de 1,4 % de NiO).

Les teneurs en phosphore assimilable sont plus élevées sur les planches de radis (500 ppm), et de courgettes (400 ppm) et beaucoup plus faibles sur les planches de chou de chine (100 ppm). Le manganèse facilement réductible tourne autour de 1200 ppm et le nickel assimilable à un niveau très faible autour de 20 ppm.

4.1.3.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles (cf. fig.14 et fig.15, ci-contre)

Les teneurs en éléments majeurs dans les feuilles de radis, de courgette et de chou de chine sont semblables. Par contre, les teneurs en fer sont très importantes :

- 700 ppm dans les chou de chine ;
- 2400 ppm dans les feuilles de radis et 800 ppm dans le radis;
- 1400 ppm dans les feuilles de courgettes.

Les teneurs en nickel sont également élevées :

- 85 ppm dans les feuilles de radis et 53 ppm dans le radis ;
- 38 et 59 ppm dans les feuilles de chou de chine ;
- 56 ppm dans les feuilles de courgettes.

Selon L'Huillier L. (1994) le seuil de toxicité au nickel est de 15 ppm pour le maïs, et selon Salim et al. (1988) une toxicité chez l'aubergine peut apparaître pour des teneurs supérieures à 27 ppm de nickel. Ces fortes teneurs en nickel, obtenues aussi bien dans les feuilles que dans les racines (de radis), sont susceptibles d'être toxiques.

Fig.16 : Teneurs en éléments minéraux des sols de plaine et de glacis cultivés en plantes vivrières chez M. POMINA

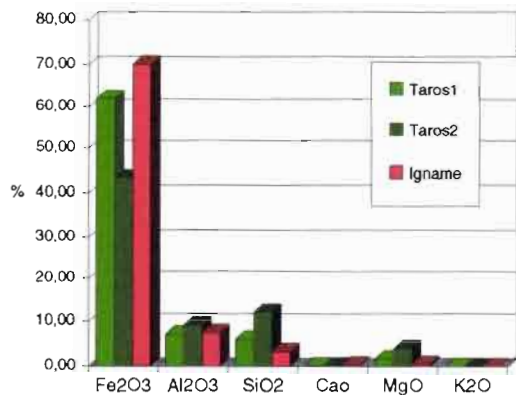


Fig.17 : Teneurs en métaux des sols de plaine et de glacis cultivés en plantes vivrières chez M. POMINA

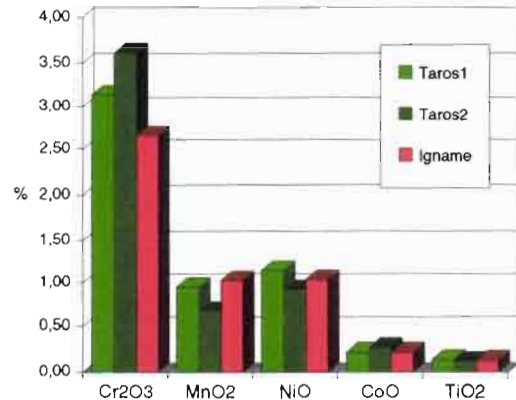


Fig.18 : Teneurs en éléments assimilables des sols de plaine et de glacis cultivés en plantes vivrières chez M. POMINA

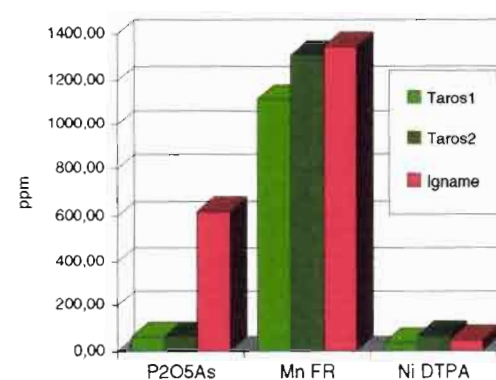


Fig.19 : Teneurs en éléments majeurs dans les feuilles de plantes vivrières cultivées en plaine et en glacis chez M. POMINA

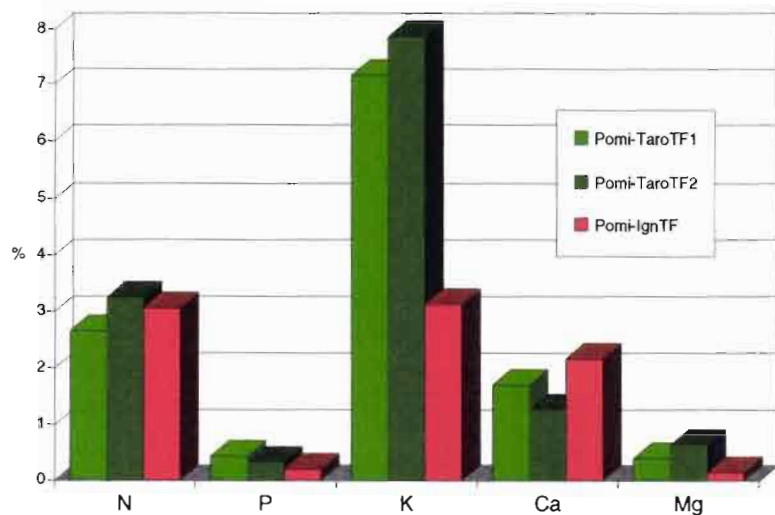
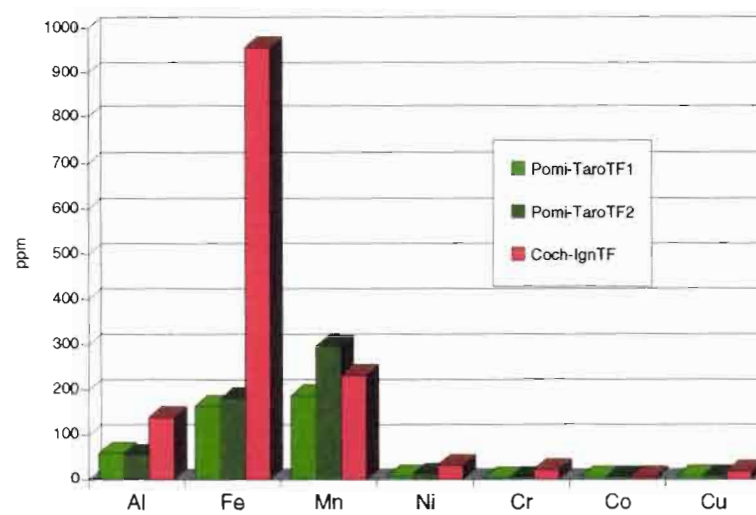


Fig.20 : Teneurs en métaux dans les feuilles de plantes vivrières cultivées en plaine et en glacis chez M. POMINA



4.1.4- Taro et igname cultivés en plaine et en glacis

La parcelle de taros se situe en bordure de rivière La Lembi, deux prélèvements de sol ont été réalisés, le sol taros1 en haut de la parcelle et le sol taros2 vers le bas. La parcelle d'igname se situe au sommet du modelé, à mi-pente, au-dessus des bandes de cultures de radis, chou de chine et courgette. Les couleurs vertes et rouges ont été utilisées pour différencier les sols et les végétaux de plaine et de glacis.

4.1.4.1 - Niveaux des éléments minéraux dans les sols (cf. fig.16, fig.17 et fig.18 ci-contre)

Les sols de glacis ont des teneurs plus élevées en fer (70 %) que ceux de plaine (40 %). Par contre, les sols de plaine ont des teneurs plus élevées en silice et en magnésium (12 % et 3%) que ceux de glacis (3 %), avec des teneurs équivalentes en calcium (0,5 %).

S'agissant des teneurs en métaux lourds, la plaine a des teneurs plus élevées en chrome (3,6%) que celles de glacis (2,6 %), avec des teneurs équivalentes en manganèse (1 %), en nickel (1 %), en cobalt (0,2 %) et en titane (0,1 %).

Des teneurs plus élevées en phosphore assimilable en glacis (600 ppm), qu'en plaine (60 ppm). Par contre, les teneurs en manganèse facilement réductible apparaissent à des niveaux aussi élevés en plaine et en glacis autour de 1200 ppm. Les teneurs en nickel sont plus élevées en plaine (34 et 64 ppm) qu'en glacis (46 ppm).

4.1.4.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les feuilles (cf. fig.19 et fig.20, ci-contre)

Les teneurs en phosphore, potassium et magnésium sont plus élevées dans les feuilles de taros que dans celles d'igname :

- 0,4 % de phosphore pour le taro et 0,2 % pour l'igname ;
- 7,5 % de potassium pour le taro et 3 % pour l'igname ;
- 0,5 % de magnésium pour le taro et 0,1 % pour l'igname .

Pour des teneurs équivalentes en azote et en calcium :

- 3 % d'azote ;
- 2 % de calcium.

S'agissant des teneurs en métaux lourds, les feuilles d'igname sont plus riches :

- en fer : 958 ppm pour l'igname et 180 ppm pour le taro ;
- en aluminium : 140 ppm pour l'igname et 60 ppm pour le taro ;
- en nickel : 32 ppm pour l'igname et 10 ppm pour le taro ;
- en chrome : 22 ppm pour l'igname et 4 ppm pour le taro.

Pour des teneurs équivalentes en manganèse dans le taro comme dans l'igname : 250 ppm.

4.2 - Interprétations : comparaisons à des normes

4.2.1 - Niveaux des éléments minéraux dans les sols

Tableaux 1 et 2 : Répartition des éléments minéraux dans les sols

	Élément en %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	NiO	Cr ₂ O ₃	Élément en ppm	Mn FR	P ₂ O ₅ As	Ni Av
Plaine	Tomate1	12,8	41,9	8,2	0,6	5	0,8	0,9	2,4	Tomate1	1511	890	70
	Tomate2	11,4	46	9,6	0,2	3	0,8	0,8	3,2	Tomate2	1422	120	61
	Banane1	6,4	54,8	7,4	1,9	2,3	0,8	1	3,6	Banane1	927	170	22
	Banane2	9,4	54,1	8,3	0,1	2,5	0,9	1	2,5	Banane2	1390	40	62
	Taro1	6,1	62	7,2	0,2	1,8	0,9	1,1	3,1	Taro1	1119	60	34
	Taro2	12,1	43,4	9,2	0,2	3,9	0,7	0,9	3,6	Taro2	1308	60	64
	Moy <i>Ecart-type</i>	9,7 2,9	50,3 7,8	8,3 0,9	0,5 0,7	2,6 3	0,8 0,07	0,95 0,1	3 0,5	Moy <i>Ecart-type</i>	1280 217	223 223	52,2 19
Glacis Inter	Radis	4,2	66,5	6,8	0,5	1,4	1	1,5	3,4	Radis	1162	510	17
	CChine1	3,6	73,4	7,6	0,3	0,6	0,9	1,2	2,3	CChine1	990	100	17
	CChine2	3,5	68,3	7,9	0,2	1,2	1,1	1,3	3,9	CChine2	1665	80	17
	Courg1	3,6	69,5	7,2	0,3	0,7	0,9	1,2	2,5	Courg1	1000	420	23
	Courg2	3,7	68	7,4	0,3	0,9	1	1,3	3	Courg2	1308	180	27
Moy <i>Ecart-type</i>	3,7 0,2	69,1 2,6	7,4 0,4	0,3 0,1	0,9 0,3	0,98 0,08	1,3 0,1	3 0,6	Moy <i>Ecart-type</i>	1225 278	258 195	20 4,6	
Glacis	Tomate3	2,9	66,4	7,8	1	0,7	1	0,9	2,8	Tomate3	716	1770	16
	Tomate4	2,2	69,3	8,7	0,2	0,4	1,4	0,7	2,6	Tomate4	1746	450	16
	Tomate5	0,8	71,6	9,5	0,08	0,1	1,1	0,6	2,6	Tomate5	721	220	3
	Tomate6	1,2	71,6	8,3	0,1	0,2	0,8	0,8	2,3	Tomate6	64	270	0
	Igname	3,4	70,1	7,6	0,4	0,6	1	1	2,6	Igname	1345	620	46
Moy <i>Ecart-type</i>	2,1 1	69,8 2	8,4 0,7	0,3 0,3	0,4 0,2	1 0,2	0,8 0,15	2,6 0,17	Moy <i>Ecart-type</i>	918 647	666 637	16 18	

La comparaison des résultats analytiques obtenus sur les sols de plaine, de glacis intermédiaire et de glacis, étudiés chez Monsieur. Pomina montre :

des teneurs plus élevées en plaine en :

- silice : 9,7 % pour 3,7 et 2,1 % en glacis ;
- calcium : 0,5 % pour 0,3 % en glacis ;
- magnésium : 2,6 % pour 0,9 % et 0,4 % en glacis ;
- nickel assimilable : 52,2 ppm pour 20 et 16 ppm en glacis ;

des teneurs plus élevées en glacis en :

- fer : 69,8 % pour 69,1 % en glacis intermédiaire et 50,3 % en plaine ;
- phosphore assimilable : 666 ppm pour 258 ppm en glacis intermédiaire et 223 ppm en plaine;

des teneurs plus élevées en glacis intermédiaire en :

- nickel : 1,3 % pour 0,95 % en plaine et 0,8 % en glacis ;

pour des teneurs équivalentes en :

- aluminium : 8 % ;
- manganèse total : 0,9 % et en manganèse facilement réductible : 1200 ppm ;
- chrome : 3 %.

4.2.2 - Niveaux des éléments minéraux dans les végétaux

4.2.2.1 Les tomates

Tableaux 3 et 4 : Répartition des éléments minéraux dans les feuilles et les fruits

Élément en %	N	P	K	Ca	Mg	Na
Tom1TF	5,4	0,7	6,2	3	1,5	0,08
Tom2TF	4,8	0,4	5,9	2,6	2,8	0,1
Tom3TF	4,2	0,3	6,4	3,7	0,5	0,1
Tom4TF	4,3	0,3	4,9	5	0,6	0,1
Tom5TF	4,3	0,3	5,3	4,4	0,5	0,1
Tom6TF	4,5	0,3	6,8	2,9	0,4	0,1
Norme TF	4,5	0,4	6-8	1,4	0,5	
Tom3FR	3,5	0,6	5,6	0,2	0,2	0,05
Tom4FR	4	0,5	7	0,4	0,3	0,06
Tom5FR	3,6	0,4	6,6	0,3	0,2	0,06
Tom6FR	3,5	0,4	5,1	0,1	0,2	0,05

Élément en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Cr
Tom1TF	384	878	44	40	10
Tom2TF	920	1209	48	20	18
Tom3TF	336	1224	15	76	9
Tom4TF	572	633	18	105	19
Tom5TF	319	1121	14	202	9
Tom6TF	406	1060	13	209	9
Norme TF					
Tom3FR	132	45	11	9	0
Tom4FR	125	62	6	18	2
Tom5FR	147	81	6	21	0
Tom6FR	172	52	5	8	0

La composition en éléments majeurs des feuilles de tomates, ne révèle pas de grandes différences per rapport à la norme sauf pour le calcium et le magnésium dont les teneurs en plaine sont plus élevées que la norme : en calcium, les valeurs varient entre 2,6 et 5 % alors que la norme est de 1,4 %, en magnésium, elles sont de 1,5 et 2,8 % en plaine pour une norme de 0,5 %.

S'agissant des métaux lourds, le fer le manganèse et le nickel sont bien absorbés par les tomates, avec des valeurs plus élevées dans les feuilles que dans les fruits. Les teneurs en manganèse dans les feuilles varient énormément (de 600 à 1200 ppm) et sont susceptibles d'être toxiques pour le végétal. En effet, Le Bot et al (1990) constatent un début de toxicité dès 916 ppm de manganèse dans les parties aériennes de feuilles de tomates. Les teneurs en nickel sont également très élevées. Comme Salim et al. (1988) ont observé une toxicité chez l'aubergine pour des teneurs de 27 ppm de nickel dans les feuilles, et L'Huillier (1994) chez le maïs pour une teneur de 15 ppm dans les feuilles, on peut supposer que les teneurs de 44 et 48 ppm de nickel en plaine (tom1 et tom2) et de 13 à 18 ppm en glacis (tom6 et tom4), doivent commencer à induire des problèmes de toxicité.

4.2.2.2 Les bananiers

Tableaux 5 et 6 : Répartition des éléments minéraux dans les feuilles et les fruits

Élément en %	N	P	K	Ca	Mg	Na
Ban1 TF	3	0,2	4,1	0,7	0,7	0,01
Ban2 TF	3,2	0,2	3,1	0,6	1,1	0,01
Norme TF	2,6	0,2	3	0,5	0,3	
Ban1 F	1,1	0,1	1,9	0,02	0,2	0,01
Ban2 F	1,1	0,1	3	0,06	0,3	0,01
Norme FR	0,7	0,09	1,3	0,03	0,09	

Élément en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Cr
Ban1 TF	160	988	24	8	3
Ban2 TF	230	870	27	7	5
Norme TF	80	25		9	
Ban1 F	42	39	4	3	0
Ban2 F	197	62	5	3	0
Norme FR					

Les feuilles et les fruits de bananiers ont des teneurs en éléments majeurs très proches des valeurs normales, sauf l'azote et le magnésium, dont les teneurs sont très élevées :

- 3 % d'azote dans les feuilles alors que la norme est de 2,6 % et, 1,1 % dans les fruits alors que la norme est de 0,7 % ;

- 1,1 % de magnésium dans les feuilles alors que la norme est de 0,3 % et, 0,3 % dans les fruits alors que la norme est de 0,09 % .

Pour ce qui est des métaux lourds, le fer, le manganèse et le nickel sont absorbés en grande quantité dans les feuilles (200 ppm de fer, 900 ppm de manganèse et 26 ppm de nickel) par rapport à la norme (80 ppm pour le fer et 25 ppm pour le manganèse), le cuivre et le chrome a des teneurs relativement faibles.

4.2.2.3 Les plantes maraîchères : radis, chou de chine et courgette

Tableaux 7 et 8 : Répartition des éléments minéraux dans les feuilles et les fruits

Élément en %	N	P	K	Ca	Mg	Na	Élément en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Cr
Radis	5,4	0,8	5,5	7,4	1		Radis	2470	622	85	32	48
RadisF	0	0,6	10,5	2,7	0,5		RadisF	833	91	53	12	25
CChine1	5,4	0,9	10,3	4,1	0,9		CChine1	489	151	38	9	12
CChine2	6,3	0,7	9,6	3,6	0,9		CChine2	770	216	59	13	19
Courg1	5,4	0,8	7,3	6,7	0,9		Courg1	1394	300	57	6	28
Courg2	5,1	1,1	9,3	4,9	0,9		Courg2	1357	211	54	10	27

Les feuilles de radis, chou de chine et courgette ont des teneurs équivalentes en éléments majeurs. Pour ce qui est des métaux lourds, le fer et le nickel sont absorbés en grande quantité dans les feuilles : 2470 ppm de fer et 85 ppm de nickel dans les feuilles de radis, le cuivre et le chrome a des teneurs relativement faibles (comparées à la tomate).

4.2.2.4- Le taro et l'igname

Tableaux 9 et 10 : Répartition des éléments minéraux dans les feuilles

Élément en %	N	P	K	Ca	Mg	Na	Élément en ppm	Fe	Mn	Ni	Cu	Cr
Taro1TF	2,6	0,4	7,1	1,7	0,4		Taro1TF	165	188	8	8	3
Taro2TF	3,2	0,3	7,8	1,2	0,6		Taro2TF	182	296	12	8	4
IgnTF	3	0,2	3,1	2,2	0,1		IgnTF	958	233	32	18	22

Les teneurs en éléments majeurs sont plus élevées dans les feuilles de taros que dans celles de l'igname. Par contre, pour les métaux lourds, c'est l'inverse qui se produit, les teneurs sont plus élevées dans les feuilles d'igname que dans celles de taros :

- 958 ppm de fer dans l'igname et 160 ppm pour le taro ;
- 233 ppm de manganèse dans l'igname et 200 ppm pour le taro ;
- 32 ppm de nickel et 10 ppm pour le taro ;
- 18 ppm en cuivre et 8 ppm pour le taro ;
- 22 ppm en chrome et 3 ppm pour le taro.

5 - ANNEXES

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

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. Pomina.

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

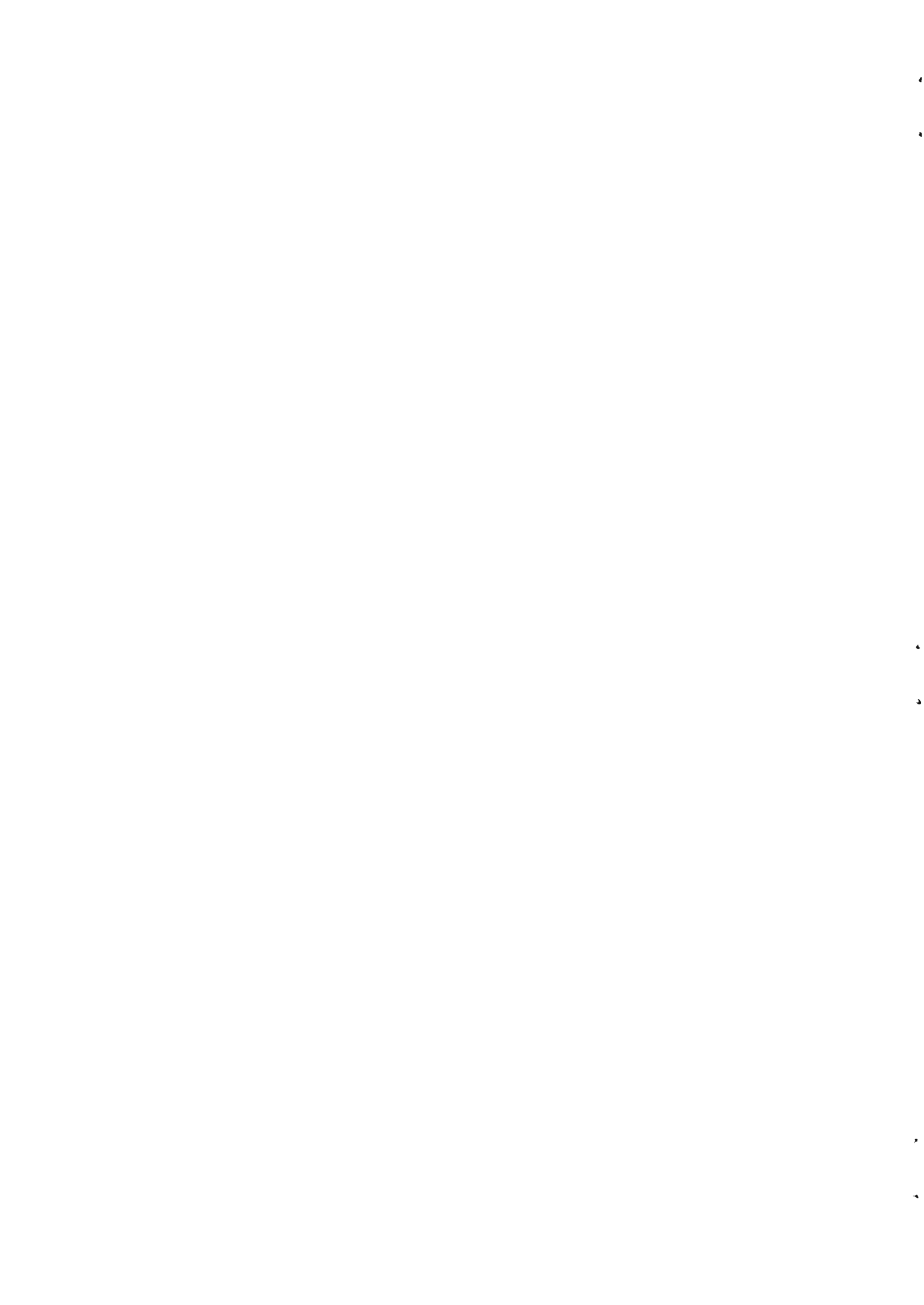
Espèces variétés	Organe prélevé	Date	N° Par	Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm
Radis TF				34,76	-	5,378	0,759	5,556	7,416	1,021	0,416	494	2470	622	85	48	25	32
Radis Fr				29,74	-	-	0,580	10,51	2,692	0,550	0,389	878	833	91	53	25	22	12
Chou Chine 1 TF				35,26	-	5,441	0,932	10,32	4,081	0,892	0,525	157	489	151	38	12	12	9
Chou Chine 2 TF				31,38	-	6,307	0,732	9,663	3,571	0,956	0,392	154	770	216	59	19	18	13
Courgette TF 1				34,31	0,06	5,446	0,822	7,343	6,707	0,935	0,053	359	1394	300	57	28	22	6
Courgette TF 2				35,28	0,17	5,163	1,082	9,367	4,927	0,923	0,049	816	1357	211	54	27	20	10
Igname TF				12,62	0,01	3,074	0,208	3,135	2,173	0,150	0,140	140	958	233	32	22	5	18
Taro 1 TF				20,36	-	2,666	0,437	7,169	1,705	0,399	0,214	60	165	188	8	3	5	8
Taro 2 TF				22,25	-	3,254	0,327	7,868	1,275	0,639	0,195	55	182	296	12	4	6	8
Banane 1 TF				13,45	1,85	3,001	0,204	4,082	0,766	0,738	0,011	27	160	988	24	3	3	8
Banane 1 Fr				24,93	-	1,104	0,117	1,948	0,025	0,219	0,010	157	42	39	4	-	-	3
Banane 1 Peau				22,09	0,74	1,597	0,240	7,532	0,206	0,305	0,044	102	142	174	9	-	4	2
Banane 2 TF				3,65	3,65	3,173	0,205	3,110	0,667	1,118	0,013	35	230	870	27	5	3	7
Banane 2 Fr				11,45	0,18	1,111	0,145	3,027	0,059	0,330	0,013	35	197	62	5	-	1	3

**Tableau 2: Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de végétaux cultivés sur l'exploitation de M. Pomina Bruno.
Résultats exprimés en % de matière sèche et en ppm de matière sèche.**

Espèces variétés	Organe prélevé	Date	N° Par	Cend %	SiO2 %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Al ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ni ppm	Cr ppm	Co ppm	Cu ppm
Tomate 1 TF				24,46	0,04	5,370	0,708	6,263	3,011	1,547	0,084	92	384	878	44	10	7	40
Tomate 2 TF				24,67	0,08	4,872	0,432	5,934	2,570	2,817	0,147	224	920	1209	48	18	10	20
Tomate 3 TF				25,16	0,01	4,176	0,329	6,430	3,679	0,552	0,104	204	336	1224	15	9	6	76
Tomate 3 Fr				23,33	-	3,476	0,575	5,675	0,263	0,242	0,047	392	132	45	11	-	4	9
Tomate 4 TF				26,52	-	4,324	0,325	4,987	5,037	0,609	0,108	333	572	633	18	19	7	105
Tomate 4 Fr				21,91	-	4,040	0,501	7,000	0,370	0,324	0,059	509	125	62	6	2	4	18
Tomate 5 TF				25,95	0,02	4,309	0,304	5,362	4,465	0,530	0,165	234	319	1121	14	9	7	202
Tomate 5 Fr				30,17	-	3,645	0,419	6,579	0,259	0,251	0,061	642	147	81	6	-	4	21
Tomate 6 TF				23,0	0,01	4,508	0,283	6,866	2,935	0,379	0,114	209	406	1060	13	9	7	209
Tomate 6 Fr				30,27	-	3,560	0,394	5,171	0,140	0,222	48	127	172	52	5	-	3	8

Tableau 3 : Teneurs en éléments minéraux et en métaux lourds de sols cultivés sur l'exploitation de M. Pomina Bruno.

Espèces Variété	pH eau	pH KCl	CT mg/g	NT mg/g	MO %	CEC meq %	Mn ECH ppm	Mn FR mg/g	P2O5 T mg/g	P2O5 As mg/g	SiO2 %	Fe2O3 %	Al2O3 %	MnO2 %	TiO2 %	NiO %	Cr2O3 %	CoO %	CaO %	MgO %	K2O %	Na2O %	CuO %	ZnO %	Niav ppm
Radis	7,2	7,0	10,28	0,91	1,77	5,69	4	1,16	3,81	0,51	4,19	66,49	6,82	1,00	0,18	1,48	3,40	0,20	0,49	1,45	0,02	0,00	0,05	0,05	17
Chou Chine1	6,6	6,5	15,46	1,07	2,67	5,78	7	0,99	2,63	0,10	3,58	73,44	7,57	0,93	0,15	1,22	2,33	0,20	0,30	0,65	0,02	0,00	0,01	0,05	27
Chou Chine2	6,7	6,8	7,87	0,55	1,36	2,44	3	1,66	1,04	0,08	3,49	68,33	7,87	1,16	0,21	1,32	3,93	0,21	0,16	1,20	0,02	0,00	0,01	0,06	17
Courget 1	6,8	6,8	14,72	1,03	2,54	7,31	7	1	2,9	0,42	3,59	69,49	7,23	0,95	0,15	1,25	2,50	0,21	0,33	0,70	0,02	0,00	0,01	0,05	23
Courget 2	7,0	7,0	10,26	0,80	1,77	4,16	3	1,3	2,13	0,18	3,74	68,06	7,37	1,03	0,19	1,33	3,03	0,20	0,31	0,92	0,01	0,00	0,01	0,07	17
Igname	6,6	6,4	18,11	1,21	3,12	9,17	18	1,3	4,11	0,62	3,38	70,14	7,59	1,03	0,13	1,04	2,66	0,22	0,43	0,59	0,01	0,00	0,01	0,05	46
Taro 1	6,8	6,6	10,34	0,73	1,78	5,63	7	1,1	1,06	0,06	6,14	62,03	7,22	0,95	0,14	1,15	3,14	0,22	0,18	1,85	0,02	0,01	0,01	0,05	34
Taro 2	6,7	6,3	10,38	0,81	1,79	10,88	12	1,3	0,88	0,06	12,13	43,38	9,17	0,67	0,12	0,92	3,61	0,27	0,19	3,96	0,03	0,01	0,01	0,06	64
Banane 1	7,6	7,4	13,43	0,92	2,32	10,36	6	0,9	1,38	0,17	6,38	54,88	7,36	0,82	0,12	1,00	3,65	0,23	1,95	2,34	0,02	0,01	0,01	0,07	22
Banane 2	7,0	6,6	13,01	0,86	2,24	3,87	12	1,4	0,61	0,04	9,4	54,12	8,32	0,90	0,12	1,04	2,47	0,24	0,13	2,56	0,06	0,01	0,01	0,05	62
Tomate 1	7,0	6,7	12,74	1,25	2,2	11,92	15	1,5	2,85	0,89	12,78	41,9	8,25	0,82	0,10	0,96	2,42	0,23	0,62	4,98	0,07	0,01	0,01	0,07	70
Tomate 2	6,8	6,5	10,23	0,79	1,79	9,97	12	1,4	0,85	0,12	11,40	46,00	9,60	0,79	0,09	0,83	3,24	0,27	0,20	3,01	0,05	0,01	0,01	0,15	61
Tomate 3	7,3	7,2	12,51	1,38	2,16	13,5	4	0,7	5,5	1,77	2,93	66,43	7,84	1,08	0,09	0,92	2,83	0,27	1,06	0,69	0,12	0,01	0,01	0,06	16
Tomate 4	6,4	6,4	12,87	1,19	2,22	14,94	10	1,7	3,38	0,45	2,17	69,33	8,71	1,36	0,08	0,72	2,65	0,27	0,24	0,40	0,09	0,00	0,01	0,06	16
Tomate 5	5,8	5,8	9,92	1,09	1,71	6,24	18	0,7	1,87	0,22	0,88	71,56	9,50	1,12	0,08	0,58	2,57	0,34	0,08	0,15	0,16	0,00	0,01	0,15	3
Tomate 6	6,0	6,0	11,19	1,47	1,93	1,7	7	0,06	2,33	0,27	1,20	71,66	8,29	0,83	0,07	0,81	2,33	0,28	0,15	0,21	0,25	0,02	0,01	0,12	0



5.2 - ANNEXE N°2

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

Données extraites de :
De Geus et Jan G (1973) ;
Lundegardh H. (1956) ;
Mémento de l'agronome (1991).

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

Plante cultivée	Organe analysé lors du prélèvement	Remarques concernant les éléments minéraux : Carences et toxicités	NORMES (en % de MS et en ppm*)													
			Stade St	N	P	K	Ca	Mg	S	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*		
Blé tendre Orge	<p>- plante entière à différents stades : - début à mi-tallage : <i>St 1</i> - épis 1 cm : <i>St 2</i> - mi-tallage à début montaison : <i>St 3</i> - 2 noeuds : <i>St 4</i> - fin gonflement : <i>St 5</i> - Floraison : <i>St 7</i></p> <p>- 2 et 3 ème feuilles sous épis - floraison : <i>St 6</i></p>	<p>Les principaux symptômes foliaires 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 des petites tâches blanches nécrotiques au milieu de la longueur de la feuille ; - P : rougissement puis nécrose des vieilles feuilles ; - S : jaunissement uniforme de la base des jeunes feuilles à partir du début de la montaison - Cu : jaunissement puis blanchiment de l'extrémité des plus jeunes feuilles à partir du stade gonflement.</p>	1	> 6,0	0,3 à 0,4	> 4,0		0,12 à 0,2			8 à 10					
			2	4,5												
			3	> 3,6			> 2,4									
			4			> 2,3		< 0,2	0,24			< 20				
			5			> 1,6										
			6	2,4 à 3,2	> 0,25	1,9 à 2,5		> 0,13	> 0,25			3 à 6			> 25	
			7													
Sorgho	- la 3 ème feuille sous l'épis. Les analyses porteront sur les limbes des feuilles : <i>St 1</i>		1	3,2 à 4,2	0,2 à 0,6	2,0 à 3,0	0,2 à 0,9	0,2 à 0,5	-	1 à 10	2 à 15	55 à 200	6 à 10	20 à 40		
Tomate	- l'organe choisi est généralement la feuille (limbe + pétiole) entre la floraison et la récolte du premier bouquet; - la 5 ème ou 6 ème feuille à partir du sommet : <i>St 1</i> .		1	4,5 à 5,1	0,4	6 à 10	1,3 à 1,5	0,5								
Concombre	- 4 ème et 5 ème feuille à partir du sommet (Limbe : L et Pétiole : P)	L/P = % MS dans le Limbe / % de MS dans le pétiole	L/P	1,76	1,16	0,36	2,5	1,99								

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

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

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

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

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

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

6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 Lembé. Caractérisation physico-chimique des sols. Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, **16** : 88 pages.
- 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 Lembé. Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, **12** : 19 pages.
- De Geus et Jan G. 1973. Fertilizer Guide for tropics and subtropics. Centre d'étude de l'azote, 774 pages.
- Edighoffer S. et Bourdon E. (1993). Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Nouvelle-Calédonie. Enquête sur le statut des nutriments et des métaux lourds chez les végétaux cultivés sur différents faciès ferritiques. 1 - Définition et mise à l'épreuve de la démarche agropédologique grâce à une première enquête réalisée chez M. Cochard. Nouméa : ORSTOM. *Conv.; Sci. Vie; Agropédol.*, **22** 87 pages.
- 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.*, **5** 112 pages.
- 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 pages.
- 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 pages.
- Le Lot J., E.A. Kirkby and M.L. Van Beusichem. Manganese toxicity in Tomato plants : effects on cation uptake and distribution, *Journal of Plant Nutrition*, 1990, Vol 13, N°5: 513-525.
- Lindsay W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
- Lundegardh H. 1956. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux. 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.
- Salim R., M. Haddad and I. El-Khatib. 1988. Effect of nickel treatment on the growth of egg-plant. *J. Environ. Sci. Health A23*: 369-379.
- Vanselow A.P. (1966) Nickel. *Diagnostic criteria for plants and soils* (eds H.D. Chapman), pp 302-309. University of California, Riverside.
- Zorn W. and Prause A., (1993) Manganese content of cereals maize and beet as indicator of soil acidity. *Z. Pflanzenernähr. BodenK.*, 156, 371-376

