

**PRODUCTIVE LAND USE SYSTEMS PROJECT
Haïti**

**SOUTH-EAST CONSORTIUM FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
and
AUBURN UNIVERSITY**

Novembre 1996

**Essai de techniques culturelles contre la pourriture au
champ de tubercule d'igname dans les systèmes
de culture agro-forestiers traditionnels Haïtiens**

par

**Yves Jean, Frank Brockman et Dennis A. Shannon
SECID/Auburn PLUS Report No. 42
USAID/Haiti Economic Growth Office**

Ce travail a été réalisé sous le contrat No. 521-0217-C-00-5031-00, avec l'USAID. Les opinions exprimées ici sont celles des auteurs et n'engagent pas l'Agence des Etats Unis d'Amérique pour le Développement International.

AVANT PROPOS

Ce travail, qui constitue un premier pas de la recherche d'une solution appropriée aux problèmes posés par la pourriture au champ de tubercule d'igname chez des planteurs de la localité de Plaisance, située dans le massif du Nord d'Haïti, a été réalisé dans le cadre de la collaboration entre SECID (SOUTH-EAST CONSORTIUM FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT) et PADF (PAN AMERICAN DEVELOPMENT FOUNDATION): PADF a formulé la demande de l'étude. Elle a été responsable de l'installation de l'essai, de la gestion des jardins et de la collecte des données. SECID a préparé le protocole, a suivi la mise en place de l'essai et la collecte des données. Il a analysé et interprété les données et publié les résultats. Un bref aperçu des résultats était présenté dans le rapport semi-annuel de Mars 1995 de SECID.

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont reconnaissants envers tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail:

Les planteurs de Plaisance, particulièrement, des localités de Vatey, Lilèt, Fonvasè, Vasè, Founo, Libon, et Piton qui ont mis leurs jardins à notre disposition.

Les membres des PVO de Vasè, de Lilèt et de Gobert.

Le staff de la PADF, région nord, en particuliers:

Yves Archange Gossin:	Agronome, chef d'équipe de PADF, région Nord
Myrto Jerome:	Agronome, assistant chef d'équipe de PADF, région Nord
Edriss Gonel:	Agronome, responsable de M&E
René Eugène:	Technicien, chef de zone, Plaisance
Matthieu Joseph:	Technicien, chef de zone, Plaisance
Jérôme Jean:	Technicien, chef de zone, Plaisance
Mme Elia Béliard:	Responsable du centre semencier et de la coordination de la collecte des données au bureau central du PADF

Un remerciement spécial va:

A Dr Zach Lea pour ses conseils et encouragements

A L'USAID dont le support financier a permis aux auteurs de réaliser ce travail,

A Marilyn Louis, Magda Régala et tous les membres du staff de SECID/Haïti qui ont de quelque manière contribué à la réalisation de ce travail.

SIGLES DES INSTITUTIONS

OEA:	Organisation des États Américains
PVO:	Organisation de Volontaires Privés
PADF:	Fondation Panaméricaine pour le Développement
SECID:	Consortium du Sud-Est pour le Développement International
USAID:	Agence des Etats unis pour le Développement International

RÉSUMÉ

Le travail présenté dans ce document a été entrepris à la suite des résultats d'une enquête réalisée par la Fondation Panaméricaine pour le Développement (PADF), à Plaisance, à 40 kilomètres du Cap Haïtien, où l'igname constitue une composante de base des systèmes de culture agro-forestiers traditionnels. L'enquête avait révélé que la culture de l'igname était limitée par une pourriture aux champs des tubercules. Les tubercules malades étaient perdus pour la consommation et la commercialisation. L'agent responsable a été identifié comme un champignon de l'espèce *Rosellinia bunodes* (Henry, 1993). Cette maladie attaque et tue plusieurs autres espèces de plante associées à l'igname dans les systèmes de culture agro-forestiers traditionnels. Le développement de ce champignon est selon la littérature favorisé par certaines conditions du milieu de culture: l'humidité, l'ombrage, un pH acide et le dépôt de matière organique non décomposée à la surface du sol.

Les facteurs étudiés sont l'humidité, l'éclairage, et le pH des sols. Ces facteurs ont été étudiés, chacun, avec deux niveaux:

- Buttage, pour améliorer le drainage de l'eau, vs. technique traditionnelle de travail du sol à plat
- Émondage du couvert arboré vs. les conditions traditionnelles de culture sous ombrage.
- Amendement calcaire vs. pas d'amendement.

La variété utilisée est localement appelée "Siguin". C'est un cultivar à chair jaune, très cultivé dans la zone, du complexe *Dioscorea cayenensis-Dioscorea rotundata* (Lucien Degras, 1986). L'essai a été installé dans 9 jardins paysans. Des observations ont été faites sur la présence de la maladie dans chaque jardin: le pH du sol, le dépôt de feuilles à la surface du sol (leaf litter), la pente du terrain, l'exposition du jardin et la hauteur moyenne des arbres avant l'installation des essais. Elles ont servi à la sélection judicieuse des jardins. A la récolte, on a compté le nombre total de tubercules récoltés. Chaque tubercule a été observé minutieusement et les tubercules, pour lesquels l'infection a débuté par la partie distale, ont été séparés de ceux pour lesquels l'infection a débuté par la partie proximale. On a noté le nombre total de tubercules malades, le poids frais des tubercules malades, le poids frais total de tous les tubercules récoltés. Le poids frais d'un tubercule et le pourcentage de tubercules malades ont été calculés.

L'incidence de la maladie à la fois sur le pourcentage de tubercules malades (PTM) et sur la portion non commerciale et comestible du rendement (RNV) est apparue significativement influencée par l'effet des techniques culturales. Les valeurs les plus élevées de l'incidence de la maladie ont été observées dans les conditions de culture traditionnelles paysannes. L'émondage a, par rapport aux techniques traditionnelles, réduit PTM de 77% et RNV de 66%.

L'amendement calcaire a réduit PTM de 63% et RNV de 52%. Cependant l'amendement calcaire n'a pas eu d'effet en présence de l'émondage. La combinaison des deux techniques culturales n'a pas produit davantage d'effet sur la maladie que quand elles sont mises en oeuvre séparément. Le buttage n'a pas eu d'effet significatif sur l'impact de la maladie. L'émondage a, par rapport aux méthodes traditionnelles, entraîné une augmentation du rendement de 3.43 tonnes/ha de tubercules sains.

L'analyse économique de la situation a révélé un manque à gagner relatif aux impacts de la maladie de 3717 à 6174 gourdes par hectare et par an (1 US dollar = 15 gourdes). Il correspond à 3 à 5 fois le produit brut d'un hectare de maïs grain de morne d'un cycle cultural de 6 mois lorsqu'il n'y a qu'une seule récolte par an. L'application de l'émondage a entraîné une augmentation du profit brut de 24010 gourdes par hectare.

Il ressort une possibilité de minimiser l'impact de la maladie sur la culture de l'igname. Les techniques culturales qui ont fait l'objet de cet essai semble offrir l'opportunité à la fois de contrôler la pourriture des tubercules et de continuer à cultiver l'igname d'une manière bénéfique pour l'environnement et d'améliorer le revenu brut des agriculteurs des régions montagneuses d'Haïti. Cependant une seule campagne d'essai ne suffit pas pour l'extension des résultats à d'autres situations et en d'autres saisons. Il conviendrait de répéter l'expérience pour confirmer les résultats dans d'autres sites et en d'autres saisons.

Il importerait de prévoir des solutions à des situations où les arbres ont été atteints par la maladie et où la couverture arborée risque de disparaître à cause de la maladie et où la fertilité du sol est menacée par la dégradation du milieu qui peut suivre. Des pratiques qui méritent d'être testées et qui ne risquent pas de recréer des situations favorables au développement de *R.*

bunodes sont:

- La culture en couloir de l'igname sur tuteurs.
- La régénération des systèmes de culture agro-forestiers traditionnels par l'introduction d'espèces d'arbres résistantes à *R. bunodes* telles que le manguier, et d'espèces à cîme peu touffue telles que le "bwa soumi" (*Cordia alliodora*) dont le port droit et faiblement branchu le désigne comme tuteur et plante de couverture.

SUMMARY

This study was conducted as a follow-up to a survey conducted by the Pan American Development Foundation (PADF) at Plaisance, 40 km from Cap Haitian, where yam is one of the major crops in a traditional agroforestry system. The survey revealed that yam cultivation was limited by a rot affecting tubers in the field. The infected tubers cannot be consumed or sold. The causal agent is a fungus, *Rosellinia bunodes* (Henry, 1993). The disease also attacks and kills several tree species associated with yam in agroforestry systems. According to the literature, the development of the fungus is favored by cultural conditions such as high humidity, shade, soil acidity and the quantity of organic litter on the soil surface.

The factors studied were humidity, light and pH of the soil; each factor was tested at 2 levels:

- mounds, to improve drainage, vs traditional flat seedbed;
- pruning of upper canopy, to increase light penetration vs traditional culture in shade
- Liming, to address soil acidity, vs no lime

The variety was a yellow yam of the complex *D. cayenensis* - *D. rotundata* (Lucien Degras, 1986). The trial was installed in nine farm fields. Field selection was based on presence of the disease, soil pH, high amount of leaf litter on the soil surface, and the average height of trees. The degree of slope of the field, field orientation were also recorded. At harvest, each tuber was examined for indications of infestation by the fungus and separated into three groups: those not showing signs of infection, those showing infection on the distal end of the tuber and those showing signs of infection on the proximal end. Total number and total fresh weight of tubers was recorded by group. Average tuber weight and the percent of tubers infected by the fungus were determined.

Highest disease incidence was observed on plots where the traditional cultural practices were applied. Both pruning and lime application had significant effects on the percentage of tubers affected by the disease and on the quantity of unmarketable tubers. Pruning reduced the percentage of tubers affected by the disease by 77% and reduced the quantity of unmarketable tubers by 66% in comparison to traditional practice. The application of lime reduced the

percentage of tubers affected by the disease by 63% and reduced the quantity of unmarketable tubers by 52% in comparison to traditional practice. However, the application of lime did not have an effect when combined with pruning. The combination of these two factors (pruning and lime application) did not produce more effect on the disease than produced by the two factors applied separately. Mounding did not have a significant effect on the impact of the disease. In addition to its effect on the impact of the disease, pruning also increased yam yield by 3.43 tons per hectare.

An economic evaluation indicates that the disease was responsible for loss in revenue of 3,717 to 6,174 gourdes per hectare (1 US dollar = 15 gourdes). This corresponds to some 3 to 5 times the gross revenue obtained from hillside maize harvested once per year. The application of the pruning regime resulted in an increase in gross profit equivalent to 24,010 Gourdes per hectare.

These results suggest that cultural methods can be used to reduce the impact of this disease on yam production. The cultural practices studied hold the promise of increasing yam production and associated farm income while reducing the negative impacts of the agricultural system on associated trees. However, results from one season are not adequate information on which to base recommendations for other sites and other seasons. This trial must be repeated to confirm the findings at other sites and under a range of environmental conditions.

Solutions are also needed to address situations where the tree cover has been destroyed by the disease and where soil fertility is likely to be degraded. Practices that merit study include alley cropping yam grown on stakes, the introduction of tree species resistant to *R. bunodes*, such as mango, and the use of tree species with erect form and open canopy, such as *Cordia alliodora*, in order to provide greater light penetration into the canopy.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT PROPOS	i
REMERCIEMENTS	ii
SIGLES DES INSTITUTIONS	iii
RÉSUMÉ	iv
SUMMARY	vi
TABLE DES MATIÈRES	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES PHOTOS	x
LISTE DES FIGURES	xi
0.0 INTRODUCTION	1
0.1 Position du problème	4
0.2 Les conditions de développement de la maladie	4
0.3 Les moyens de contrôle de la maladie	6
0.4 Les systèmes de culture de l'igname à plaisance	7
0.4 Les techniques traditionnelles de la culture de l'igname à plaisance	7
0.4.2 Le calendrier de la culture de l'igname à plaisance	9
0.5 Objectif	9
1.0 MATÉRIELS ET MÉTHODES	10
1.1 caractéristiques des conditions de culture à plaisance	10
1.2 organisation de l'expérience	10
1.2.1 choix des jardins d'essai	10
1.2.2 Les facteurs étudiés	12
1.2.3 Le matériel végétal	15
1.2.4 Le plan expérimental	15
1.2.5 Les observations et mesures	16

TABLE DES MATIÈRES

1.2.6 Analyses des résultats	17
2.0 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	18
2.1 Incidence de la maladie par rapport au méthodes culturales	18
2.1.1 Incidence sur les tubercules d'igname	18
2.1.2 Incidence de la maladie sur la valeur commerciale de la production d'igname	20
2.2 Analyse de l'incidence de la maladie	21
2.3 Autres impacts des méthodes culturales	24
2.4 Les retombées économiques de l'impact de la maladie	27
2.5 L'impact économique de la mise en oeuvre des techniques culturales	27
3.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	28
BIBLIOGRAPHIE	29
Annexe 1 Le pH et l'humidité du sol avant l'installation de l'essai	31
Annexe 2 Évaluation du depot de matière organique libre à la surface du sol et de la présence de la maladie dans les jardins	32
Annexe 3 Parties des tubercules les plus infectées par la maladie	33
Annexe 4 Analyse de la variance du nombre de tubercules par hectare	36
Annexe 5 Analyse de la variance du poids d'un tubercule	37
Annexe 6 Corrélation entre les différentes variables étudiées	38

LISTE DES TABLEAUX

	page
1 Situation des jardins avant la mise en place des essais	13
2 Les facteurs étudiés et leurs niveaux	13
3 Analyse de la variance des valeurs transformées (arcsinus) de PTM	19
4 Comparaison des PTM moyens de l'interaction lumière × pH et des facteurs séparés	19
5 Analyse de la variance de RNV (pertes de rendement en kilogrammes par hectare dues à la maladie)	20
6 Comparaison des RNV moyens de l'interaction et des facteurs séparés	21
7 Analyse de la corrélation entre l'état de la parcelle avant la mise de l'essai et PTM et PRNV	23
8 Analyse de la variance du rendement (tonnes / ha de tubercules frais)	25

LISTE DES PHOTOS

	Page
1 Tubercule atteint de la pourriture due à <i>Rosellinia Bunodes</i>	2
2 Intérieur d'un tubercule malade	2
3 Présentation de la couverture arborée et de l'éclaircissement, à midi, dans les systèmes de culture agro-forestiers traditionnels de Plaisance	8
4 Dépot de feuilles sèches à la surface du sol dans les systèmes de culture agro-forestiers traditionnels de Plaisance	8

LISTE DES FIGURES

	Page
1 Localisation de la zone d'étude et localités où des symptômes de pourridiée dus à <i>Rosellinia bunodes</i> ont été déjà observés	5
2 Pluie mensuelle dans la région de Plaisance	11
3 Présentation d'une butte avec un tubercule d'igname	14
4 Le plan expérimental	15
5 Les parties d'un tubercule d'igname	16
6 Effet de l'émondage par rapport à la technique traditionnelle paysanne sur l'incidence de la maladie sur les tubercules	22
7 Effet du chaulage par rapport à la technique traditionnelle paysanne sur l'incidence de la maladie sur les tubercules	22
8 Relation entre PTM et NI (note d'infestation des jardins avant l'installation des essais). Coefficient de corrélation $r = 0.85$ pour la probabilité de signification, $p > 0.004$	24
9 Le rendement de l'igname (tonnes /ha de tubercules frais) en fonction de l'émondage et la technique traditionnelle paysanne	25
10 Le nombre total de tubercules / mètre carré en fonction de l'émondage et la technique traditionnelle paysanne	26
11 Le poids d'un tubercule en fonction de l'émondage et la technique traditionnelle paysanne	26

0.0 INTRODUCTION

L'igname est, après le café et le cacao, une culture sur laquelle reposent l'intérêt et la survie des systèmes de culture agro-forestiers traditionnels que l'on rencontre dans les montagnes humides et semi-humides d'Haïti. Ces systèmes de culture associent arbres et arbustes de toutes espèces et la culture de l'igname. Ils sont caractérisés par une couverture végétale multi-stratifiée couvrant quasi totalement le sol. Cette couverture végétale protège le sol de l'action érosive des pluies et l'enrichit en matière organique.

L'igname est une source importante de revenu pour les planteurs des milieux montagneux Haïtiens. Dans une étude réalisée à la vallée de Jacmel (Sud-Est d'Haïti), les bénéfices estimés pour l'igname (2395 US dollars/ha) sont de 30 fois plus élevés que pour le manioc, 33 fois plus grands que pour la patate douce et 1.46 fois plus importants que la pomme de terre (Pierre Jean et Tremblay, 1985, cités par Scutt 1991).

Les systèmes de culture centrés sur l'igname sont rencontrés partout en Haïti, principalement dans les régions du Nord, du Nord Ouest, du Sud, du Sud Est et de la Grande Anse. Dans la localité de Plaisance, lieu de l'étude, l'espèce d'igname cultivée de la plus haute importance économique, est le *complexe Dioscorea cayenensis - D. rotundata* (énoncé par Lucien Degras, 1986) représentée par deux cultivars : Guinen (yam blanc) et Siguin (yam jòn) de bonne qualité gustative.

La production de l'igname semble limitée par des conditions et facteurs du milieu de culture tels que: la rareté du matériel de propagation en périodes de semis, des ravageurs (larves d'insecte, "Marocas") et une pourriture en plein champ des tubercules. Cette dernière, selon les planteurs, occasionne des pertes significatives de la production de l'igname. Les tubercules attaqués ne sont pas commercialisables, ni consommables (Photo 1 et 2; Henry 1993). Selon ce même auteur, la maladie attaque et tue plusieurs espèces végétales associées à l'igname dans le système de culture agroforestiers traditionnels dont:

Caféier	<i>Coffea arabica</i>
Cacaoyer	<i>Theobroma cacao</i>
Chadéquier	<i>Citrus grandis</i>



Photo 1: Tubercule atteint de la pourriture due à *Rosellinia bunodes*



Photo 2: Intérieur d'un tubercule malade

Orange	<i>Citrus aurantium</i>
Avocatier	<i>Persea americana</i>
Sucrin	<i>Inga Vera</i>
Laurier	<i>Nectandra antillana</i>
Immortel	<i>Spathodea campanulata</i>
Arbre à pain	<i>Artocarpus spp.</i>
Arbre véritable	<i>Artocarpus spp.</i>
Malanga	<i>Xanthrosoma sagitefolium</i>
Pois Congo	<i>Cajanus cajan</i>
Manioc	<i>Manihot esculenta</i>

et toutes les espèces cultivées d'igname, connues en Haïti: *Dioscorea alata*, *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata*, et *Dioscorea trifida*.

Selon des résultats d'enquête, la réaction des planteurs face à cette situation est de ne pas replanter de l'igname dans les jardins infestés, de couper des arbres pour faire entrer de la lumière sous le couvert végétal. On a constaté que la maladie était absente dans les jardins où la couverture arborée avait disparu.

La coupe des arbres que peut intensifier cette situation, si elle persiste, va accélérer le déboisement déjà encouragé par des perspectives de vente de bois pour les boulangeries, les guildives, les cassaveries, les dry cleaning du Cap Haïtien et la fabrication de la chaux et du charbon de bois.

0.1 POSITION DU PROBLÈME

L'existence d'une maladie qui attaque l'igname dans les systèmes de culture agroforestiers traditionnels avait été mise en évidence par les résultats d'une enquête menée auprès des agriculteurs de la zone de Plaisance par la Fondation Panaméricaine pour le Développement (PADF). Ces résultats montraient que, pour les planteurs, cette maladie, communément baptisée "tonn tè," était le principal facteur limitant de la culture de l'igname. Le consultant Jean Vernet Henry (1993), travaillant pour le compte de la PADF, avait identifié l'agent responsable de la maladie, comme un champignon de l'espèce *Rosellinia bunodes*.

Selon la littérature la maladie existe dans plusieurs pays tropicaux de la Caraïbe, de l'Amérique latine, de l'Afrique et de l'Océanie. En Haïti elle existe depuis longtemps, 1936 selon les gens à Plaisance, 1960 d'après les agriculteurs à Dondon. Sa présence a été par ailleurs, signalée à "les Palm", section rurale de Petit Goave, et à Bouzy, section rurale de Fond des Nègres (Figure 1).

0.2 LES CONDITIONS DE DÉVELOPPEMENT DE LA MALADIE

Le parasite réside dans le sol; la maladie disparaît avec la pénétration de la lumière solaire dans les jardins. Des auteurs, dont Fawcett (1926), Wellman (1972), Buyckx (1962), CIBA-CEIGY agrochemicals (1975) Technical monograph numéro 4, sont unanimes à reconnaître, comme conditions favorables au développement et à l'extension de *Rosellinia bunodes*, des milieux de culture chauds et humides, mal drainés, enrichis de feuilles, de souches d'arbres, de morceaux de troncs et de branches d'arbres, sous ombrage, et de pH acide.

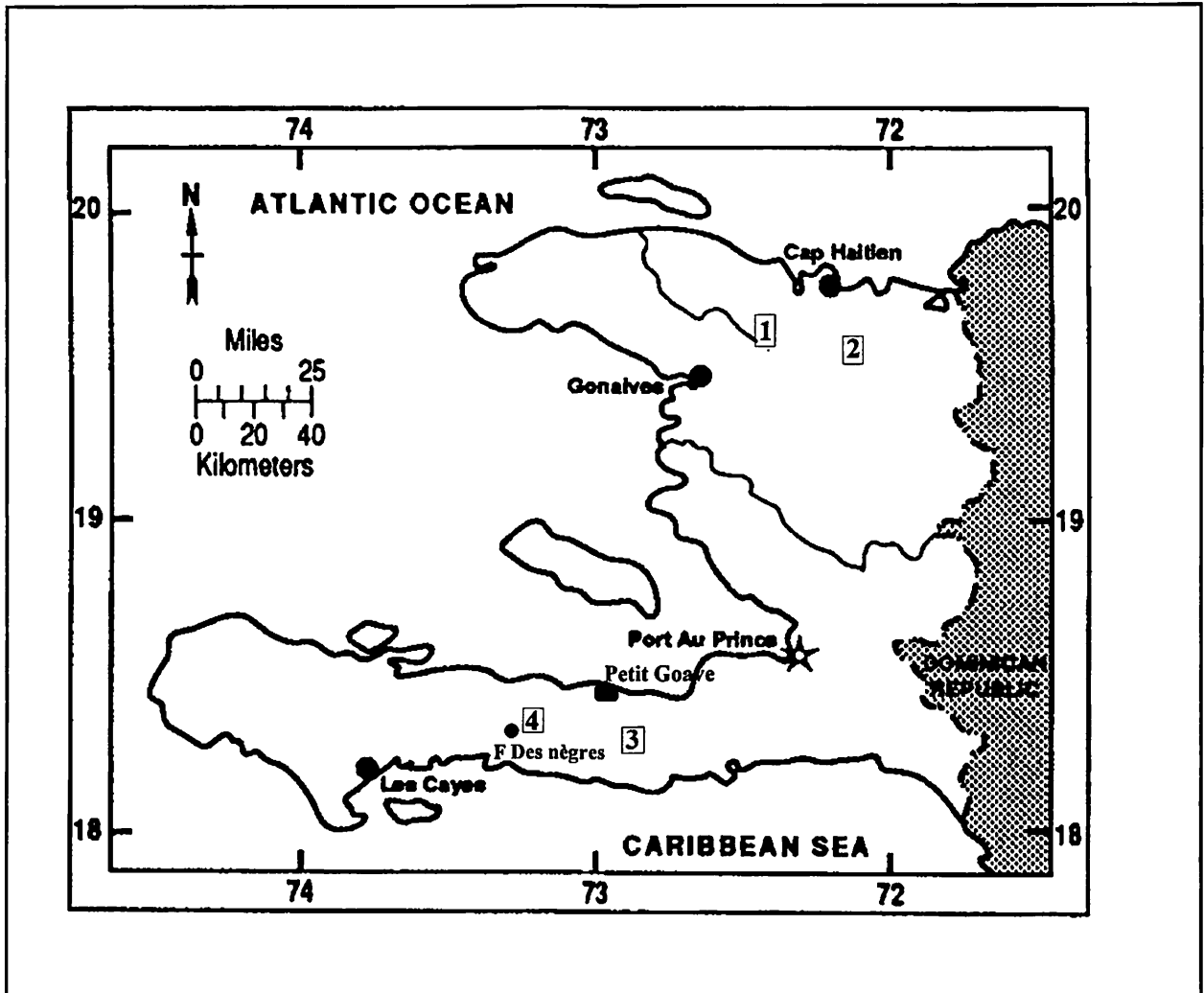


Figure 1: Localisation de la zone d'étude et localités où des symptômes de pourridée due à *Rosellinia bunodes* ont été déjà observés 1: Plaisance 2: Dondon 3: Les palm 4: Bouzy

0.3 LES MOYENS DE CONTRÔLE DE LA MALADIE

Nowell, dans "Disease of Crop Plants in the Lesser Antilles", 1973, soutient qu'on peut dire pertinemment qu'il n'existe, pour le moment, aucun produit chimique disponible qui soit suffisamment bon marché pour être utilisé en quantité suffisante pour stériliser une grande surface de sol. *R. Bunodes* pénètre partout, même dans les racines les plus grandes. On ne peut pas espérer qu'un produit chimique l'élimine à moins de détruire tout résidu de matériel végétal à la surface du sol. Le moyen de contrôle le plus approprié de la maladie semble de modifier le milieu de manière à créer des conditions limitantes à son extension. Les transformations du milieu proposées, dans la littérature, consistent en:

- Le drainage et l'aération du sol (amélioration du profil cultural)
- La pénétration de la lumière sous le couvert végétal (émondage des arbres)
- Le relèvement du niveau du pH du sol (amendement calcaire)
- Le relèvement de la richesse du sol en éléments minéraux (fertilisation et accélération de la décomposition de la matière organique)
- La limitation des risques de contamination de plante par plante par l'élimination des plantes malades et des débris végétaux et la désinfection du sol à la chaux vive.
- L'isolement des lieux contaminés du jardin.

Selon Fawcett et Lee (1926), Fawcett (1936), et Nowell (1973), un moyen de lutte bon marché et qui semble efficace, est l'application de chaux (vive ou éteinte), de soufre, ou de chaux soufrée. L'application de la chaux fait monter le pH du sol et crée par conséquent des conditions limitantes au développement de *Rosellinia bunodes*. Par contre le soufre a une puissante action fongicide mais il acidifie le sol. Pour cette raison, son application doit être associée à celle de la chaux. La chaux soufrée est une combinaison de chaux et de soufre qui se transforme en un mélange aqueux de polysulfides de Ca et de Thiosulfate de calcium (Tweedy 1969 cité par Westcott C. 1960). Selon cet auteur, la chaux soufrée a été utilisée, comme fongicide végétal, en France en 1851; aux États Unis en 1886, elle a été employée comme "dormant spray for San José scale" et plus tard contre "peach leaf curl".

0.4 LES SYSTÈMES DE CULTURE DE L'IGNAME À PLAISANCE

Les agriculteurs pratiquent ce qu'il convient d'appeler des systèmes de culture agroforestiers traditionnels où cohabitent, pendant une ou plusieurs années de culture (répétition dans le temps et dans le même jardin des mêmes espèces), des arbres fruitiers (orange, manguiier, chadéquier, cacaoyer, caféier, arbre véritable), des essences forestières (sucrin, bois rouge, immortel) et l'igname. L'indice de la surface foliaire de la strate arborée du couvert végétal est souvent proche du maximum. Les plantes des strates inférieures reçoivent très peu de lumière. Cela même à midi, lorsque le soleil est au zénith. La **Photo 3** indique la surface foliaire des arbres et la pénétration de la lumière sous le couvert arboré à midi. La pénétration de la lumière sous le couvert arboré est réduit d'avantage lorsque les ignames ont atteint le sommet des arbres et joint leur surface foliaire à celle des arbres. Le sol est souvent enfoui sous une couche épaisse de feuilles (Photo 4).

0.4.1 LES TECHNIQUES DE CULTURE TRADITIONNELLES DE L'IGNAME À PLAISANCE

Le travail du sol est résumé en le forage d'un trou d'environ 50 centimètres de diamètre et de 60 centimètres de profondeur entre les racines d'un arbre. De la paille sèche est placée au fond du trou. Le trou est en suite recouvert de terre jusqu'à un niveau de 10 à 20 centimètres au dessus du niveau du sol, de manière à former une petite butte. La semence est placée dans la petite butte. Cette petite butte, qui correspond à un poquet d'igname, est désignée localement par le vocable de "bit". À la levée des plantules les paysans procèdent au tuteurage de l'igname. Cette opération consiste à orienter la tige de la plante, à l'aide d'un morceau de liane ou de ficelle, en direction de la cime des arbres. La tige d'igname croit environ de 8 à 17 mètres en hauteur avant d'atteindre le niveau du couvert végétal où la plante peut recevoir la lumière du soleil.



Photo 3: Présentation de la couverture arborée et de l'éclaircement, à midi, dans les systèmes de culture agro-forestiers traditionnels de Plaisance



Photo 4: Dépôt de feuilles sèches à la surface du sol dans les systèmes de culture agro-forestiers traditionnels de Plaisance

0.4.2 LE CALENDRIER DE LA CULTURE DE L'IGNAME À PLAISANCE

La plantation de l'igname a lieu au mois de Février-Mars. Les paysans réalisent annuellement deux récoltes du cultivar Siguin:

- Une première récolte de tubercule, appelée "kase yam", a lieu 6 à 8 mois après la plantation. Le planteur prélève le corps du tubercule déjà formé en le coupant juste au dessous du plateau des racines coronaires; la plante demeure en place et recommencera à fabriquer des tubercules. Le produit de cette récolte sert essentiellement à la mise en place de nouveaux jardins ou à la nourriture de la famille. Il s'agit d'une récolte partielle.
 - Une récolte de l'année qui a lieu généralement 10 à 12 mois après la plantation.
- et une récolte du cultivar guinen, généralement à 6 mois après plantation.

Les systèmes de culture se succèdent, dans le temps, pendant plusieurs années, sur une même parcelle. Les planteurs, lorsque les conditions de culture le permettent, cultivent igname après igname.

0.5 OBJECTIF

Le travail rapporté dans ce document est une contribution à la recherche de moyens de contrôle de l'agent responsable de la pourriture en plein champ des tubercules d'igname dans les conditions de culture de la région de Plaisance. On cherche à contrôler le développement de la maladie dans la perspective de lever les contraintes à la culture de l'igname et d'aider à conserver les systèmes de culture agro-forestiers traditionnels en place. Il s'agit d'inventorier les méthodes de lutte proposées par la littérature, de tester des techniques culturales susceptibles, sans destruction du couvert arboré, de modifier les conditions du milieu de culture et de les rendre impropres au développement de *Rosellinia bunodes*.

1.0 MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1 CARACTÉRISTIQUES DES CONDITIONS DE CULTURE À PLAISANCE

Plaisance est localisée à 40 kilomètres du Cap haïtien, dans le massif du Nord d'Haïti, à une altitude comprise entre 300 et 500 mètres (Figure 1).

La pluviométrie moyenne annuelle, 1933 millimètres par an, fait classer cette localité parmi les milieux de montagnes humides du pays. L'observation de la courbe pluviométrique montre une répartition intra - annuelle des précipitations à tendance bimodale: des creux respectivement en Juillet - Août, et de Décembre à Avril, (Figure 2). Les sols sont, pour la plupart, argileux sur substrat basaltique et de pente variable (1 à 50%).

De mauvaises conditions de drainage liées, en partie, à des sols peu profonds sur une roche mère imperméable et l'ombrage créé par la couverture végétale, provoquent, en saison pluvieuse, des conditions de sol très humides. Le pH du sol, mesuré à l'aide d'un "Soil pH and Humidity tester" fonctionnant sur la base du potentiel électrique du sol, varie entre 5.3 et 6.2 (Annexe 1).

1.2 ORGANISATION DE L'EXPÉRIENCE

L'expérience a été établie dans huit petites localités, dans neuf jardins, sur les terres de onze agriculteurs (Tableau 1), sur des pentes de 1 à 35%. Dans deux localités, Vatey et Libon, un jardin appartient à deux agriculteurs.

1.2.1 CHOIX DES JARDINS D'ESSAI

La récolte avait lieu en Mars 1994. Les activités préparatoires à la mise en place de l'essai ont commencé en Avril 1994. Nous avons visité tous les jardins où, selon les planteurs, des symptômes de la maladie avaient déjà été observés. Les membres des PVO locaux nous ont aidé à effectuer un tour des jardins et nous ont montré ceux qui étaient susceptibles d'être infestés par le champignon. Nous avons choisi parmi les jardins où les conditions favorables au développement de *Rosellinia* étaient les plus évidentes. Les critères utilisés étaient ceux retenus

par la littérature. On a choisi les jardins par rapport à:

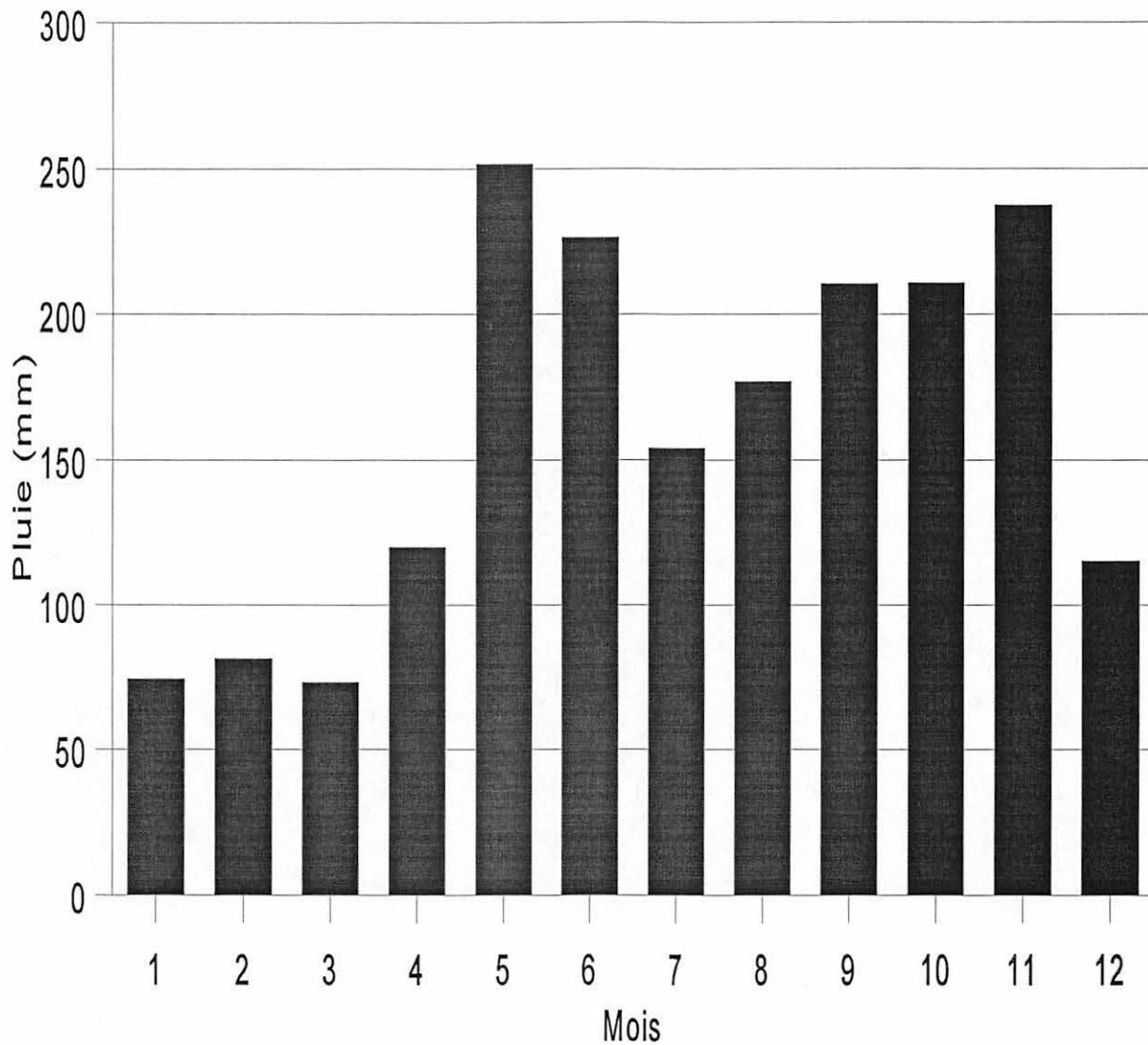


Figure 2: Pluie mensuelle dans la région de Plaisance. Moyenne annuelle: 1933 mm. (OEA, 1972)

- L'ombrage: le feuillage des arbres cache quasi complètement la lumière du soleil.
- L'humidité: le sol conserve assez longtemps un taux d'humidité relativement élevé dû à une réduction de l'évaporation imputable à l'épaisseur du feuillage des arbres et à la

faiblesse de la perméabilité du sol. L'humidité a été mesurée en Avril, au début de la saison pluvieuse dans les 5 premiers centimètres du sol, à l'aide d'un "Soil pH and Humidity tester" modèle DM-5 fabriqué à Tokyo par la compagnie OGANA SEIKI. Ce matériel fonctionne sur la base du pouvoir générateur d'électricité du sol (Annexe 1).

- Au pH du sol mesuré de la même façon que l'humidité du sol avec le même matériel (Annexe 2).
- L'importance du depot de feuilles (leaf litter) à la surface du sol, notée selon une grille de 1 à 4 (Annexe 2).
- À la présence de la maladie: la note d'infestation (NI) est utilisée pour évaluer la présence de la maladie, selon une grille de notation (Annexe 2).

Pour chaque jardin choisi, on a noté l'exposition, mesuré la pente du terrain et supputé la hauteur moyenne des arbres. Le **Tableau 1** résume tous les critères pris en compte lors du choix des jardins. Dans les jardins, d'une façon générale, les cultures des années précédentes avaient été de l'igname.

Un accord a été conclu avec les planteurs, selon lequel, Ils ont accepté qu'on installe un essai chez eux, de réaliser tous les travaux culturaux et de nous laisser la liberté de visiter les essais et de collecter toutes les données. En contre partie ils ont reçu le produit de la récolte et PADF a fourni les semences.

1.2.2 LES FACTEURS ÉTUDIÉS

L'essai a été planifié pour l'étude des facteurs, les plus déterminants de la présence de *Rosellinia bunodes*: L'humidité du sol, la pénétration de la lumière sous le couvert végétal, et le pH du sol. Des méthodes culturales ont été choisies pour étudier ces facteurs. Ce sont: le buttage (pour réduire l'humidité du sol), l'émondage (pour faire entrer la lumière sous le couvert végétal) et le chaulage (pour corriger le pH). Les facteurs ont été étudiés, chacun, avec deux niveaux. Pour chaque facteur, on a comparé la technique culturale "solution" avec la façon culturelle traditionnelle paysanne correspondante (Tableau 2).

Tableau 1:

Situation des jardins avant la mise en place des essais: exposition et pente du terrain; pH moyen et humidité dans la couche superficielle du sol (Annexe 1); depot de feuilles à la surface du sol et note d'infestation (Annexe 2); hauteur moyenne des arbres

Localités	Numéro du jardin	Exposition	Pente	Humidité (%)	Matière organique libre	Hauteur des arbres (m)	pH	Note d'infestation
Vatey	1	N.E	7%	75	3	15	6.2	4
Lilèt	2	N.E	35%	72	4	16	5.6	4
Gwayav	3	S.O	1%	71	3	9	5.8	2
Fon Vasè	4	-		83	2	8	5.9	2
Vasè	5	-	-	73	3	12	5.3	1
Founo	6	N.E	-	84	3	17	6.9	2
Libon	7	-	1%	67	4	11	6.1	1
	8	-	1%	71	4	11	5.9	1
Piton	9	N.O	20%	75	3	15	6.2	4

Tableau 2: Les Facteurs étudiés et leurs niveaux

Facteur	Niveau	
Humidité du sol	1	Technique traditionnelle de travail du sol; sans butte
	2	Avec butte
Pénétration de la lumière sous le couvert végétal	1	Émondage des grands arbres pour laisser pénétrer la lumière sous le couvert végétal; - ombre
	2	Pas d'émondage; + ombre
Le pH du sol	1	Sans amendement calcaire; - chaux
	2	Avec amendement calcaire pour faire monter le pH; + chaux

Le buttage a été réalisé selon les techniques traditionnelles dans la petite région. Au moment de la construction des buttes, on remue la terre avec une "louchette" (barre à mine aplatie aux extrémités). Une couche de paille sèche est placée à la base. Puis on élève la butte en couvrant la paille de terre. Une butte a mesuré 0.5 mètre de hauteur et environ 0.60 mètre de diamètre. Avec le temps les buttes s'affaissent, peut être, à cause du tassement de la terre par les pluies et la décomposition de la paille. Le buttage est une technique habituellement employée par

des cultivateurs haïtiens, principalement dans les milieux de culture marécageux pour la plantation de plantes à tubercules. Cette opération accroît la macroporosité du sol et facilite le drainage et le développement du système racinaire de la culture. Elle rend possible une concentration de la matière organique et en améliore la décomposition (Figure 3).

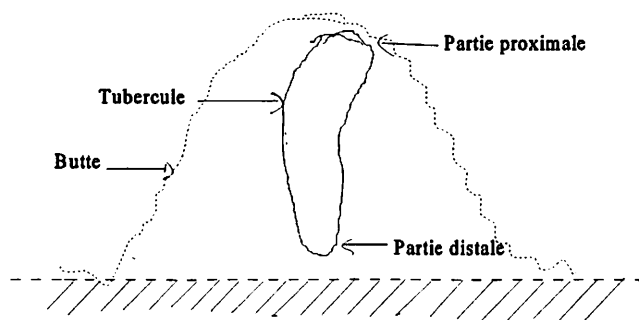


Figure 3: Présentation d'une butte avec un tubercule d'igname

L'émondage a été réalisé à la machette par des agriculteurs. Il a consisté à réduire le feuillage des arbres de manière à ce que les rayons solaires pénètrent sous le couvert arboré et arrivent à la surface du sol. Dans tous les jardins, il a été réalisé immédiatement après la plantation. Les semences utilisées étaient pré-levées. Elles avaient germé pendant une période de stockage d'environ 2 mois passée dans un endroit frais, ou dans un grand trou creusé dans la terre et recouvert de paille.

En accord avec Cook (1975) on a épandu 0.05 kilogramme de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou 350 kilogrammes de CaO par hectare (selon Soltner, il y a 50 à 70% de CaO dans le $\text{Ca}(\text{OH})_2$), soit l'équivalent du volume de 4 marmites de "5 livres" remplies jusqu'au col par parcelle de 25 mètres carrés. L'application a eu lieu pendant la préparation du sol. On a épandu une partie de la chaux, de façon uniforme, sur toute la surface des parcelles à chauler, le reste de la chaux a été mélangé à la terre pour recouvrir les tubercules.

1.2.3 LE MATÉRIEL VÉGÉTAL

On a choisi, comme matériel végétal, un cultivar à chaire jaune localement nommé "Siguin", du complexe *Dioscoréa cayenensis-D. rotundata*.

1.2.4 LE PLAN EXPÉRIMENTAL

Le dispositif a été un *split plot* pour les niveaux du facteur humidité, les niveaux du facteur pH sont croisés avec ceux du facteur lumière (Figure 4).

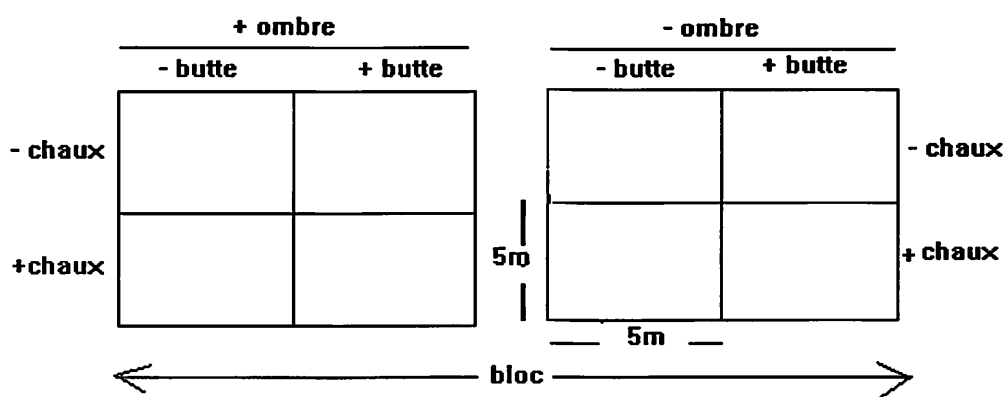


Figure 4: Le plan expérimental

Légende:

- butte: technique traditionnelle de travail su sol
- + butte: buttage
- +chaux: amendement calcaire
- chaux: pas d'amendement
- + ombre: pas d'émondage
- ombre: émondage

Les unités expérimentales ont mesuré 25 mètres carrés. On a planté 36 poquets par unité expérimentale. On a mis une semence dans chaque poquet. Ce qui a permis d'avoir une densité de 14400 plantes par hectare. Dans la littérature on note des densités de 5000 à 15000 plantes par hectare en Côte d'Ivoire (*Mémento de l'Agronome* 1993). Les plantations ont eu lieu de la fin du mois de Mars au début du mois de Mai 1994.

1.2.5 LES OBSERVATIONS ET MESURES

Certaines mesures et observations avaient été effectuées avant l'installation des essais. Elles avaient servi essentiellement à sélectionner les jardins (Paragraphe 1.2.1). Des mesures de l'humidité et du pH ont eu lieu en cours d'essai.

D'autres observations et mesures ont été réalisées à la récolte, en Mars 1995, 9 à 12 mois après la plantation. La récolte a été réalisée dans 20 mètres carrés pris au centre de chaque unité expérimentale. On a compté tous les tubercules et noté le nombre total de tubercules récoltés. Chaque tubercule a été observé minutieusement et on a compté et noté séparément les tubercules pour lesquels l'infection a débuté par la partie distale et ceux pour lesquels l'infection a débuté par la partie proximale, (Figure 5). On a noté le nombre total de tubercules malades, le poids frais des tubercules malades, le poids frais total de tous les tubercules récoltés. Le poids frais d'un tubercule et le pourcentage de tubercules malades ont été supputés (paragraphe 1.2.6).

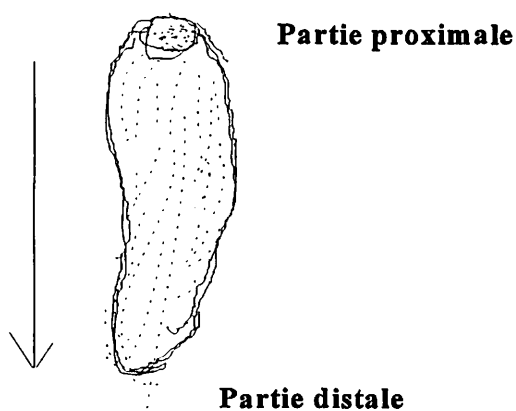


Figure 5: Les parties d'un tubercule d'igname

1.2.6 ANALYSE DES RÉSULTATS

L'analyse des données a été effectuée, par la méthode des analyses de variance, avec le logiciel "SAS" (Statistical Analysis System). Le modèle linéaire conçu pour l'analyse de la variance des données, conformément au plan du paragraphe 1.3.4, a été le suivant:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \delta_j + \epsilon_{ij} + \lambda_k + \epsilon'_{jk} + \delta_{ik} + \epsilon''_{ijk} + \beta_l + \theta_{kl} + (\omega_{jl} + \rho_{jkl}) + \sigma_{il} + \phi_{ikl} + (\psi_{ijl} + \chi_{ijkl})$$

i: chaux; j: jardin; k: lumière; l: but;

i = 1 à 2; j = 1 à 9; k = 1 à 2; l = 1 à 2

ϵ_{ij} = résiduelle 1; ϵ'_{jk} = résiduelle 2; ϵ''_{ijk} = résiduelle 3; $(\omega_{jl} + \rho_{jkl})$ = résiduelle 4;
 $(\psi_{ijl} + \chi_{ijkl})$ = résiduelle 5

Compte tenu de la proximité et de la similitude des localités, dans la petite région de Plaisance, chaque jardin a été traité comme un bloc. On a établi la matrice de corrélation entre les variables mesurées. L'analyse de la variance du pourcentage de tubercules malades a nécessité une transformation arcsinus des données. Les moyennes des traitements ont été classées par la méthode du PPDS (plus petite différence significative), en anglais LSD (Least Significant Différence). Les différents paramètres analysés ont été:

- Le pourcentage de tubercule malade: $PTM = NTM / NTT$.
- Le rendement en tubercules non vendables: $RNV \text{ (kg/ha)} = PTNV / 20 \text{ m}^2 \times 10000 \text{ m}^2$;
- Le rendement total: $RDT \text{ (tonnes / ha)} = [PTT(\text{kg}) / 20 \text{ m}^2 \times 10000 \text{ m}^2] / 1000 \text{ kg}$;
- Le poids d'un tubercule: $P1T \text{ (kg)} = PTS(\text{kg}) / NTS$;
- Le pourcentage du rendement en tubercules non commercialisables:
- $PRNV = [PTNV \text{ (kg)} / PTT \text{ (kg)}] \times 100$;

Légendes:

NTM:	Nombre total de tubercules malades
NTT:	Nombre total de tubercules récoltés
PTNV:	Poids (kilogrammes) de tubercules non vendables
PTT:	Poids total (kilogrammes) de tubercules récoltés
PTS:	Poids total (kilogrammes) des tubercules récoltés indemnes de la maladie
NTS:	Nombre total de tubercules sains

2.0 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Certaines informations n'avaient pas été disponibles: Les mesures du pH du sol, en cours d'essai pour voir la modification du pH apportée par l'amendement calcaire; Les mesures dans le temps du taux d'humidité du sol pour la mise en évidence de changement éventuellement provoqué par le buttage et l'émondage sur l'humidité du sol.

2.1 L'INCIDENCE DE LA MALADIE PAR RAPPORT AUX MÉTHODES CULTURALES

2.1.1 INCIDENCE SUR LES TUBERCULES D'IGNAME

L'analyse de la variance révèle que les deux facteurs, lumière et pH, et l'interaction de ces deux facteurs ont eu un effet significatif sur l'incidence de la maladie sur les tubercules (Tableau 3). La présence ou l'absence de buttes n'a pas eu d'effet significatif sur l'incidence. Les valeurs les plus élevées du pourcentage de tubercule malade (PTM) ont été obtenues dans les conditions de culture traditionnelles paysannes, sans modification de la couverture arborée et sans amendement calcaire (Tableau 4). Les valeurs les plus faibles de PTM ont été dans les situations où il y avait un amendement calcaire et où les arbres étaient émondés. L'émondage des arbres a, par rapport aux techniques traditionnelles paysannes, réduit l'incidence de la maladie de 77%. Le chaulage l'a réduite de 63%. L'examen de l'interaction montre que le chaulage a réduit l'incidence de 70% lorsqu'on n'a pas émondé les arbres, mais n'a pas d'effet lorsqu'on a émondé. Pourtant l'émondage semble avoir réduit l'incidence avec ou sans le chaulage, quoique la différence qu'il entraîne n'ait pas été significative en présence de la chaux. La maladie a débuté préférentiellement par la partie distale des tubercules. Les techniques culturales ont eu un effet significatif sur le pourcentage de tubercule atteint par la maladie à la partie distale et proximale (Annexe 3).

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	689.68			
chaux	1	47.71	47.71	10.70	0.01
bloc	8	133.14	16.64	0.79	
résiduelle(1) bloc*chaux	8	35.70	4.46		
lum	1	88.42	88.42	12.52	0.008
résiduelle(2) bloc*lum	8	56.50	7.06		
lum*chaux	1	40.77	40.77	12.39	0.008
résiduelle(3) bloc*lum*chaux	8	26.29	3.29		
but	1	0.13	0.13	0.039	
lum*but	1	0.007	0.007	0.002	
résiduelle(4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	53.1	3.32		
but*chaux	1	0.50	0.50	0.04	
lum*but*chaux	1	1.41	1.41	0.11	
résiduelle(5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	206.02	12.88		

Facteur	Niveau	PTM moyen (%)	N	Classement	PPDS _(0.05)
Éclairément	+ombre	2.89	36	a	1.44
	-ombre	0.67	36	b	
pH	-chaux	2.60	36	a	1.15
	+chaux	0.97	36	b	
Éclairément*pH	-chaux * +ombre	4.46	18	a	1.40
	+chaux * +ombre	1.32	18	b	
	-chaux * -ombre	0.73	18	b	
	+chaux * -ombre	0.61	18	b	

2.1.2 INCIDENCE DE LA MALADIE SUR LA VALEUR COMMERCIALE ET COMMESTIBLE DE L'IGNAME

Les ignames attaqués par la maladie n'étaient ni commerciabes ni commestibles. Une partie du rendement en tubercules réalisée était donc perdue à cause de la maladie. Les facteurs, lumière et pH, et l'interaction de ces facteurs ont eu un effet significatif sur la partie non vendable du rendement (RNV) (Tableau 5). La part du rendement non vendable a été, par rapport à la technique traditionnelle, réduit de 66% par l'émondage et de 52% par le chaulage (Tableau 6). Pourtant il n'y a pas eu d'avantage en termes de la diminution de RNV d'appliquer à la fois les deux méthodes culturales. L'émondage et le chaulage ont réduit RNV, mais leur combinaison n'a pas produit d'avantage d'effet sur RVN.

Tableau 5: Analyse de la variance de RNV (pertes de rendement en kilogrammes /ha) dues à la maladie					
Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	31739366.3			
chaux	1	1354383.68	1354383.68	4.40	0.07
bloc	8	4835069.44	604383.68	1.97	
résiduelle(1) bloc*chaux	8	2460069.44	307508.68		
lum	1	2673828.13	2673828.13	9.25	0.02
résiduelle(2) bloc*lum	8	2312500.00	289062.50		
lum*chaux	1	1797092.01	1797092.01	9.88	0.01
résiduelle(3) bloc*lum*chaux	8	1454861.11	181857.64		
but	1	297092.01	297092.01	1.11	
lum*but	1	208550.35	208550.35	0.78	
résiduelle (4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	4263888.89	266493.06		
but*chaux	1	330078.13	330078.13	0.56	
lum*but*chaux	1	401258.68	401258.68	0.69	
résiduelle(5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	9350694.4	584418.4		

Tableau 6: Comparaison des RNV moyens de l'interaction pH × Lumière et des facteurs séparés					
Facteur	Niveau	RNV moyen(kg)	N	Classement	PPDS (0.05)
Éclairément	+ombre	587	36	a	292.23
	-ombre	201	36	b	
pH	+chaux	257	36	a	235.71
	-chaux	531	36	b	
Éclairément*pH	-chaux * +ombre	882	18	a	232.19
	+chaux * +ombre	292	18	b	
	+chaux * -ombre	222	18	b	
	-chaux * -ombre	181	18	b	

2.2 ANALYSE DE L'INCIDENCE DE LA MALADIE

L'observation, par jardin, des résultats révèle une grande variation de PTM entre les jardins (Figures 6 et 7). Cette variation de l'incidence de la maladie a été une conséquence du passé des jardins. PTM a été fortement corrélé à NI (note d'évaluation de la présence de la maladie) qui a servi à évaluer la situation de la maladie dans les jardins avant la mise en place de l'expérience (Tableau 7, Figure 8). L'utilisation de NI comme indicateur dans le choix des jardins a été pertinente. Cependant il convient de souligner, quelque soit le jardin, que les méthodes culturales ont un effet significatif sur l'incidence de la maladie. Selon la **figure 6**, l'émondage a réduit l'impact de la maladie dans tous les jardins et en particuliers dans les jardins qui étaient les plus infestés 1, 2, 3, 8 et 9.

PTM, sous l'effet de l'émondage, a diminué de 66% à 100% dans les jardins qui étaient les plus infestés. En dehors du jardin numéro 9, où il n'a pas eu d'effet significatif, le chaulage a entraîné une réduction significative de l'incidence de la maladie dans tous les jardins et surtout dans ceux qui étaient les plus infestés (Figure 7). Le chaulage a, par rapport aux techniques traditionnelles, fait baisser l'incidence de la maladie de 59% à 100%.

Il ressort que les techniques culturales ont minimisé PTM dans les situations de tous les jardins de l'essai, indépendamment de l'importance de départ de la maladie.

Les résultats ont abondé dans le sens des prédictions faites par la littérature et ont concordé avec les faits observés et les observations faites par les planteurs. Les résultats laissent entrevoir l'émondage des arbres et l'amendement calcaire comme un moyen de contrôler la maladie sans destruction complète de la couverture arborée.

Tableau 7: Analyse de la corrélation entre l'état de la parcelle avant la mise en place de l'essai et PTM et PRNV							
Coefficient de corrélation de Pearson / Prob> R sous l'hypothèse Ho: Rho = 0 / N = 9							
		Mo	HT	pH	Hum	NI	PTM
PRNV	R	0.29	0.37	-0.49	-0.36	0.59	0.60
	Prob	0.45	0.33	0.09	0.34	0.10	0.09
PTM	R	0.18	0.41	-0.06	-0.23	0.85	
	Prob	0.65	0.28	0.88	0.54	0.004	
NI	R	0.09	0.59	0.16	0.16		
	Prob	0.81	0.09	0.69	0.69		
Hum	R	-0.74	0.19	0.51			
	Prob	0.02	0.62	0.16			
pH	R	-0.12	0.45				
	Prob	0.77	0.22				
HT	R	0.27					
	Prob	0.48					

Légendes: Mo = Matière organique libre; HT = Hauteur moyenne des arbres;
 NI = Note d'infestation de la parcelle; PTM = Pourcentage de tubercule malade;
 PRNV = Rendement non vendable; Hum = Humidité du sol

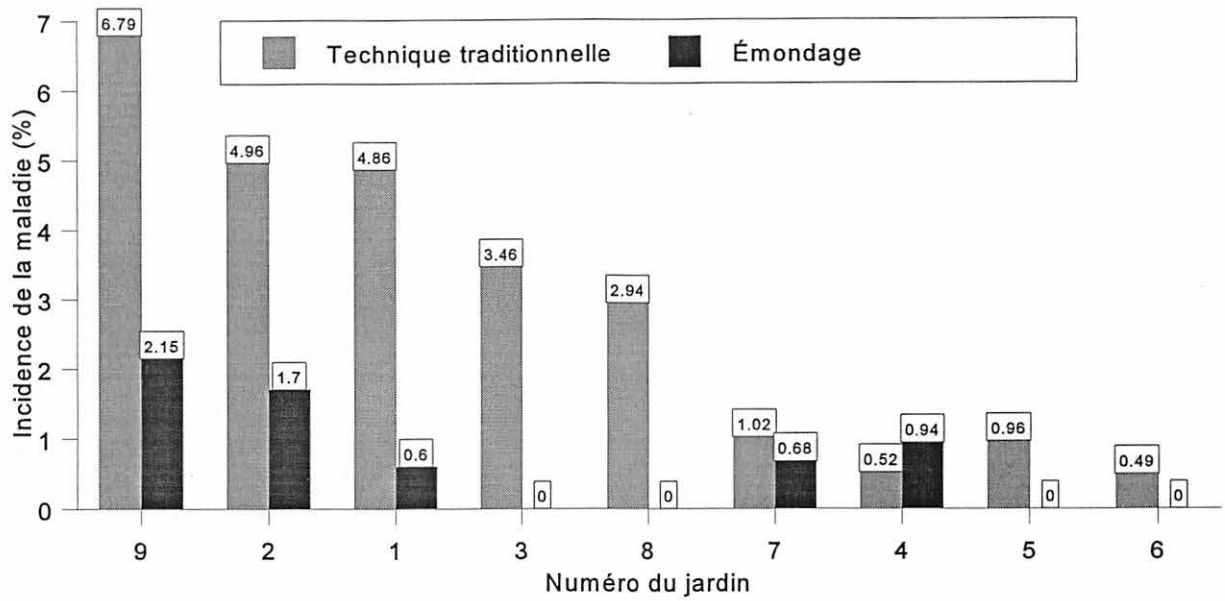


Figure 6: Effet de l'émondage par rapport à la technique traditionnelle paysanne sur l'incidence de la maladie sur les tubercules

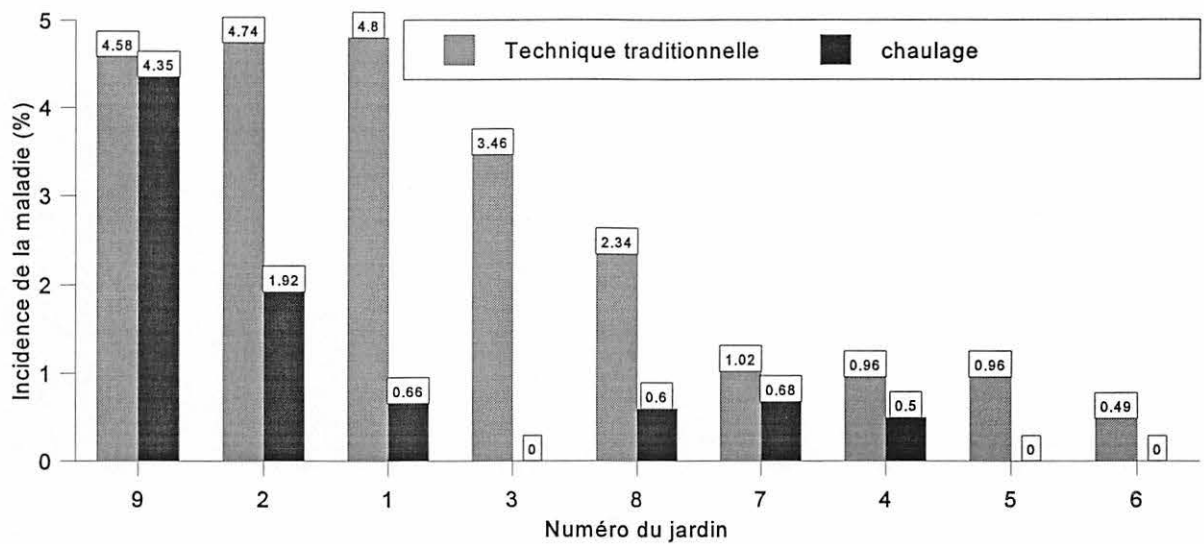


Figure 7: Effet du chaulage par rapport à la technique traditionnelle paysanne sur l'incidence de la maladie sur les tubercules

PTM, sous l'effet de l'émondage, a diminué de 66% à 100% dans les jardins qui étaient les plus infestés. En dehors du jardin numéro 9, où il n'a pas eu d'effet significatif, le chaulage a entraîné une réduction significative de l'incidence de la maladie dans tous les jardins et surtout dans ceux qui étaient les plus infestés (Figure 7). Le chaulage a, par rapport aux techniques traditionnelles, fait baisser l'incidence de la maladie de 59% à 100%.

Il ressort que les techniques culturales ont minimisé PTM dans les situations de tous les jardins de l'essai, indépendamment de l'importance de départ de la maladie.

Les résultats ont abondé dans le sens des prédictions faites par la littérature et ont concordé avec les faits observés et les observations faites par les planteurs. Les résultats laissent entrevoir l'émondage des arbres et l'amendement calcaire comme des moyens de contrôler la maladie sans destruction complète de la couverture arborée.

Tableau 7: Analyse de la corrélation entre l'état de la parcelle avant la mise en place de l'essai et PTM et PRNV							
Coefficient de corrélation de Pearson / Prob > R sous l'hypothèse Ho: Rho = 0 / N = 9							
		Mo	HT	pH	Hum	NI	PTM
PRNV	R	0.29	0.37	-0.49	-0.36	0.59	0.60
	Prob	0.45	0.33	0.09	0.34	0.10	0.09
PTM	R	0.18	0.41	-0.06	-0.23	0.85	
	Prob	0.65	0.28	0.88	0.54	0.004	
NI	R	0.09	0.59	0.16	0.16		
	Prob	0.81	0.09	0.69	0.69		
Hum	R	-0.74	0.19	0.51			
	Prob	0.02	0.62	0.16			
pH	R	-0.12	0.45				
	Prob	0.77	0.22				
HT	R	0.27					
	Prob	0.48					

Légendes: Mo = Matière organique libre; HT = Hauteur moyenne des arbres;
 NI = Note d'infestation de la parcelle; PTM = Pourcentage de tubercule malade;
 PRNV = Rendement non vendable; Hum = Humidité du sol

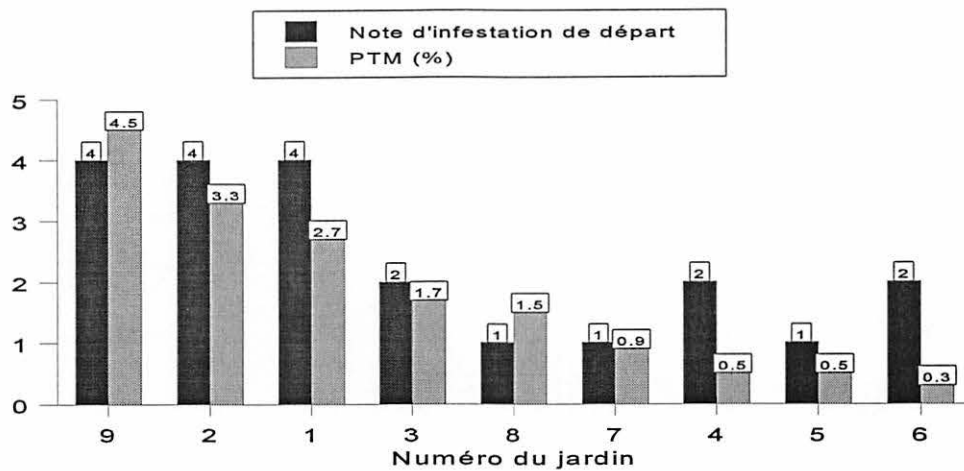


Figure 8: Relation entre PTM et NI (note d'infestation des jardins avant l'installation des essais). Coefficient de corrélation, $r = 0.85$ pour la probabilité, $p > 0.004$ (Paragraphe 2.2; Tableau 7)

2.3 AUTRES IMPACTS DES MÉTHODES CULTURALES

Un autre aspect qu'on aurait pu attribuer à l'essai serait d'essayer de voir les retombées secondaires des méthodes culturales sur le rendement de l'igname. Les résultats ont montré que les méthodes culturales ont influencé, d'une manière positive, le niveau du rendement de l'igname (Tableau 8). En effet le rendement total avait augmenté de 21% (3.63 tonnes / ha) lorsque l'igname était cultivé dans des conditions où on avait émondé pour faire entrer la lumière sous les arbres (Figure 9). Le chaulage et le buttage n'ont pas eu d'effet sur le rendement de l'igname.

L'augmentation du rendement par l'émondage semble avoir été le résultat de l'action de cette technique sur le nombre et le poids des tubercules produits (Annexes 4, 5, et 6). L'émondage a fait croître de 8% le nombre de tubercule / m^2 et de 10% le poids d'un tubercule (Figures 10 et 11). L'entrée de la lumière sous les arbres, provoqué par l'émondage, semble avoir amélioré le bilan entre la photosynthèse et la respiration et conduit à un démarrage précoce d'une assimilation nette positive et d'un meilleur début de la croissance générale des plantes. Ceci pourrait écarter, pour la plante, le besoin d'une trop grande quantité de réserve dans la semence pendant la montée vers le haut des arbres et offrirait des perspectives de réduction de la taille et par conséquent du coût de la semence. La barique de 150 semences d'igname de la variété Signin, valait 600 gourdes à Plaisance, au moment de l'installation de l'expérience, en Mars 1994.

Tableau 8: Analyse de la variance du rendement (tonnes / ha de tubercules frais)					
Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	240357			
chaux	1	15.47	15.47	0.58	
bloc	8	602.41	75.30	2.45	
résiduelle(1) bloc*chaux	8	211.57	26.45		
lum	1	236.98	236.98	10.51	0.01
résiduelle(2) bloc*lum	8	180.37	22.55		
lum*chaux	1	15.70	15.70	0.34	
résiduelle(3) bloc*lum*chaux	8	367.06	45.88		
but	1	0.005	0.005	0.00	
lum*but	1	0.61	0.61	0.02	
résiduelle(4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	425.51	26.59		
but*chaux	1	6.65	6.65	0.33	
lum*but*chaux	1	18.38	18.38	0.91	
résiduelle(5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	322.86	20.18		

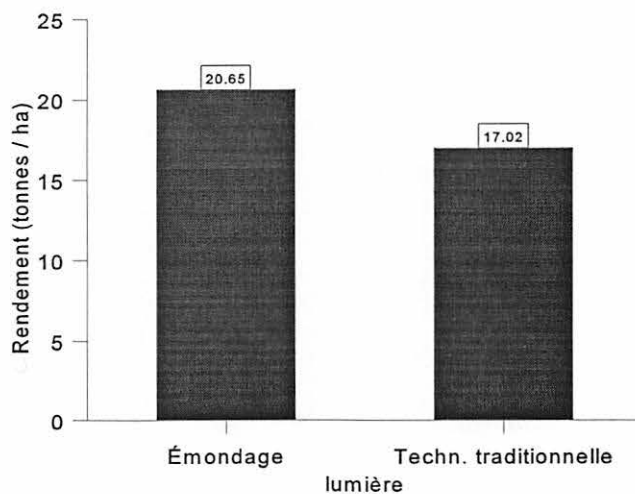


Figure 9: Le rendement de l'igname (tonnes/ha de tubercules frais) en fonction de l'émondage et de la technique traditionnelle paysanne. $PPDS_{(0,05)} = 2.15$ tonnes / hectare.

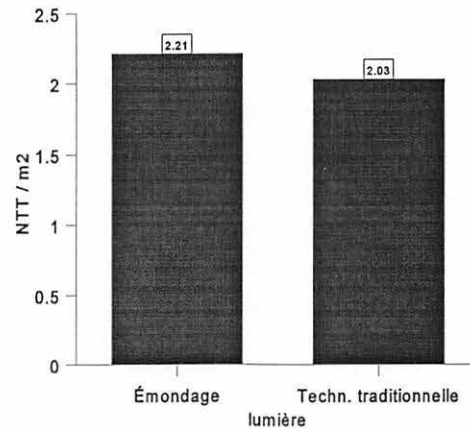


Figure 10: Le nombre total de tubercles (NTT) / mètre carré en fonction de l'émondage et la technique traditionnelle paysanne. $PDS_{(0,10)} = 0.12$ (Annexe 4)

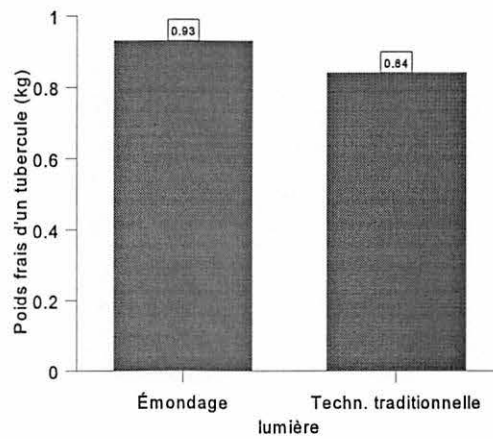


Figure 11: Le poids d'un tubercule en fonction de l'émondage et la technique traditionnelle paysanne. $PPDS_{(0,10)} = 0.086$ kilogramme (Annexe 5)

2.4 LES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES DE L'IMPACT DE LA MALADIE

Les pertes de rendement dues à l'incidence de la maladie, dans les conditions de la pratique traditionnelle de la culture de l'igname, ont été de l'ordre de 531 kilogrammes à 882 kilogrammes. Ce qui, au prix au champ de 7 gourdes le kilogramme en saison de récolte, correspond à un manque à gagner de 3717 gourdes à 6174 gourdes par hectare (1 dollar us = 15 gourdes).

Selon le rapport de la banque mondiale (Food Security Issues in Haïti, July 1996), le rendement moyen du maïs est situé autour de 820 kilogrammes par hectare. Un hectare de maïs de morne produit, au prix de 4 gourdes la marmite de 2.5 kilogrammes à la récolte, 1312 gourdes. La valeur des pertes de rendement enregistrées pour l'igname équivaut à entre 3 à 5 fois le produit brut d'un hectare de maïs grain de morne de 6 mois de cycle cultural, lorsqu'il n'y a qu'une récolte par an.

2.5 L'IMPACT ÉCONOMIQUE DE LA MISE EN OEUVRE DES TECHNIQUES CULTURALES

La pénétration de la lumière dans les situations de culture où l'émondage avait été pratiqué a permis la réalisation d'un gain de rendement de 3.43 tonnes / ha de tubercules sains. Ce qui correspond, au prix de 7 gourdes le kilogramme au champ en saison de récolte, à un gain de produit brut de 24010 gourdes par hectare et par an.

3.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

3.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats de ce travail laissent entrevoir des possibilités de contrôler la pourriture des tubercules d'igname planté sous une couverture arborée sans utilisation de mesures extrêmes et sans recours aux produits chimiques importés. Les recommandations faites par la littérature, pour le contrôle de *R. bunodes*, ont consisté en l'élimination des arbres malades, le chaulage des trous, et en l'isolement des lieux infectés par la mise en place de fossés. L'émondage semble pouvoir réduire les pertes causées par la maladie sans impliquer une destruction complète des arbres. Cette technique culturale, en réduisant l'impacte de la maladie au champ, offre l'opportunité de continuer à cultiver l'igname d'une manière bénéfique pour l'environnement et d'améliorer le revenu des agriculteurs des régions montagneuses d'Haïti. Cependant les résultats de ce premier essai ont été obtenus dans les conditions d'une saison de culture. Ils ne sont pas suffisants pour servir à prédire l'efficacité des techniques culturales en d'autres saisons et dans d'autres conditions. Il conviendrait de répéter l'essai pour s'assurer de la pertinence de l'effet des techniques dans différentes conditions de la culture de l'igname dans le système agro-forestiers traditionnels.

Il y a des jardins où les arbres ont été atteints par la maladie et où la couverture arborée risque de disparaître et où la fertilité du sol est menacée par la dégradation du milieu qui peut suivre. Il importerait de prévoir des essais de solutions à ces situations. On peut déjà suggérer l'essai de système de culture qui peut avoir des actions bénéfiques pour l'environnement et l'économie paysanne et qui ne risque pas de recréer des situations favorables au développement de *R. bunodes*:

- La culture en couloir de l'igname sur tuteurs.
- La régénération des systèmes de culture agro-forestiers traditionnels par l'introduction d'espèces d'arbres résistantes à *R. bunodes* telles que le manguier, et d'espèces à cime peu touffue telles que le "bwa soumi" (*Cordia alliodora*) dont le port droit et faiblement branchu le désigne comme tuteur et plante de couverture.

BIBLIOGRAPHIE

Buyckx, E. J. E. 1962. *Précis des maladies et des insectes nuisibles rencontrés sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi*. I. N. É. A. C. et I. B. E. R. S. O. M.

CIBA-GEIGY AGROCHEMICALS. 1975. Citrus. Technical monograph No. 4

Cook, A. A. and Press H. 1975. Diseases of tropical and subtropical fruits and nuts. Collier Macmillan Publishers.

Fawcett, H. S. and Lee H. A. 1926. *Citrus diseases and their control*. First Edition. McGRAW-HILL BOOK COMPANY, Inc. New York and London.

Fawcett, H. S. 1936. *Citrus diseases and their control*. Second Edition. McGRAW-HILL BOOK COMPANY, Inc. New York and London.

Gagnon, Gérard. July 1996. Food security issues in Haïti. The world bank. A background paper.

Govindarajan, T. S. 1988. A review on the incidence of root diseases on coffee and their management. In journal of coffee research vol.18.

Henry, J. V. Avril, 1993. Rapò sou you maladi yanm nan Dondon ak nan Plezans. Pan American Development Foundation.

MARNDR. Aout, 1990. Estimation des rendements des cultures. Projet d'appui au développement agricole. Haïti.

Ministère de la Coopération française. 1993. *Mémento de l'Agronome*. Collection Techniques rurales en Afrique. Réimpression.

Nowell, w. 1973. *Diseases of crop plants in the lesser Antilles*. The west india Committee, Imperial Departement of agriculture. London.

Onwueme, I. C. 1978. *The tropical tuber crop: yam, cassava, sweet potato, and cocoyams*. Chichester; New York: Wiley.

Orgnisation des États Américains. 1972. Mission d'assistance technique intégrée. Haïti.

Philippeau, G. 1982. *Théorie des plans d'expérience; Application à l'agronomie*. ITCF,

Pirone, P. P. 1978. *Diseases and pests of ornamental plants*. John wiley & sons, New York; Chichester; Brisbane; Toronto. Fifth Edition.

Scutt, R. 1991. *Contribution à l'identification de facteurs influençant les attaques de tubercules d'igname par des larves de Scarabéides et de Curculionides "Marocas" dans la Vallée de Jacmel.* Mémoire de fin d'étude, FAMV, Damien, Haïti.

Snedecor, G.W. et Cochran W.G. 1957. *Statistical Methods.* Iowa State University Press. Sixth Edition

Soltner, D. 1979. *Les bases de la production végétale.* Collection sciences et techniques agricoles. Tome 1. Huitième Edition.

Stover, R. H. 1972. *Banana, Plantain and Abaca diseases.* Commonwealth mycological institute. Kew, Surrey, England.

Tourigny, G. 1988. *Méthodes de lutte préconisées contre les insectes nuisibles et les maladies des cultures vivrières en Haïti,* rapport soumis à Save the Children Fund, Haïti,

Steinbauer, C.E. 1971. *Sweet Potato Culture and Diseases.* Agriculture handbook No.388. United State Departement of agriculture.

Weber, G. F. *Bacterial and Fungal Diseases of Plants in the Tropics.* Gainesville, University of Florida press, 1973

Wellman, F. L. 1972. *Tropical American Plant Disease.* Metuchen. N.J. Scarecrow press.

Westcott, C. 1960. *Plant Disease Handbook.* 2nd édition. d. Van Nostrand, Princeton, N.J.

Annexe 1: pH et humidité du sol mesurés avant la mise place de l'essai

a) Humidité du sol dans les jardins avant la mise en place de l'expérience

Localités	Numéro du jardin	Humidité en pourcentage de sol sec (numéro de la mesure)												moy.	Écart type
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Vatey	1	70	75	70	80	80	90	70	75	80	70	70	70	75	6.1
Lilét	2	65	80	75	60	55	80	80	70	90	70	80	60	72	10.1
Guayav	3	60	52	75	80	70	70	85	85	60	80	80	60	71	10.7
Fon Vasé	4	65	65	64	90	98	98	100	100	62	66	95	89	83	15.8
Vasé	5	58	78	55	90	55	78	70	90	58	70	80	90	73	13.1
Founo	6	94	88	50	90	100	90	88	85	80	78	80	85	84	11.9
Libon	7	70	67	50	60	57	70	60	70	80	0	84	70	67	9.1
	8	75	70	65	75	70	70	70	78	75	80	60	60	71	6.2
Piton	9	62	78	80	82	65	64	80	75	80	75	80	80	75	6.9

b) pH du sol dans les jardins avant la mise en place de l'expérience

Localités	Numéro du jardin	pH (numéro de la mesure)												moy.	Écart type
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Vatey	1	6.5	6	6	6	6	6	6.5	6.6	6.5	6.2	6.5	6	6.2	(0.25)
Lilét	2	5.1	5.4	6.0	5.8	6.5	5.4	5.4	5	5.4	5.8	5.1	5.9	5.6	(0.42)
Guayou	3	5.8	6.4	5.7	5.5	5.4	6	5.5	5.8	6	6.1	5.2	6.2	5.8	(0.34)
Fon Vasé	4	5.9	6.4	5.6	6.1	5.8	5.8	5.5	5.6	6.2	6	6	5.8	5.9	(0.25)
Vasé	5	4.8	6	5.2	5.4	5.2	5.4	4.8	5.2	5.5	5.5	5.1	5.4	5.3	(0.30)
Founo	6	6	7.5	7.5	7.5	7.5	6.5	7.5	6	6.2	7.2	7.5	6	6.9	(0.67)
Libon	7	6	6	6	6.6	6.2	6	5.6	5.6	5.7	5.9	6.6	6.5	6.1	(0.37)
	8	6.4	6.2	6.2	5.4	6	6	5.2	6.2	5.8	6	5.2	5.8	5.9	(0.41)
Piton	9	6	6	6.2	6.2	6	6	6.7	6.5	6	6.5	6.6	6.4	6.2	(0.25)

c) Résultats des mesures de pH effectuées, d'une part avec le "Soil pH and Humidity tester", fonctionnant sur la base du potentiel électrique du sol et d'autre part avec un kit de "Soil Test Lab", utilisant des indicateurs colorés: pH moyen et (écart type)

	E.W.System Soil Tester (O.S.K)	Green Gard Soil Tester Lab
	6.6	6.5
	6.0	6.5
	5.8	6.0
	5.8	6.0
	6.2	6.5
	5.8	6.5
Moy. (Écart-type)	6.03 (0.32)	6.33 (0.26)

Annexe 2: Évaluation de la quantité du depot de matière organique libre à la surface du sol et de la présence de la maladie dans les jardins

Les grilles figurées dans les tableaux a et b ont été utilisées pour évaluer la matière organique à la surface du sol et la présence de la maladie dans les jardins

a) Grille de notation de la couche de feuille à la surface du sol

Matière organique libre à la surface du sol	Note
Faible: Près de 25% de la surface du sol est couverte par des feuilles	1
Moyen: Près de 50% de la surface du sol est couverte par des feuilles	2
Important: Près de 75% de la surface du sol est couverte par des feuilles	3
Très important: La surface du sol est presque à 100% couverte de feuilles	4

b) Grille de notation de l'infestation des jardins

Importance des trous où des tubercules malades ont été trouvés après la dernière récolte avant l'installation de l'expérience. Observation faite sur une dizaine de trous au hasard dans les jardins	Note
Faible: Il y a des tubercules malades dans près de 25% des trous de récolte	1
Moyen: Près de 50% des trous ont des tubercules malades	2
Important: Près de 75% des trous ont des tubercules malades	3
Très important: Près de 100% des trous ont des tubercules malades	4

Annexe 3: Parties des tubercules les plus infectées par la maladie

Selon le graph de la **Figure a1**, mises à part les conditions du jardin # 2, les tubercules malades ont été, atteints à la partie distale (la partie du tubercule d'igname la plus profondément enfouie dans le sol) et à un moindre degré à la partie proximale. La lumière et le pH, et l'interaction des deux facteurs ont eu, comme sur PTM, un effet significatif sur le pourcentage de tubercules malades à la partie distale (PTPIM) (Tableau a1). L'effet des facteurs, séparés ou combinés, sur PTPIM n'a pas été différent de celui exercé sur PTM. La valeur la plus élevée de PTPIM a été obtenue lorsqu'il n'y avait pas d'amendement calcaire et quand les arbres n'étaient pas émondés (Tableau a2). PTPIM a diminué de 78% lorsque l'émondage était pratiqué, et de 68% avec l'application de la chaux.

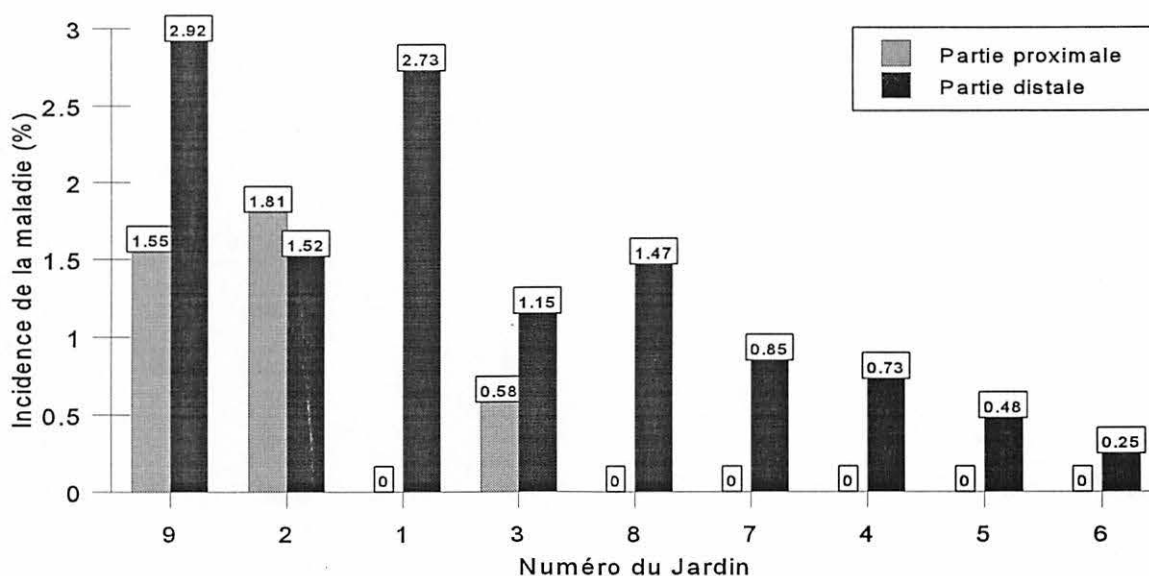


Figure a1: Pourcentage de tubercules atteints à la partie proximale (PTPSM) et pourcentage de tubercules atteints à la partie distale (PTPIM)

Le chaulage, par rapport à la technique paysanne, a fait baisser PTPIM de 75% quand il n'y avait pas d'émondage, mais n'a pas eu d'effet en présence de l'émondage. Ce dernier, sans le chaulage, a provoqué une diminution de 86% de PTPIM mais n'a pas eu d'action significative en présence de la chaux. De même que pour PTM, la mise en oeuvre de la combinaison des deux

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	415.91			
chaux	1	30.98	30.98	9.89	0.01
bloc	8	56.45	7.06	2.26	
residuelle(1) bloc*chaux	8	25.05	3.13		
lum	1	52.12	52.12	11.88	0.009
residuelle(2) bloc*lum	8	35.09	4.39		
lum*chaux	1	31.96	31.96	13.33	0.007
residuelle(3) bloc*lum*chaux	8	19.19	2.40		
but	1	0.86	0.86	0.39	
lum*but	1	0.03	0.03	0.01	
residuelle(4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	34.83	2.18		
but*chaux	1	0.67	0.67	0.09	
lum*but*chaux	1	4.43	4.43	0.57	
residuelle (5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	7.76	7.76		

Facteur	Niveau	PTPIM moyen (%)	N	Classement	PPDS _(0,05)
Éclairément	+ombre	2.19	36	a	1.14
	-ombre	0.49	36	b	
pH	-chaux	1.99	36	a	0.96
	+chaux	0.69	36	b	
Éclairément*pH	-chaux * +ombre	3.52	18	a	1.19
	+chaux * +ombre	0.87	18	b	
	-chaux * -ombre	0.50	18	b	
	+chaux * -ombre	0.48	18	b	

facteurs n'a pas apporté un effet supplémentaire sur PTPIM. Quand à PTPSM il a été réduit de 74% par rapport à la façon traditionnelle paysanne (Tableau a4). Le pH, le buttage et les interactions de ces facteurs avec la lumière n'ont pas eu d'effet significatif sur PTPSM (Tableau a3).

Tableau a3: Analyse de la variance des valeurs transformées (arcsinus) de PTPSM					
Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	113.43			
chaux	1	1.80	1.80	1.13	
bloc	8	34.34	4.29	2.70	
residuelle(1) bloc*chaux	8	12.74	1.59		
lum	1	4.77	4.77	3.61	0.10
residuelle(2) bloc*lum	8	10.56	1.32		
lum*chaux	1	0.53	0.53	1.77	
residuelle(3) bloc*lum*chaux	8	2.39	0.30		
but	1	1.65	1.65	2.36	
lum*but	1	0.06	0.06	0.09	
residuelle(4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	11.25	0.70		
but*chaux	1	2.33	2.33	1.23	
lum*but*chaux	1	0.84	0.84	0.44	
residuelle(5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	30.17	1.89		

Tableau a4: Comparaison des PTPSM moyens de l'interaction pH × lumière et des facteurs séparés					
Facteur	Niveau	PTPSM moyen (%)	N	Classement	PPDS _(0.10)
Éclairément	+ombre	0.70	36	a	0.50
	-ombre	0.18	36	b	

Annexe 4

Annexe 4: Analyse de la variance du nombre de tubercules par hectare.					
Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	999413194			
chaux	1	586806	486806	0.10	
bloc	8	413069444	51633681	11.03	0.02
résiduelle(1) bloc*chaux	8	37444444	4680556		
lum	1	54253472	54253472	4.51	0.07
résiduelle(2) bloc*lum	8	96152778	96152778		
lum*chaux	1	781250	781250	0.05	
résiduelle(3) bloc*lum*chaux	8	115750000	14468750		
but	1	10503472	10503472	1.31	
lum*but	1	1253472	1253472	0.16	
résiduelle(4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	128305556	8019097.25		
but*chaux	1	3781250	3781250	0.45	
lum*but*chaux	1	2920139	2920139	0.35	
résiduelle(5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	134611111	8413194		

Annexe 5

Annexe 5: Analyse de la variance du Poids d'un tubercule.					
Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen des écarts	F	P>F
Totale	71	4.26			
chaux	1	0.033		0.72	
bloc	8	1.157	0.145	3.15	0.06
résiduelle(1) bloc*chaux	8	0.369	0.046		
lum	1	0.166	0.166	4.27	0.07
résiduelle(2) bloc*lum	8	0.311	0.039		
lum*chaux	1	0.048	0.048	0.640	
résiduelle(3) bloc*lum*chaux	8	0.596	0.075		
but	1	0.000	0.000	0.000	
lum*but	1	0.006	0.006	0.082	
résiduelle(4) (bloc*but+ bloc*lum*but)	16	1.17	0.073		
but*chaux	1	0.001	0.001	0.033	
lum*but*chaux	1	0.030	0.030	1.304	
résiduelle(5) (bloc*lum*chaux+bloc*lum*but*chaux)	16	0.374	0.023		

Annexe 6: Corrélation entre les différentes variables étudiées

Analyse des corrélations. Coefficient de corrélation de Pearson / Prob > R sous Ho: Rho= 0 / N = 72									
		RNV	PRNV	RDT	PIT	PTM	NTT	NTS	PTPIM
PTPSM	R	0.61	0.45	-0.0002	0.03	0.69	-0.06	-0.07	0.37
	Prob	0.0001	0.0001	0.99	0.80	0.0001	0.64	0.55	0.0001
PTPIM	R	0.69	0.61	-0.04	0.14	0.93	/0.24	-0.29	
	Prob	0.0001	0.0001	0.73	0.23	0.0001	0.05	0.01	
NTS	R	0.14	-0.28	0.51	-0.03	-0.26	0.99		
	Prob	0.23	0.02	0.0001	0.82	0.03	0.0001		
NTT	R	-0.03	-0.24	0.54	0.01	-0.21			
	Prob	0.82	0.04	0.0001	0.96	0.08			
PTM	R	0.79	0.658	-0.03	0.12				
	Prob	0.0001	0.0001	0.79	0.31				
PIT	R	-0.01	-0.19	0.83					
	Prob	0.96	0.11	0.0001					
RDT	R	-0.03	-0.24						
	Prob	0.78	0.04						
PRNV	R	0.83							
	Prob	0.0001							

Légendes:

PTPSM = Pourcentage de tubercules malades à la partie proximale;

PTPIM = Pourcentage de tubercules malades à la partie distale;

PTM = Pourcentage de tubercules malades; NTS = Nombre de tubercules sains;

NTT = Nombre total de tubercules; PIT = Poids d'un tubercule;

RDT = Rendement total; RNV = Rendement en tubercules non vendable; PRNV = Pourcentage du rendement non vendable.

R: Coefficient de corrélation; Prob: Probabilité de signification de R.