



**L**aboratoire  
**A**nalyse  
**M**icrobiologique des  
**S**ols

MAREY-SUR-TILLE - 21120 IS-SUR-TILLE  
TÉL. 03 80 75 61 50 - FAX 03 80 75 60 96  
e.mail : loms21@club-internet.fr

## **RAPPORT DE LA MISSION BIOLOGIE DES SOLS A MADAGASCAR DU 13 AU 23 MARS 2001**

Par Lydia et Claude BOURGUIGNON  
L.A.M.S. S.A.R.L.  
21120 Marey-sur-Tille,

### **INTRODUCTION**

La mission s'est divisée en 2 parties : Une partie formation de terrain en biologie des sols pour les chercheurs du C.I.R.A.D. et une partie d'étude de terrain sur les essais de TAFAs mis en place par Hubert CHARPENTIER.

#### **I) Diagnostic de terrain pour estimer l'état physique, chimique et biologique d'un sol à partir d'une étude de profil suivie d'analyses de laboratoire**

##### **A) INTRODUCTION**

La mise en place des techniques de semis direct sous couvert demande de connaître d'abord l'état de dégradation du sol qui va recevoir cette méthode afin de définir l'itinéraire technique le mieux adapté. Les pays en voie de développement n'ont pas toujours les moyens de s'offrir des analyses complexes et coûteuses de sol. C'est pour pallier ce problème que l'équipe du L.A.M.S. a mis au point un diagnostic de terrain qui, en utilisant les 5 sens permet à l'agriculteur et au technicien agricole de définir l'état du sol sur lequel il veut commencer le semis direct sous couvert.

## La dégradation d'un sol se fait en 3 étapes :

### 1°) La dégradation biologique

L'agriculture conventionnelle, par le labour et l'emploi d'engrais minéraux provoque une baisse de la teneur en matière organique. Cette baisse entraîne une chute consécutive de la population de la faune qui s'en nourrit et de l'activité des microbes qui la transforme.

La disparition de la faune épigée provoque une perte de porosité du sol de surface (la faune fait constamment des galeries qui font 80 % de porosité en surface) et l'oxygène ne pouvant plus descendre dans le sol on assiste à une remontée des racines qui n'explorent alors plus le sol de profondeur.

Cette disparition de la faune, arrête les remontées biologiques d'éléments fins (argile) et nutritifs (macro et oligo-éléments) et fait entrer le sol dans sa 2<sup>ème</sup> phase de dégradation.

### 2°) La dégradation chimique des sols

Le sol soumis aux simples forces physiques perd ses éléments nutritifs par la lixiviation due à l'eau de pluie.

Les premiers éléments à se lixivier sont les éléments négatifs (anions) : Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) car ils sont les plus solubles. Le sol devient alors dépendant des engrais.

Les deuxièmes éléments à se lixivier sont les cations : Potasse ( $\text{K}^+$ ), Sodium ( $\text{Na}^+$ ), Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ). Ces éléments sont fixés dans le complexe argilo-humique qui disparaît avec la baisse de la teneur en matière organique.

Comme ces éléments sont des bases, leur lixiviation provoque une acidification des sols de surface qui va mener le sol à son dernier stade de dégradation.

### **3°) La dégradation physique des sols**

Une fois acidifiés, les sols ne peuvent plus retenir leurs argiles et celles-ci sont entraînées par le lessivage vers les rivières qui deviennent boueuses. Après le départ des argiles, ce sont les limons qui partent et des rigoles d'érosion apparaissent dans les champs.

Les sols entrent dans une phase de compaction de surface et l'eau ne pénètre plus le sol. Puis la compaction atteindra progressivement le sous-sol (rétrogradation).

Le L.A.M.S. a mis au point un diagnostic permettant de définir le stade de dégradation du sol agricole : physique, chimique ou biologique afin d'aider l'agriculteur dans sa prise de choix de l'itinéraire de semis direct à mettre en œuvre pour restaurer la fertilité du sol.

#### **1) Le diagnostic de terrain**

Le diagnostic se fait sur un profil creusé dans le sol en place. La profondeur du profil dépend de la profondeur des racines et varie de 50 cm à 4 mètres de fond selon l'enracinement.

Sur ce profil en place 3 diagnostics seront effectués : physique, chimique et biologique.

#### **A)– Le diagnostic de l'état physique du sol**

Ce diagnostic utilise 2 sens : Le toucher et la vue.

##### **1°) Diagnostic de texture**

A l'aide du test du rouleau et du bracelet effectué en modelant le sol préalablement humidifié dans la main (Hénin, 1967) on peut estimer le taux d'argile, de limon et de sable tout au long du profil. On peut ainsi mettre en évidence la disparition ou le maintien des argiles dans les horizons de surface.

Cette texture permettra de choisir les plantes de couverture adaptées aux sols argileux, limoneux ou sableux.

## 2°) Diagnostic de structure

Il se fait à l'aide de la loupe binoculaire en observant des échantillons de sol, prélevés à différentes profondeurs, sous la loupe.

En comparant le sol de surface et de profondeur l'agriculteur peut prendre conscience tout seul de l'impact du travail du sol sur la porosité du sol. Il peut aussi observer une croûte de battance et comprendre pourquoi l'eau stagne plusieurs jours sur son sol après une pluie.

Ayant déjà effectué plus de 2300 profils en présence des agriculteurs, nous sommes toujours étonnés de voir comment cette observation de leur sol à la loupe fait réagir positivement les agriculteurs. Ils découvrent que le sol travaillé est toujours moins aéré que le sol de profondeur.

## 3°) La température du sol

La mesure s'effectue avec un thermomètre métallique que l'on enfonce dans le sol. On peut ainsi :

- Mesurer la différence de température entre la surface et la profondeur.
- Mesurer la différence de température entre un sol de surface nu et un sol de surface couvert d'un mulch ou d'une végétation.

## **B) – Le diagnostic de l'état chimique du sol**

### 1) – Le pH

Il peut être mesuré en mettant le même volume de sol et d'eau de pluie dans un flacon que l'on agite pendant 3 minutes à la main. On laisse décanter et on mesure, avec un papier indicateur, le pH des différentes couches du sol. Cela permet de mettre en évidence un processus d'acidification ou d'alcalinisation d'un sol.

## 2) - La qualité de la matière organique

Elle est testée à l'aide du peroxyde mis directement sur le sol.

La qualité de la matière organique est liée à la taille des bulles.

La quantité de matière organique est liée à la durée de la réaction.

Ce test permet, avec de l'entraînement, d'estimer l'état organique d'un sol agricole.

## 3) - Diagnostic de l'aération du sol

Ce test permet de repérer les couches du sol qui présentent des manques d'aération ou qui sont en anaérobioses.

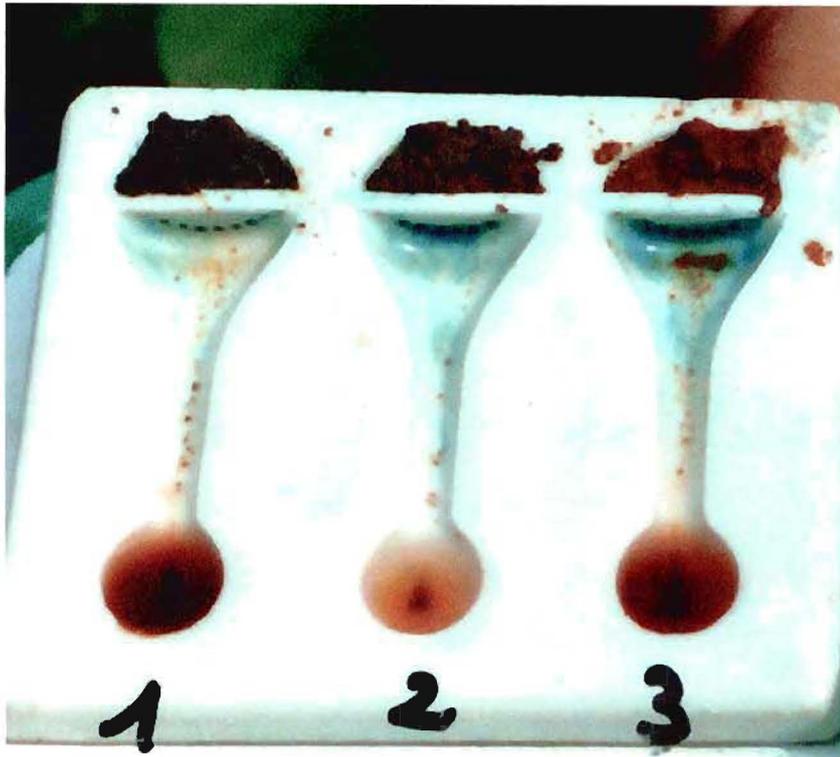
On utilise le test au ferricyanure de potassium qui permet de colorer en bleu les ions ferreux. L'apparition d'une tache bleue indique l'absence d'aération qui réduit le fer en ion ferreux. On peut alors décider selon le cas de faire un drainage ou un décompactage avant le semis direct.

Dans les pays tropicaux, où la compaction des sols dégradés est intense, ce test permet de suivre la réouverture des porosités liée au semis direct sous couvert.

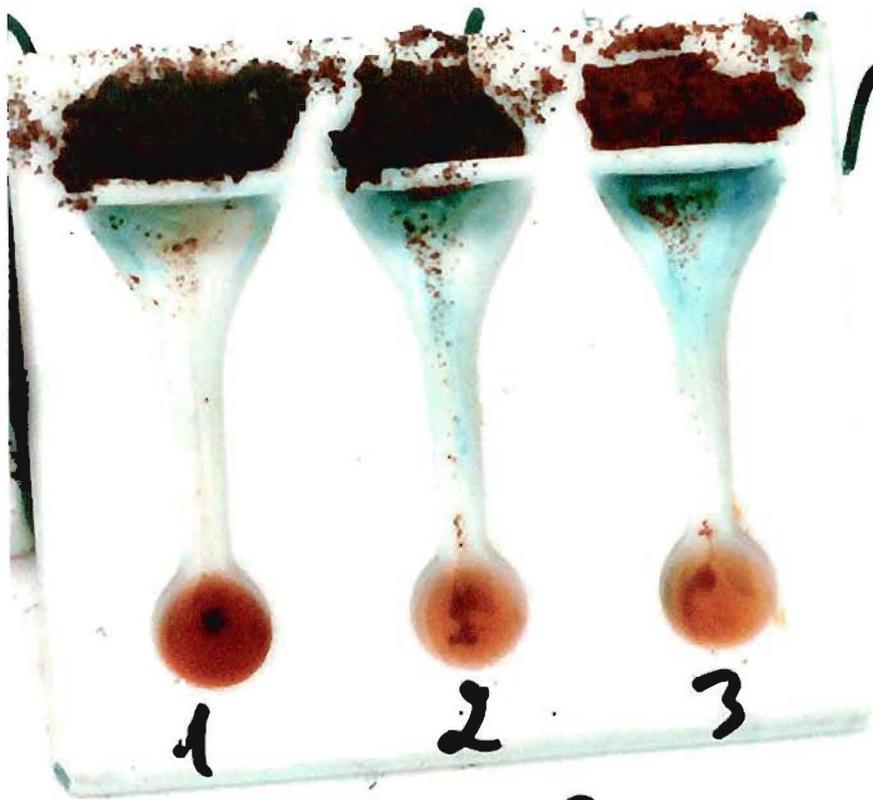
## 4) - Diagnostic de lixiviation du sol

Lorsqu'un sol a perdu sa capacité en échange cationique par disparition du complexe argilo-humique il devient sensible au lessivage des ions (lixiviation). Le fer ferrique est un ion trivalent mis en solution en surface du sol par les sidérobactéries (80 % de l'activité biologique d'un sol se trouve dans les 10 premiers centimètres), du fait de sa trivalence il est peu mobile et s'attache au complexe argilo-humique. Lorsqu'il se lixive, cela indique une dégradation du sol. On compare alors l'intensité de la couleur rouge du fer ferrique coloré au thiocyanate de potassium, selon la profondeur de l'échantillon. Normalement seul le sol de surface se colore en rouge mais si le sol se lixive la couleur rouge apparaît en profondeur.

## Test de lixiviation



**Fort lessivage**



**Faible lessivage**

## **C)– Le diagnostic de l'état biologique du sol**

### **1) – Les racines**

L'observation à la loupe binoculaire permet de noter :

#### **a) La profondeur des racines**

Cela permet de mesurer la masse de terre utilisée par hectare.

#### **b) La densité des racines**

Cela permet de voir si tout le profil est exploré.

#### **c) La forme des racines**

Des racines déformées indiquent des zones de compaction (mottes, semelle de labour).

### **2) – La faune du sol**

Un sol en bon état doit posséder 3 faunes :

#### **a) La faune épigée**

Cette faune de surface assure la perméabilité du sol. Elle s'observe à la loupe binoculaire.

#### **b) La faune endogée**

Elle assure la porosité du sol en profondeur.

#### **c) La faune anécique**

Ce sont les plus gros invertébrés du sol (vers de terre, insectes) qui vivent dans des galeries verticales. Ils assurent le brassage du sol (remontée des argiles et des éléments de profondeur) et son aération.

En plus du diagnostic absence/présence de ces 3 faunes, on fait un diagnostic numérique par comptage de la faune :

- comptage des galeries fauniques par m<sup>2</sup> (épigée, endogée),
- comptage des galeries fauniques par mètre de profil (anécique).

### 3) – Les microbes du sol

Un sol en bon état possède les 3 grands types de microbes :

- Bactéries : Mise en évidence des sidérobactéries à la surface du sol par le test du fer ferreux.
- Actinomycètes : Mise en évidence de leur présence par le test de l'odeur de la géosmine.
- Champignons : Mise en évidence de leur présence par l'observation de leur mycélium ou des rhizomorphes à l'aide de la loupe binoculaire.

## II) L'analyse de laboratoire

Les échantillons des différents horizons du sol sont prélevés lors de l'étude du profil afin d'effectuer des analyses sur les 3 plans : physique, chimique et biologique.

### A) – Analyse physique

- Granulométrie mesurée.
- Détermination des argiles par la mesure de leur surface interne.
- Photographies en microscopie couleur des porosités en vue d'un suivi dans le temps.
- Teneur en humidité du sol.

### B) – Analyse chimique

Les analyses classiques sont pratiquées par le L.A.M.S. sur l'ensemble des échantillons afin de donner non pas seulement les teneurs en éléments assimilables mais leur quantité par hectare ce qui est plus parlant pour l'agriculteur.

Une analyse fine de la C.E.C. des argiles et de la C.E.C. des humus est assurée par le L.A.M.S.

## **C) – Analyse biologique**

### **1) – La faune**

Le L.A.M.S. effectue un comptage et une détermination de la faune épigée et endogée (technique de Berlèse-Tullgren).

### **2) – Les microbes**

Le L.A.M.S. effectue une mesure de l'activité biologique de chaque échantillon prélevé afin de disposer d'une courbe d'activité biologique en fonction de la profondeur.

Cette courbe permet de mesurer et de suivre l'impact des itinéraires techniques sur l'activité biologique des sols agricoles.

## **B) Application au dispositif TAFA d'Andranomanelatra(14/03/01)**

Deux profils ont été comparés sur Maïs, l'un en labour, l'autre en semis direct (cf. photo 1).

### **1°) Analyse physique**

#### **- Humidité du sol**

L'analyse au laboratoire montre des teneurs d'humidité différentes du sol de surface 0-10 cm :

Labour : 18 %

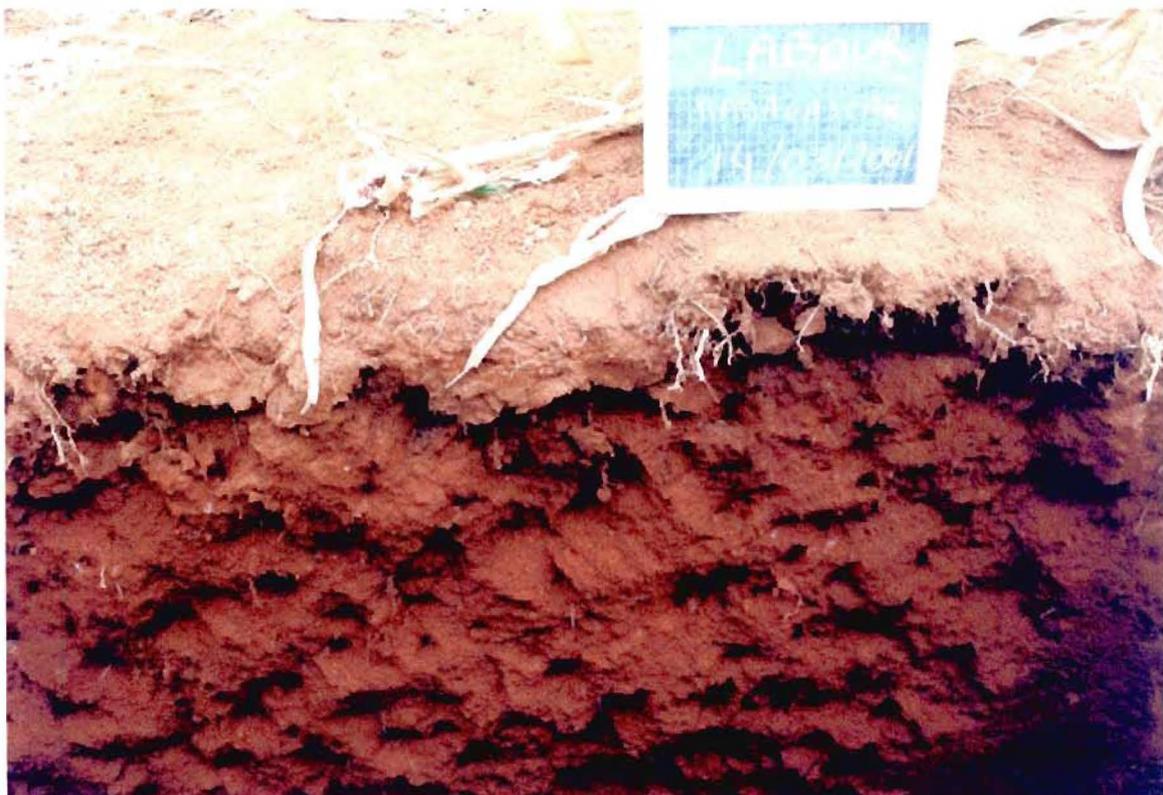
S.D. : 26 %

Une teneur en eau plus élevée à la même date garantit une meilleure résistance à la sécheresse pour la culture.

Photo 1



**Semis direct** : forte densité racinaire et racines profondes.



**Labour** : faible densité racinaire et racines peu profondes.

## - Température du sol de surface

Labour : 33°C

S.D. : 26°C

Le mulch réduit l'effet du soleil sur le réchauffement du sol et permet une minéralisation plus lente, donc plus étalée dans le temps, de la matière organique.

## - Structure du sol

La photo n°1 montre la différence structurale de la couche 0-10 cm entre semis direct (structure grumeleuse due aux racines) et labour (structure en mottes gamma).

En profondeur l'observation de la porosité biologique, à la loupe binoculaire, a montré aux participants que la faune endogée et les racines assurent une bonne porosité biologique en l'absence de toute intervention humaine.

## 2°) Analyse chimique

- Le test de la matière organique a montré une ébullition plus forte côté S.D. qu'en labour sur l'horizon 0-5 cm. En effet, le S.D. concentre la matière organique en surface en présence d'oxygène et permet son humification.
- Le test de lixiviation du sol (Fer ferrique) a montré une lixiviation plus faible en S.D. qu'en labour.
- Le test du fer ferreux en profondeur a montré un bleu moins intense en S.D. ce qui indique une meilleure circulation de l'oxygène.

## 3°) Analyse biologique

### - Les racines

La photo n°1 montre bien la différence de densité racinaire entre le labour et le semis direct.

Au niveau de la profondeur, les racines s'arrêtent à 40 cm en labour et 1 m 20 en semis direct.

Les maïs étaient trop âgés pour mesurer la différence de vitesse de descente racinaire.

Il est intéressant de constater que ces latosols provoquent une forte tortuosité racinaire malgré une absence totale de cailloux.

**- La faune du sol**

Sur ces sols, les 3 faunes, épigée, anécique et endogée étaient présentes.

Nous n'avons observé qu'une seule espèce de vers de terre sur ces profils ainsi qu'un cloporte endogé sp. (cf photo).

**- Les microbes du sol**

Les mesures d'activité biologique au laboratoire ont montré de fortes différences sur les horizons 0-10 cm :

<b>Essais de Andranomanelatra</b>	
	<b>Activité biologique</b>
Maïs Labour	157
Maïs S.D.	276
<b><u>Essai Ibity</u></b>	
Sol nu	17
Desmodium	184

**Tableau n° 1**

# Quelques microarthropodes de Madagascar



*Araignée sp*



*Cloporte sp*



*Gamase sp*



*Oribate sp*



*Pauropode sp*



*Japygidae sp*

Les résultats montrent l'importance de l'itinéraire technique sur le fonctionnement biologique d'un sol agricole-tropical. Ces différences sont plus élevées qu'en sols tempérés.

L'essai d'Ibity montre l'importance de ne pas laisser le sol nu en zone tropicale.

Cette chute par 10 de l'activité biologique est à rapprocher des résultats que nous avons obtenus sur l'activité biologique en milieu forestier du Mato Grosso Nord avec Lucien Seguy

	<b>Sol non rhizosphérique</b>	<b>Sol rhizosphérique</b>	<b>Feces de termites</b>
Activité biologique	10 ± 4	93 ± 12	278 ± 30

**Tableau n° 2**

En sol tropical l'activité biologique est limitée à des microniches qui sont des boulettes fécales de la faune et le sol rhizosphérique (moins de 2 cm de la racine).

On comprend alors pourquoi les itinéraires techniques qui laissent le sol nu ou qui laissent baisser la teneur en M.O., donc la faune entraînent rapidement une chute de l'activité biologique des sols agricoles.

## **II – Les essais TAFA-Charpentier**

### **A) Région de Mananjary**

#### **1°) Ambatofotsy 15/03/01 (cf. photo 2)**

Vigna

Comparaison Riz labour et S.D. 3 ans.

Photo 2



Tests	Labour	S.D. 3 ans
<u>Lessivage Fe<sup>+++</sup></u>	<u>Lessivage</u> 2 2 2	<u>Pas de lessivage</u> 3 2 0
<u>Aération :</u>	Faible : 2	Bonne : 0 (pas de couleur bleue)
Activité biologique	1/3	2/3
M.O. surface : H2O2	1	3
Profondeur racines	20 cm	1 mètre
Densité racines	cf. Photo	Cf. Photo
Faune épigée	Absente	Présente
Faune endogée	Absente	Présente

**Tableau n° 3**

### Profil sous Brachiaria 1 an

La photo montre une forte structuration grumeleuse de surface sur 25 cm, soit 2 cm par mois ce qui est très rapide. Le fond commence à être colonisé par les racines.

En Europe, avec l'utilisation des plantes comme l'avoine ou le seigle nous obtenons des restructurations de 3 cm par an soit 8 fois plus lentes qu'avec le Brachiaria en conditions tropicales.

Sur ce profil on observe des vers épigés en diapause. Leur retour, par rapport au labour, se fait donc en 1 année.

## 2°) Ambalapaiso (photo 3)

Nous avons comparé un profil sous Aristida avec un profil sous Riz-Vigna avec 3 ans de semis direct sans écobuage et un profil sous Brachiaria de 2 ans semé directement dans l'Aristida.

Tests	Aristida	S.D. 3 ans	Brachiaria 2 ans
M.O. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	2	1
Profondeur racines	40 cm	60 cm	60 cm
Profondeur de sol restructuré	10 cm	60 cm	30 cm
Activité biologique	25	102	59

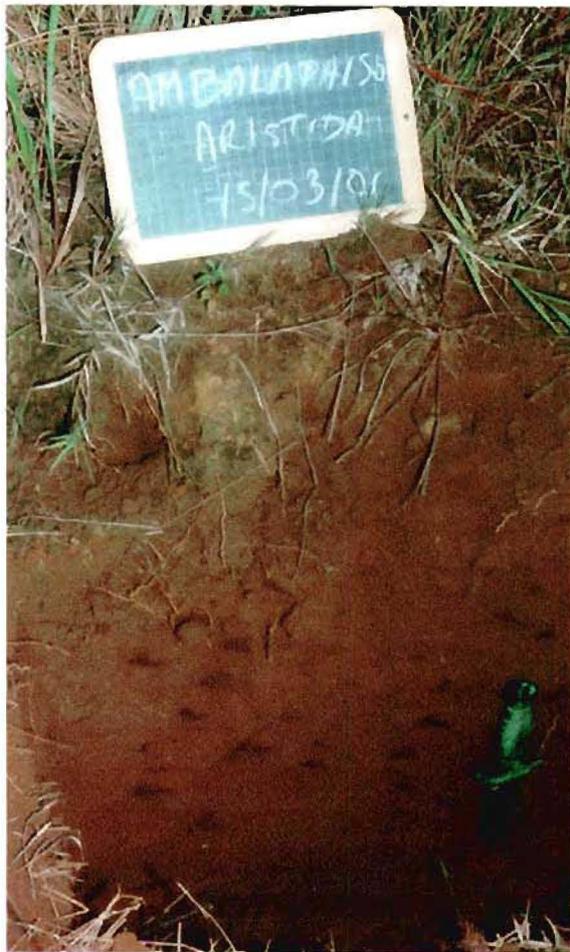
Cette comparaison montre trois choses :

1°) Le sol sous Aristida est biologiquement mort. Cette végétation naturelle secondaire n'arrive pas à relancer l'activité biologique des sols ruinés par de mauvaises pratiques agricoles.

2°) Le semis direct de Brachiaria dans l'Aristida permet de relancer à moindre coût l'activité biologique d'un sol et de le préparer pour une remise en valeur.

3°) Malgré l'absence d'écobuage on observe une multiplication par 4 de l'activité biologique du sol en 3 ans par le semis direct sous couvert.

Photo 3



### 3°) Faraony (photo 4)

Essai ouvert, en bord de route, chez un petit agriculteur, en 1999.

L'écobuage a été plus important suite aux essais précédents.

Le sol est superficiel avec une couche stérile de quartz entre 30 et 50 cm.

Comparaison entre Aristida et Riz + Vigna en semis direct depuis 2 ans.

Tests	Aristida	Riz en S.D.
M.O. : H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	1
Profondeur de la roche	50 cm	30 cm
Profondeur racines	50 cm	30 cm
Développement racinaire	Forte tortuosité	Faible tortuosité
Humidité	Sol sec jusqu'à la roche	Sol frais jusqu'à la roche
Faune	Absente	Quelques vers épigés en diapause

### 4°) Riz de fond de vallée

Sur cet essais un test d'aérobiose au Fe<sup>++</sup> a été fait sur le riz irrigué et le riz pluvial.

Le bleuissement intense du sol 0-5 cm sous riz irrigué montre des conditions anaérobiques presque strictes alors que sous riz pluvial l'anaérobiose est absente.

Photo 4



## B) Région de Manakara

### 1°) Ankepaka (photo 5)

Cet essais est installé sur des sols argileux hydromorphes avec sous-sols riches en hydroxyde. Les comparaisons ont été faites sur le sol témoin à végétation naturelle de graminées, le sol sous Brachiaria en S.D. depuis 2 ans et le sol sous Pueraria en S.D. depuis 2 ans.

Tests	Témoin	Brachiaria S.D. 2 ans	Pueraria S.D. 2 ans
<u>Hydromorphie</u>			
Surface	3+	1	2
Fond	1	0	0
M.O. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0	3	2
Profondeur racines	1 mètre	1 mètre	30 cm

La comparaison de ces 3 profils montre deux choses :

1°) Le Pueraria améliore la surface du profil mais pas la profondeur. A l'inverse la Brachiaria améliore le fond du profil.

2°) Le Brachiaria est plus efficace pour aérer un profil hydromorphe que le Pueraria.

Photo 5



## 2°) Sakoana (photo 6)

Cet essai est installé sur défriche sur sol de Basalte.

L'étude du profil sous la forêt secondaire montre :

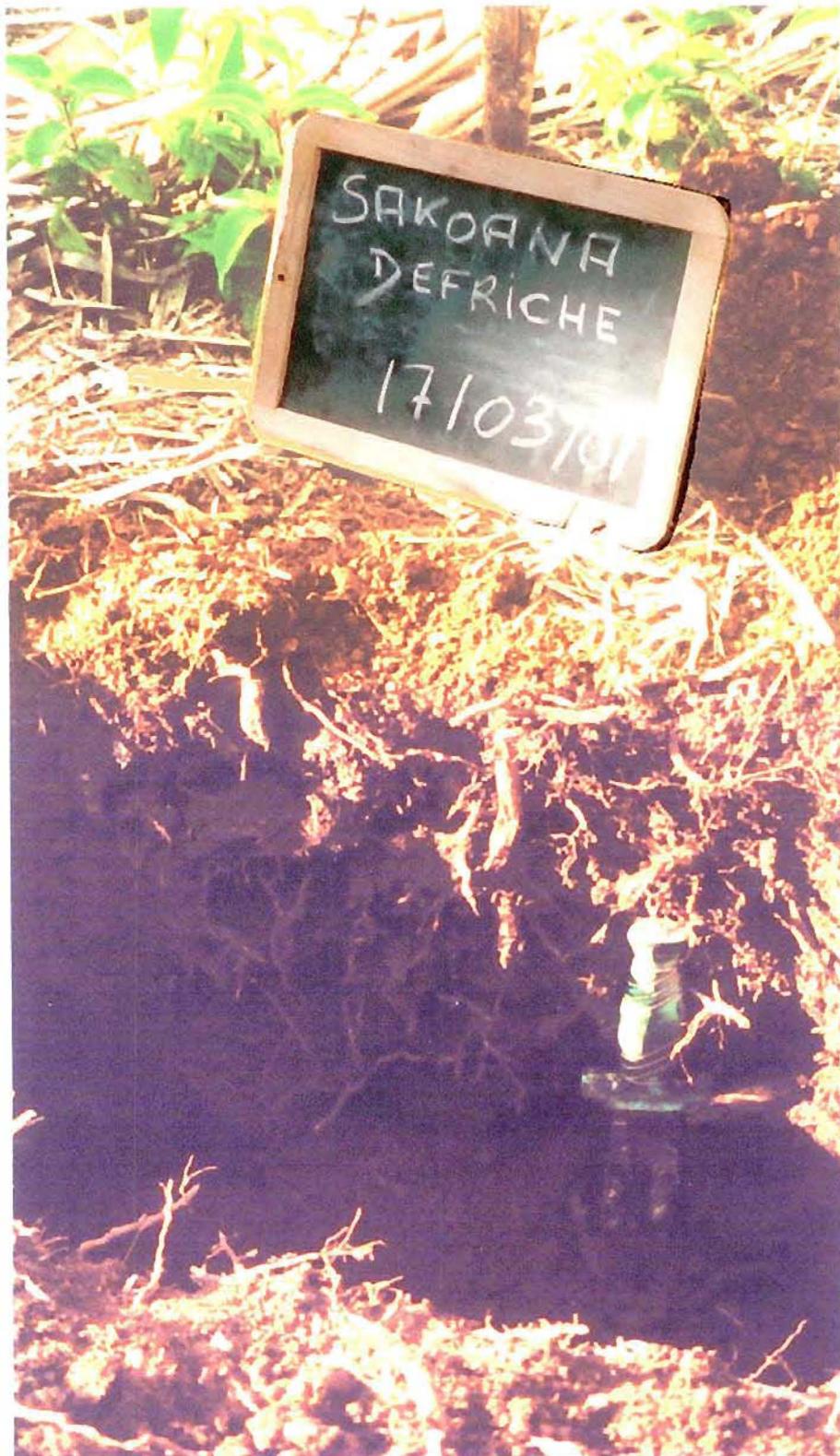
- Une qualité de matière organique remarquable ( $H_2O_2 = 3+$ ) sur 30 centimètres de profondeur. L'écobuage n'est donc pas utile.
- Une faune épigée très abondante et variée (termites, vers de terre, diplopodes, collemboles, etc...)
- Une forte densité de mycélium de champignon.
- Une très forte porosité de surface (cf. Photo).

L'observation des cultures montre un riz peu développé et un Vigna bien développé. Le Mucuna est même envahissant.

Nous émettons comme hypothèse que l'écobuage est inutile derrière défriche sous basalte car l'intense activité faunique et fongique doit libérer du phosphore. Par contre, avec la matière organique abondante et profonde, il doit y avoir une soif azotée par réorganisation microbienne. Cette soif azotée ne se voit pas sur les légumineuses puisqu'elles fixent l'azote.

Nous proposons de remplacer l'écobuage par un apport de 30 unités d'Azote sur riz.

Photo 6



### 3°) Essai comparatif sur Brachiaria

Les tests de qualité de matière organique et de profondeur d'enracinement sur 4 espèces de Brachiaria : humidicola, brizantha, decumbens et ruziziensis montrent, sur cet essai, une supériorité de Brachiaria ruziziensis par rapport aux trois autres espèces, sur 2 plans :

- Qualité de la matière organique de surface qui dans l'échelle du test  $H_2O_2$  monte à 3 et seulement 2 pour les autres Brachiaria.
- Densité racinaire la plus élevée sur les 30 premiers centimètres.

## SITES DU LAC ALAOTRA

### 1°) Site de Marololo (photo 7)

Ce site, ouvert en 1998, se trouve sur des sables limono-argileux alluvionnaires du lac.

Ces sables sont très riches en micas : muscovite et biotite, et doivent donc pouvoir être cultivés sans potassium, étant données les teneurs naturelles élevées des micas.

L'étude du profil montre une courbe de petits nodules ferromanganiques à 45 cm indiquant la présence de l'eau à cette profondeur au moins 6 mois/an. L'irrigation est donc inutile sur ce type de sol.

A l'époque où le profil a été fait, l'eau était à 1 mètre de fond et les racines du riz en S.D. descendaient jusqu'à l'eau. Ceci confirme que dans cette zone on peut faire du riz pluvial en semis direct sans irrigation. Le test de l'anaérobiose au fer ferreux est négatif sur tout le profil ce qui indique une bonne aération permettant la descente racinaire.

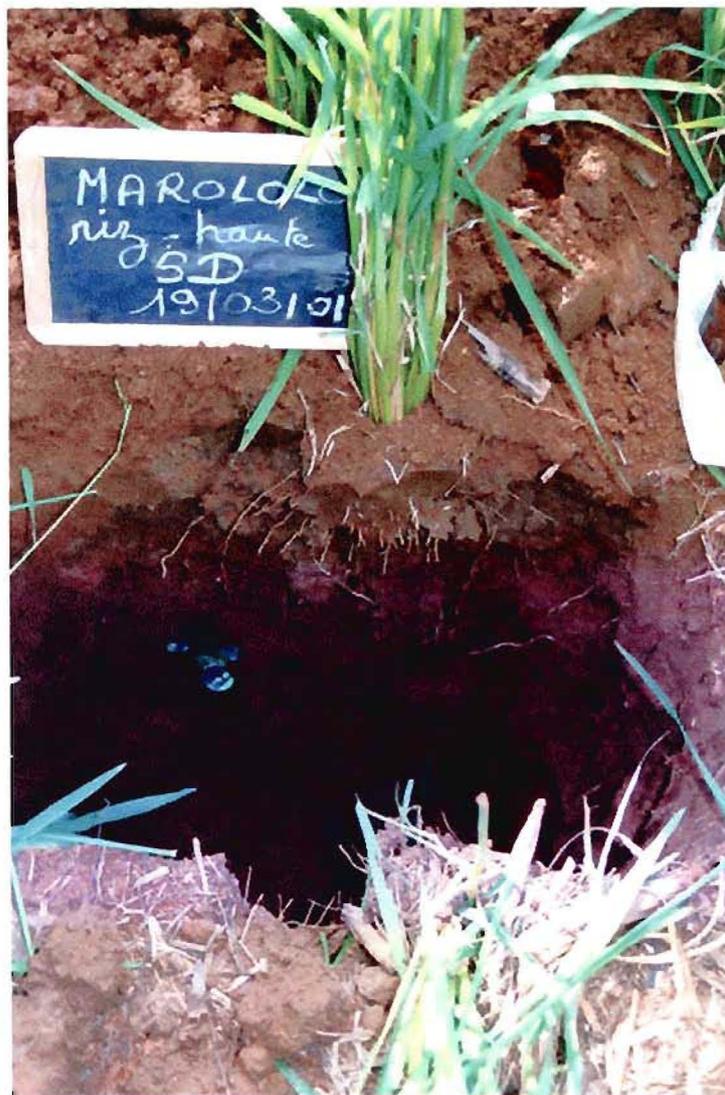
Cette aération est confirmée par la présence de termites et de vers épigés sur le haut du profil.

La comparaison du profil labour ne montre pas de différence de profondeur d'enracinement entre les 2 itinéraires mais la densité racinaire est plus faible et il n'y a pas de faune épigée.

Le test fer ferreux est négatif sur toute la profondeur, ce qui montre que la descente de l'eau de la nappe permet une réoxygénation rapide de ce sol.

Sur la parcelle d'à côté en riz irrigué, le test du fer ferreux montre une forte anaérobiose dès 5 cm et un enracinement du riz limité à 20 cm. Il y a une absence totale de faune du sol. De plus, le riz ayant été semé trop tard son développement reste faible.

Photo 7



## 2°) Site de Marololo colline

Ce sol présente des traces importantes d'anaérobiose : nodules ferromanganiques en profondeur et matière organique bloquée.

Une gestion de l'excès d'eau semble nécessaire pour rendre valides les comparaisons S.D. et labour.

## 3°) Site de Manakambahiny (Photo 8)

Comparaison de profils racinaires sur 3 couvertures : Pueraria, Brachiaria et Stylosanthes.

Test	Pueraria	Stylosanthes	Brachiaria
<u>Qualité de M.O.</u>			
H <sub>2</sub> O. Echelle 0 à 3			
0 - 5 cm	3	3	2
5 - 10 cm	3	3	1
<u>Profondeur racines</u>	30 cm	60 cm	60 cm
Forme de l'enracinement	Superficiel	Chandelier	Chandelier
Test Fe <sup>++</sup>			
Surface	3	3	3
Fond	0	0	0
Faune épigée	Nombreuse	Nombreuse	Nombreuse
Faune endogée	Absente	Quelques	Quelques

Les observations confirment celles faites sur les sites : le Pueraria restaure bien le sol superficiel mais pas le sol profond. Le Brachiaria restaure bien le sol de profondeur. Le Stylosanthes restaure aussi bien le sol de surface que le sol de profondeur.

Photo 8



## SITE ANAE D'AMBATOMAINTY

Sur ce site nous avons comparé un profil de Maïs non écobué et paillé avec un profil de Maïs écobué semé en direct dans du Mucuna (cf. photo 10).

Tests	Maïs paillé	Maïs écobué + Mucuna
Test Fe <sup>++</sup>		
Surface	3	3
Fond (cf. Photo)	1	0
Profondeur des racines	60 cm	1 m 10

Cette différence importante de profondeur d'enracinement est complétée par une densité racinaire plus importante sur l'ensemble du profil sur le Maïs en semis direct sous Mucuna.

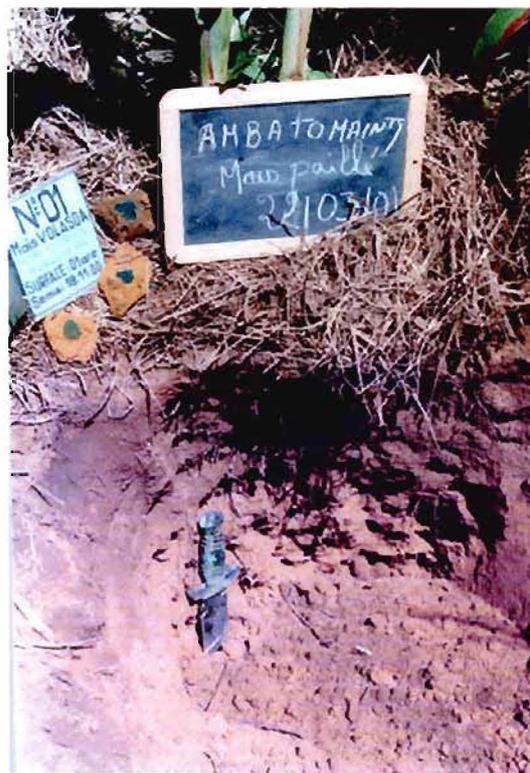
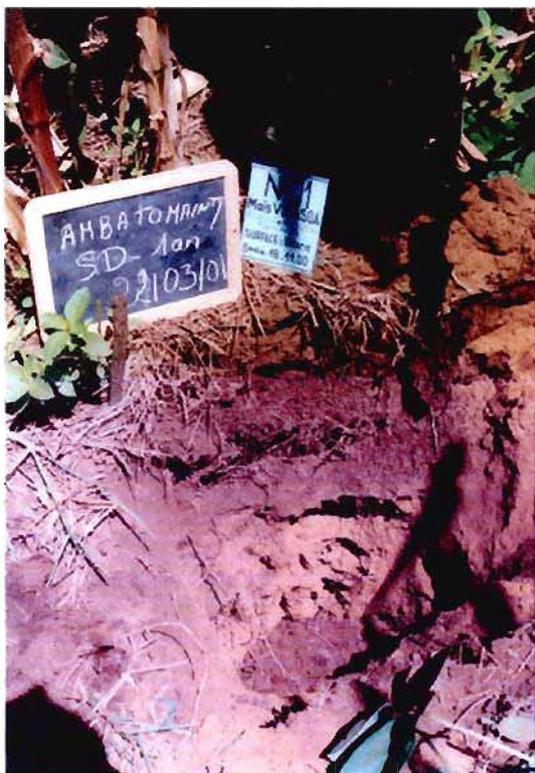
Photo 9



Le test Fe<sup>++</sup> (cf. photo 9) d'anaérobiose sur le sous-sol d'un Maïs paillé (à gauche) et sur le sous-sol d'un Maïs écobué en semis direct sous Mucuna, montre que le deuxième itinéraire permet une descente importante de l'oxygène en profondeur.

Ce test simple de terrain permet d'estimer rapidement l'état de réoxydation d'un sous-sol dégradé.

Photo 10



## CONCLUSION

Ces études de terrain, complétées par des mesures d'activités biologiques au laboratoire a porté sur :

- 4 types de sol :
  - Tannettes
  - Plaine du lac Alaotra
  - Bas-fonds
  - Sols volcaniques.
  
- 3 précédents :
  - Aristida
  - Cultures
  - Jachères d'arbres.
  
- 4 itinéraires techniques :
  - Labour
  - S.D. sous couvert mort
  - S.D. sous couvert vivant (graminées)
  - S.D. sous couvert vivant (légumineuses)

Avec ou sans écobuage.

Une étude exhaustive de ce système était impossible en 9 jours. Nous avons donc sélectionné les tests les plus discriminatoires pour suivre les matrices Charpentier- Seguy. Deux tests nous ont parus très performants sur le terrain.

### **1°) Test de la matière organique à l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.**

Ce test, très rapide d'emploi permet de tester la qualité de la matière organique d'un sol. Par l'intensité de l'ébullition et sa durée on peut voir évoluer une matière organique dans le temps, en fonction des itinéraires pratiqués (S.D., type de plantes de couverture, etc.).

### **2°) Test du Fer ferreux (Anaérobiose)**

Si le test est peu précis en surface, il est très efficace en profondeur. On observe ainsi des sous-sols anaérobiques (couleur bleue) se réoxyder en profondeur suite à un itinéraire technique de semis direct (cf. Photo 9)

Il montre en particulier l'efficacité plus grande du semis direct sous couverture vivante par rapport au semis direct sous couverture morte (cf. Photo 10). En zone tempérée ces différences ne s'observent pas.

Les cultures étaient trop avancées pour comparer les vitesses d'enracinement entre les itinéraires techniques. Seules les densités et les profondeurs d'enracinement ont pu être comparées. La mesure de densité (trop longue) n'a pas été faite, nous nous sommes contentés d'une estimation.

Un critère inattendu nous est apparu important : la tortuosité racinaire. Elle est très forte dans les sols dégradés (Tannettes) malgré une absence de caillou et elle disparaît progressivement avec l'aération du milieu par le semis direct et les plantes de couverture.

En laboratoire, les mesures d'activité biologique montrent des différences d'activité biologique très importantes entre sols et entre itinéraires techniques sur un même sol.

Les premières mesures effectuées sur tannettes montrent que ces sols sont biologiquement morts mais que le semis de plantes de couverture (*Brachiaria*) et le semis direct relance l'activité biologique rapidement.

Les sols malgaches confirment les résultats que nous avons obtenus sur les essais de L. Seguy au Brésil à savoir qu'en agronomie tropicale la biologie du sol (racines, faune et microbes) a un rôle prépondérant. Tout itinéraire qui favorise cette biologie permet une production agricole durable.

Un dernier domaine qui mériterait d'être approfondi est le comptage de la faune épigée et endogée en fonction des itinéraires. Les comptages sont difficiles à faire à distance car ils demandent des volumes importants de sol (1 kg par échantillon) mais, vu nos résultats en Europe, ils devraient être utiles dans la formalisation du mécanisme de fonctionnement des itinéraires de semis direct de Charpentier-Seguy.

# ANNEXES : essais de variétés de riz.

## Annexe I



Annexe 2



**8 FA 337.1**



**YM 65**

Annexe 3



**YM 114**



**BSN 2000**

Annexe 4



**cif aol 141**



**8 FA 282**

Annexe 5

YM 65



YM 198

8 FA 337

*Une approche exclusive*

## *“ L'analyse du sol en place “*



**L**E L.A.M.S est un laboratoire qui effectue des analyses selon une méthode originale brevetée grâce à une aide de l'ANVAR de DIJON. Les analyses du L.A.M.S sont effectuées sur le sol en place afin de comparer la partie du sol travaillée par l'agriculteur avec la partie profonde du sol faite par la nature.



### *Un triple intérêt*

**① Définir l'état de dégradation du capital sol**

En mesurant les surfaces spécifiques des argiles sur le profil, on peut connaître la dynamique du sol : Erosion ou Pédogenèse et gérer ainsi le capital sol.

**② Conseiller l'agriculteur sur trois plans**

L'observation du sol en place permet de conseiller l'agriculteur sur :

- le travail du sol et le choix du matériel adapté à son sol,
- le type de rotation adaptée au terrain,
- la fertilisation permettant de valoriser le sol et d'économiser les intrants.



**③ Un suivi de l'agriculteur à partir de l'état de son sol**

L'agriculteur ayant un dossier au L.A.M.S, il est possible d'effectuer un suivi à distance de l'évolution du sol, de son travail et de sa fertilisation par envoi des horizons du sol posant des problèmes.

## Une analyse globale basée sur les trois états



### ① Physique :

- Analyse de la granulométrie complétée par une mesure de la qualité des argiles (surface spécifique)
- Structure des horizons par vidéo-microscopie.

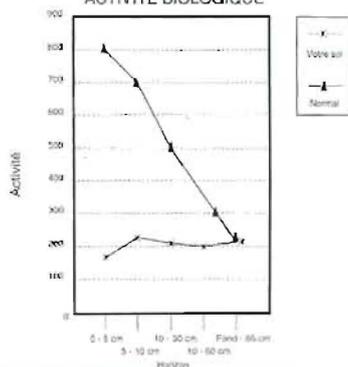
V- Teneur en oligo-éléments assimilables en ppm

Éléments	Valeur	Faible	Normal	Élevé	Excessif	
Zinc	S	1,4	< 1	1 - 15	> 15	> 50
	P	.3	< 0,5	0,5 - 15	> 15	> 50
Fer	S	112,0	< 10	10 - 50	> 50	> 150
	P	24,7	< 10	10 - 50	> 50	> 150
Manganèse	S	89,4	< 5	5 - 30	> 30	> 100
	P	6,0	< 5	5 - 30	> 30	> 100
Cuivre	S	1,4	< 1	1 - 15	> 5	> 25
	P	.4	< 1	1 - 15	> 5	> 25
Bore	S	.6	< 0,5	0,5 - 2	> 2	> 10
	P	.3	< 0,5	0,5 - 2	> 2	> 10

### ② Chimique :

Mesure des teneurs en macro et oligo-éléments dans la zone travaillée et la profondeur. Ceci permet d'ajuster au mieux les fertilisations.

ACTIVITÉ BIOLOGIQUE



### ③ Biologique :

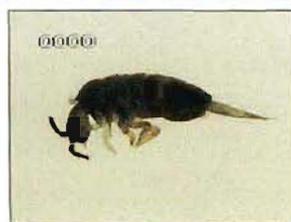
- Mesure de l'activité biologique du sol en fonction de la profondeur. Ceci permet de conseiller l'agriculteur dans la gestion de la matière organique, des réductions de doses de pesticides, etc.



- Observation des microbes "in vivo" sur les horizons du sol afin de voir les populations dominantes et les zones de présence des microbes ;



- Suivi du développement racinaire (forme, profondeur). Ceci permet de réduire les engrais en fonction de la profondeur d'enracinement et de repérer les zones de compaction ;



- Suivi de la faune du sol par vidéo-microscopie afin de repérer les galeries, les boulettes fécales, etc.

## *Pratiquée par un laboratoire d'avant garde spécialisé en biologie du sol*

### **① Des analyses exclusives**



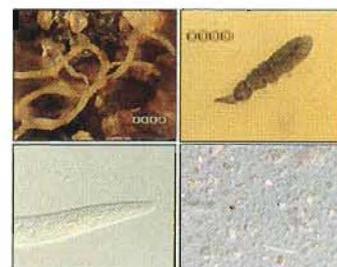
Le LAMS est le seul Laboratoire français à pratiquer en routine certaines analyses d'avant-garde :

- Mesure de surface spécifique des argiles : ces analyses peuvent servir aussi bien en agriculture qu'en caractérisation de matériaux type Marnes ou argiles.

- Mesure de l'activité biologique : cette mesure brevetée a été testée sur les grands types de sols mondiaux.

### **② Un matériel de pointe**

Le LAMS est équipé d'une chaîne vidéo-microscopie qui permet d'effectuer des photos couleurs du grossissement X 10 à 1000 fois. Cela permet d'avoir des visualisations de la racine jusqu'aux bactéries.



### ***Une équipe scientifique à votre service***

Lydia GABUCCI, Ingénieur I.U.T. et Claude BOURGUIGNON, Ingénieur I.N.A.P.G, ont développé cette méthode, l'ont brevetée et l'améliorent constamment grâce à l'étude des statistiques de toutes les données et grâce à l'expérience que leur procurent leurs nombreuses missions à l'étranger.



### ***Une expérience solide***

Forte de 12 années de recherche à l'INRA et à l'Université de Californie, l'équipe du LAMS continue à investir du temps et des moyens dans la recherche afin d'améliorer ses analyses et ses services pour répondre au mieux aux préoccupations des agriculteurs et des professionnels de l'environnement.

## *Avec la méthode LAMS, ces professionnels ont pu améliorer la gestion de leur capital sol*

### ① Les Domaines viticoles

#### *Le LAMS travaille pour des domaines prestigieux*



- |                   |   |
|-------------------|---|
| En Bourgogne      | - Domaine de la ROMANÉE-CONTI<br>- Domaine LEFLAIVE<br>- Domaine LEROY<br>- Domaine des Comtes LAFON<br>- Domaine TRAPPET |
| En Champagne      | - Jacques SELOSSE   |
| En Bordelais      | - Château LATOUR<br>- Château HAUT-MARBUZET<br>- Château AUSONE<br>- Château SOUTARD                                      |
| En Val de Loire   | - Clos de la COULÉE-DE-SERRANT<br>- Domaine HUET  |
| En Côtes du Rhône | - Domaine CHAPOUTIER  |
| En Languedoc      | - Mas de DAUMAS GASSAC  |
| En Jurançon       | - Domaine de SOUCHE   |
| En Armagnac       | - Château de LAUBADE  |



#### *Le LAMS a repéré des terroirs pour de nouveaux vignobles*

- Vignoble de la Côte St Jacques à JOIGNY
- Vignoble du GAGNOULAT dans le Lot



### ② Les Domaines agricoles

Le LAMS effectue des analyses ou des expertises de Domaines sur l'ensemble de la FRANCE, en céréaliculture (Bassin Parisien, Centre, Sud-Ouest, etc.), en arboriculture (Ouest, Alsace) ou en polyculture-élevage, ainsi qu'à l'ÉTRANGER : Brésil, Canada, Afrique, Inde.



### ③ Les Golfs

Le LAMS travaille avec les professionnels du golf afin de les aider à gérer leur sol dans le respect de l'environnement.

- Golf de St Germain en Laye
- Sogolmix de Biarritz
- Golf de la Nivelle de St Jean de Luz
- Golf Makila à Bassussary
- Golf de Saint-Cloud.



**L**aboratoire  
**A**nalyse  
**M**icrobiologique des  
**S**ols

MAREY-SUR-TILLE - 21120 IS-SUR-TILLE  
TÉL. 03 80 75 61 50 - FAX 03 80 75 60 96  
e.mail : lams21@club-internet.fr

## UNE NOUVELLE ANALYSE DE SOL AU SERVICE DES AGRICULTEURS

### • Une méthode brevetée

Fondé par deux anciens chercheurs, le L.A.M.S. développe une méthode originale, brevetée grâce à l'ANVAR de Dijon.

### • Répondant aux besoins des agriculteurs

Alors que les analyses ordinaires ne sont que physiques et chimiques et, de plus, ne sont effectuées que sur des carottes de terres, les analyses du L.A.M.S. sont effectuées sur le sol en place afin de comparer la partie du sol travaillée par l'agriculteur avec la partie profonde du sol faite par la nature.

### • Une méthode originale

Le principe original de l'analyse du L.A.M.S. est de définir, sur le sol en place et sur ses différentes profondeurs, les trois états :

- PHYSIQUE : Granulométrie, nature des argiles, structure, porosité.
- CHIMIQUE : Ph, CEC des humus et des argiles, teneur en M.O. et en éléments.
- BIOLOGIQUE : Activité microbienne, type microbien, observations microscopiques.



**L**aboratoire  
**A**nalyse  
**M**icrobiologique des  
**S**ols

MAREY-SUR-TILLE - 21120 IS-SUR-TILLE  
TÉL. 03 80 75 61 50 - FAX 03 80 75 60 96  
e.mail : lams21@club-internet.fr

## UNE NOUVELLE ANALYSE DE SOL AU SERVICE DES AGRICULTEURS

- Une méthode brevetée

Fondé par deux anciens chercheurs, le L.A.M.S. développe une méthode originale, brevetée grâce à l'ANVAR de Dijon.

- Répondant aux besoins des agriculteurs

Alors que les analyses ordinaires ne sont que physiques et chimiques et, de plus, ne sont effectuées que sur des carottes de terres, les analyses du L.A.M.S. sont effectuées sur le sol en place afin de comparer la partie du sol travaillée par l'agriculteur avec la partie profonde du sol faite par la nature.

- Une méthode originale

Le principe original de l'analyse du L.A.M.S. est de définir, sur le sol en place et sur ses différentes profondeurs, les trois états :

- PHYSIQUE : Granulométrie, nature des argiles, structure, porosité.
- CHIMIQUE : Ph, CEC des humus et des argiles, teneur en M.O. et en éléments.
- BIOLOGIQUE : Activité microbienne, type microbien, observations microscopiques.

laboratoire  
analyse  
microbiologique des  
sols

MAREY-SUR-TILLE - 21120 IS-SUR-TILLE  
TÉL. 03 80 75 61 50 - FAX 03 80 75 60 96  
e.mail : lams21@club-internet.fr

## TARIFS H.T. 2000 DES ANALYSES DU L.A.M.S.

### ANALYSE DE SOL.

L'analyse étant effectuée, en présence de l'agriculteur, sur le terrain, il faut compter le prix du déplacement : **3,42 FF/Km**

Pour plusieurs agriculteurs le prix sera calculé au prorata du nombre de kilomètres et du temps passé.

L'analyse de sol comprend :

- Visite de la parcelle, étude de profil, observations microscopiques, prélèvements de 4 à 5 horizons.
- Analyses physiques, chimiques et biologiques des différents horizons, vidéo-microscopie.
- Dossier conseils avec recommandations sur :
  - Amendements pour le sol.
  - Pratiques permettant de stimuler la vie du sol.
  - Fertilisation des plantes adaptées au sol.

**TOTAL : 4.450,00 FF**

**Remarque :** Le suivi du sol est ensuite effectué par analyses de la terre, de l'horizon à problème, selon les tarifs ci-joints.

### ANALYSE COMPLETE D'UNE FERME.

La tarification est effectuée sur devis selon la superficie de la ferme et le nombre de sols différents cultivés par l'agriculteur.

**Le traitement des analyses commencera avec le versement des 20 % d'acompte exigés à la commande.**

## TARIFS H.T. 2000 DES ANALYSES DU L.A.M.S.

### ANALYSES D'UN HORIZON DE TERRE ENVOYE PAR LA POSTE.

#### 1°) Analyses physiques.

- Granulométrie : 197,00 FF
- Surface interne des argiles : 265,00 FF

#### 2°) Analyses chimiques.

- Prise en charge de l'échantillon
- PH eau et KCL
- C.E.C.
- Teneur en matière organique.
- Teneurs en éléments principaux : K, Mg, P, Ca.
- Teneurs en oligo-éléments : Fe, Mn, Zn, Cu, Bo.

**Total : 690,00 FF**

#### 3°) Analyse biologique.

- Tamisage à l'état frais.
- Taux d'humidité.
- Mesure de l'activité biologique.
- Conseil.

**Total : 480,00 FF**

Note : Nous ne garantissons la validité de l'interprétation de cette mesure que si les deux précédentes ont été effectuées car l'activité biologique est corrélée aux facteurs physico-chimiques du sol.

Remarque : Lorsque l'on demande les trois analyses, nous donnons une approche plus complète de la CEC du sol en donnant la CEC des argiles et celle de la matière organique.

**Total des trois analyses : 1.460,00 FF**