

UNIVERSITE DE KISANGANI

FACULTE DES SCIENCES



B.P. 2012

KISANGANI

DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET  
GESTION DES RESSOURCES  
VÉGÉTALES

***PRÉPARATION DE L'INOCULUM DE  
MYCORHIZES DANS LES DIFFÉRENTS SITES  
DE KISANGANI.***

***Cas de SIMI-SIMI, LUBUTU ET PK 12 ROUTE  
BANALIA***

Réalisé par :

Arsène BALABALA AKALUKO

Travail présenté en vue de l'obtention  
Du titre de gradué en sciences.

Option : Biologie

Orientation : Science Botanique

Directeur : Prof. Adrien MOANGO

Encadreur : Ass Crispin LEBISABO

**Année Académique 2013 - 2014**

## **RESUME**

Le présent travail a concerné l'étude sur la préparation de l'inoculum de Mycorhize (endomycorhizes) dans différent site de Kisangani envie de mettre au point un système de production d'inoculum des souches endomycorhizes indigènes. L'objectif principal était de vérifier l'hypothèse selon laquelle la production d'inoculum de souches des endomycorhizes permettra de préconiser son utilisation pour infester les arbres dans le cadre de la botanique forestière.

Pour cette étude nous avons eu à prélever les donnés dans trois sites dont Simi-Simi, Pk12 axe Banalia et PK 23 axe Lubutu. Les méthodes ont concerné : les analyses sur les paramètres physico-chimiques du sol, la mise au point d'un dispositif à trois planchés, la détection et l'isolement de spores.

Nous remarquons la présence de spores jaune, vertes et noires respectivement à Simi-Simi, PK12 axe Banalia et PK 23 Lubutu.

A l'issu de ces méthodes il ressort des analyse suivant : les analyses sur les paramètres physico-chimique de la granulométrie rapportée au triangle textural, nous donnent les classes texturales suivantes Sable limon, Sable argile, Sable argile respectivement pour Axe Banalia de PK 12, Axe Lubutu PK 23 et enfin pour l'Axe Simi-Simi, Les sols de trois sites ont des teneurs relativement élevées en carbone organique, l'Axe Lubutu accuse des teneurs relativement plus élevées en azote total et Pour le phosphore on trouve que la teneur en phosphore est plus élevée à Simi-Simi.

## **INTRODUCTION**

### **0.1. PROBLEMATIQUE**

Le sol est une part de la surface de la terre, composé de roches fragmentées et de l'humus. Il héberge une grande quantité de microorganismes composée de bactéries, d'archaebactéries et de champignons. La plupart de ces microorganismes se rencontre dans ou sur le sol, ou encore en association avec les racines des plantes (Rammeloo, 2012).

Ils assurent des fonctions essentielles comme la biodégradation de la matière organique, la production des nutriments pour les plantes, la fixation de l'azote, la dégradation des polluants etc...

Les polluants dégradés par les microorganismes ne sont pas dégradés partiellement laissant d'éventuelles substances toxiques mais plutôt les microorganismes minéralisent les polluants complètement. Ce qui peut contribuer à l'enrichissement du sol en composés minéraux à la mort des microorganismes (Moango, 2014).

Les champignons mycorhiziens sont connus comme jouant un rôle considérable dans la croissance de la majorité de plantes, notamment en milieu forestier et sur le sol carencé (Hamid, 2006). Ils permettent la résistance à différents stress et la résistance de plantes à des conditions extérieures difficiles (Strullu, 1991).

L'ajout des champignons mycorhiziens dans la production des plantules pourrait donc devenir avantageux pour les producteurs.

Les mycorhizes demeurent encore peu connus dans nos milieux et peu d'études ont été faites dans les essais de la production des inoculums.

La raréfaction des endomycorhizes et notamment des souches efficaces dans les sols agricoles justifient souvent une inoculation de ces dernières par des souches commerciales. La modeste contribution de la présente étude est de mettre au point un système de production des inoculums des souches des endomycorhizes indigènes.

Les céréales, comme toutes les espèces végétales à système racinaire de type graminioïde, permettent de piéger le maximum de spores dans les échantillons de sols ( Morton *et al.*, 1993).

Selon l'Article de Ben Khaled et al. 2003, le sorgho constitue une bonne espèce dans le piégeage des spores des champignons mycorhiziens.

Raison pour laquelle notre choix est porté sur cette espèce pour la production d'inoculum des mycorhizes autochtones des trois sites de prélèvement à savoir Simi Simi, Axe Banalia PK 12, Axe Lubutu PK 23.

## **0.2. Hypothèses**

- Les différents sites expérimentaux, SIMI-SIMI, PK12 axe Banalia et PK23 AXE LUBUTU regorgent d'une biodiversité des mycorhizes avec une abondance numérique relative des spores entre ces différents sites,
- Les paramètres physico-chimiques des sols de nos sites expérimentaux varient d'un site à un autre suivant les souches des mycorhizes.

## **0.3. Objectifs**

### **0.3.1. Objectif général**

L'objectif de ce travail est de produire l'inoculum des souches des endomycorhize et de préconiser son utilisation pour l'infestation des arbres dans le cadre de la Botanique forestière.

### **0.3.2. Objectifs spécifiques**

- Mettre en évidence la présence des mycorhizes et Evaluer l'abondance numérique des spores mycorhiziennes contenus dans les sols de nos trois sites de prélèvement (SIMI-SIMI, PK12 axe Banalia et PK 23 AXE LUBUTU),
- Evaluer quelques paramètres physico-chimiques du sol dans les trois milieux.

## **0.4. Intérêt**

Le présent travail est une banque des données indispensables à la gestion rationnelle de nos ressources forestières.

## **CHAPITRE I: REVUE DE LA LITTERATURE.**

### **I.1. Mycorhizes**

Les mycorhizes (du grec mukes = champignon et rhiza = racine) sont des champignons qui vivent en symbiose avec les plantes. Ils « infectent » le système racinaire des végétaux et développent un réseau de filaments mycéliens connecté aux radicelles. Le principe de cette relation est simple : le végétal cède au champignon des sucres issus de la photosynthèse, et le mycorhize lui transmet des éléments minéraux et de l'eau à la plante.

Cette association s'est développée très tôt lors de la conquête du milieu terrestre par les plantes il y a plus que 450 million d'années. Elles sont connues depuis plus de 80 ans. De nombreux manuels très complexes font le point de la recherche mycorhizienne et de théories de dernières décennies (Kelley, 1950).

Sur le plan systématique, les mycorhizes sont classés comme suit :

- Règne de fungi
- Phylum de glomeromycotina
- Embranchement de glomeromycota
- Classe de glomeromycète
- Ordre de glomales (Smith et Read, 1997)

### **I.2. Types de mycorhizes**

Les mycorhizes sont classifiées traditionnellement d'après leur morphologie ou par leur structure mycorhizienne. Actuellement on reconnaît sept différents types qui peuvent être réduits à deux types majeurs, il s'agit des :

- Ectomycorhizes ;
- Entomycorhizes.

### **I.2.1. Ectomycorhizes**

Morphologiquement, les ectomycorhizes sont plus faciles à reconnaître. Ils ne pénètrent pas à l'intérieur de la paroi cellulaire de la plante mais entourent simplement les racines en formant un manteau mycélien autour de la racine.

Les *ectomycorhizes* représentent l'association la plus évoluée entre les plantes et les champignons. Plus ou moins 3% des plantes à fleur connaissent une telle association.

Dans cette association les racines sont complètement entourées par une gaine jusqu'à 100 µm d'épaisseur (généralement 50 µm). Les hyphes pénètrent entre les cellules extérieures de la racine, sans jamais dépasser le péricycle.

Les hyphes, les rhizomorphes et les cordons mycéliens s'épanouissent dans le sol. Les champignons impliqués sont généralement des basidiomycètes, appartenant à des genres qu'on trouve surtout en forêt puisque c'est un type de mycorhize typique pour les espèces ligneuses.

Un arbre peut avoir plusieurs partenaires en même temps et les partenaires peuvent changer avec l'âge de l'arbre. Les ectomycorhizes peuvent faire des réseaux entre les arbres, les reliant dans le sol.

Les ectomycorhizes dépendent des arbres comme source de carbone ; elles ne sont pas du tout compétitifs comme saprotrophes. Le champignon de son côté est très efficace à résorber des ions minéraux qu'ils passent sur la plante. C'est particulièrement le cas pour l'azote et le phosphore que les plantes ne savent pas absorber du sol notamment acide ( Rammeloo, 2012).

Les échanges symbiotiques entre les partenaires se font au niveau intercellulaire. Le manchon fait par les hyphes du champignon joue aussi un rôle protecteur contre des organismes pathogènes. Les champignons symbiotiques développent un vaste réseau mycélien permettant aux arbres d'assurer l'absorption de l'eau et des éléments minéraux (Garbaye et Guehl, 1997).

De plus, plusieurs champignons ectomycorhiziens forment les « chapeaux » ou « carpophores » que l'on voit sur les sols et certains d'entre eux sont comestibles (De Kesel, .2002; Buyck, 1994) et recherchés par les gastronomes ; citons entre autres les girolles (ou chanterelles) et les bolets. D'autres comme les truffes ne sortent jamais du sol, on les dits « hypogés ». Sans

cette association avec l'arbre, ces champignons ne pourraient former ce « chapeau » fort prisé (Egli et Ivano, 2002).

Des expériences ont prouvé l'existence de quelque 80 espèces de basidiomycètes mycorhiziens et l'on soupçonne que le nombre des espèces formant des mycorhizes en symbiose avec les arbres forestiers est plusieurs fois plus élevé (Trappe, 1962).

La présence constante d'associations mycorhiziennes dans les forêts froides et tempérées résulte d'une longue évolution qui appartient au développement biologique normal des arbres et écosystèmes en question.

### **I.2.2. Endomycorhizes**

Les *endomycorhizes* supportent des poils absorbants et un certain nombre de filaments mycéliens qui s'irradient dans le sol sans former autour d'elle de manchon. Les *endomycorhizes* gardent l'aspect de racines ordinaires mais dont les parenchymes corticaux sont envahis soit par des filaments isodiamétriques (mycorhizes à pelotons) soit par des éléments fongiques polymorphes (mycorhizes à vésicules et arbuscules) (FIS, 1992).

Les *endomycorhizes* résultent de champignons microscopiques dont les hyphes ont la particularité de pénétrer dans les cellules de la racine de la plante. Contrairement aux *ectomycorhizes*, le champignon ne forme jamais de « chapeau » et les hyphes ne forment pas de manchon autour des racines. Les hyphes forment plutôt une structure, appelée « arbuscule », à l'intérieur des cellules végétales (Fig. 1). Cette association se retrouve principalement chez les plantes cultivées, mais aussi chez certains arbres forestiers dont l'if et l'érable à sucre ainsi que plusieurs petites plantes des sous-bois (FIS, 1992).

En termes d'objectifs économiques et d'espèces végétales impliquées, les mycorhizes les plus importants sont les mycorhizes à vésicules et arbuscules (MVA). On estime que 80% des espèces végétales de la flore actuelle sont concernées et ceci dans la plupart des biotopes. Dans les conditions de production au champ, les grandes cultures (céréales, légumineuses, tournesol, pomme de terre, etc.), les cultures maraîchères (laitue, poireau, carotte, céleri, etc.) et les cultures florales (rosier, oeillet, chrysanthème, géranium, etc.) forment des MVA. Leurs racines sont colonisées par des mycéliums particuliers qui se développent dans le parenchyme cortical en épargnant le cylindre central (FIS, 1992).

Les champignons des mycorhizes à vésicules et à arbuscules (VAM) sont des Zygomycètes (champignons filamenteux sans zoospores, dont le thalle est multi nucléé) qui se conservent dans le sol sous formes de spores de résistance. Ces spores germent et forment un appressorium à la surface d'une racine hôte, y pénètrent et progressent dans le parenchyme de la racine. Le champignon forme des suçoirs ramifiés à l'intérieur des cellules, les arbuscules cité par (Paluku, 2009).

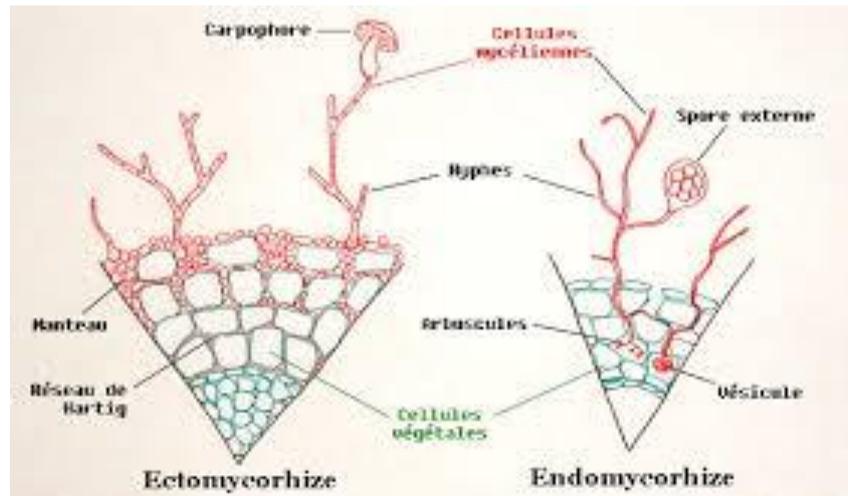


Figure 1 : Ectomycorhize et Endomycorhize (Source : Franci Martin, 2010)

### I.3. Importance de la symbiose mycorhizienne

Les associations mycorhiziennes sont à la base de la biodiversité floristique et fongique des forêts tropicales humides, car certaines essences n'existent dans certains secteurs forestiers que grâce à la présence de champignons mycorhiziens.

Cette association mycorhizienne permet à l'arbre d'augmenter sa capacité à puiser des ressources minérales en couvrant un très grand territoire, comparativement aux seules racines des végétaux, et en ayant accès à des nutriments inaccessibles aux racines.

Les hyphes accélèrent l'altération des roches, permettant ainsi d'augmenter la disponibilité en minéraux. Les associations mycorhiziennes, facilitent l'absorption plus efficace du phosphore et des oligo-éléments, surtout en sols pauvres dominant les forêts tropicales humides (Onguène, 1996).

D'autres recherches ont aussi permis de découvrir que lorsqu'un même champignon colonise des systèmes racinaires différents, il peut se produire des échanges de carbone d'une plante à

l'autre, y compris entre des espèces différentes. Ces adaptations socio- fonctionnelles des organes d'absorption des plantes apparaissent avoir été un phénomène universel puisque, actuellement, la quasi-totalité des racelles supérieures, vivent et fonctionnent en symbiose avec des bactéries (nodules) et/ou des champignons (mycorhizes).

La plante mycorhizée s'avère mieux nourrie et mieux adaptée à son environnement. Elle acquiert une protection accrue contre les stress environnementaux (Sylvia et Willias, 1992, Van Der Heijden and Kuyper 2001) notamment la sécheresse (Subramania et al, 1995), le froid (Charest et al, 1993 ; Paradis et al, 1995), la salinité élevée (Davis et Young, 1985) et la pollution (Leyval et al, 1994 ; Shetty et al, 1995).

De plus, la symbiose tend à réduire l'incidence des maladies radicaires et minimise l'effet nocif de certains agents pathogènes (Dehne, 1982 ; St-Arnaud et al, 1995). Globalement, les plantes mycorhizées voient leur croissance et leur santé améliorées et acquièrent du coup une protection accrue contre les différentes conditions environnementales défavorables à leur survie ( Duñabeitia et al. 2004; Diédhiou et al. 2005; Nara 2006a).

Les champignons mycorhiziens sont des organismes hétérotrophes. Ils ne peuvent donc synthétiser leurs hydrates de carbone comme le font les plantes vertes chlorophylliennes. De plus, ils ne peuvent, à la manière des saprophytes les mobiliser directement à partir de la litière. Par conséquent, leur association avec les plantes autotrophes leur est plus que favorable puisqu'en leur procurant les sucres qu'elles photosynthétisent, les plantes leur permettent de survivre et de boucler leur cycle vital (Egli et Ivano, 2002).

#### **I.4. L'utilisation commerciale de mycorhizes**

Etant donné que les mycorhizes donnent presque toujours des avantages à la plante hôte par une meilleure croissance et une meilleure santé, le potentiel d'utilisation en agriculture et horticulture pourrait être immense. Des études ont démontré que certaines récoltes de plantes cultivées, inoculées avec des mycorhizes arbusculaires, peuvent être améliorées deux, trois, quatre fois. La croissance du maïs, de blé de l'orge peut être doublée, ou triplée. Des oignons blancs inoculés avec des mycorhizes arbusculaires ont donné une croissance jusqu'à six fois plus important. Malgré cela l'inoculation n'est que très exceptionnellement appliquée, sauf dans quelques industries.

Comme déjà dit plus haut, les plantes mycorhizées supportent des niveaux nettement plus élevé de métaux lourds que les plantes non mycorhizées. Ainsi les mycorhizes peuvent

apporter une contribution dans le réaménagement de terrains pollués par des activités minières, ou par d'autres activités industrielles qui ont pollué le sol avec de l'aluminium, du fer, du nickel, du plomb, du zinc, du cadmium. C'est la photorémediation. Les polluants peuvent aussi avoir une influence sur le pH du sol et ainsi sur la mobilité des nutriments essentiels comme l'azote, le phosphore et le potassium.

### **I.5. Importance écologique**

Les grands écosystèmes sont issus de l'association mycorhizienne, et entre autre dans les forêts et notamment les forêts tropicales.

L'interconnexion des réseaux formée par les mycéliums influencent le fonctionnement des écosystèmes (composition des communautés végétales, modification de la compétition, cycles biogéochimiques...) en permettant ou en augmentant des flux importants de carbone organique et de minéraux (azote, phosphore, eau...) via le sol (en moyenne 30 à 40 % des minéraux captés par les marges du réseau mycélien sont rétrocédés à la racine, cette dernière apportant 30 % des glucides photo synthétisés au champignon) ( Martin, 2010).

Certains groupes de champignons sont probablement des espèces-clé voire des « espèces ingénieur » qui influent sur les principaux processus écologiques du sol. Ils sont considérés par les pédologues comme des éléments essentiels de la diversité des communautés, laquelle est un facteur de stabilité et d'équilibre écologique ( Helgason et al,1998).

Beaucoup de groupes-clés trouvés dans les sol (bactéries et champignons mycorhiziens notamment) peuvent se connecter aux plantes (au moins 90 % des familles de plantes terrestres sont concernées) via des associations mycorhiziennes à arbuscules et jouer des synergies essentielles pour la survie et la productivité des plantes, contribuant à former un réseau écologique essentiellement souterrain, que certains biologistes ont nommé le "wood-wide web" (en référence au « World wide web », Francis Martin, 2010).

La colonisation des systèmes racinaires, le potentiel « mycorhizogène » du sol et la « dépendance mycorhizienne » des plantes sont inversement corrélés avec la teneur de la solution du sol en ions phosphates ; De plus, ce résultat n'est pas lié à une forme d'engrais phosphaté, qu'il soit organique ou minéral, puisque les plantes n'absorbent que des ions en solution. L'enrichissement de cette solution devient directement responsable du fait que la plante bien nourrie ne favorise plus le développement des mycorhizes. Dans certaines

situations, les niveaux de phosphore atteints deviennent incompatibles avec l'installation des mycorhizes (Fortin et al, 2008)

Les mycorhizes interagissent aussi avec diverses bactéries du sol (dont *Pseudomonas*) qui peuvent être pathogènes, mais qui sont aussi appelées « bactéries auxiliaires à la mycorhization » (en anglais MHB: Mycorrhizal Helper Bacteria) tant elles jouent un rôle important.



Figure 2 : Symbiose mycorhizienne

## I.2. Le sorgho

### 1.2.1. Systématique du sorgho

Le sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench (synonyme : *Sorghum vulgare* Pers) appartient:

- Au Règne *Plantae*,
- Au sous-règne *Tracheobionta*,
- A la division des *Magnoliophyta*,
- A la classe des *Liliopsida*,
- A la sous-classe des *Commelinidae*,
- A l'ordre des *Cyperales*
- A la famille des *Poaceae*,
- A la sous-famille des *Panicoideae*,

- A la tribu des *Andropogoneae*,
- Au genre *Sorghum*, et
- A l'espèce *S. bicolor*.

Le grand nombre de sorghos cultivés et l'extrême variation de leurs formes rendent leur classification très difficile. Ainsi, le premier chercheur ayant donné une description écrite nettement identifiable du sorgho est Pline l'Ancien. C'est Snowden en 1936 cité par (Ayao, 2011) qui a fait un inventaire complet et détaillé du genre. Mais l'ensemble des taxons qu'il a recensé est impossible à utiliser dans la pratique : il a dénombré exactement 31 espèces, 158 variétés et 523 cultivars différents. Ce qui est impossible pour les agronomes de retenir autant de noms et surtout leurs critères de reconnaissance spécifiques.

Actuellement, on préfère utiliser la classification de Harlan et de Wet établie en 1972. Partant du principe que les différentes populations de sorgho cultivées se prêtent mieux à un classement en parallèle, plutôt que hiérarchique selon (Snowden *op cit*), et en imaginant un système suffisamment simple pour reconnaître un plant de sorgho qui consiste à observer la panicule, l'épillet et la morphologie du grain, (Harlan & de Wet, *opcit* ont divisé la sous-espèce *Sorghum bicolor* en cinq races ou groupes fondamentaux et dix races secondaires qui sont: cinq races fondamentales : bicolor, guinea, Caudatum, Kafir et Durra .

### **1.2.2. But de la culture**

Le *sorgho* est surtout cultivé pour son grain utilisé pour l'alimentation de l'homme et du bétail (sorgho à grains). En outre, sa hampe florale dépouillée de ses grains sert à faire des balais (sorgho à balais), sa moelle sucrée sert à l'obtention de sucre (sorgho sucré), la gaine de ses feuilles, ses glumes et sa moelle rouge donnent des pigments utilisés comme teintures (sorgho tinctorial) ; ses feuilles sont utilisées comme fourrage (sorgho fourrager), ses tiges comme matière première pour la fabrication du papier (sorgho papetier), etc.... Les grains fermentés servent à la préparation d'un alcool.

En effet, dans le monde, le sorgho (*Sorghum bicolor* (L). Moench), représente la cinquième céréale importante après le blé, le riz, le maïs, et l'orge en termes de production (FAO, 2002).

Enfin, le sorgho est également utilisé comme engrais vert.

### **1.2.3. *Sorghum bicolor***

Encore appelé gros mil, sorgho rouge, cette race de sorgho renferme les cultivars tinctoriaux cultivés uniquement pour leurs colorants. Ce sont les sorghos aux caractères les plus primitifs et les plus proches des variétés sauvages. Il se caractérise par des inflorescences lâches et de longues glumes accolées au grain qui à maturité recouvre totalement le grain ou une fraction de sa longueur pouvant atteindre le quart de celle-ci. L'épillet persistant renferme le grain.

Le grain généralement petit est allongé, parfois faiblement ovale, presque symétrique dorso-ventralement. Ses cultivars, peu rependus, sont exploités en Afrique et en Asie surtout dans les zones humides. Certaines tiges sucrées servent à préparer du sirop ou de la mélasse ; leurs grains amers servent à aromatiser la bière de sorgho.

#### **I. 2.3.1. Description Botanique**

##### ***a. La Racine***

Elles sont fasciculées et prennent naissance sur les entre-nœuds très courts de la base des tiges. Elles sont minces et portent de fines racelles. Elles ont de 25 à 30 cm de long et forment un chevelu très important. Certaines d'entre elles atteignent 1,5 m de profondeur.

##### ***b. La Tige***

Elles sont cylindriques, droites et pleines. Elles sont formées d'entre-nœuds séparés par des nœuds. Elles ont de 0,80 à 5m de haut et de 1 à 4cm de diamètre. Leur couleur est verte, généralement, plus ou moins colorée de rouge selon les variétés.

Au niveau de chaque nœud on distingue un bourgeon qui peut donner naissance à des tiges secondaires et tertiaires sur les nœuds de la base (tallage). Une touffe peut comprendre de 1 à 10 tiges suivant les variétés. Au bout de 3 à 6 mois, suivant les variétés, chaque tige donnera une panicule terminale.

Si on coupe les tiges, les nœuds de la base peuvent repousser et fournir une seconde récolte. Si on ne coupe pas les tiges, des ramifications apparaissent sur les nœuds supérieurs de ces tiges et elles peuvent donner des panicules de petite dimension.

### ***c. Les Feuilles***

Elles sont alternes, longues et engainantes. Elles ont 50 à 80 cm de long et 5 à 10 cm de large. Elles sont vertes, parfois colorées en rouge. Les nervures sont parallèles. Tiges et feuilles peuvent contenir de l'acide cyanhydrique très toxique pour les animaux : " la dourine ".. On a cependant constaté que ce produit toxique apparaissait surtout dans les gourmands, dans les repousses et dans les tiges de sorgho qui ont subi un arrêt de croissance par suite d'une sécheresse normale.

### ***d. L'Inflorescence***

Ce sont des panicules rameuses terminales. Elles sont de dimensions variables selon les variétés, plus ou moins compactes, parfois même lâches. Elles comprennent un axe principal qui se ramifie en rameaux primaires. Ces rameaux primaires se ramifient à leur tour une ou deux fois.

C'est à l'extrémité des dernières ramifications que l'on trouve les épillets groupés généralement par 2 ou 3 : 1 épillet central sessile souvent muni d'une arête et 2 épillets latéraux pédicellés. Les épillets pédicellés sont en général caducs.

### ***e. La Fleur***

Chaque épillet contient 1 ou 2 fleurs enfermées dans les deux glumes de l'inflorescence. Une seule fleur est en général fertile. Elle est insérée dans ses deux glumelles et comprend 3 étamines, 1 ovaire à 1 loge surmonté de 2 styles à stigmates plumeux. La fleur stérile est réduite à une membrane qui se trouve sous la glume inférieure. La fécondation est directe, rarement croisée.

### ***f. Les Fruits***

C'est un caryopse de 4 ou 5mm de long qui reste entouré, de ses glumes à maturité. Il est plus ou moins rond ou allongé selon les variétés et sa couleur varie du blanc au noir en passant par le jaune, le rouge et le brun. Il contient de l'amidon. Les grains sont totalement dépourvus d'acide cyanhydrique. 1000 grains pèsent entre 15 et 45 g.



*Figure 3: Plants de sorgho*

## CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. MILEU D'ETUDE

L'essai a été réalisé dans l'enceinte de la Faculté des Sciences dans la Commune de la MAKISO, Ville de Kisangani. Les coordonnées géographiques du site expérimental sont les suivantes : 405 m d'altitude, 00°30' 41,5'' latitude Nord, 025°12' 30,2'' longitude Est. Notre essai s'est déroulé durant 6 mois allant du 07 Mars au 16 Septemb2014.

Les prélèvements de Coordonnées géographiques (tabl.1) ont été effectués dans trois sites différents à savoir Simi-Simi, PK12 et Lubutu.

Site de prélèvement	Altitude	Longitude	Latitude	PK
<b>SIMI-SIMI</b>	388m	00° 33' 04,6" N	025° 05' 15,6"E	15Km
<b>AXE LUBUTU</b>	441m	00° 45' 52,1"N	025° 36' 94,1"E	23Km
<b>PK12</b>	420m	00°60' 31,0"N	025° 17' 11,7"E	12Km

*Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sites de prélèvement*

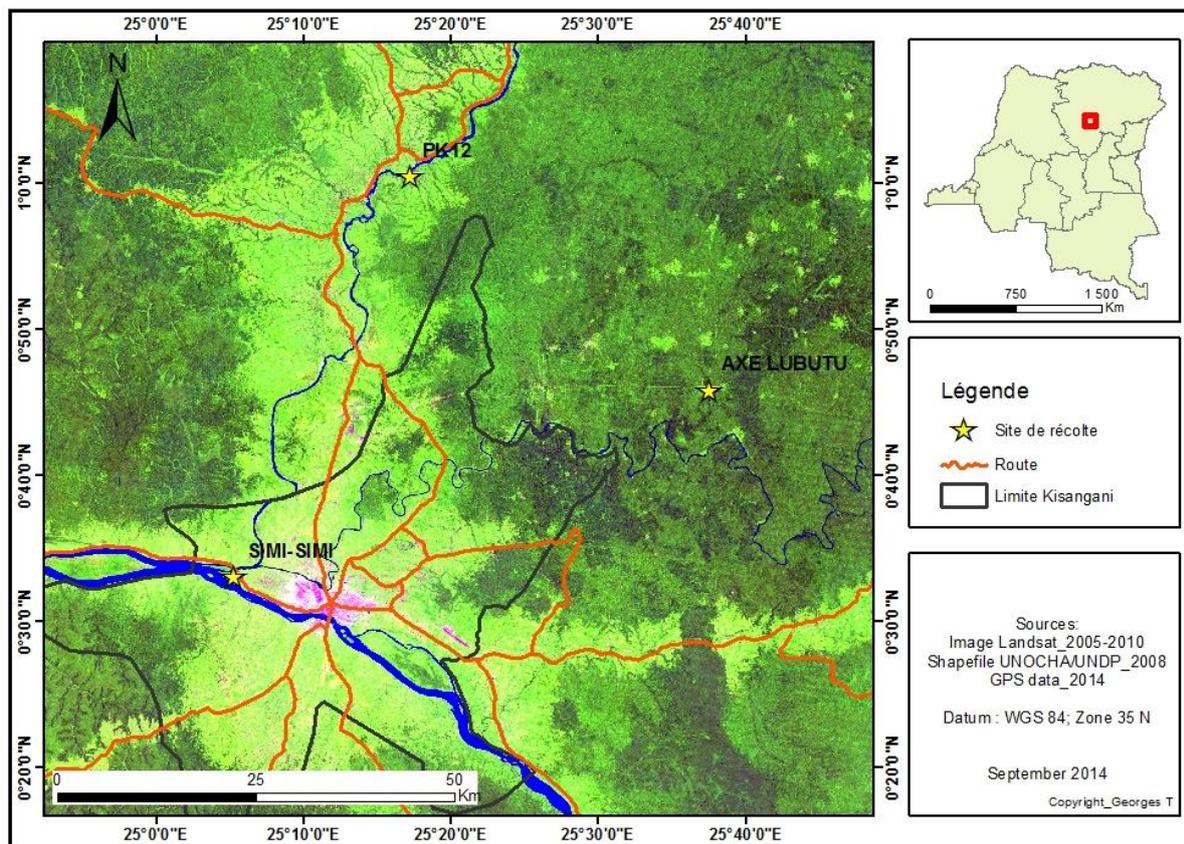


Figure 4 : Présentation géographique de la ville de Kisangani et ses environs

### Description de la ville de Kisangani

La ville de Kisangani est située dans la partie Nord-est de la cuvette congolaise à  $0^{\circ}31' N$  et  $.25^{\circ}11' E$ , a une altitude moyenne de 396 m (Bultot, 1954) cité par Kasaka 2012. Elle est le chef-lieu de la Province Orientale. Elle s'étend sur une superficie de  $1.910\text{km}^2$ . Son relief est caractérisé par les plateaux unis par des faibles pentes et terrasses.

En tenant compte des irrégularités dans le prélèvement des données climatiques de ces trois sites et en suivant leurs positionnements à la périphérie de Kisangani, ces trois sites bénéficient en entièreté du climat régional de la ville de Kisangani type Af, selon la classification de Koppen (Koppen, 1936).

## **2.2. Matériels et Méthodes**

### **A. Matériel biologique**

Il est constitué des semences de sorghos, les racines, le sol et la bagasse.

### **B. Matériels des collectes des données**

Nous avons utilisé les matériels suivants :

- Un décamètre et des cordeaux pour le dimensionnement du site expérimental ;
- Des outils tels que : houes, machette, une tarière pour le prélèvement de sol, bêche ;
- Une balance de précision pour les pesées ;
- Un appareil photo numérique pour la prise de vues aux différents stades de développement des plantes.
- Le GPS pour le prélèvement de coordonnées géographiques ;
- Le véhicule ou une moto pour le déplacement ;
- Les lames et les lamelles, les tubes à essai, les portoirs, le bain marie, deux tamis de 1mm et 63um, les boîtes de Pétri, les flacons ;
- Une centrifugeuse,
- Une balance à précision marque pmc de 1000g pour le poids du sol,
- Les sachets pour le transport des échantillons du sol,
- Deux microscopes, un à objectif renversé et un autre connecté à l'Ordinateur pour la capture des photos en direct,
- Papier mouchoir

### **C. Produits utilisés**

- le sucre
- KOH 10 % ;
- Le bleu thinpan,
- Acide Chlorhydrique à 1 %,
- De l'eau acidifiée : 9 ml d'eau distillée +1ml d'acide chlorhydrique de 1 %.
- L'huile à immersion

Notre inoculum est constitué des propagules (plus petite partie apte à propager l'espèce) qui sont biologiquement : spores relativement grosses (40 à 500 µm selon l'espèce), mycélium extra racinaire très long et fin, fragments de racines (contenant des vésicules et du mycélium intra racinaire).

### **2.3. Méthode**

Après le piquetage, nous avons commencé par labourer le sol du dispositif, le mélanger avec du sable fin, épandre la bagasse puis stériliser avec l'eau bouillante.

Les sols amenés dans les sacs, nous ont servi d'inoculum qu'on a étalé dans les trois blocs et par après, nous avons épandu dessus la bagasse.

Une fois amenés au laboratoire de pédologie de la Faculté de Gestion des ressources naturelles renouvelables, les échantillons des sols mis en sachets en polyéthylène et bien étiquetés étaient séchés à l'air libre sous ombre 48 heures durant.

L'obtention de la terre fine s'est effectuée au travers d'un tamis de 2 mm des mailles. Cette terre fine a servi à l'analyse granulométrique, à la détermination de la teneur en carbone du sol, en phosphore assimilable du sol et en azote du sol.

Après le conditionnement, la détermination des fractions granulométriques étaient effectuée selon la méthode des sédimentations successives. Les classes texturales ont été déterminées en rapportant les teneurs en argile, limon et sable sur le triangle textural selon FAO (Usda, 1975). La détermination du carbone organique s'est effectuée selon la méthode de Black et Walkey. Le phosphore assimilable et l'azote total ont été déterminés respectivement par la méthode de Bray II et selon Kjeldhal confèrent. Les différents modes opératoires sont repris aux annexes.

Les échantillons des sols frais ramenés de différents sites ont servi l'observation au microscope pour la détection des mycorhizes et l'isolement des spores vivantes à partir des sols. Le mode opératoire y afférent est repris aux annexes.

En ce qui concerne la détection des mycorhizes on a procédé à la décoloration de toutes les cellules (de la racine et des mycorhizes si elles sont présentes) en conservant leurs parois, puis de colorer les parois des cellules du champignon grâce à un colorant bleu. Les champignons concernés ici sont des Eumycètes du groupe des Gloméromycètes ou Glomales.

La technique d'isolement et du dénombrement des spores a consisté à conditionner les échantillons des sol et à observer au microscope inversé à l'objectif 40 x 10 et à les capturer à l'aide d'une pince appropriée. Les différentes étapes sont reprises à l'annexe 2.5.

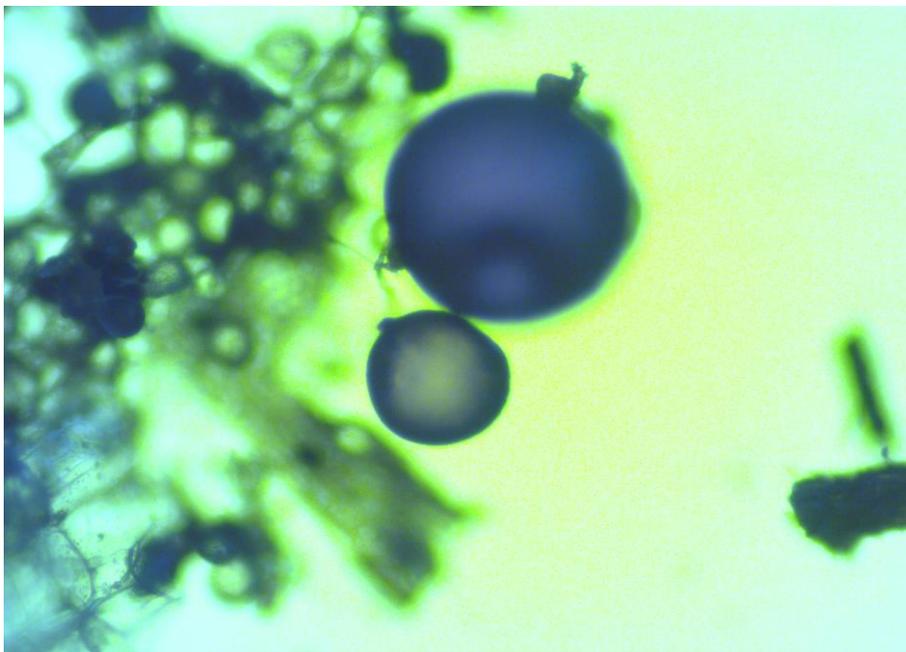
## CHAPITRE III. RESULTATS

### 3.1. Paramètres microbiologiques

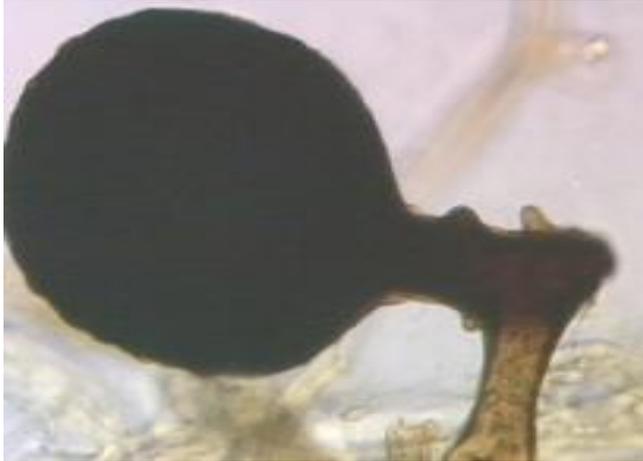
#### a. Abondance de spores



*Figure 5 : Spores vivantes jaunes (genre glomus) des mycorhizes dans des sols du site expérimental de Simi Simi sous culture du sorgho (Sorghum bicolor)*



*Figure 6 : Mégaspores vivantes vertes (genre Gigaspora) des mycorhizes dans des sols du site expérimental de Lubutu sous culture du sorgho (Sorghum bicolor)*



*Figure7 : Spores vivantes noires (genre Acaulospora) des mycorhizes dans des sols du site expérimental de Banalia sous culture du sorgho (Sorghum bicolor)*

*Tableau 2 : Abondance relative des spores vivantes dans 100 g de sol*

<b>Période</b>	<b>Lubutu</b>	<b>PK 12</b>	<b>Simi Simi</b>
<b>Avant semis sorgho</b>	77	95	84
<b>Fructification sorgho</b>	132	179	158

Le tableau 2 nous montre une augmentation du nombre des spores vivantes de 71, 88 et 88% respectivement pour Lubutu, PK12 et Simi Simi. Cette dynamique mycorhizienne traduit les effets de la bagasse sur la multiplication des endomycorhizes locales.

Cette abondance des mycorhizes se fait voir aussi dans cette racine colorée qui présente une parfaite installation des mycorhizes et leurs vésicules dans cette dernière.

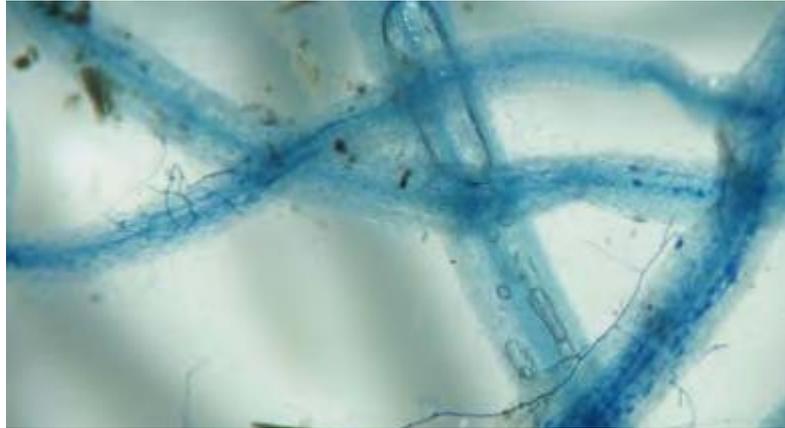


Figure 8 : Détection des vésicules et arbuscules des mycorhizes colonisant les racines de sorgho des sols de l'axe de Banalia PK 12.

### 3.2. Paramètres physico-chimiques

#### a. Granulométrie

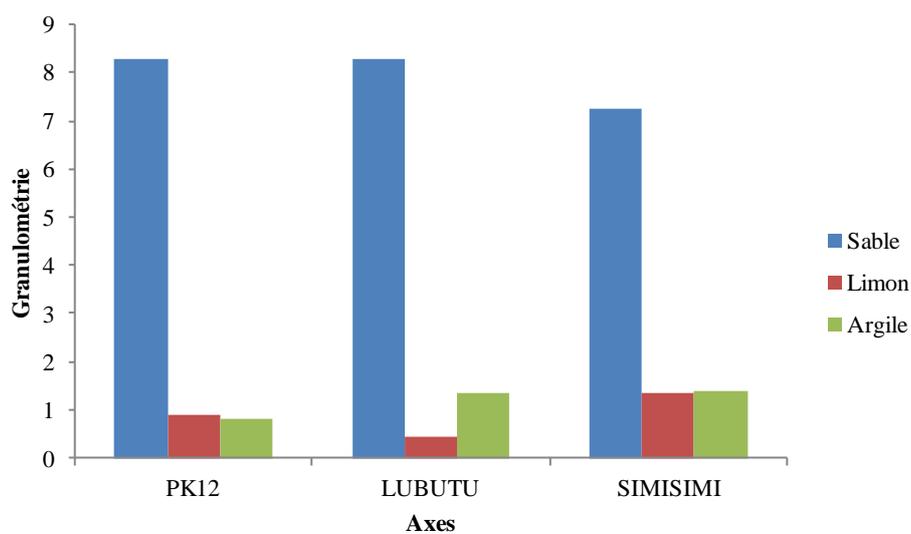


Figure 9 : Valeurs moyennes d'analyse granulométrique des sols de trois axes de Kisangani

La figure 9 nous montre que les proportions des sols en limon, sable et argile sont de 83% sable, 9% limon et 8% argile ; 83% sable, 4,5% limon et 13,5% argile ; 72,5% sable, 13,5% limon et 14% argile respectivement pour Axe Banalia de PK12, Axe Lubutu PK 20 et enfin pour l'Axe Simi-Simi. Rapportée au triangle textural, les classes texturales seront Sable limon, Sable argile, Sable argile respectivement pour Axe Banalia de PK12, Axe Lubutu PK 20 et enfin pour l'Axe Simi-Simi.

## b. Détermination de teneur en carbone

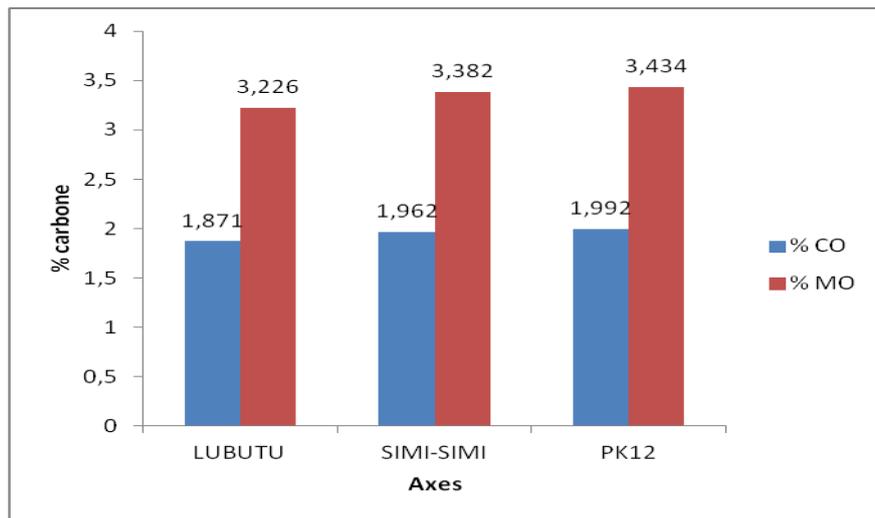


Figure 10 : Teneurs moyennes en carbone organique des sols de trois axes de Kisangani

Les sols de trois sites ont des teneurs relativement élevées en carbone organique si l'on tient compte de la forte minéralisation de la matière organique due aux températures et humidité excessives en milieu tropical humide. La bagasse en interaction avec les mycorhizes expliquerait cette augmentation. L'abondance relative de la matière organique dans les sols de l'Axe Banalia serait due à l'optimisation de la synergie bagasse et mycorhizes qui aurait induit une bonne séquestration du carbone.

## c. Détermination de la teneur en azote

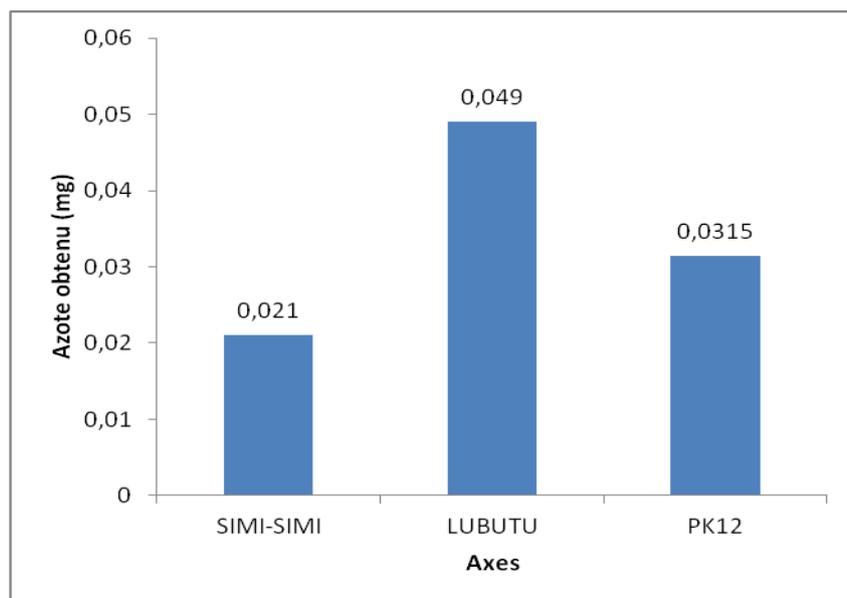


Figure 11 : Teneurs moyennes en azote total des sols de trois axes de Kisangani

La figure 11 montre que l'Axe Lubutu accuse des teneurs relativement plus élevées en azote total. Les rapports carbone/azote de 93, 38 et 63 respectivement pour Simi Simi, Lubutu et PK 12 traduisent la pauvreté des sols en matières organiques décomposables. Le rapport modéré C/N de 38 pour l'Axe Lubutu illustre une bonne évolution de la matière organique brute vers la fraction colloïdale grâce aux biosynthèses microbiennes notamment mycorhiziennes.

#### d. Détermination de la teneur en phosphore du sol

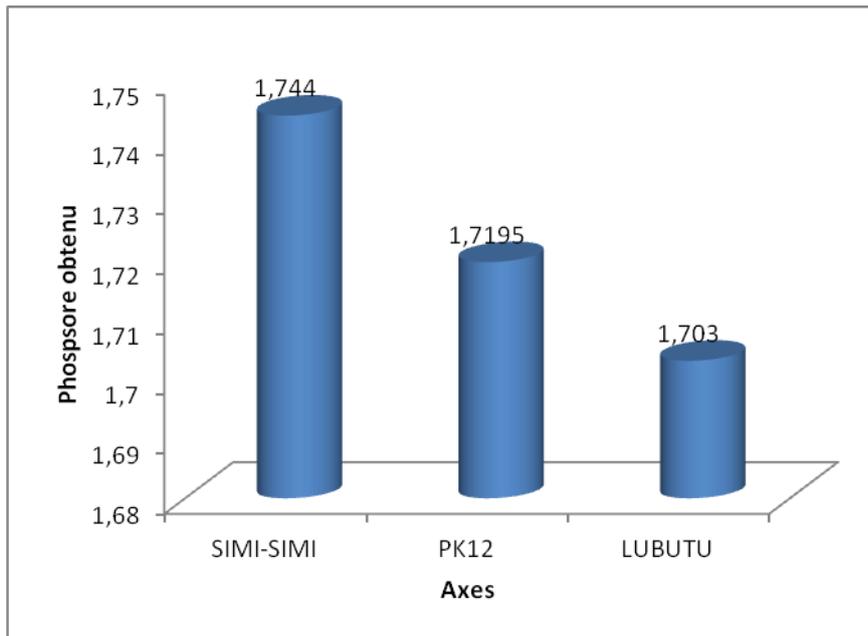


Figure 12 : Teneurs moyennes du phosphore assimilable des sols de trois axes de Kisangani

Il se dégage de la figure 12 que la élevée teneur en phosphore est plus à Simi-Simi. Cela peut s'expliquer du fait que les champignons mycorhiziens ont solubilisé le phosphore (généralement insoluble en sols acide) le rendant plus disponible pour les plantes.

## **CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS**

### **4.1. Paramètres physico-chimiques**

Travaillant sur les sols de Simi Simi Moango et al (2012) ont trouvé des teneurs suivantes en ce qui concerne l'analyse granulométrique : Sable (62%), Limon (28%), Argile (10 %). Comme classe texturale définie par le triangle textural (USDA, 1975), il s'est agi de Limon Sable (LS). Ces résultats diffèrent légèrement des nôtres avec comme classe texturale Sable Limon (SL) avec 73% de sable, 14 % de Limon et 13% d'Argile. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'hétérogénéité qui caractérise les sols tropicaux.

En ce qui concerne le rapport C/N, il est de 93 contre 10 (Moango et al, 2012). Cette évolution traduit les effets de la bagasse et des mycorhizes sur la séquestration du carbone organique.

### **4.2. Paramètres microbiologiques**

Une augmentation significative du nombre des spores et mégaspores vivantes jaunes et vertes de 71, 88 et 88% respectivement pour Lubutu, PK12 et Simi Simi été observée contre 28 % trouvée par Moango (2014) en bas des termitières. Cette biodiversité mycorhizienne explique la nécessité d'effectuer les inventaires aux fins de proposer une systématique des glomus. Milinganyo (2013) et MAKWAKAIBO (2014) ont trouvé également que les spores vivantes des mycorhizes se répartissaient numériquement de façon uniforme dans toutes les parcelles du site expérimental de Simi Simi colonisé par l'association des cultures de manioc et d'arachide. Ils ont également mis en évidence la présence des mycorhizes.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Notre étude avait pour objectif d'inventorier et de multiplier ex situ sous sorgho avec mulch de bagasse les endomycorhizes des sols de trois axes de la périphérie de Kisangani : Lubutu, Banalia et Simi Simi.

Les résultats obtenus ont montré que les sols des sites précités regorgent une biodiversité mycorhizienne traduite par les spores jaunes vivantes (genre *glomus*), les spores vivantes vertes (genre *mégaspora*) et les spores vivantes noires (genre *Acaulospora*). Une augmentation du nombre des spores vivantes de 71, 88 et 88% respectivement pour Lubutu, PK12 et Simi Simi est l'expression de la dynamique mycorhizienne dus aux effets de la bagasse sur la multiplication des endomycorhizes locales. Une corrélation n'a pas été établie entre le nombre de spores vivantes et les teneurs en phosphore assimilable.

Ce travail nous montre clairement que la bagasse associé au sorgho permette une bonne multiplication de souche de mycorhizes dans la perspective de la restauration écologique de nos forêts. Ceci nous permet de mettre au point une gestion durable de nos ressources. Il est utile de continuer avec des recherches sur les mycorhizes.

Toute fois nous suggérons les propos ci-dessous pour la mycorhization de nos milieux :

- Avant de procéder à toute activité de culture ou de reboisement, il faut d'abord commencer par la granulométrie qui nous permet de mettre chaque culture ou plante dans un milieu favorable,
- La plantation de sorgho dans nos champs ou dans un programme de reboisement pour optimiser la mycorhization enfin de faciliter la sédentarisation de nos cultures.
- Prélèvement dans la nature sur le pied de plante (ananas, bananier, *Penicetum*...) connue pour son affinité fortes avec les endomycorhizes, du sol contenant de racines et d'en apporter soit dans la pépinière ou dans la plantation.
- Aussi une multiplication de souches de mycorhizes à grande échelle au laboratoire sachant une dégradation dramatique que subit nos écosystèmes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ayao.S, 2011. Caractérisation agro-morphologique de cultivars de sorgho colorant (*Sorghum bicolor*) au Bénin.
- Buyck, B., 1994. Ubwoba : les champignons comestibles de l'ouest du Burundi. Bruxelles, Belgique, AGCD, Publication agricole n° 34, 123 p.
- Campbell, N.A et Reece, J.B, 2004, Biologie, Adaptation et révision scientifique de Richard Mathieu, Deuxième édition, Bibliothèque Royale Albert premier, Bruxelles : 2004/0074/07, 1364 : 669-687.
- Charest, C. Dalpé, Y et Brown, A. 1993. The vesicular-arbuscular mycorrhizae and chilling on two hybrids of *Zea mays* L. Mycorrhizae 4: 89-92.
- Dehne, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology 72: 1115-1119.
- De Kesel, A.; Codjia, J.T.C.; Yorou, S. N.2002. Guide des champignons comestibles du Bénin. Centre International d'Ecodéveloppement Intégré & Jardin botanique National de Belgique, Coco Multimultimedia, 274 pages.
- Diédhiou, A.G, Guèye O, Diabaté M, Prin Y, Duponnois R, Dreyfus B, Bâ AM (2005) Contrasting responses to ectomycorrhizal inoculation in seedlings of six tropical African tree species. Mycorrhiza 16:11–17 doi :10.1007/s00572-005-0007-8
- Duñabeitia, M.K., Hormilla, S, Garcia-Plazaola JI, TxarterinaK, Arteche U, Becerril JM (2004) Differential responses of three fungal species to environmental factors and their role in the mycorrhization of *Pinus radiata* D. Don. Mycorrhiza 14:11–18 doi:10.1007/s00572-003- 0270-5.
- Egli, S. et Ivano, B., 2002, Les mycorhizes Une fascinante biocénose en forêt, Institut fédéral de recherches WSL, CH-8903 Birmensdorf, ISSN 1012-6554, ,8p
- F.A.O., 2002.** Elargir la base des ressources alimentaires grâce aux plants indigènes. Rome (Italy). 35pp

Fondation Internationale pour la Science (FIS), 1992, Interactions plantes microorganismes.  
Compte rendu du séminaire régional organisé par la FIS et l'ORSTOM. Dakar,  
Sénégal.

Fortin et al, 2008 : Les mycorhizes, la nouvelle mercution vert 93-96p

Garbaye et Guehl, 1997 : Les mycorhizes, Une fascinante biocénose en forêt\*

GIRARD .M.C , SCHVARTZ .C, JABIOL.B, 2011 : L'étude du sol 6pp

Hamid.A, 2006. Influence de mycorhizes à arbuscule sur le développement de quelques  
espèces végétales de forêt sèche cultivé serre.

Jean Rammello, 2013. Notes de Cause de mycologie

Köppen W., 1936. Dasgeographische system der climate.Handb. Climatologie, I.C., Berlin.

KASAKA.D ; 2012 : Construction à l'étude du système agroforestière  
de bananier dans la région de Kisangani ( à Simi-Simi)

Kelly, 1950. Mycorrhizas in tropical forest: a neglected reseearch imperative. New  
Phytologist 182: 14-16p

Laaziza Ben Khaled, Gomez, El Moustapha, Abdallah, 2003: Réponses physiologiques et  
biochimiques du trèfle (*Trifolium alexandrinum*) à la double association  
mycorhize-Rhizobium sous une contrainte saline. Fac des sciences Semalia ,  
Marrackech 571-580p

Leyval, C. Weissenhorn, I. Glashoff, A et Berthelin, J. 1994. Influence of heavy metalson  
germination of arbuscular-mycorrhizal fungalspores in soils. Acta Bot. Gallica  
141: 523-528.

Milinganyo, 2013 : Détection et dénombrement de mycorhizes dans le site de Simi-Simi

Moango, A ; 2011. Notes de cours de pédologie générale faculté des sciences /Unikis

Moango, A., 2012. rapport de projet

- Moango, A., 2014. Inventaire et multiplication des endomycorhizes indigènes sous culture de Sorgho ,*Sorghum bicolor* (L.) Moench en pots de végétation à Kisangani, Province Orientale, R.D.Congo
- Morton, J.B, Bentivega, S.P et Wheeler, 1993: Gem plasm in the international collection of arbuscular and vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi and procedure for culture development documentation and storage. Mycotaxon 48, 491-528.
- Nara, K., 2006a, Ectomycorrhizal networks and seedling establishment during early primary succession. New Phytol 169:169–178 doi:10.1111/j.1469-8137.2005.01545.x
- Onguene, R.A, 1996, Abondance et distribution des associations mycorhiziennes en forêt tropicale humide du sud Cameroun, Séminaire FORAFRI de Libreville, Programme Tropenbos Cameroun, 13P.
- Paluku.M, 2009 : Etude microbiologique (champignon mycorhizien) en relation avec les divers situations d'extension/régression dans les peuplements à gilbertiodendron dewevrei dans la réserve forestière de la Yoko, DES Fac de sciences 36p.
- Paradis, R., Dalpé, Y et Charest, C. 1995. The combined effect of arbuscular mycorrhizas and short-term cold exposure on wheat. New Phytol. 129: 637-642
- Shetty, Hetrick, Figge et Schwab, 1994: Effet de mycorhizae and other soil microbes on revegetation of heavy metal contaminated mine spoil. Environmental pollution 86: 181-188p.
- St Arnaud, 1995: Grow of fusarium axysporum f. sp chrysanthem in vitro dual culture system with the vesicular mycorrhizal fungus glomus intraradices growing on daucus carota transformed. Mycorrhiza 5, 431-438.
- Smith et Read, 1997-Mycorrhizial symbiosis. Second edition. Academic Press-665p
- Strullu D.G, 1991. Les mycorhizes des arbres et de plantes cultivés. Lavoisier Paris.
- Sylvia, D.M ; Williams, S.E. ; 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizea and environnement stress. In Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. G.J. Bethlenfalvay et R.G. Linderman Eds ASA Special Publication Number 54, Madison Wisconsin 101-124.

USDA, 1975: The united stated Departement of Agriculture: soil taxonomy (disponible sur [WWW.google.fr/usda](http://WWW.google.fr/usda))

Van der Heijden ,E.W, Kuyper, T.W., 2001, Laboratory experiments imply the conditionality of mycorrhizal benefits for *Salix repens*: role of pH and nitrogen to phosphorus ratios. *Plant Soil* 228:275– 290 doi:10.1023/A:1004850423794, pp 315–322.

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	1
0.1. PROBLEMATIQUE .....	3
CHAPITRE I: REVUE DE LA LITTERATURE. ....	5
I.1. Mycorhizes .....	5
I.2.1. Ectomycorhizes.....	6
I.4. L'utilisation commerciale de mycorhizes .....	9
1.2.3. <i>Sorghum bicolor</i> .....	13
CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES.....	16
2.1. MILEU D'ETUDE .....	16
2.2. Matériels et Méthodes.....	18
A. Matériel biologique.....	18
<b>2.3. Méthode</b> .....	19
CHAPITRE III. RESULTATS.....	21
3.1. Paramètres microbiologiques .....	21
3.2. Paramètres physico-chimiques .....	23
a. Granulométrie .....	23
b. Détermination de teneur en carbone .....	24
CHAPITRE IV. DISCUSSION DES RESULTATS.....	26
4.1. Paramètres physico-chimiques .....	26
CONCLUSION ET SUGGESTIONS .....	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	28

