

Table des matières

Remerciements	i
Résumé	ii
Abstract.....	ii
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux	vi
I- Introduction.....	1
1.2- Objectif de l'étude.....	2
1.3- Démarche et questions de recherche	2
II- Revue bibliographie.....	4
2.2- Le concept système de culture	4
2.3- Les systèmes de culture de bananiers plantains dans le monde	5
2.3.1- Les Systèmes de cultures d'Amérique latine – Exemple de la Colombie.....	5
2.3.2- Les systèmes de culture en Afrique	5
2.3.3- Les systèmes de culture de la Caraïbe.....	7
2.4- Contraintes parasitaires dans ces systèmes de culture	8
2.5- Les nématodes	9
2.5.1- Espèces et cycle de vie	9
2.5.2- Conséquences des dommages	9
2.5.3. Evaluation des dommages	10
2.6- Les Charançons	10
2.6.1- Espèces et cycle de vie	10
2.6.2- Evaluation des dommages.....	11
2.6.3- Conséquences des dommages	11
III- Matériels et méthodes.....	13
3.1 Sols et climat de la zone d'étude	13
3.2- Période d'échantillonnage	13
3.3- Choix des parcelles.....	13
3.4- Les données collectées	15
3.4.3- Propriétés physiques du sol.....	17
3.4.4- Echantillonnage Foliaire	17

3.4.5- Etat Sanitaire du bananier	18
3.5- Analyses de laboratoire	20
3.6-Analyse statistique des données	22
IV- Présentation des Résultats	23
4.1-Pratiques culturales	23
4.2- La productivité des Parcelles.....	23
4.2-1- Construction d'un modèle linéaire pour l'évaluation du poids du régime.....	23
4.2.2- Les rendements estimés.....	24
4.3-Données pédologiques.....	25
4.3.1- Densité Apparente	25
4.3.2- Teneur en eau à pF2 et pF4.2	26
4.4.3- Effet du travail du sol sur les propriétés physiques du sol.....	27
4.4- Etat Sanitaire de la plante.....	27
4.4.1- Taux de nécroses des racines	27
4.4.2- Comptage des nématodes	28
4.4.3- Population de Charançons	30
4.4.4- Cercosporiose	30
4.5- Données relatives au statut nutritionnel des bananiers.....	30
4.6- Analyse en composante principale de l'ensemble des données	32
V- Discussions	33
5.1- Effets des pratiques culturales sur le rendement des parcelles.....	33
5.2- Etat Sanitaire de la culture	34
a) Population de nématodes et le taux de nécrose des racines.....	34
b) Population de charançons capturés dans les pièges	35
5.3- Influence spécifique du travail du sol sur les propriétés physiques du sol et le rendement	35
VI- Conclusion	37
VII- Références Bibliographiques	38
ANNEXES	1

Liste des figures

Figure 1 : Conduite des systèmes de culture.....	23
Figure 2.1 : Rendement en T/ha/an.....	24
Figure 2.2 : Rendement moyen en T/ha/an en fonction des systèmes de culture.....	24
Figure 3 : Relation entre la densité apparente et la teneur en eau des parcelles.....	25
Figure 4 : Densité apparente moyenne des systèmes de culture.....	25
Figure 5 : Teneur en eau à pF2 et à pF4.2 des parcelles.....	26
Figure 6 : Teneur en eau moyenne à pF4.2 des systèmes de culture.....	26
Figure 7.1 : Teneur en eau utile moyenne des sols des systèmes de culture.....	27
Figure 7.2 : Indice d'aire moyen des systèmes de culture.....	27
Figure 8.1 : Taux de nécrose racinaire des parcelles échantillonnées.....	28
Figure 8.2 : Taux de nécrose moyen des systèmes de culture.....	28
Figure 9.1 : Nombre de <i>R similis</i> /100g de racines.....	28
Figure 9.2 : Nombre de <i>P coffea</i> /100g de racines	28
Figure 10.1 : Nombre moyen de <i>R similis</i> en fonction des systèmes de culture.....	29
Figure 10.2 : Nombre moyen de <i>R similis</i> en fonction des systèmes de culture.....	29
Figure 11 : Nombre de charançons capturés par pièges à cosmolure en fonction des systèmes de culture.....	30
Figure 12.1 : ACP-Position des variables sur le cercle de corrélation.....	31
Figure 12.1 : ACP-Position des individus (bananiers) sur les 2 axes.....	31
Figure 13.1 : ACP-Position des variables sur le cercle de corrélation.....	32
Figure 13.1 : ACP-Position des individus (bananiers) sur les 2 axes.....	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Mode de conduite des parcelles sélectionnées.....	13
Tableau 2 : Références analyse foliaire bananier groupe Cavendish (d'après Marchal).....	19
Tableau 3 : Rendement des parcelles labourées et non.....	25
Tableau 4 : Influence spécifique du travail du sol sur les propriétés physiques du sol.....	28
Tableau 5 : Régression Linéaire entre le taux de nécrose racinaire et les différentes espèces de nématodes.....	31
Tableau 6 : Valeurs, par systèmes de culture, du nombre de parcelles déficientes en certains éléments selon les références d'analyse foliaire bananier groupe Cavendish (d'après Marchal).....	34

I- Introduction

Les bananiers et les bananiers plantains sont des herbes géantes pérennes, provenant de l'hybridation intra et interspécifique de deux espèces forestières diploïdes: *Musa acuminata* et *M. balbisiana*. Ils prolifèrent sous les tropiques et sont la source d'hydrate de carbone la plus importante dans les économies locales (Stover et Simmonds, 1987). Les bananes plantain sont l'une des denrées alimentaires de base dans les régions tropicales et subtropicales, notamment en Afrique occidentale et centrale, région responsable de 44 % de la production mondiale (Frison et Sharrock, 1988).

27 millions de tonnes de bananes plantains sont produites annuellement en Afrique (16,6 millions de tonnes), en Inde, en Malaisie, aux Antilles et en Amérique du Sud (40% de la production mondiale totale de bananes plantain) où elles constituent un aliment de base et jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire de ces régions. Elles sont souvent cultivées en jardin, associées à des tubercules (patates douces, ignames, etc.). 85% des bananes plantains sont consommées localement. Par exemple, en Colombie, la consommation moyenne de bananes plantain est de 160 kg par personne et par an.

En Amérique latine et dans les Caraïbes, les bananiers plantains sont cultivés sous divers systèmes de production. Leur association avec le café, le cacao, le maïs, les haricots ou d'autres cultures prédomine sur le secteur entier planté en bananiers plantain (Rosales et Al, 2010). Les associations culturelles intégrant le plantain, largement répandues dans les zones intertropicales, suscitent un fort regain d'intérêt. Les efficientes biologiques créées par la proximité de deux ou plusieurs espèces ou génotypes différents, peuvent être à l'origine de complémentarités permettant une meilleure utilisation des ressources du milieu sur les cycles cultureux, une régulation active des parasites et ravageurs des cultures, la limitation d'érosion, la valorisation d'espaces restreints et de périodes favorables courtes, une meilleure stabilité des rendements dans le temps (Francis, 1998 cité par Damour, 2004).

La réussite de ces systèmes de culture a orienté les travaux de recherche vers la mise au point de système de culture intégrant des plantes dites de « service » à la valeur agronomique autre que strictement marchande (Plante de couverture, légumineuse pour engrais vert, plante insecticide ou nématocides). Ces systèmes de culture innovants, bien que constituant une alternative séduisante à la monoculture (Ozier-Lafontaine, 2000), ne semblent actuellement pas attirer les planteurs de banane plantain de la Guadeloupe. En effet, la culture du bananier

plantain s'effectuait traditionnellement dans le cadre de systèmes de culture vivriers multi-spécifique faiblement intensifiés. La bonne valorisation de la banane plantain sur le marché local a conduit les planteurs à intensifier la culture en utilisant de fortes quantités d'intrants chimiques (engrais, pesticides) en s'inspirant des techniques mises en œuvre dans les systèmes de monoculture intensive de banane dessert pour l'exportation (Dorel, Com. Pers.). La pratique de ce système de culture basé sur des apports massifs d'intrants chimiques (1600 à 2800 kg/ha/an d'engrais) et sur une mécanisation lourde des travaux de préparation des sols, ne permet pas à la culture de la banane plantain de s'inscrire dans une perspective de durabilité.

En raison du peu d'éléments actuellement disponibles sur la culture de la banane plantain en Guadeloupe, il est difficile de répondre à certaines questions : quels sont les effets des pratiques culturales sur le milieu et sur les performances de la culture, quel est l'impact des bio agresseurs sur la productivité? C'est dans le but d'apporter la réponse à ces questions qu'est conçu le projet ALTERBIO. Ce stage rentre dans le cadre de ce projet (Partenariat entre UAG, INRA et CIRAD) qui vise à proposer des systèmes de culture innovants plus respectueux de l'environnement. La première étape avant la proposition de systèmes de cultures durables consiste à effectuer un diagnostic agro-écologique des systèmes de culture actuels.

1.2- Objectif de l'étude

L'objectif de ce stage était de contribuer à la réalisation du diagnostic des systèmes de culture de banane plantain en étudiant plus particulièrement l'effet des pratiques culturales sur l'état physico-chimique des sols et l'état sanitaire de la plante.

1.3- Démarche et questions de recherche

Le plantain étant un sujet d'étude relativement nouveau, certains domaines qui le concernent sont encore peu connus ou mal maîtrisés. Après avoir effectué une revue des connaissances sur les différents systèmes de cultures de bananes plantains pratiqués dans le monde, j'ai réalisé une synthèse bibliographique sur les principaux bio agresseurs du bananier plantain aux Antilles que sont les nématodes phytoparasites et le charançon noir du bananier, j'ai ensuite réalisé, en m'appuyant sur des travaux d'enquête, un diagnostic agro-écologiques des systèmes de culture de bananier plantain en essayant de répondre plus particulièrement en répondant aux questions suivantes :

- ❖ Quels sont les facteurs limitant la productivité de la banane plantain en Guadeloupe ?

- ❖ Quels sont les facteurs déterminants l'état sanitaire du bananier et notamment sur celui de ses racines.

Rapport-Gratuit.com

II- Revue bibliographie

2.2- Le concept système de culture

Bien que central en agronomie, le concept de système de culture (SDC) a souvent donné lieu à des interprétations variées qui en ont rendu son usage parfois ambigu et sujet à controverses. Ainsi, comme le souligne Sébillotte (1993) dès l'apparition de cette notion au XIX^e siècle, s'opposent la conception de Gasparin, qui distingue les systèmes de culture essentiellement par la succession des cultures et des jachères, et celle de Moll qui les classe en systèmes extensifs ou intensifs. Cette différence de point de vue entre une perception agronomique et une perception économique des systèmes de culture se retrouve dans la littérature contemporaine. Ainsi, l'économiste Robert Badouin a longtemps enseigné que le système de culture était une composante de ce qu'il appelle le « système productif » et qu'il pouvait être repéré par les productions finales obtenues sur une exploitation, associant des productions végétales et animales. Cette conception qui s'apparente plutôt à la notion de système technique de production, est sensiblement différente de celle qui est désormais largement admise par les agronomes : « Un système de culture se définit pour une surface de terrain traitée de façon homogène, par les cultures pratiquées, leur ordre de succession et les itinéraires techniques (combinaison logique et ordonnée des techniques culturales) mis en œuvre » (Gras, 1990).

Le système de culture désigne l'ensemble plus ou moins structuré des productions végétales et animales adoptées par l'agriculteur dans son exploitation pour réaliser ses objectifs. Par extension ce terme inclut les activités d'élevage, de pêche, et de chasse. Sa définition la plus courante provient d'un groupe de travail INRA-INAPG: "sous-ensemble du système de production défini, pour une surface de terrain traitée de manière homogène, par les cultures avec leur ordre de succession et les itinéraires techniques" (cité par SEBILLOTTE, 1993).

Le système de culture est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique (SEBILLOTTE, 1993). Il constitue en quelque sorte une extension de la notion d'itinéraire technique à un pas de temps plus long, celui de la succession de culture. Le système de culture intègre ainsi la nature et l'ordre des cultures qui se suivent sur une parcelle en plus des itinéraires techniques de ces cultures.

La notion de système de culture est employée par les agronomes pour traiter des questions qui prennent un sens pour des durées supérieures à celle du cycle cultural. On a de plus en plus recours à cette notion pour évaluer la durabilité de l'agriculture.

2.3- Les systèmes de culture de bananiers plantains dans le monde

2.3.1- Les Systèmes de cultures d'Amérique latine – Exemple de la Colombie

La culture du bananier plantain est devenue un axe de grande importance socio-économique en Colombie du point de vue de la sécurité alimentaire et de la création d'emplois. De plus, le bananier plantain appartient au secteur traditionnel de l'économie rurale où il est utilisé principalement comme ombrage de la culture caféière et représente un composant essentiel du programme alimentaire. En Colombie, plus de la moitié de la surface cultivée appartient aux petits producteurs (Rodríguez Saavedra *et al.* 1999).

Le bananier plantain est cultivé dans différentes zones agro-écologiques, de 0 à 2000 m d'altitude et entre 17 et 35°C. On y cultive environ 358 000 ha produisant annuellement 2,5 millions de tonnes de bananes dont 95% vont au marché interne et le reste à l'exportation. Les principaux centres producteurs se trouvent dans les zones caféières de la région Andine où sont cultivés 231 000 ha (64% de la surface cultivée totale) rapportant 67% de la production nationale.

Parmi les surfaces cultivées en bananier plantain, 87% le sont comme culture traditionnelle associée au café, au cacao, au yucca et aux fruitiers et les 13% restants comme monoculture mécanisée (Rodríguez Saavedra *et al.* 1999). La zone caféière centrale fournit la majorité des principaux marchés du pays. Le clone Dominico hartón est la variété la plus utilisée dans cette région.

2.3.2- Les systèmes de culture en Afrique

La banane plantain est cultivée dans un éventail très large de systèmes de culture qui varient en fonction des pays. La caractéristique principale de ces systèmes est qu'ils mobilisent peu d'intrants chimiques ce qui se traduit par des rendements et des coûts de production faibles. Par ailleurs, le bananier plantain est généralement cultivée en association avec d'autres cultures vivrières (manioc, igname, riz, taro, macabo, etc.), de rente (café, cacao) ou fruitières (avocatier, agrumes, prunier, etc.). Les systèmes en monoculture de bananiers plantains sont rares en Afrique Centrale comme en Afrique de l'Ouest (Temple et Bikoï 2001).

Lorsque le bananier plantain est associé avec d'autres cultures vivrières, il est souvent la culture principale sur la parcelle au 1^{er}, 2^e et 3^e cycle. Après trois cycles, il disparaît progressivement pour devenir une culture résiduelle (R. Nkendah, 2002). Lorsqu'il est associé à des arbres fruitiers ou des cultures de rente, il sert d'ombrage (jeunes cacaoyers) et représente une diversification pour le producteur. De nos jours, l'émergence de la monoculture principalement dans l'agriculture périurbaine sont de plus en plus importantes (Akyeampong, 1999).

a) En Côte d'Ivoire

Les systèmes traditionnels de culture sont extensifs et itinérants. Quatre types de conduite de plantation se rencontrent en Côte d'Ivoire (Kouassi Koofi, 2004).

La première pratique concerne les planteurs se basant sur un système extensif à base de culture pérenne (café, cacao, palmier à huile, hévéa, etc.). Le bananier plantain est utilisé comme plante d'ombrage. Il bénéficie de la richesse des sols sous forêt. Il n'entre pas en compétition avec la culture de rente au cours des 2 premiers cycles de culture. La densité de plantation peut atteindre 1500 pieds/ha. Cette pratique concerne la majorité des producteurs actuels de banane plantain. C'est cette classe de producteurs qui gouverne jusqu'aujourd'hui, le déplacement des zones de forte production de banane plantain de l'Est vers l'Ouest du pays (Kouassi Koofi, 2004).

La deuxième pratique correspond aux planteurs se basant sur un système extensif à base de culture vivrière (riz, igname, manioc, etc.). Ici également, le bananier plantain est une culture secondaire. Il bénéficie de la fertilisation destinée à la culture de base, mais il subit de sa part une forte concurrence. La densité de plantation est faible (environ 800 pieds/ha). Cette classe de producteurs se rencontre dans toutes les zones de production, mais elle est plus représentée dans le Centre et le Nord-est. Sa contribution à la production nationale est en baisse constante (Kouassi Koofi, 2004).

La troisième pratique est relative aux planteurs se basant sur un système semi intensif. Ce sont des planteurs modernes dont la culture principale est la banane plantain. La plupart du temps, ce sont des fonctionnaires retraités ou des 'Planteurs du dimanche', c'est-à-dire des salariés qui investissent occasionnellement dans l'agriculture. Les densités pratiquées varient de 1666 à 2000 pieds/ha. A ce niveau, les variétés cultivées sont identifiées; le matériel végétal de plantation provient très souvent du CNRA (Centre National de Recherche Agronomique) ou de l'Agence National d'Appui au Développement Rural (ANADER). Cette classe de producteurs de banane plantain est présente un peu partout dans les zones favorables à la culture. Sa contribution

à la production nationale est appelée à croître. Elle a, par ailleurs, un rôle important à jouer dans la sédentarisation de la culture (Kouassi Koofi, 2004).

La quatrième pratique indique les planteurs se basant sur un système intensif. Actuellement, les planteurs de ce niveau sont rares en Côte d'Ivoire. Ils plantent aux densités de 1666 à 2000 pieds/ha et réalisent entre 20 et 35 tonnes/ha. L'utilisation des variétés sélectionnées peut amener les rendements jusqu'à 45 tonnes/ha (Kouassi Koofi, 2004).

Toujours selon Kouassi Koofi (2005), le choix d'une pratique dépend principalement des objectifs de production, mais également des moyens financiers du producteur et de la maîtrise technique de la culture. Les 4 classes de producteurs de banane plantain coexistent et ne s'influencent pas nécessairement. Les pratiques 1 et 2 se déploient sur les plateaux dans les zones forestières ou pré forestières, tandis que les pratiques 3 et 4 ont cours très souvent dans les bas-fonds. Par ailleurs, les animateurs de ces classes proviennent de classes socioéconomiques différentes.

2.3.3- Les systèmes de culture de la Caraïbe

a) En Haïti

En Haïti, la banane plantain est cultivée de façon traditionnelle à tous les niveaux d'altitude. Cette culture est le plus souvent associée à d'autres cultures vivrières dans les zones de plaine. Elle est utilisée comme plante d'ombrage dans les zones de montagne pour les cultures caféières et cacaoyères (Observation Personnelle). La plus grande superficie cultivée en banane plantain se trouve dans la grande plaine Cabaret-Arcahaie, plus de 70% des surfaces sont plantées en bananes, en culture pure ou associée à des pois de différentes variétés, en rotation avec la canne à sucre, des céréales (riz, maïs), des racines et des tubercules (manioc, patate douce), des légumineuses (haricot, pois), ou des cultures maraîchères (tomate, aubergine) (Frégun, 2005). Les plantations, quelles qu'elles soient, ont été confrontés à des problèmes phytosanitaires (nématodes, charançons, les cercosporioses depuis 1999) (Frégun, 2005).

b) En Guadeloupe

La production de bananes aux Antilles françaises s'est développée à la fin de la première moitié du XXème siècle, après la mise en place de mesures protectionnistes pour la banane française en 1928. L'expansion de la culture du bananier s'est faite au détriment de celle du café et de la canne à sucre. La culture de la banane plantain se faisait traditionnellement en Guadeloupe avec un faible niveau d'intensification (Dorel, Com Pers). Depuis quelques années,

la banane plantain est conduite dans un système monocultural avec de forte utilisation d'engrais chimiques et de mécanisation lourde. Cette monoculture favorise le développement d'un parasitisme spécifique. Le parasitisme de ce système monocultural induit une lutte chimique intensive qui provoque une pollution du milieu (sol, eaux de surface, nappes phréatiques) par les produits phytosanitaires. Les systèmes de cultures à base de bananiers plantains sont soumis à de fortes contraintes agronomiques (principalement d'ordre parasitaire). Le parasitisme tellurique est la principale contrainte pour la culture. Le complexe parasitaire du sol est dominé par des nématodes phytoparasites. Le rhizome du bananier est également soumis aux attaques d'un charançon (*Cosmopolites sordidus* ; Viladebó, 1984) dont les larves, qui provoquent des lésions au niveau du bulbe du bananier et des insertions racinaires, peuvent entraîner la chute du bananier et des troubles trophiques.

2.4- Contraintes parasitaires dans ces systèmes de culture

L'intensification des systèmes de culture liée à l'évolution du commerce a progressivement provoqué une surexploitation des terres et le développement d'un parasitisme aggravé, citons la maladie de panama, les cercosporioses, les charançons et les nématodes (Lassoudière, 2007). Les parasites et les ravageurs peuvent diminuer les rendements par leur action sur la croissance, sur le nombre de plants productifs ou sur la qualité des fruits, voir rendre impropre à la consommation une partie ou la totalité de la récolte. Ils peuvent même interdire la culture d'une variété ou d'une espèce végétale dans une région donnée. Toujours selon (Lassoudière, 2007) les dégâts occasionnés par les parasites et les ravageurs peuvent être :

- ❖ Directs, par la destruction de cellules de l'hôte pour nourrir le parasite. Ils se présentent alors sous forme de déformations, nécroses, taches pourritures et peuvent entraîner nanisme ou chute de plants ;
- ❖ Indirects, par l'intermédiaire de substances émises soit par le parasite, soit par le végétal en réaction à son attaque.

Il existe une diversité de parasites et de ravageur qui attaque la banane et le plantain dans le monde. Les plus importants sont les charançons et les nématodes qui posent des problèmes au niveau mondial. Ces derniers, compte tenu de la sensibilité du plantain et des difficultés de lutte chimique ou culturale, sont considérées comme ennemi numéro un du bananier (Lassoudière, 2007). Les moyens de lutte culturale et chimique existent cependant leurs efficacités restent limiter.

2.5- Les nématodes

2.5.1- Espèces et cycle de vie

Il existe plus de 150 espèces de nématodes associées aux racines des bananiers ont été identifiées. Les plus destructrices et répandues sont les espèces endoparasites migrants (Carlier et al. 2002), incluant :

- ❖ le nématode foreur *Radopholus similis*,
- ❖ les nématodes à lésion *Pratylenchus goodeyi* et *Pratylenchus coffeae*
- ❖ le nématode spiralé *Helicotylenchus multicinctus*, (qui est en réalité semi-ectoparasite).

R. similis, *Pratylenchus sp* et *Helicotylenchus sp* envahissent, se nourrissent et se reproduisent dans les cellules parenchymatiques de la zone corticale de la racine causant la destruction des cellules et la formation de cavités. *Pratylenchus sp* et *R. similis* pénètrent également le rhizome du bananier (Gowen, 1995 ; Luc et Vilardebo, 1961). Le cylindre central n'est pas lui-même atteint par ces nématodes, mais les attaques secondaires peuvent finir par le détruire (Luc et Vilardebo, 1961 ; Bridge et al. 1997).

2.5.2- Conséquences des dommages

Les dégâts causés par les nématodes sur le système racinaire affaiblissent l'ancrage de la plante et affectent l'absorption et le transport d'eau et de nutriments (Carlier et al. 2002 ; Luc et Vilardebo, 1961). Les nématodes à lésion (*P. goodey*, *H. multicinctus* et *R. similis* (Foreur) peuvent induire une diminution du niveau de branchement ainsi que de l'élongation du système racinaire (Kashaija et al. 1998). La présence de nématode entraîne de plus une réduction du nombre de racines fonctionnelles (Kashaija et al. 1998). La diminution de stabilité qui en résulte favorise la chute des plants, particulièrement lors de la phase de maturation durant laquelle le poids du régime augmente. Ces chutes peuvent provoquer des pertes de productivité importantes (Gowen, 1995). Il a été observé que lorsqu'une plante subit une chute, la probabilité que le pied produise des régimes récoltables dans les cycles ultérieurs est fortement réduite (Speijer et al. 1999). Il semblerait que les nématodes réduisent les quantités absolues de nutriments prélevés par la racine plutôt que leurs proportions (McIntyre et al, 2000).

En affectant son statut nutritionnel, les populations de nématodes ont un impact sur la capacité photosynthétique de la plante (Bwamiki, 2004). En réponse à l'infection, les bananiers infectés produisent une quantité moindre de fruits, la floraison et la maturation sont retardées, et

le poids des régimes diminue (Luc et Vilardebo, 1961 ; Bridge et al. 1997 ; Speijer et al, 1999 ; Speijer et Kajumba, 2000 ; Gaidashova et al, 2004b).

2.5.3. Evaluation des dommages

Le pourcentage de racines mortes ainsi que le niveau de nécroses racinaires sont considérés comme de bons indicateurs des dommages causés par les nématodes au système racinaire et de la perte de production résultante (Speijer et al., 1998; Speijer et Ssango, 1999; Speijer et De Waele, 2001). Il faut quand même signaler qu'il n'existe pas toujours de corrélation tangible entre la présence des nématodes et le poids du régime ou les dommages observés au niveau des racines (Batlle-Viera et Perez-Vincente, 2002 ; Araya et De Waele, 2005 ; Gaidashova et al. 2004b). Il est en effet difficile d'attribuer ces symptômes à des parasites spécifiques à partir d'échantillons prélevés en pleine terre dans les bananeraies, étant donné toutes les interactions possibles entre les nombreux microorganismes présents (Loridat, 1989). Okech et al. (2002) observent des taux de nécrose racinaire faibles, alors que les densités de population de nématodes (*Pratylenchus goodeyi* principalement) sont élevées. De nombreuses études illustrent le fait que les dommages causés par les nématodes ont un rôle dans l'établissement et le développement de maladies causées par des pathogènes du sol (Back et al. 2002). Selon Hugon et Picard (1988), la présence de nématodes et de nécroses dans les racines résulterait de deux phénomènes liés entre eux mais aux dynamiques différentes : pénétration et développement des nématodes d'une part, attaques fongiques secondaires nécrosant et détruisant finalement la racine d'autre part. Une infestation des parties saines de la racine par les nématodes libérés dans le sol du fait de la destruction des tissus se produirait alors (Hugon et Picard, 1988).

2.6- Les Charançons

2.6.1- Espèces et cycle de vie

Le charançon *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824, Cité par Gold et Messiaen, 2000) (Coléoptère : Curculionidé) est l'un des principaux ravageurs des bananiers et plantains. L'adulte, de couleur noire, mesure 10-15 mm. Il se déplace librement, bien qu'on le rencontre le plus souvent entre les gaines foliaires, dans le sol à la base des pieds de bananiers ou dans les débris végétaux. Le charançon a une activité nocturne et il est très sensible à la sécheresse. Les adultes peuvent demeurer sur le même pied pendant une période de temps prolongée, seule une petite

proportion se déplaçant sur plus de 25 mètres en l'espace de six mois. Les charançons volent rarement. Leur diffusion se fait principalement par l'intermédiaire de matériel végétal infesté.

Le charançon du bananier est un insecte qui se caractérise par une grande longévité et une faible fécondité. La durée de vie de l'adulte est normalement d'un an, mais peut s'étendre jusqu'à quatre ans. Sur substrat humide, le charançon est capable de survivre pendant plusieurs mois sans se nourrir. Le ratio sexuel est de 1:1. Le taux de ponte est communément estimé à 1 œuf par semaine, mais on a parfois enregistré des taux supérieurs (Gold et Messiaen, 2000).

2.6.2- Evaluation des dommages

La larve creuse des galeries dans la base du bulbe de bananier dont le diamètre augmente progressivement en fonction du développement de la larve. Elle est capable de consommer le double de son volume en tissus de bananier par jour. Le tracé de la galerie (jusqu'à 170 mm de long) ne débouche jamais à l'extérieur et est limité au bulbe (Vinatier, 2010). La grande majorité des galeries est située à la périphérie du bulbe, dans la zone corticale et légèrement en dessous de son plus grand diamètre (Vilardebo 1973). Lorsque cette zone est entièrement colonisée, les larves nouvellement écloses s'alimentent dans les autres parties du bulbe, d'abord sa partie inférieure puis le centre ; ce n'est que lorsque ce dernier est totalement miné que les larves cherchent dans le pseudo-tronc ou encore dans le jeune rejet des conditions favorables à la poursuite de leur développement

Les attaques de charançons perturbent l'émission racinaire, tuent les racines existantes, limitent l'absorption des éléments nutritifs, réduisent la vigueur des plants, retardent leur floraison et accroissent leur sensibilité aux autres ravageurs et maladies (Gold et Messiaen, 2000). Elles entraînent des baisses de production du fait de la perte de bananiers (plants morts, cassés à la base ou couchés sur le sol) et de la réduction du poids des régimes.

2.6.3- Conséquences des dommages

L'essentiel des dégâts causés par *C. sordidus* sur bananier est dû aux larves. Ces dernières, en creusant des galeries pour s'alimenter à l'intérieur des bulbes de bananier, sont responsables de la rupture des tissus du bulbe qui sont constitués de fibres et de canaux vasculaires. Elles perturbent ainsi les communications entre la racine et les autres organes. De ce fait, un grand nombre de racines sont détruites. Les plants infestés sont plus fragiles et un grand nombre de bananiers peuvent être déracinés par le vent, ce qui est la première cause de dégâts de

C. sordidus aux Antilles (Vinatier, 2010). Les dégâts vont s'accumuler au fur et à mesure des cycles culturaux, en fonction de l'accroissement de la population de l'insecte. Il a également été constaté un certain nanisme des bananiers adultes et la présence de régimes de petite taille et mal formés (Lemaire 1996). En outre, ces galeries représentent une porte d'entrée à des agents pathogènes secondaires tels que *Ralstonia solanacearum* et *Fusarium oxysporum* (Castrillon 1991) provoquant un pourrissement du bulbe. Une étude menée en plein champ entre 1994 et 2001 en Ouganda a montré des pertes de récolte de 47% après 4 ans d'essai, dues à des diminutions du poids des régimes, à un moins grand nombre de régime ainsi qu'à des pertes de bananiers (Gold et al. 2004). Une autre étude confirme ces résultats, en rapportant des pertes de récolte de 5% pour le premier cycle et atteignent 44% au 4ème cycle, principalement attribuées à la perte de poids des régimes (Rukazambuga et al. 1998, Cité par Vinatier, 2010).

III- Matériels et méthodes

Nous avons utilisé, pour effectuer le diagnostic agro-écologique des systèmes de culture à base de plantain, une approche de type enquête-diagnostic (Delvaux et Perrier, 1990). Celle-ci a été appliquée à un échantillon de parcelles représentatives de la variabilité des pratiques culturales dans la zone pédo-climatique principale pour la culture du bananier plantain en Guadeloupe. Elle a consisté à recueillir sur ces parcelles un ensemble d'informations concernant les pratiques culturales, à collecter des échantillons de sol et plante destinés à des analyses physiques, chimiques et biologiques et à effectuer des observations et mesures sur le bananier.

3.1 Sols et climat de la zone d'étude

Nitisols et Ferralsols (WRB, classification FAO), ce sont des sols développés sur matériau volcanique, sol argileux où les minéraux argileux dominant sont l'halloysite et la kaolinite. L'altitude de la zone étudiée est $< 150\text{m}$. Le climat de la Guadeloupe est de type tropical humide, d'où une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 2000 et 3000 mm et une température moyenne est de 27°C .

3.2- Période d'échantillonnage

La période effective d'échantillonnage a été étalée entre la première semaine du mois de février et la dernière semaine du mois de mars 2012.

3.3- Choix des parcelles

Les travaux de Ogisma (2011) nous ont permis d'établir une typologie des modes de conduite de la culture du bananier plantain reposant sur le système de culture pratiqué et le niveau d'utilisation des intrants chimiques. Nous avons sélectionné des parcelles représentatives des principaux modes de conduite identifiés (tableau 1).

Tableau 1 : Mode de conduite des parcelles sélectionnées

Mode de conduite	Systèmes de culture	Niveau Intrants chimiques *	Nombre Parcelles
1a	Parcelles pérennes (>3 ans)	Fort	2
1b		Faible	1
2a	Monoculture banane	Fort	6
3a	Rotation Banane/Ananas	Fort	5
4a	Système banane/jachère	Forte	7

*Si somme du nombre d'applications d'engrais et de pesticides > 5, alors niveau fort, sinon niveau faible

Les parcelles échantillonnées devaient répondre aux critères suivants :

- ❖ Contenir au moins 5 bananiers au stade fleur-mains-femelles découvertes. En effet ce stade de développement est imposé par le protocole d'analyse foliaire standard international (Martin-Prével, 1980). Ce stade permet également une mesure facile et standardisée des indicateurs de productivité du bananier (circonférence du pseudo tronc, nombre de doigts du régime). Les limites tolérées sont d'une part la sortie de l'ensemble de doigts, permettant d'en compter le nombre, et d'autre part le début de la phase de remplissage des fruits. En effet lors du grossissement des fruits un transfert de nutriments a lieu depuis les feuilles vers les fruits (Lahav, 1995) modifiant ainsi les teneurs foliaires mesurées. Remarquons qu'à partir du stade de floraison, le plant ne produit plus de nouvelles racines, et que sa hauteur demeure constante jusqu'à la récolte (Carlier et al, 2002). La circonférence du pseudo tronc peut, elle, diminuer de près de 10% durant la période de maturation entre la floraison et la récolte (Yamaguchi et Araki, 2004). Le stade de floraison récente est considéré comme approprié et facilement standardisable pour l'échantillonnage et l'évaluation des dégâts causés par les nématodes (Gold et al. 1994). Il correspond de plus au stade reflétant au mieux l'effet des nématodes durant la période de croissance (Gold et al, 1994).
- ❖ Présenter des bananiers appartenant au même type de variété. En effet l'étude de phénomènes en milieu naturel a pour inconvénient majeur l'impossibilité de mesurer et contrôler toutes les conditions du milieu (Geoffroy, 2006). Dans le but de diminuer la variabilité incontrôlée, nous avons choisi de nous concentrer sur les variétés de type « french ». Outre sa prédominance et très large répartition géographique, le choix de ce

type de variétés fut motivé par sa reconnaissance aisée. Mais il n'a pas été possible de trouver des parcelles pérennes avec cette même variété, la variété « *dominico harton* » appartenant au type Faux Corne qui a des doigts plus gros et plus longs que ceux des bananiers du type *french* a été échantillonné sur les trois parcelles pérennes.

3.4- Les données collectées

Les données récoltées peuvent être classées dans cinq grandes rubriques:

- ❖ Les données relatives aux pratiques culturales ;
- ❖ Les données relatives à l'estimation de la productivité;
- ❖ Les données relatives au facteur pédologique ;
- ❖ Les données relatives à l'état sanitaire de la culture;
- ❖ Et les données relatives à l'état nutritionnel des bananiers.

3.4.1- Pratiques Culturelles

Dans le but de déterminer les pratiques culturales et d'en établir une typologie, un questionnaire (Annexe 1) a été soumis aux planteurs lors des entretiens. Celui-ci portait sur les questions suivantes :

- ❖ Date de plantation ;
- ❖ Précédent cultural et historique de la parcelle ;
- ❖ Type préparation du sol ;
- ❖ Matériel végétal utilisé à la plantation ;
- ❖ Apports d'amendements (Organiques et minéraux), d'engrais et de pesticides.

3.4.2- Le rendement de la parcelle

a) Une donnée difficile à obtenir du planteur

La quantification de la production d'une bananeraie n'est pas aisée. Le planteur de banane plantain ne note que très rarement le poids des régimes récoltés par parcelle. Les bananiers d'une parcelle ne sont en effet pas tous au même stade de développement et la récolte des régimes est donc continue au cours de l'année. Le rendement d'une parcelle de bananier est d'autre part difficile à déterminer par voie d'enquête (Perrier et Delvaux, 1991) car : i) le stade d'échantillonnage ne correspond pas forcément au stade de récolte (voir point 3.2.2 .1), le rendement est une mesure de production par unité de surface et de temps, la détermination des

poids des régimes nécessite de nombreux passages successifs sur la parcelle. Afin d'obtenir de manière correcte et précise le poids de chaque régime récolté, la présence permanente sur le terrain d'un observateur serait nécessaire (Wairegi, 2009).

Par conséquent, le recours à un estimateur de la production est indispensable. Le nombre de doigts du régime peut être considéré comme un estimateur du potentiel de production du bananier fixé lors de la différenciation florale (Delvaux et al. 1990). Il ne prend cependant pas en compte les variations possibles de remplissage du fruit au cours de son développement, variations qui peuvent, sous certaines conditions, biaiser sensiblement l'estimation du poids du régime à la récolte (Perrier et Delvaux, 1991). La circonférence du pseudo tronc est donc également utilisée (Delvaux et al. 1986 ; Dorel et Perrier, 1990), ce paramètre étant reconnu comme hautement corrélé au rendement (Lossois, 1963 ; Dorel, communication personnelle). Lassoudière (1989) utilise la circonférence couplée à une évaluation visuelle des régimes. Dans certains cas encore, il fait appel à des estimations des paysans eux-mêmes (Rufino, 2003 ; Wortmann et al. 1993), éventuellement couplée à une observation de terrain (Wortmann et al, 1994).

Dorel et Perrier (1990) remarquent que la circonférence du pseudo tronc et le nombre de doigts du régime sont assez bien corrélés, mais ne répondent pas de la même façon aux contraintes de l'environnement (altitude, sol, climat). Les auteurs indiquent que l'analyse des variations du nombre de doigts est d'une interprétation plus délicate que celle de la circonférence. Le nombre de doigts est en effet fixé durant la différenciation florale et s'élabore donc sur une période plus courte contrairement à la circonférence, qui intègre l'effet des conditions de croissance sur l'ensemble de la phase végétative.

Une enquête, menée au Nord-Ouest de la Tanzanie (Yamaguchi et Araki, 2004), rapporte une corrélation très étroite entre le volume du pseudo-tronc et les poids de régimes mesurés. Smithon et al (2001) indiquent quant à eux que les rendements ($t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$), sont mieux corrélés au nombre de feuilles ($r^2=0,75$) qu'à la circonférence ($r^2=0,46$). Ssali et al. (2003) reportent une corrélation importante ($r^2=0.92$) entre le nombre de mains et le poids des régimes. Malgré l'importance de ce paramètre, l'estimateur de production n'est donc pas unanimement partagé par la communauté scientifique.

b) La recherche d'estimateurs

Le rendement d'une parcelle peut se décomposer de la manière suivante :

$$\text{Rendement (t/ha/an)} = \text{Nombre de pieds-mère/ha} * \text{Nombre de Cycles de production/an} * \text{Poids moyen des Régimes}$$

Nombre de pieds-mère/ha

Nombre de pieds-mère/ha = $10\ 000 / (X \cdot Y)$

Avec X = distance moyenne entre deux bananiers sur une même ligne

Et Y = distance moyenne entre deux lignes de bananier.

Poids du régime

Nous avons cherché à établir un modèle linéaire permettant d'évaluer le poids du régime à partir du nombre de doigts et de la circonférence à 1 m du sol. Nous avons pour ceci mesuré ces trois paramètres sur 50 bananiers. Un modèle linéaire a ensuite été établi en utilisant le logiciel XLStat.

Nombre de cycle de production/an

Le nombre de cycle de production/an ou longueur du cycle est lié (i) à la variété, (ii) à la température, (iii) à la nutrition minérale et hydrique (Dorel et al, 2008 ; Damour et Dorel, 2012). Nous avons fait l'hypothèse d'une valeur moyenne de 12 mois.

3.4.3- Propriétés physiques du sol

Dans chaque parcelle échantillonnée, à 50 cm de chaque bananier sélectionné (pied porteur), dans l'interligne, 3 cylindres métalliques (ouvert aux deux extrémités et de 5 cm de hauteur) de 100 cm^3 de sol ont été prélevés pour la mesure de la densité apparente. Les cylindres sont délicatement enfoncés dans la couche de sol. L'échantillon est en ensuite prélevée en creusant autour du cylindre à l'aide d'un couteau et l'excès de sol aux deux extrémités est ensuite enlevé avec le couteau. Le sol a été par la suite mis dans une mallette refermable. Des prélèvements de mottes de terre ont été également effectués pour mesurer la porosité et la rétention de l'eau à pF 2 et pF 4.2.

3.4.4- Echantillonnage Foliaire

Les analyses de sol fournissent une mesure de la disponibilité des nutriments pour les plantes mais pour la détermination du statut nutritionnel d'une plantation, leur interprétation doit être complétée par des analyses foliaires, celles-ci permettant de contrôler l'absorption des différents nutriments par les plantes (Delvaux, 1995) (Lahav, 1995). De nombreux facteurs affectent la concentration en nutriments présente dans les tissus des végétaux : nature de l'organe,

saison, cultivar, climat, maladies, etc. Comme il est impossible de contrôler l'ensemble de ces facteurs, il est important d'utiliser les méthodes d'échantillonnage standardisées (Lahav, 1995)

La feuille 3 de chaque bananier échantillonné a été prélevée. A mi-longueur, un morceau de nervure de 10 cm est découpé, et le limbe déchiré en suivant les nervures secondaires. Le limbe de chaque côté de la nervure principale a été découpé et divisé en deux parts de tailles identiques : la partie « interne » (correspondant à la référence internationale ; Martin-Prével, 1980). La partie interne a été emballée séparément par bananier et par parcelle. Elles ont ensuite été séchées dans un four à 60°C pendant plusieurs jours avant de faire l'objet d'analyses minérales au laboratoire du CIRAD à Montpellier.

3.4.5- Etat Sanitaire du bananier

a) Echantillonnage Racinaire

Le prélèvement des racines a été réalisé sur chaque bananier échantillonné en creusant un trou de dimension standard (20*20*20Cm) avec une bêche plate entre le pied porteur et le rejet le plus développé en direction de l'extérieur. Ces racines ont été mises séparément dans des sachets en polyéthylène. Elles ont été scannées par plant avec le logiciel Winrhizo pour une estimation des nécroses racinaires. Ces racines ont été également servies pour le comptage des populations de nématodes effectué au laboratoire de nématologie du CIRAD.

b) Population de charançons

Pour estimer la population de charançons présente sur les parcelles, un piège à phéromone (Cosmolure) a été mis au centre de chaque parcelle échantillonnée. Les pièges ont été relevés après 30 jours.

3.4.6- Observations des symptômes foliaires

a) Carences nutritionnelles

Tous les bananiers se trouvant sur les parcelles échantillonnées ont fait l'objet d'observation particulière sur les symptômes dus à des carences nutritionnelles susceptibles d'y apparaître. Une carence ou un excès à certains éléments nutritifs provoque des changements de couleurs au niveau des feuilles ou d'autres organes de la plante.

Carence en Azote (N) : coloration rouge des marges pétiolaires, puis un jaunissement général du bananier.

Carence en Calcium (Ca) : les premiers symptômes de carence sont des plages blanches en boutonnière sur les plantes jeunes et des chloroses en dents de scie sans caractères de continuité sur les plantes adultes. Elles passent du jaune pâle au brun pourpre avec le vieillissement de la feuille.

Carence en Magnésium (Mg): décoloration terne du feuillage, jaunissement débutant dans la partie externe des feuilles, un liseré vert subsistant sur la bordure (symptôme de « chlorose magnésienne »). Dans certains types de sols, les sols ferralitiques notamment, ces symptômes de chlorose s’accompagnent de marbrures au niveau des pétioles (symptôme du « bleu magnésien »).

Carences en Potassium (K): symptômes apparaissent principalement au stade fleur pointant. Fanaison rapide des feuilles les plus âgées qui prennent une couleur jaune orangé caractéristique tandis que leur extrémité se dessèche et se recourbe en crosse.

Carence en Phosphore (P) : son absence ou sa raréfaction entraîne le nanisme et le vieillissement prématuré. La carence rare est forte.

Toxicité manganique (Mn): elle se caractérise par un noircissement du bord des limbes évoluant en nécroses. Elle s’observe généralement sur les sols les plus évolués (sols à halloysite, sols ferralitiques) dans des conditions de pH acide (inférieur à 5,5), de mauvais drainage ou de sol compacté.

Tableau 2: Références analyse foliaire bananier groupe Cavendish (d’après Marchal)

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Cl %
Déficience	1,6 - 2,1		1,3 - 2,6	0,15	0,25 <	< 0,12	
Optimum	2,7 - 3,6	0,15- 0,27	3,2 - 4,2	0,66 –1,20	0,27– 0,60	0,16 –0,30	0,9 – 1,5
Excès							> 2,5



Photo 1: Carence en Potassium



Photo 2: Carence en Magnésium



Photo 3: Carence en Mg

b) Cercosporiose

Les cercosporioses (Jaune et noire) sont des maladies fongiques causées par des champignons ascomycètes du genre *Mycosphaella*. La cercosporiose noire, la plus grave, provoquée par *Mycosphaella fijiensi*, n'était pas présente en Guadeloupe au moment de l'échantillonnage. Les plantains sont généralement résistants à la cercosporiose jaune (*M. musicola*) mais en condition de stress abiotiques forts, *M. Musicola* peut occasionner des nécroses foliaires sur le plantain.

3.4.7- Informations Complémentaires

Des informations d'ordre général ont été récoltées pour chaque ferme. Il s'agit des coordonnées géographiques, mesurées avec un GPS (Garmin) précision d'environ 10 m) de la pente et l'orientation (Annexe 2). Des données sur l'état de la surface de chaque parcelle ont été recueillies. Ces données concernent le taux de paillis et d'adventices des différentes parcelles échantillonnées.

3.5- Analyses de laboratoire

a) Mesure sur cylindres de sol non remanié

Le poids frais (PF) du sol recueilli dans chaque cylindre a été mesuré. Par la suite le sol est séché à l'étuve 105^{0c} pendant au moins 48 heures afin de déterminer son poids sec (PS). Les calculs suivant ont été ensuite effectués :

- ❖ Connaissant le volume de sol recueilli (100 Cm³) et sa masse sèche PS (g), la densité apparente du sol échantillonné (Da) a été calculée (g/cm³) $Da = PS / 100$
- ❖ La teneur en eau pondérale du sol (W) = (PFs – PS)/PS (g/g);
- ❖ L'indice de vide (Iv) = Volume de vide / Volume de solide = densité réelle/densité apparente) – 1 (avec Densité réelle = 2.75 pour les sols étudiés (Dorel et al. 2001)
- ❖ L'indice d'eau (Ie) = Volume d'eau/Volume de solide = Teneur en eau*Densité réelle
- ❖ L'indice d'air (Ia) = Volume d'air/Volume de solide = Iv – Ie

Teneur en eau à pF2 et pF4.2

Le potentiel hydrique des échantillons a été fixé au moyen d'un dispositif d'ultrafiltration (mis au point par Tessier et Berrier) pour pF2 et d'une presse à membrane (Appareil de Richards) pour pF4. Nous avons considéré que pF2 correspondait au potentiel hydrique du sol à la capacité au champ, pF4.2 correspond au potentiel hydrique du sol au point de flétrissement permanent des plantes.

Le temps de mise en équilibre des échantillons (mottes centimétriques) a été de 7 jours pour pF2 et 4 jours pour pF4.2. Une fois l'équilibre atteint, les mesures suivantes ont été faites sur les échantillons de sol:

- ❖ Détermination du poids frais ;

Détermination du poids sec après un séchage de 48 h à l'étuve 105°. La teneur en eau utile du sol a été par la suite calculée comme la différence entre la teneur en eau à pF2 et pF4.2.

3.5.2- Analyses Foliaires

Les échantillons foliaires ont été mis à l'étuve à 60°C pendant plusieurs jours. Au laboratoire du CIRAD à Montpellier, ils ont ensuite été broyés, puis minéralisés dans un mélange d'acide sulfurique et sélénique. L'azote et le phosphore ont été déterminés par colorimétrie. Le potassium, le calcium, le magnésium et le zinc ont été déterminés à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique

3.5.3- Analyse d'image des racines

Les racines ont été scannées telles qu'elles ont été prises sur le terrain, dans un premier temps, pour estimer le taux de nécrose externe. Dans un second temps, elles ont été coupées de façon longitudinale pour estimer le taux de nécrose interne. Trois classes de couleur ont été définies avec le logiciel :

- ❖ La première pour définir la couleur du fond de l'image (fond bleu);
- ❖ La deuxième pour définir la couleur des nécroses racinaires ;
- ❖ Et la dernière pour définir la couleur de la racine saine.

L'analyse des images a permis de déterminer les superficies totale, nécrosée et saine des racines. Le taux de nécrose racinaire a été calculé par la formule suivante : $(\text{Surface Nécrosée} * 100) / \text{Surface Totale}$

3.5.3- Analyse nématologique des racines des bananiers

Le nombre de nématodes phyto-parasites contenu dans les racines des bananiers échantillonnés a été évalué après brumisation au laboratoire du CIRAD (Station de Neufchâteau. Le comptage des nématodes des racines des bananiers s'étalent sur une gamme de valeurs très large allant de 0 à 400 000 individus. Afin de réduire la gamme de variation, nous avons choisi d'effectuer une transformation en logarithme de cette variable.

3.6-Analyse statistique des données

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel XLstat.

Les effets du type de système de culture et du travail du sol ont été testés par analyse de variance (ANOVA) au niveau du risque de 5%. L'analyse de variance a été complétée par le test de comparaison multiple des moyennes de Newman-Keuls qui permet de former des groupes homogènes.

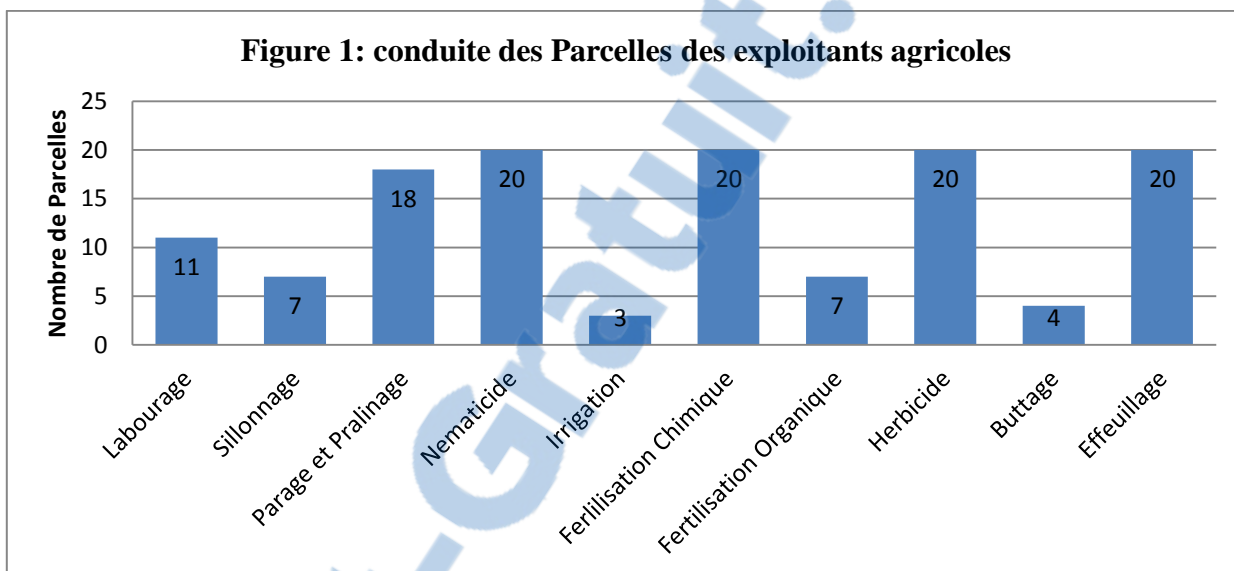
Des régressions linéaires ont été effectuées afin d'expliquer par certaines variables telles que le poids du régime ou le taux de nécroses des racines.

Des analyses en composantes principales (ACP) ont été aussi réalisées afin d'effectuer une analyse exploratoire de l'ensemble du jeu de données et d'identifier globalement les corrélations entre les différentes variables.

IV- Présentation des Résultats

4.1-Pratiques culturales

Lors de l'entretien avec les planteurs, les questions ont porté sur la conduite des cultures et l'entretien des parcelles. La figure 1 nous montre les différentes opérations culturales depuis la préparation de sol jusqu'à la récolte. Le choix des opérations dépend du niveau économique des planteurs.



Quatre opérations sont pratiquées sur 20 des 21 parcelles échantillonnées: la fertilisation chimique (au moins 3 applications d'engrais par cycle), le désherbage chimique (au moins 3 applications d'herbicides), l'application de produits mixte nématicide-insecticide pour lutter contre les nématodes et les charançons et l'effeuillage (ablation des feuilles sénescentes).

4.2- La productivité des Parcelles

4.2-1- Construction d'un modèle linéaire pour l'évaluation du poids du régime

Nous avons d'abord recherché la relation entre le poids du régime et le nombre de doigts. Nous avons pu établir un modèle linéaire simple d'équation :

$$\text{Poids Régime} = 1.2711 * \text{nombre de doigts} + 55.32 \text{ avec } R^2 = 0.49 \text{ (équation 1)}$$

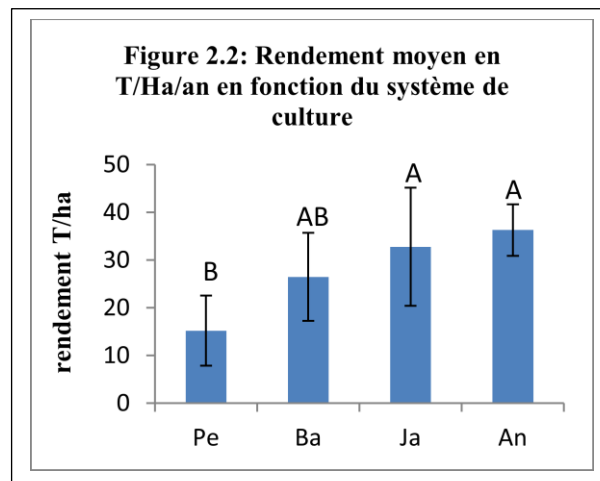
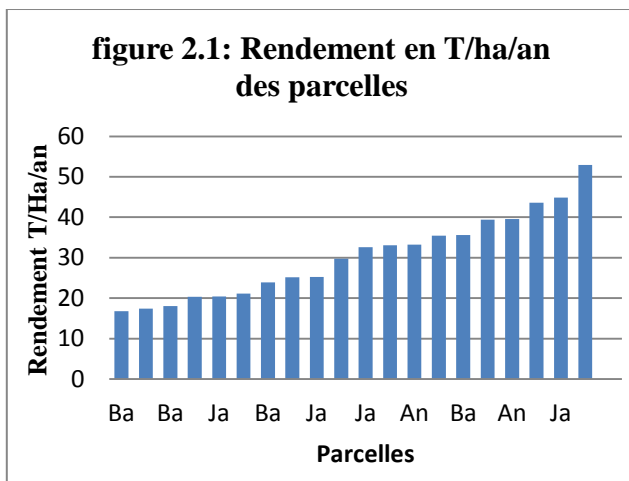
Une régression linéaire multiple a été effectuée afin d'évaluer si le poids du régime pouvait être estimé plus précisément à partir du nombre de doigts et de la circonférence du bananier. L'intégration de la circonférence et du nombre de doigts dans un modèle linéaire

multiple permet d'améliorer la prédiction du poids du régime R^2 (0.81) en le calculant à partir de l'équation 2 :

$$\text{Poids (Kg)} = 0,128 * \text{Nombre de Doigts} + 0,667 * \text{Circonférence (Cm)} - 29,224 \text{ Avec } R^2 = 0.81$$

4.2.2- Les rendements estimés

L'équation 2 nous a permis de calculer le poids du régime et d'estimer le rendement pour chaque parcelle échantillonnée. Le rendement estimé des différentes parcelles échantillonnées est présenté dans la figure 2.1. Il varie de 7 à 52 T/ha/an. Afin d'obtenir, pour chaque parcelle, un estimateur de performance par unité de surface, le poids d'un régime est multiplié par le nombre de régimes récoltés. Les parcelles en précédent ananas (36,314 t/ha/an) ont un rendement moyen beaucoup plus élevés que les 3 autres précédents culturaux mais cette différence est significative seulement avec les parcelles pérennes (figure 2.2).



Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes.

Le rendement des parcelles labourées est significativement différent de celles non labourées (Tableau 3). Cela pourrait s'expliquer par une meilleure rétention et circulation de l'eau de ces sols.

Tableau 3 : Rendement des parcelles labourées et non

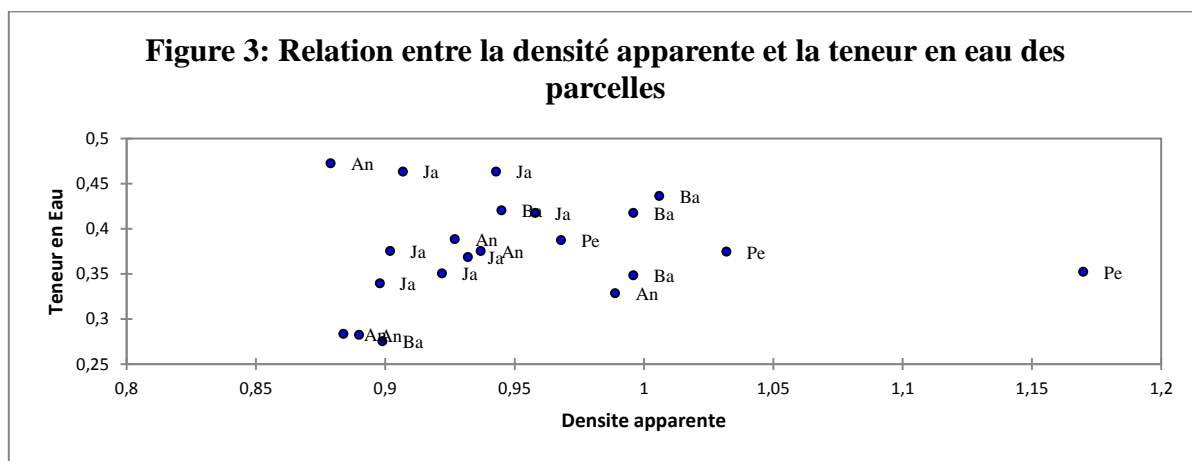
Paramètres	Rendement moyen en T/ha/an *
Parcelles labourées	36,025 a
Parcelles non labourées	24,285 b
Pr > t	0,014

* *Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes*

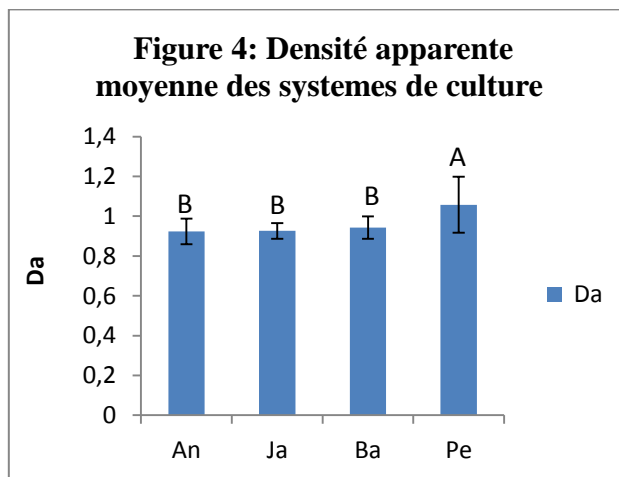
4.3-Données pédologiques

4.3.1- Densité Apparente

La relation entre la densité apparente, la teneur en eau et la porosité des sols des parcelles échantillonnées est présentée dans la figure 3. La densité apparente des sols varie 0.879 à 1.17 g/cm³. La densité apparente tend à augmenter lorsque la teneur en eau du sol diminue (retrait à la dessiccation) Les fortes densités apparentes ont été observées sur des parcelles non travaillées depuis quelques années et surtout sur des parcelles très pierreuses. Les parcelles pérennes présentent une densité apparente plus enlevée que les autres précédents culturaux (figure 3), cela pourrait s'expliquer du fait ces parcelles ont été labourées depuis plus de 3 ans.



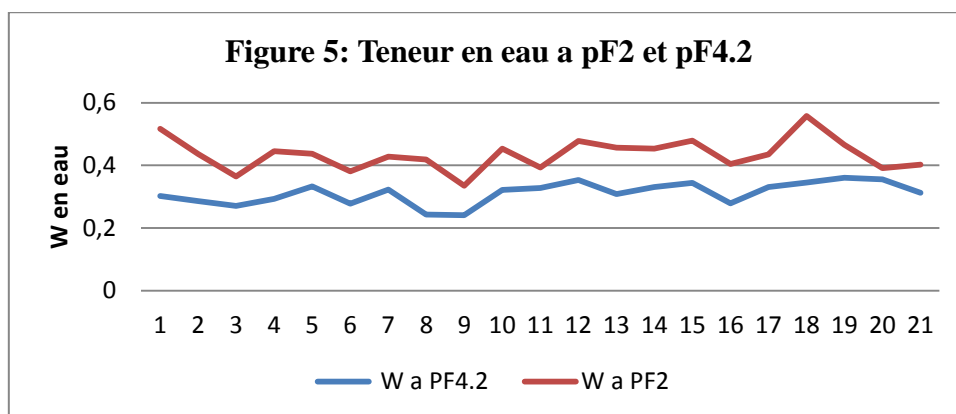
La figure 4 montre que la densité apparente des parcelles Pe est significativement supérieure à celle des parcelles An, Ja et Ba. Ces parcelles se caractérisent toutes par une absence de travail du sol.



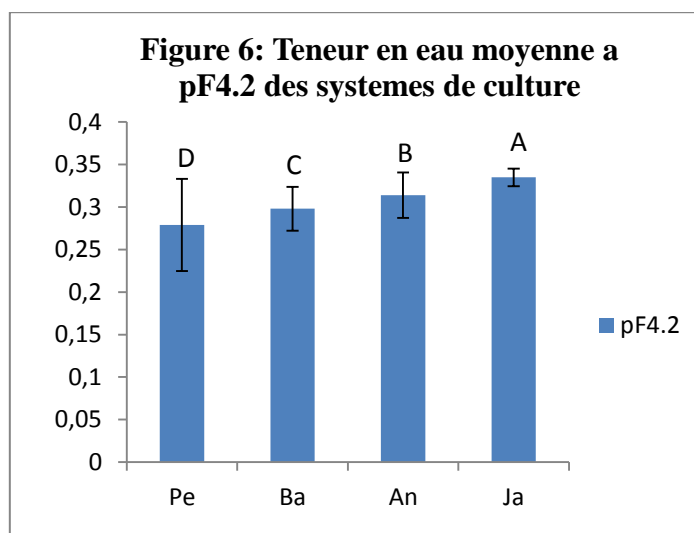
Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes

4.3.2- Teneur en eau à pF2 et pF4.2

La figure 5 montre que pour les différentes parcelles échantillonnées, la teneur en eau à pF 2 est comprise entre 0,335 à 0,558 g/g et que la teneur en eau à pF4.2 est comprise entre 0,241 à 0,360 g d'eau/g de sol. La différence entre la teneur en eau à pF2, à pF4.2 représente la teneur utile en eau des sols des parcelles échantillonnées. Celle-ci varie entre 0,036 et 0,215 g d'eau/g de sol.



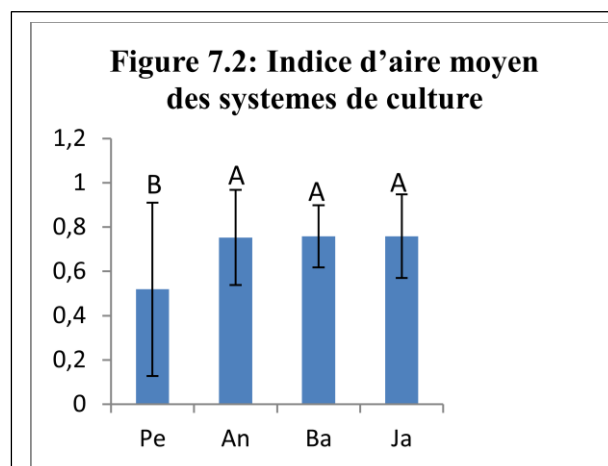
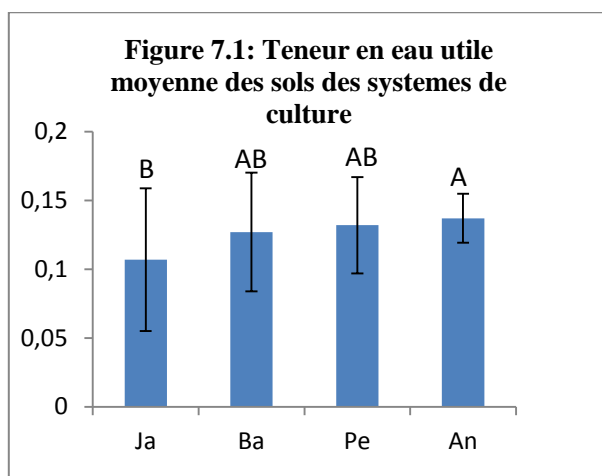
La teneur en eau à pF2 ne montre pas de différences significatives d'un système de culture à l'autre. Par contre à pF4.2, on observe des différences significatives entre les systèmes de culture (Figure 6).



Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes

La teneur en eau utile moyenne des précédents cultureux est différente d'un précédent à l'autre mais cette différence n'est significative qu'entre les parcelles en précédent jachère et en ananas (figure 7.1). Les parcelles en précédent ananas ont une réserve en eau moyenne très

importante. L'indice d'air à pF 2 peut être considéré comme un indicateur de la macroporosité du sol. Celui-ci est significativement plus faible sur les parcelles pérennes (figure 7.2).



4.4.3- Effet du travail du sol sur les propriétés physiques du sol

Le tableau des résultats des ANOVA (Tableau 4) nous montre la différence des propriétés physiques des sols des parcelles labourées et non. L'indice des vides et l'indices d'air sont significativement supérieurs dans les parcelles labourés. La teneur en eau à pF 4.2 et la teneur en eau utile sont également plus élevées dans ces parcelles. Les autres paramètres physiques ne varient pas en fonction du travail du sol.

Tableau 4: Influence spécifique du travail du sol sur les propriétés physiques du sol

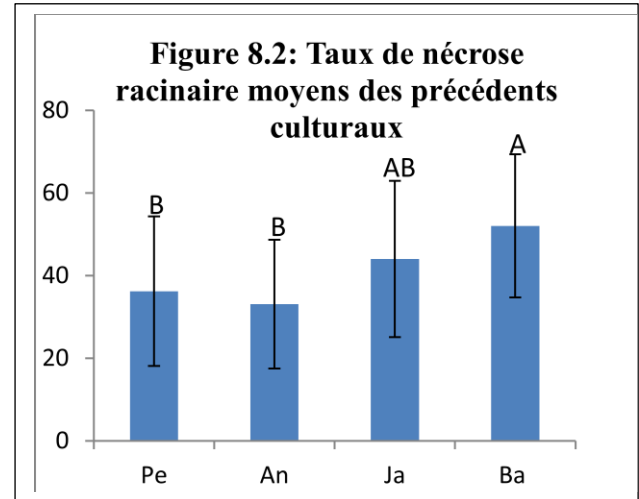
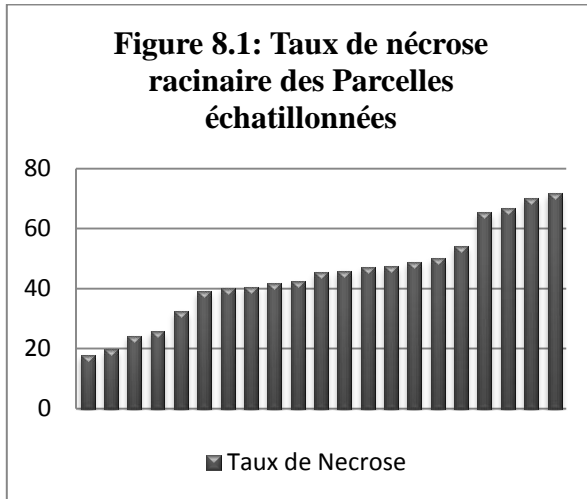
Paramètres	W à pF2	W à pF4.2	W utile	Indice d'air	Indice de vide	Indice d'eau
Parcelles labourées	0,435 a	0,321 a	0,131 a	0,783 a	1,978 a	1,196 a
Parcelles non labourées	0,435 a	0,304 b	0,113 b	0,678 b	1,874 b	1,195 a
Pr> t	0,098	0,009	0,032	0,024	0,025	0,980

4.4- Etat Sanitaire de la plante

4.4.1- Taux de nécroses des racines

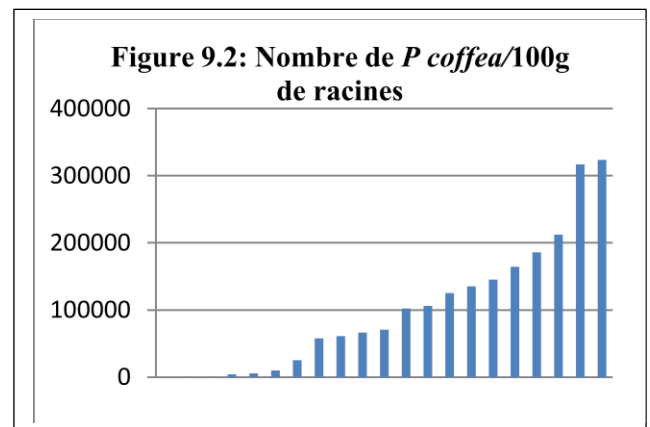
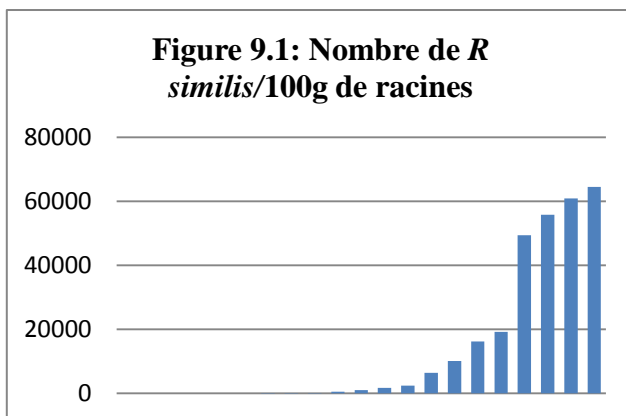
Le taux de nécrose varie entre 17,62 % à 73,68 % pour les différentes parcelles (Figure 8.1). Les parcelles en précédent ananas et les parcelles pérennes présentent un taux de nécrose

plus faible que les autres catégories de parcelles (Jachère, Banane) la différence est significative seulement avec les précédents banane (Figure 8.2).



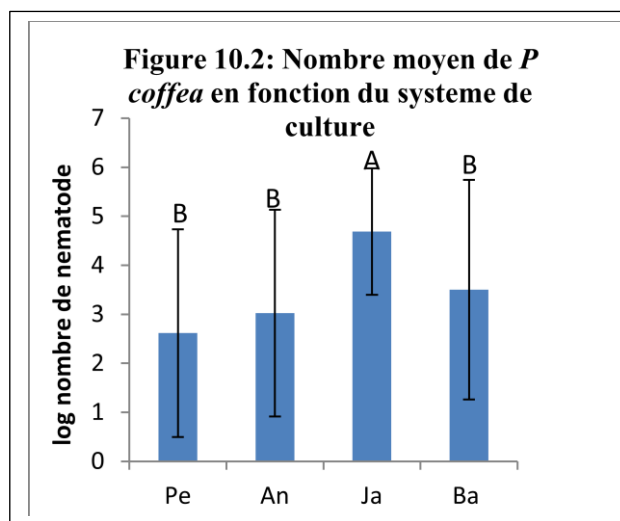
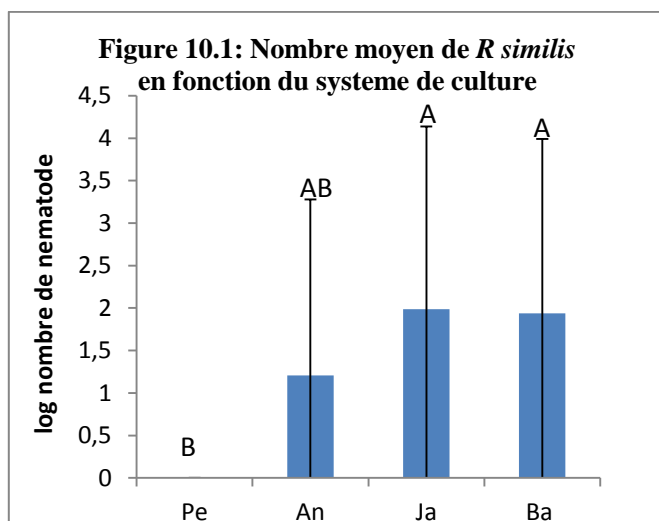
4.4.2- Comptage des nématodes

L'analyse nématologique montre la présence de différentes espèces de nématodes au sein des différentes parcelles échantillonnées. Elles sont au nombre de 5 à savoir : *Rotylenchus reniformis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus coffea* et *Radopholus Similis*. Ces deux dernières espèces (*Pratylenchus coffea* et *Radopholus Similis*) sont les plus abondantes des parcelles échantillonnées et plus nuisibles sur bananiers plantains. *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffea* sont présents respectivement sur 71% et 95% des parcelles échantillonnées. Ils sont en cohabitation sur 66% des parcelles (Figure 9.1 et 9.2).



Les figures 10.1 et 10.2 nous montrent le nombre moyen de *R similis* et de *P coffea* en fonction du système de culture. Pour les *R similis*, les parcelles pérennes ont une moyenne plus faible que les autres et sont significativement différentes de celles en précédent jachère et banane

(figure 10.1). Il y a aucune différence entre les parcelles pérennes et en précédent ananas au seuil de 5% mais cette différence est significative au seuil de 10% ($Pr > |t|=0,060$). Pour les *P coffea*, les parcelles Ja ont une moyenne significativement plus forte que les parcelles Ba, An et Pe (figure 10.2).



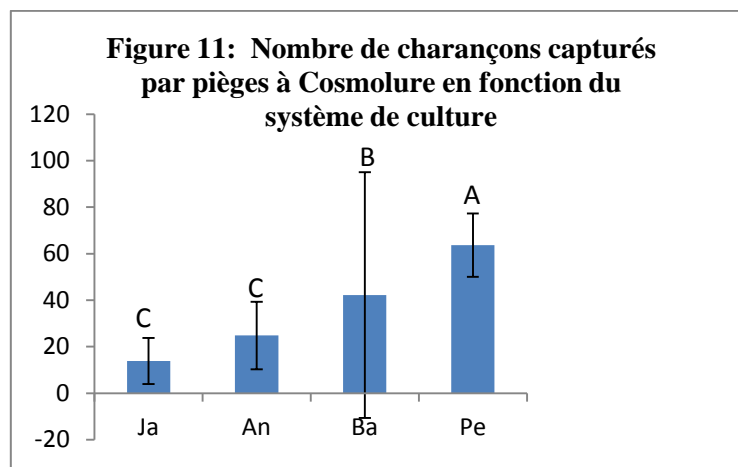
Les résultats des régressions linéaires (tableau 5) effectuées pour expliquer le taux de nécroses racinaires montrent que celui-ci n'est pas en relation directe avec l'abondance des différentes espèces de nématodes.

Tableau 5: Régression linéaire entre le taux de nécrose racinaire et les différentes espèces de nématodes

Espèces de nématodes	Pente de la droite de régression	Pr> (t)
<i>Radopholus. Similis</i>	-1,509	0,134
<i>Helicotylenchus multincinctus</i>	-0,381	0,704
<i>Meloidogyne sp</i>	-1,022	0,309
<i>Pratylenchus coffeae</i>	1,560	0,122
<i>Radopholus reniformis</i>	-0,524	0,601
<i>Hoplolaimus sp.</i>	-0,152	0,879

4.4.3- Population de Charançons

Le nombre de charançons capturés dans les pièges varie 1 à 142 (figure 11). Dans les systèmes Ja et An, le nombre de charançons capturés est significativement plus faible que pour les autres systèmes de culture.



Les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes

4.4.4- Cercosporiose

Les observations sur les bananiers des parcelles échantillonnées n'ont pas révélés de très grands problèmes de maladie fongiques. La cercosporiose jaune a été rencontrées sur une seule des parcelles échantillonnées (Photo 4). C'était une parcelle pérenne (10 ans de plantation) sans utilisation d'intrants chimiques.



Photo 4 : symptôme de cercosporiose sur SDC pérenne

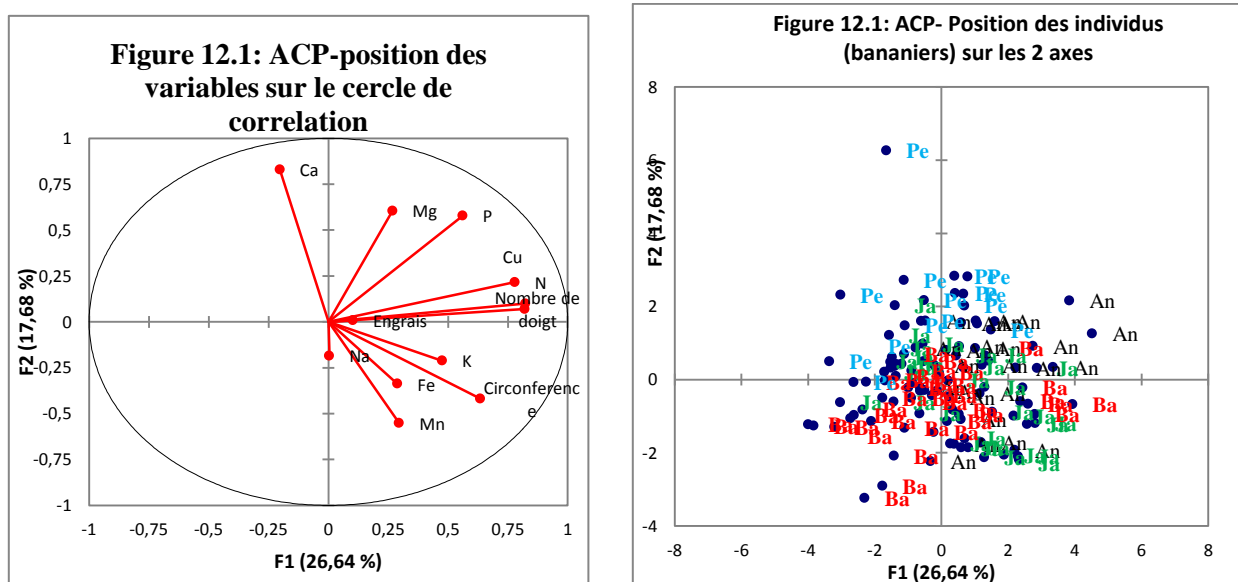
4.5- Données relatives au statut nutritionnel des bananiers

Dans le tableau 6 est présenté, par système de culture, le nombre de parcelles dont les teneurs foliaires présentent des déficiences en différents éléments nutritifs. Selon les normes du tableau 5, cinq parcelles en précédent jachère et quatre parcelles en précédent banane présentent des déficiences en Mg. Le calcium et l'azote sont également déficients dans les parcelles en précédents banane.

Tableau 6 : Valeurs, par systèmes de culture, du nombre de parcelles déficientes en certains éléments selon les références d'analyse foliaire bananier groupe Cavendish (d'après Marchal)

Eléments	Normes	Systèmes de Culture			
		Ananas	Pérenne	Jachère	Banane
N %	1,6 - 2,1	0	1	1	4
P %	< 0,155	0	0	1	0
K %	1,3 - 2,6	1	1	1	0
Ca %	0,15	1	0	4	4
Mg %	< 0,27	2	1	5	4

Afin d'explorer les relations entre l'état nutritionnel et la productivité des bananiers échantillonnés des différents systèmes de culture, une analyse en composante principale a été effectuée avec les variables suivantes : teneurs en N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, et Mn de la feuille, nombre de doigts du régime et circonférence du pseudo-tronc. La position de ces variables sur les axes 1 et 2 est présentée à la figure 12.1. La figure 12.2 donne la projection des bananiers des différentes parcelles échantillonnées sur le plan formé par les deux premiers axes. Les données relatives aux valeurs propres sont présentées en annexe.



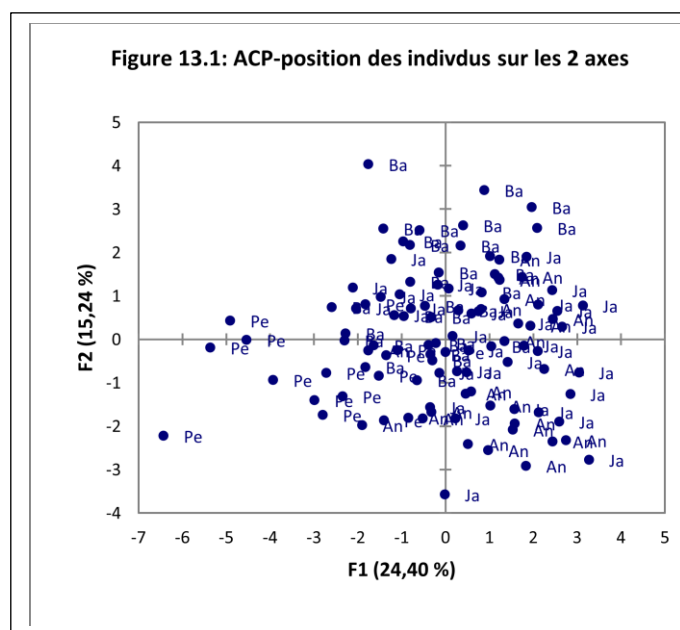
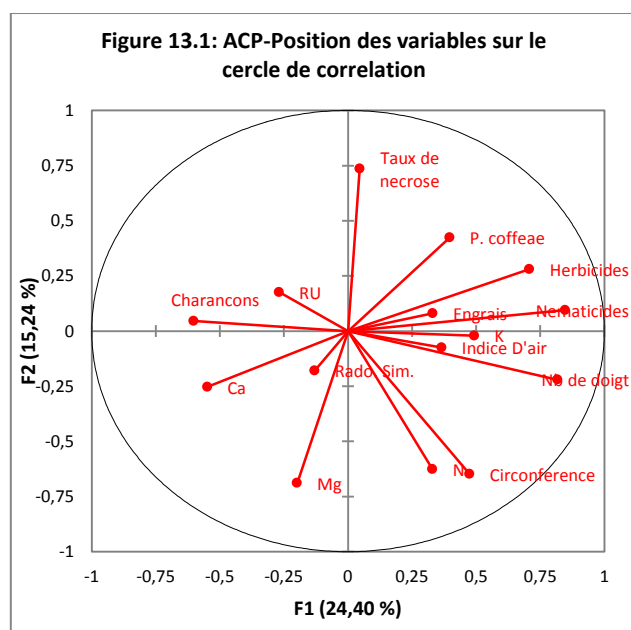
Les variables contribuant le plus sur l'axe 1 sont les indicateurs de productivité (circonférence et nombre de doigts du régime) et les teneurs foliaires en azote. Les parcelles An tendent à se distinguer sur l'axe 1 par une productivité et une nutrition azotée supérieures aux autres parcelles.

L'axe 2 est défini par une opposition entre les teneurs foliaires en Ca et Mg et les teneurs foliaires en Mn. Cet axe semble traduire les variations de l'acidité du sol avec une opposition

entre des teneurs élevées en Ca et Mg (associées à un pH élevé) et des teneurs élevées en Mn (qui s'observent sur les sols à pH inférieur à 5). Les parcelles Pe (Ca et Mg élevés, Mn faible) s'opposent sur l'axe 2 aux parcelles Ba (Mn élevé, Ca et Mg faible).

4.6- Analyse en composante principale de l'ensemble des données

Une ACP globale a été effectuée avec une sélection de variables constituant des indicateurs synthétiques de la productivité du bananier, de sa nutrition minérale, des caractéristiques physiques du sol, de la pression parasitaire au niveau du sol et des applications d'intrants chimiques: Circonférence, nombre doigt, charançon, N, K, Ca, Mg, engrais, nématicides, herbicides, taux de nécroses racinaires, indices d'air, eau utile, *R similis*, *P coffea*. Les données relatives aux valeurs propres sont présentées en annexe.



Les variables contribuant le plus sur l'axe 1 sont des indicateurs d'utilisation d'intrants chimiques (engrais, herbicide et nématicides) et de productivité (nombre de doigts) s'opposant aux teneurs en Ca de la feuille et aux niveaux des populations de charançon. Les parcelles pérennes se distinguent sur l'axe 1 par des populations de charançon et des teneurs en Ca élevées.

L'axe 2 est défini par une opposition entre le taux de nécrose racinaire et les teneurs foliaires en Mg et N. Les parcelles Ba (Taux de nécrose élevé, Mg et N faible) s'opposent sur l'axe 2 aux parcelles An (taux de nécrose faible, Mg et N élevées). Les parcelles An et Ja tendent à se distinguer sur les deux axes par une productivité et une nutrition azotée supérieures aux autres parcelles.

V- Discussions

5.1- Effets des pratiques culturales sur le rendement des parcelles

Les rotations ont une influence sur le rendement des parcelles, les parcelles en précédent ananas ont un rendement nettement supérieur aux autres précédents. Le choix des systèmes de culture et de son itinéraire technique joue sur le rendement des bananiers et dépend des moyens économiques des planteurs. L'ananas étant une herbe pérenne exigeante en azote et en potasse (Bernard, 2009), les reliquats d'engrais chimiques apportés à la culture précédente sont favorables au développement des bananiers fraîchement plantés, ce qui augmente considérablement leur rendement.

Le rendement moyen à l'hectare de toutes les parcelles échantillonnées est de 29T/ha/an. Le rendement est largement supérieur à celui rencontré en Haïti 16T/ha/an (Frégun, 2005), en République dominicaine 22T/ha/an (CEDAF, 2002), en Côte d'Ivoire 27T/ha/an (Kouassi Koofi, 2005), à Cuba 12t/ha/an (Koné et al, 2004). Cette augmentation de rendement est due au système de culture pratiqué ici en Guadeloupe basé sur une forte utilisation d'intrants chimiques, une mécanisation lourde et une monoculture intensive à forte densité de plantation. L'apport de l'engrais chimique compense les carences en éléments chimiques apportés par les précédents culturaux. Dans les autres pays tropicaux producteurs de plantain, la culture se fait de façon traditionnelle en association avec d'autres vivrières ou comme plante d'ombrage pour les cultures caféières et cacaoyères. Ce qui fait augmenter considérablement la distance de plantation du plantain et fait chuter le rendement.

En Guadeloupe, la densité moyenne de plantation est de $10\ 000\ m^2 / 6\ m^2 = 1666$ pieds/ha et ne concorde pas avec celle trouvée dans la littérature qui est de $10\ 000 / 8,85\ m^2 = 1129$ pied/ha en Haïti (Frégun, 2005) et $10\ 000 / 9\ m^2 = 1111$ pieds/ha en Colombie (Rodríguez Saavedra et al. 1999). Les parcelles qui présentent les distances moyennes de plantation les plus élevées ont un rendement plus faible. Ces distances importantes font chuter fortement la productivité moyenne lorsqu'exprimée par unité de surface et de temps (7T/ha/an). La productivité par unité de surface y est peu variable. Mais pour les parcelles où les distances sont en moyenne faibles et les poids de régime en moyenne élevés, la productivité moyenne estimée exprimée par unité de surface et de temps atteint 52 t/ha.

5.2- Etat Sanitaire de la culture

a) Population de nématodes et le taux de nécrose des racines

Les espèces de nématodes dénombrées dans les différentes parcelles échantillonnées (*Rotylenchus reniformis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus coffea* et *Radopholus Similis*) confirment les résultats des différents travaux déjà effectués sur les bananiers plantains en Côte d'Ivoire (Adiko et Badou, 1999), au Rwanda (Sebasigari, 1990), à Cuba (Rodriguez et al, 1999). Les résultats nous montrent que le système de culture pérenne est dépourvu de *Radopholus similis*, mais le *P Coffea* est très présent. Cela s'explique du fait que ces parcelles, saines au départ, ont été emblavées avec des vitro plants. Ce résultat confirme les travaux de recherche de (Quénéhervé et Van den Berg, 2005) qui stipule que le *Radopholus similis* est une espèce exogène et le *P coffea* en est endémique. Les systèmes pérennes et ananas ont un nombre plus restreint de nématodes que les systèmes jachère ou banane même si cette différence n'est pas significative. L'effet des systèmes de culture sur nématodes est en contradiction avec les travaux de recherche de (Mateille et al, 1999) en Côte d'Ivoire qui montrent une suppression de *Radopholus similis* après une jachère d'*Asystasia gangetica* ou de *Chromoleana odorata* tout en utilisant des plants sains. L'utilisation par les planteurs de plants contaminés pourrait expliquer nos résultats. En effet l'effet assainissant de jachère ou de rotations culturales pourrait avoir été annihilé par l'introduction d'un inoculum de nématodes avec le matériel végétal utilisé pour la replantation des parcelles. De Wade et David (1998) ont montré dans une étude réalisée à Cuba que le *R Similis* et le *P coffea* ont été trouvés dans les racines du bananier plantain après une jachère de 28 mois mais les plants utilisés non pas été révélés. Il semble donc qu'il faille porter une attention particulière à l'état sanitaire du matériel végétal utilisé lors des replantations. L'utilisation de plants issus de fragments (méthodes PIF) ou de vitroplants permet de replanter avec un matériel végétal indemne de parasites.

Cependant la suppression définitive des nématodes dépend des espèces végétales présentes sur la parcelle pendant la jachère ou la rotation culturale. En effet, les plantes ont une capacité plus ou moins grande à favoriser la multiplication des nématodes allant de plantes assainissantes telles que les Crotalaires à des plantes à fort pouvoir multiplicateur tels que les niébés (Rapport Plan Banane Durable, 2010).

Les deux méthodes d'analyse utilisées à savoir la régression linéaire et l'analyse en composante principale ne nous ont pas permis de certifier que les nématodes les plus dangereux à

savoir *R similis* et *P coffea* sont responsables du taux de nécrose racinaire des bananiers échantillonnés. Il semblerait que d'autres paramètres ou d'autres pathogènes y sont aussi responsables.

b) Population de charançons capturés dans les pièges

Les systèmes de culture jachère et ananas ont une population de charançons très faible en comparaison aux autres systèmes. Cela pourrait s'expliquer par une forte utilisation d'intrants chimiques dans ces parcelles. La position de ces parcelles sur l'axe opposé de ACP réalisée mettre en évidence qu'une forte population de charançons peuvent réduire le rendement des parcelles.

Cependant le piégeage renseigne sur le niveau des populations. En effet, les pièges n'ont aucun effet sur les larves qui sont non seulement responsables des dommages à la plante, mais aussi source de réinfestation de la bananeraie. La présence de charançons sur la parcelle est seulement un indicateur de risque d'infestation mais ne nous renseigne pas sur le niveau d'infestation de la parcelle. Donc, il n'y a pas de relations directes entre populations capturés et dégâts.

Le décorticage paraît la solution idéale pour estimer les dégâts causés par les charançons sur les bananiers et est applicable toute l'année (Kehe, 1995). Cependant dans le cadre de notre travail, seule la période post récolte nous convenait et celle-ci ne correspondait pas à celle d'échantillonnage. Mais la chute prématurée et importante des pieds porteurs avant la récolte était très remarquée sur les parcelles dépourvue de tuteur. Cet indice ajouté aux charançons adultes capturés dans les pièges nous permet d'affirmer que les parcelles étaient bien infestées sans pouvoir l'estimer.

5.3- Influence spécifique du travail du sol sur les propriétés physiques du sol et le rendement

Les parcelles labourées ont une densité apparente plus faible que celles non labourées et cette différence est très significative. La réserve utile en eau des parcelles labourées est plus importante en comparaison à celles non labourées. Ce qui permet une meilleure utilisation par la plante de l'eau stockée. Cet effet est lié au développement du système racinaire. Grâce à une plus rapide et à une meilleure exploitation du sol par les racines, le réservoir d'eau mis à la disposition de la plante est plus important.

Les opinions des agronomes sur ce sujet divergent. Certains pensent que le travail du sol profond et, spécialement le labour, a des effets bénéfiques sur le sol et les cultures et devrait être généralisé. D'autres considèrent que ses effets ne sont pas assez importants et réguliers pour garantir les charges que cette technique entraîne chez les paysans. Ils notent aussi que le travail profond du sol peut avoir des effets néfastes sur une longue période, comme le développement de l'érosion et l'accélération de la combustion de la matière organique. Ils recommandent le non travail ou le travail minimum du sol.

Le travail du sol détermine plusieurs facteurs : la localisation initiale des résidus de récolte et il influence par conséquent la quantité de résidus laissés à la surface du sol (et la proportion restant dressée ou couchée), la quantité de matière organique fraîche incorporée, la profondeur d'incorporation et la distribution spatiale des résidus. Indirectement, la localisation initiale détermine donc les conditions physiques (température, humidité) auxquelles les résidus sont soumis lors de leur décomposition et donc la vitesse de décomposition.

Une conséquence directe de cette modification de macrostructure et de l'augmentation de la proportion de grands pores, est que le labour a une grande influence sur le développement du système racinaire des plantes annuelles (R. Nicou et J.L. Chopart, 1993). Les effets du labour sur les adventices des cultures sont bien connus. Les mauvaises herbes sont un problème important pour les planteurs de banane plantain en Guadeloupe. Habituellement trois à cinq désherbages sont nécessaires pendant le cycle cultural du plantain pour obtenir un bon contrôle de l'herbe. Le désherbage est réalisé de manière chimique. Le labour présente un grand intérêt car il facilite le désherbage et il peut permettre d'éliminer un ou deux désherbages.

VI- Conclusion

Le diagnostic agro écologique réalisé nous permet donc de retrouver et confirmer des résultats connus, quoique peu documentés sur les systèmes de culture et les contraintes sanitaires de la banane plantain en Guadeloupe. Le caractère novateur de l'étude est la méthode d'échantillonnage et des analyses qui ont été réalisées de façon à permettre un regroupement des parcelles en fonction des systèmes de cultures pratiquées (Ba/An, Ba/Ja, Ba/Ba, et banane pérenne).

Les résultats ont ainsi fait ressortir plusieurs données intéressantes aux conséquences agronomiques et environnementales importantes et qui pourront être pris en compte pour une éventuelle modification des pratiques culturelles.

La banane plantain est cultivée en pure avec de forte utilisation d'intrants chimiques. Ce qui augmente considérablement le rendement des parcelles même avec une diminution de la densité de plantation et favorise aussi le développement des parasites spécifiques (nématodes et charançons).

La culture de la banane plantain est confrontée à des contraintes sanitaires très sévères. Les nématodes (*Rotylenchus reniformis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus coffea* et *Radopholus Similis*) et les charançons représentent les astreintes majeures à surmonter. Les systèmes de culture ananas présentent les meilleures réponses aux attaques des bio agresseurs. La responsabilité de *Pratylenchus coffea* et *Radopholus similis* dans la détermination de l'état sanitaire des racines n'a pas été démontrée de manière claire : les mécanismes impliqués sont probablement complexes, répondant à des dynamiques spatiales et temporelles qu'il ne nous a pas été possible d'appréhender durant notre étude. Il est de plus probable que d'autres pathogènes soient impliqués.

Le travail du sol modifie considérablement les propriétés physiques du sol. Les parcelles non labourées (semis direct) augmentent probablement la stabilité structurale des agrégats du sol. Elles présentent les plus faibles valeurs de macroporosité et de teneur en eau du sol. Dans toutes les conditions, les valeurs de l'indice de vide indiquent que les sols labourés sont plus poreux que ceux non labourés.

Nos résultats mettre en évidence de faible contrainte nutritionnelle du limbe interne de la feuille 3 des bananiers des parcelles échantillonnées. Les systèmes de culture ananas sont en moyenne moins carencées que les autres systèmes.

VII- Références Bibliographiques

- 1- Adiko A et Badou A N'Guessan, 1999, Evolution de la nématofaune du bananier plantain (*Musa AAB*) en Côte d'Ivoire, INFOMUSA — Vol 10, N° 2, P 26-27
- 2- Alexandre O, 2011, Diagnostic agro-environnemental en exploitation de banane plantain en Guadeloupe : logistique décisionnelle, performance productive et agro écologique des pratiques associées, Université des Antilles et de la Guyane, INRA, Master ECOTROP, P 27
- 3- Akyeampong E. 1999. Les productions bananières : un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire. International symposium, Douala, Cameroon, INIBAP, Montpellier, France, P 10-14
- 4- Araya M. et De Waele D, 2005 Effect of weed management on nematode numbers and their damage in different root thickness and its relation to yield of banana, Crop protection 24, P 667-676
- 5- Back M.A, Haydock P et Jenkinson P, 2002 Disease complexes involving plant parasitic nematodes and soilborne pathogens. Review article. Plant Pathology 51, P 683-697
- 6- Bernard Nyonga, 2009, manuel de l'entrepreneur rural, www.lavoixdupaysan.org, consulté le 30/05/2012
- 7- Bridge J., Fogain R., et Speijer P., 1997, Les nématodes parasites des bananiers Parasites et ravageurs des Musa : fiche technique n°2 (INIBAP) P 4
- 8- Bwamiki, 2004, Role of plant nutrition on growth parameters of banana and the suppression of populations and damage of *Radopholus similis*. Dissertation presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. P 71
- 9- Carlier J., De Waele D., et Escalant J.-V, 2002, Evaluation globale de la résistance des bananiers à la fusariose, aux maladies foliaires causes par les *Mycosphaerella* spp. et aux nématodes Guide techniques INIBAP 7, P 62.
- 10- Castrillon, C. 1991. Manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en platano y banano de la zona cafetera de Colombia, P 12
- 11- CEDAF, (2001), El cultivo del plátano. 2ème edn, Santo Doming, P 75
- 12- Damour G, 2004, Analyse et modélisation des interactions pour l'eau et bilan de service dans une association banane-canavalia, Diplôme d'études approfondie, Institut national

- Agronomique Paris Grignon, INRA Antilles Guyane, Unité Agropédoclimatique, Petit Bourg, Guadeloupe, P 1-3
- 13- Delvaux B., 1995, Soils In" Bananas and Plantains", S.R. Gowen ed., Chapman and Hall, London, P 230-257
- 14- Dorel M. et Perrier X., 1990, Influence du milieu et des techniques culturales sur la productivité des bananeraies de Guadeloupe. Enquête-diagnostic. Fruits, 45 (3), P 237-244
- 15- Dorel M et al, 2008, SIMBA-N: Modeling nitrogen dynamics in banana populations in wet tropical climate. Application to fertilization management in the Caribbean, CIRAD, UPR 26, Neufchâteau, 97130 Capesterre Belle-Eau, Guadeloupe, French West Indies, France, P 41
- 16- Dorel M, Damour G, 2012, Simulation of the growth of banana (*Musa spp.*) cultivated on cover-crop with simplified indicators of soil water and nitrogen availability and integrated plant traits, UR Systèmes de Culture à base de Bananiers, Ananas et Plantains, Station de Neufchâteau, Sainte Marie, 97130 Capesterre-Belle-Eau, Guadeloupe, France, P 102
- 17- Fréguin S, 2005, Étude comparée des transformations des systèmes agraires et des dynamiques d'échanges transfrontaliers entre Haïti et la République Dominicaine : le cas de la filière banane plantain, In: UER Agriculture comparée et développement rural, Institut national Agronomique Paris Grignon, France, p 86-121
- 18- Frison E. & S. Sharrock. 1998. The economic, social and nutritional importance of banana in the world. INIBAP, Montpellier, France, P 21-35
- 19- Gaidashova S V, Gatarayiha C M et Uwimpuhwe B, 2004 b Effect of clean planting material on agronomic parameters and nematode damage. In: Abstract guide. 1st International Congress on *Musa*: harnessing research to improve livelihoods. 6-9 July 2004, Penang, Malaysia, P 193-194.
- 20- Geoffroy G, 2006, Identification des contraintes en culture bananière traditionnelle dans trois régions du Rwanda par enquête diagnostic, Université Catholique de Louvain, Belgique, P 32-34
- 21- Gold C S, Speijer P R, and Karamura E B, 1994 Survey methodologies for banana weevil and nematode damage assesement in Uganda. African Crop Science Journal 2 (3), P 309-321
- 22- Gold C S et Messiaen S, 2000, Le Charancons du bananier *Cosmopolites Sordidus*, Parasites et ravageurs des *Musa*, Fiche technique N°4, INIBAP, P 3-6

- 23- Gold, C S, Kagezi, G H, Night, G & Ragama, P E.2004, The effects of banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, damage on highland banana growth, yield and stand duration in Uganda. *Annals of Applied Biology*, 145, 263-269.
- 24- Gowen S, 1995, Pests. In: Bananas and plantains. Gowen S. (ed). Chapman and Hall, London. P 282-402.
- 25- Gras R, 1990, Systèmes de culture, définitions et concepts clés. In Les systèmes de culture. Paris, INRA, P 7-14.
- 26- Guichard L, 2007, Conception de systèmes de culture durable et innovants en grande culture. Paris, INRA INA-PG, P 4-6
- 27- Hugon R, et Picard H, 1988 Relation spatiale entre taches et nécroses racinaires et nématodes endoparasites chez le bananier. *Fruits* 43 (9), P 491-498
- 28- Kashaija I N, Fogain R, Speijer P R, 1998 Habitat management for control of banana nematodes In : Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit. Frison, E.A. (ed.); Gold, C.S. (ed.); Karamura, E.B. (ed.); Sikora, R.A. (ed.), P 109-118
- 29- Kehe M 1995, Le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*) les acquis et perspectives de la recherche: contribution de l'IRFA-CIRAD/Cote d'Ivoire, P 47-51
- 30- Kouassi Koffi S, 2003. Rôle des ressources génétiques dans l'essor du secteur bananier plantain en Côte d'Ivoire, P 179-192
- 31- Lahav, 1995, Banana nutrition. In" Bananas and Plantains", S.R. Gowen ed., Chapman and Hall, London, P 230-257
- 32- Lassoudière A, 1989, Enquête diagnostic sur la culture bananière. Préfecture de Kibungo. IRFA-CIRAD, ISAR. P 154
- 33- Lassoudière A, 2007, Le bananier et sa culture, Versailles Cedex, France, P 109, 154-155
- 34- Lemaire L, 1996, Les relations sémiouchimiques chez le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) et la résistance de sa plante-hôte, le bananier, Université de Montpellier II.
- 35- Loridat Ph, 1989, Etude de la microflore fongique et des nématodes associés aux nécroses de l'appareil souterrain du bananier en Martinique. Mise en évidence du pouvoir pathogène du genre *Cylindrocladium*. *Fruits* 44 (1), P 587-598

- 36- Luc M, et Vilardebo A, 1961, Les nématodes associés aux bananiers cultivés dans l'Ouest Africain. Première partie. *Fruits* 16 (5), P 205-219.
- 37- Martin-Prével P, 1980, La nutrition minérale du bananier dans le monde. Première partie *Fruits*, 35 (9), P 503-518
- 38- Mateille T, T Adjovi et R. Hugon, 1992, Techniques culturales pour la lutte contre les nématodes du bananier en Côte d'Ivoire : Assainissement des sols et utilisation de matériel sain. P 281-289
- 39- McIntyre B D, Speijer P R, Riha S J, and Kizito F, 2000, Effects of mulching on biomass, nutrients, and soil water in banana inoculated with nematodes. *Agronomical Journal* 92, P 1081-1085
- 40- Nicou R et J L Chopart, travail du sol et propriétés physiques du sol en zone semi-aride Ouest-Africaine, P 77-93
- 41- Nkendah R. 2002. Collecte et analyse des données de base sur les bananes et plantains dans les pays producteurs de *Musa* en Afrique Centrale et Occidentale. Rapport de Synthèse. INIBAP-FAO. P 12-15
- 42- Okech S H, Gaidashova S V, Gold C S, Nyagahungu I et Musumbu T J, 2005 The influence of socio-economic and marketing factors on banana production in Rwanda: Results from a participatory rural appraisal. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 12, P 149-160.
- 43- Ozier-Lafontaine H, 2000, Les associations culturales : Une alternative pour une agriculture de qualité et durable aux Antilles, (Notes de Cours Du Master ECOTROP, Université des Antilles et de La Guyane, Pole Guadeloupe), P 1-6
- 44- Perrier X et Delvaux B, 1991, Une méthodologie de détection et de hiérarchie des facteurs limitant la production à l'échelle régionale. Application à la culture bananière. *Fruits* 46 (3), P 213-226.
- 45- Quénéhervé P et E Van den Berg, 2005, Liste des nématodes phytoparasites (Tylenchida et Dorylaimida) des départements français d'Amérique (Guadeloupe, Martinique et Guyane) et dispositions réglementaires, Pôle de Recherche Agronomique de la Martinique, Laboratoire de Nématologie Tropicale, IRD, BP 8006, 97259 Fort-de-France Cedex, P 519-530
- 46- R. Nicou et J L Chopart, 1999, Travail du sol et propriétés physiques du sol en zone semi-aride Ouest-Africaine, P 77-94

- 47- Rodríguez Saavedra A & J L Rodríguez Martínez 1999. Aspectos Socio económicos del Cultivo del Plátano en Colombia. Oficina Regional de Planeación-Corpoica, Regional Nueve. Manizales, P 6-9
- 48- Sebasigari K, 1990, les charancons et les nematodes du bananier dans les pays C.E.P, Burundi, Rwanda-Zaire, P-80-81
- 49- Sebillotte M, 1993. Système de culture. Encyclopédia Universalis P 558-961
- 50- Smithson P C, B.D. McIntyre, C.S. Gold, H. Ssali and I.N. Kashaija. 2001. Nitrogen and potassium fertilizer vs. nematode and weevil effects on yield and foliar nutrient status of banana in Uganda. Nutrient Cycling in Agroecosystem P 59, 239-250.
- 51- Speijer P.R. and Kajumba, 2000 Yield loss from parasitic nematodes in East African Highland Banana (*MUSA* spp. AAB). Acta. Hort. 540 (ISHS) P 453-459
- 52- Speijer P.R., and Fogain R., 1998 Musa and Ensete nematode pest status in selected African countries. In: Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspuit, Sout Africa-23-28 Novembre 1998 P 99-108
- 53- Speijer P.R., and Ssango, 1999, Evaluation of *MUSA* host plant response using nematode densities and damage indices. Nematropica, P 185-192
- 54- Speijer P.R., Kajumba C., Ssango F., 1999 East African highland banana production as influenced by nematodes and crop management in Uganda. International journal of pest management, P 45
- 55- Speijer P.R., Ssango F., Kajumba C., and Gold C.S., 1998 Optimum sample size for *Pratylenchus goodeyi* (Cobb) sher and allen density and damage assessment in highland banana (*Musa* AAA) in Uganda African Crop Science Journal, P 283-291.
- 56- Temple L., A. Bikoï & F. Tallec. 2001. Collecte et analyse des données secondaires sur les productions bananières au Cameroun. Rapport Final. Document CRBP N° 230/CRBP/2001. P 88
- 57- Vilardebó, A., 1984. Problèmes scientifiques poses par *Radopholus similis* et *Cosmopolites sordicus* en cultures bananières des zones francophones de production. Fruits. 39 :4, P 227-233.
- 58- Vinatier F, 2010, Dynamique spatiale du charançon du bananier en interaction avec le système de culture et l'organisation paysagère, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant

et de l'Environnement, CIRAD, UPR 26 – Systèmes de culture bananiers, plantains, ananas, Martinique, P 20-23

- 59- Wairegi, 2009, quantifying bunch weights of the East African Highland bananas (*Musa* spp. AAA-EA) using non-destructive field observations, *Scientia Horticulturae*, P 12
- 60- Wortmann C.S., Bosch C., Mukandala L., 1993 The banana-bean intercropping system in Kagera region of Tanzania- Results of a diagnostic survey. Occasional Publications Series (TZA), P 6
- 61- Yamaguchi Y. and Araki S., 2004 Biomass production of banana plants in the indigenous farming system of the East African Highland. A case of study on the Kamachumu Plateau in northwest Tanzania. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102, 90-111.

Rapport-Gratuit.com

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

Caractéristiques Générales de la parcelle

Exploitant :

Lieu :

Parcelle No	Altitude	Latitude (GPS)	Longitude (GPS)	Pente
Surface	Type de sol	Pierrosité (%)	% Paillis	% Sol nu
% Enherbement	Espèces d'herbe dominante	Présence D'arbres dans parcelle	Proximité de parcelle (autres cultures, foret, cours d'eau.....)	Particularité
Mode de conduite				
Age de la plante	Préparation du sol (Labour, manuel)	Distance de plantation	Précédents culturaux	Autres espèces présentes (associations)

Apport d'INTRANTS				
Nature	Produit utilisé	Dose	Fréquence/Cycle	Date dernière application
Désherbage (manuel/chimique)				
Fertilisation chimique O/N ?				
Fertilisation Organique O/N ?				
Amendements O/N ?				
Insecticides O/N ?				
Nématocides O/N ?				
Fongicides O/N ?				

Prochains épandages :

ANNEXE 2 : Données Permettant de réaliser l'ACP sur les paramètres étudiées

Code Planteur	Da	Teneur en eau	pF2	pF4.2	RU	Indice de Vide	Indice d'eau	Indice d'air	Nb de doigt	Circ	Poids régime	Taux de nécrose	<i>R similis</i>	<i>P coffea</i>
SD-Ba	0,899	0,275	0,517	0,302	0,215	2,0581	1,421	0,6363	54	77	16,76	47,29	448	323437
HG-An	0,884	0,283	0,436	0,286	0,15	2,1055	1,199	0,9065	58	86	35,43	17,621	10	389
PD-Ba	0,89	0,282	0,365	0,27	0,095	2,0864	1,003	1,0826	48	71	23,86	32,37	55768	5602
KJL-An2	0,989	0,328	0,445	0,293	0,152	1,7777	1,223	0,5540	54	82	29,78	50,028	16207	164460
RJM-Ja2	0,898	0,339	0,437	0,333	0,104	2,0581	1,201	0,8563	58	88	32,62	66,711	10077	317139
AAF-Ba	0,996	0,348	0,381	0,278	0,103	1,7548	1,047	0,7070	53	74	39,4	48,811	19154	0
RJM-Ja1	0,922	0,35	0,428	0,323	0,105	1,9761	1,177	0,7991	59	97	44,86	45,794	6348	212177
GM-Pe3	1,17	0,352	0,419	0,243	0,176	1,3474	1,152	0,1951	63	54	21,16	45,452	0	110
GM-Pe7	1,032	0,374	0,335	0,094	0,335	1,6595	0,921	0,7383	53	42	17,45	38,966	0	106010
KJL-An1	0,937	0,375	0,453	0,322	0,131	1,9325	1,245	0,6868	62	97	39,54	70,042	0	70652
LJ-Ja	0,902	0,375	0,393	0,328	0,065	2,0487	1,080	0,9680	53	69	20,31	41,662	2411	102360
FM-Pe10	0,968	0,387	0,478	0,353	0,125	1,8409	1,314	0,5264	47	26	7	24,278	0	10062
BI-An	0,927	0,388	0,456	0,308	0,148	1,9585	1,254	0,7045	53	79	33,21	42,285	60820	24943
KJ-Ja	0,958	0,417	0,453	0,331	0,122	1,8653	1,245	0,6195	53	85	25,27	40,176	0	125250
BF-Ba	0,945	0,42	0,479	0,344	0,135	1,9069	1,317	0,5897	48	60	25,2	71,534	980	4241
KP-Ba	1,006	0,436	0,404	0,279	0,125	1,7322	1,111	0,6212	48	73	35,64	47,025	1733	185633
RS-Ja1	0,943	0,463	0,435	0,331	0,104	1,9154	1,196	0,7192	54	75	33,09	40,465	64422	57843
RS-Ja2	0,907	0,463	0,558	0,345	0,213	2,0303	1,534	0,4958	49	65	20,39	53,966	49318	145145

KJ-An	0,879	0,472	0,466	0,36	0,106	2,125	1,281	0,8435	63	105	43,61	73,856	0	61030
NS-Ja	0,932	0,368	0,391	0,355	0,036	1,9498	1,075	0,8746	62	91	52,92	19,703	47	66090
KJL-Ba	0,996	0,417	0,402	0,312	0,09	1,7548	1,105	0,6493	50	74	18,03	65,293	32	135049