International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)
E-ISSN: 2582-2160 ● Website: www.ijfmr.com ● Email: editor@ijfmr.com

Quantification De La Symbiose Mycorhizienne Des Essences De La Foret Claire (Miombo) Du Katanga: Application Au Reboisement

Mr. Herve Bondonga Mambomba

Assistant Chercheur, Agronomie Et Environnement, Centre National De Teledetection

Résumé :
L'objectif de cette étude était de quantifier la mycorhization des essences du Miombo katangaise et d'examiner la corrélation entre le taux d'ectomycorhization en milieu naturel et certains paramètres physicochimiques du sol. L'analyse s'est portée sur le niveau d'infection des plantules en pépinière ainsi que sur le taux de mycorhization des racines dans la rhizosphère d'arbres adultes, en observant le manteau mycorhizien à l'aide d'une loupe à grossissement de 8 à 10 fois.
Les résultats révèlent que, pour les plantules en pépinière, la mycorhization est en phase d'initiation à 9 mois, avec la présence de petits filaments mycéliens, caractéristiques d'un début d'infection. En milieu naturel, les taux de mycorhization de *Uapaka kirkiana* et *U. pilosa* varient entre 52-70 % et 41,4-70,1 %, respectivement, bien que les différences entre échantillons ne soient pas significatives.
Pour les racines étudiées, les taux de mycorhization atteignent 78,5 % et 100 % respectivement à des profondeurs de 0-10 cm et 10-20 cm dans le sol de la rhizosphère de *U. kirkiana* (échantillons de février). Les échantillons de juin 2012 montrent des pourcentages compris entre 61,5-96,5 % pour *U. kirkiana* et 40-80 % pour *U. pilosa*.
Les analyses physicochimiques indiquent un pH du sol entre 5,01 et 5,12, tandis que la structure physique est caractérisée par une forte charge caillouteuse (40-70 %). Une corrélation linéaire positive significative a été observée entre le nombre de racines mycorhizées et le nombre total de racines.

Mots-clés : Quantification, Manteau, Mycorhizes, *U. kirkiana*, *U. pilosa*, Miombo

Abstrat
The aim of this study was to quantify the mycorrhization of Miombo tree species and to examine the correlation between the rate of ectomycorrhization in the natural environment and certain soil physicochemical parameters. The analysis focused on the level of infection of seedlings in the nursery and on the rate of mycorrhization of roots in the rhizosphere of adult trees, by observing the mycorrhizal mantle using an 8-10x magnifying glass.
The results show that, in nursery seedlings, mycorrhization is in the initiation phase at 9 months, with the presence of small mycelial filaments characteristic of the start of infection. In the wild, mycorrhization rates for Uapaka kirkiana and U. pilosa ranged from 52-70% and 41.4-70.1% respectively, although differences between samples were not significant.

For the roots studied, mycorrhization rates reach 78.5% and 100% respectively at depths of 0-10 cm and 10-20 cm in the rhizosphere soil of U. kirkiana (February samples). The June 2012 samples show percentages ranging from 61.5-96.5% for U. kirkiana and 40-80% for U. pilosa.
Physicochemical analyses indicate a soil pH between 5.01 and 5.12, while the physical structure is characterized by a high stony load (40-70%). A significant positive linear correlation was observed between the number of mycorrhizal roots and the total number of roots.

Keywords: Quantification, Mantle, Mycorrhizae, U. kirkiana, U. pilosa, Miombo

Introduction

Depuis quelques décennies, la déforestation, en particulier dans les régions tropicales, suscite une attention internationale croissante en raison de ses conséquences graves, telles que la réduction de la biodiversité et la dégradation des écosystèmes. La Conférence de Rio en 1992 a recommandé la gestion durable des forêts comme solution efficace à cette problématique.
Les massifs forestiers de la région zambézienne dépendent des associations mycorhiziennes, qui facilitent l'absorption minérale, surtout dans les sols pauvres. Ces associations sont essentielles à la biodiversité floristique et fongique des forêts, et leur connaissance est cruciale pour la régénération naturelle des forêts. Cependant, en Afrique, le statut mycorhizien des espèces forestières et leur distribution demeurent mal connus. Des études antérieures ont identifié divers types de mycorhizes, mais un manque d'informations subsiste concernant les essences de la forêt claire.
Cette recherche vise à quantifier l'ectomycorhization des essences dominantes dans le Miombo katangais, en se concentrant sur les espèces Uapaka kirkiana, U. pilosa, Pterocarpus angolensis et P. tenctorius. Les objectifs spécifiques incluent :

- Contrôler l'état de mycorhization des plantules en pépinière.
- Définir le potentiel d'ectomycorhization des racines fines dans la rhizosphère.
- Établir une corrélation entre le taux d'ectomycorhization et certains paramètres physico-chimiques du sol.

Le travail a été effectué entre septembre 2011 et juin 2012.

Chapitre 1. La symbiose mycorhizienne en forêt claire (Miombo)

1.1. Concept général sur la forêt claire

La forêt claire est une formation végétale mixte, caractérisée par une strate herbacée peu dense et des arbres atteignant 15 à 20 mètres de hauteur, souvent avec des cimes étalées en parasol. Dans le Katanga, cette formation végétale couvre environ 80 % de la superficie, atteignant plus de 87 % dans la région de Lubumbashi. La périodicité de la forêt claire est influencée par des facteurs climatiques, notamment les incendies, qui déclenchent la reprise de la végétation. Deux cycles végétatifs principaux existent, certains arbres fleurissant avant les pluies, d'autres après. La forêt claire remplace la forêt dense lorsqu'elle est détruite par le feu et présente des adaptations spécifiques aux conditions de sécheresse.

1.2. Variantes de la forêt claire

La forêt claire du Katanga se subdivise en trois types :

1. **Forêt claire de type Miombo** : Dominée par des espèces comme Brachystegia spp. et Julbernardia spp., avec une strate herbacée continue.

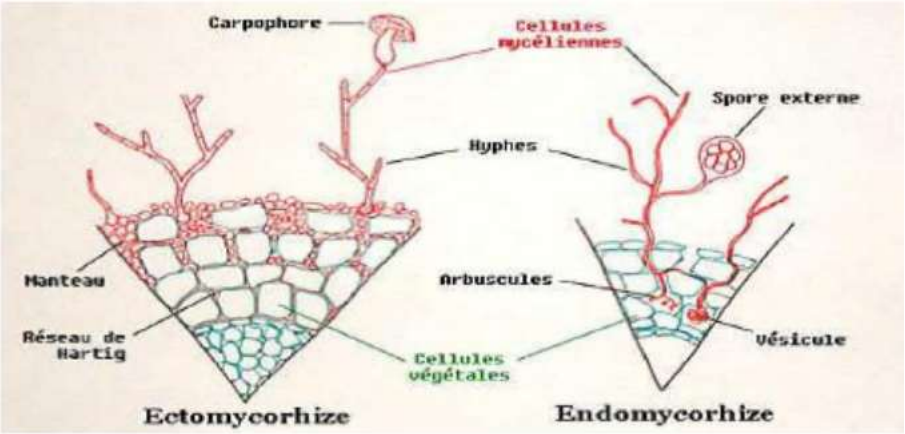
2. **Forêt claire à dominance de Marquesia macroura** : Caractérisée par des arbres aux cannelures profondes, se développant après la destruction de la forêt dense.
3. **Forêts claires de hautes termitières** : Écosystèmes spécifiques créés par des termites, avec une composition floristique distincte.

1.3. Variantes écologiques

Le climat katangais est marqué par une saison humide et une saison sèche, influençant le rythme phénologique des plantes. La température varie selon le relief et la latitude, avec des températures minimales allant de 2 à 11 °C et maximales de 34,5 à 36 °C. Les sols de la forêt claire sont généralement des latosols zonaux, pauvres en nutriments, avec un pH bas et une dominance d'éléments fins.

1.4. Types de mycorhizes en forêt claire

Les associations symbiotiques entre plantes et champignons dans la forêt claire comprennent 13 espèces d'arbres ectomycorhiziennes et 10 endomycorhiziennes.



1.4.1. Les ectomycorhizes

Caractérisées par un manteau fongique entourant la racine et un mycélium pénétrant entre les cellules du cortex, les ectomycorhizes modifient la morphologie des racines et facilitent l'absorption des nutriments, particulièrement dans les sols pauvres. Elles sont présentes principalement sur des espèces ligneuses comme Brachystegia et Isoberlinia, représentant une part importante de la couverture végétale dans le Miombo. Les champignons ectomycorhiziens appartiennent principalement aux Homobasidiomycètes et aux Ascomycètes.

Ce chapitre établit ainsi les bases de la compréhension des écosystèmes de la forêt claire et de l'importance des mycorhizes dans la dynamique de ces forêts.

Rôle des mycorhizes dans la nutrition organo-minérale des végétaux

Les mycorhizes, et notamment les ectomycorhizes, jouent un rôle clé dans la nutrition des arbres grâce à une symbiose complexe entre les racines et les champignons mycorhiziens. Ces structures permettent une absorption accrue des nutriments, une amélioration de l'hydratation et une protection contre les pathogènes. Voici les principaux points développés :

1. Morphologie et structure fonctionnelle des mycorhizes

Les ectomycorhizes se forment sur des racines courtes limitées en croissance et impliquent un manteau fongique et un réseau mycélien étendu dans le sol. Ce réseau explore efficacement le sol, facilitant le transfert de nutriments à la plante en échange de carbone fourni par l'hôte (Mousain, 1998).

2. Nutrition azotée

Les champignons mobilisent et assimilent différentes formes d'azote organique (protéines, acides aminés) et minéral (ammonium, nitrate). Ils possèdent l'équipement enzymatique nécessaire pour transférer cet azote mobilisé à la plante, ce qui est essentiel pour la synthèse des protéines et la croissance (Plassard et al., 2000).

3. Nutrition phosphatée

Les mycorhizes augmentent l'absorption du phosphore grâce à :

- L'exploration accrue du sol par le réseau mycélien.
- La production d'enzymes (phosphatases) hydrolysant les formes organiques complexes de phosphore.
- La modification des conditions physico-chimiques dans la rhizosphère (acidification et complexation). Cela est particulièrement crucial dans les sols pauvres en phosphore disponible (Mousain, 1989).

4. Nutrition hydrique

Les champignons améliorent la gestion de l'eau en augmentant l'efficacité de l'absorption et en régulant les processus osmotiques. Ce rôle est indirectement lié à une meilleure nutrition minérale, en particulier en phosphore et potassium, éléments clés pour la gestion hydrique (George et Marschner, 1995).

5. Protection contre les pathogènes

Les mycorhizes protègent les racines par :

- Une barrière mécanique et physiologique (dégradation des toxines pathogènes).
- La production d'antibiotiques.
- Une compétition pour les ressources avec les pathogènes.
- La stimulation d'une microflore protectrice dans la rhizosphère (Smith et Read, 1997).

6. Caractérisation et intérêt pratique

La caractérisation morphologique et anatomique des mycorhizes (forme, couleur, structure) est essentielle pour la sélection de souches efficaces en pépinière ou en forêt, notamment pour le reboisement et la culture de champignons comestibles (Garbaye et Guehl, 1997).

En conclusion, les mycorhizes sont indispensables pour la survie des arbres dans des sols pauvres et jouent un rôle essentiel dans la nutrition, la gestion hydrique, et la lutte biologique, contribuant à une meilleure gestion des forêts.

Chapitre 2 : Milieu, Matériels et Méthodes.

2.1. Milieu

2.1.1 Localisation du site expérimental

L'étude a été menée au Game Park de Mikembo, situé à 36 km au nord-est de Lubumbashi, RDC, dans la province du Katanga. Ce site est caractérisé par un climat tropical sec (type CW6 selon Köppen), avec deux saisons principales :

- Saison pluvieuse : novembre à mars.
- Saison sèche : mai à septembre.

Le sol est de type ferralitique, rouge ocre et jaune, avec une structure faiblement développée. La végétation est dominée par des forêts claires, alternant entre forêts intactes et zones de régénération. Les espèces dominantes incluent **Albizia adiantifolia**, **Brachystegia spp.**, **Julbernadia spp.**, **Pterocarpus spp.**, **Terminalia spp.**, et **Uapaca spp.**.

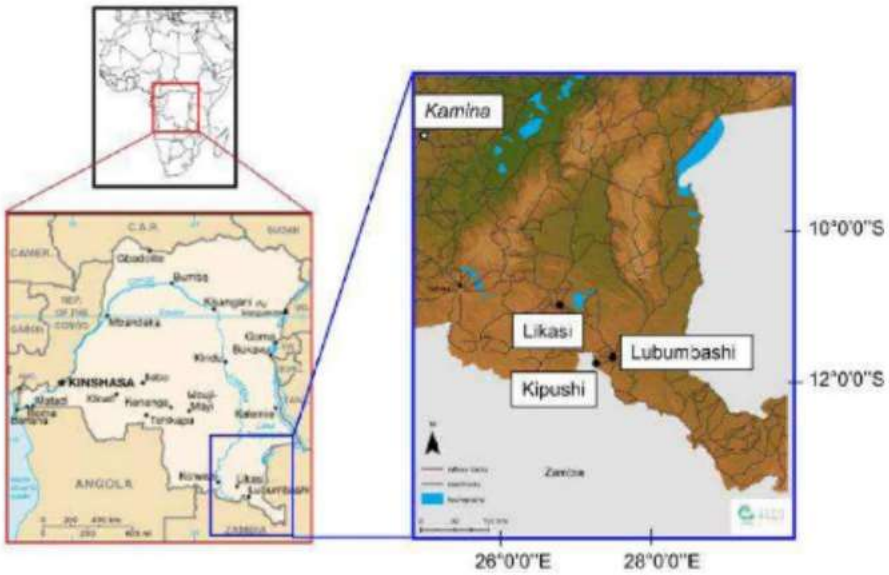


Figure 1. Localisation de la Ville de Lubumbashi dans la carte d'Afrique et du Congo RD (Banza *et al.*, 2008).

2.2. Matériels

2.2.1 Matériel biologique

Le contrôle de la mycorhization a été réalisé sur les plantules semées en décembre 2010 et février 2011. Les sols ont été prélevés dans la rhizosphère d'espèces de la famille des Fabaceae (Pterocarpus) et Phyllanthaceae (Uapaca). Les espèces étudiées :

- **Pterocarpus angolensis** : Bois dur, utilisé pour l'ébénisterie, avec des propriétés médicinales (latex rouge, racines aphrodisiaques).
- **Pterocarpus tinctorius** : Arbre atteignant 30 m, fournit un bois rouge et résine teintante.
- **Uapaca kirkiana** : Arbre fruitier (prunes sucrées), tolérant des sols acides, utilisé pour la nutrition et la sécurité alimentaire.
- **Uapaca pilosa** : Arbuste utilisé dans la pharmacopée traditionnelle (diarrhée, amibes, plaies, douleurs abdominales).

2.2.5 Autres matériels

Les outils utilisés incluent :

- Instruments de prélèvement : tarière, houe.
- Instruments de mesure : pied à coulisse, tamis (1-2 mm), balance électronique.
- Accessoires de stockage : caissons isothermes, sachets.
- Matériel d'enregistrement : carnets, stylos, crayons.

2.3. Méthodes

2.3.1. Contrôle de la mycorhization en pépinière

- Des plantules de *Pterocarpus angolensis*, *P. tinctorius* et *Uapaca kirkiana* (âgées de 9 mois) issues de semis en pleine terre ont été prélevées.
- La présence ou absence de mycorhization a été notée.

2.3.2. Quantification des manteaux des champignons ectomycorhiziens dans la rhizosphère

- L'étude a ciblé *Uapaca kirkiana* et *Uapaca pilosa* dans la réserve forestière de Mikembo.
- Des échantillons de sol ont été prélevés en février et juin 2012, à des profondeurs de 0-10 cm et 10-20 cm.
- 20 g de sol ont été analysés pour extraire et quantifier les racines ectomycorhizées.

Photo 1. Illustration du mycélium ectomycorhiziens (Crédit Bondonga, mai 2012)

2.3.3. Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol

Paramètres physiques :

- Les échantillons ont été tamisés pour séparer les particules selon leur taille (charge caillouteuse, sable, limon, argile). Les fractions ont été pesées et exprimées en pourcentage.

Paramètres chimiques :

- Des analyses de pH (H2O et KCl), de matière organique et de phosphore total ont été réalisées au laboratoire du CRAA selon Mujinga (2010).

2.3.4. Paramètres observés et traitement des données

- En pépinière, des mensurations sur les plantules ont été prises (taille, nombre de feuilles, diamètre au collet, longueur et diamètre de la racine principale).
- En nature, le nombre des racines mycorhizées et le taux de mycorhization (ou indice de mycorhization = Nombre racine mycorhizées sur le nombre total des racines dans 20g de sol) ont permis de quantifier le potentiel mycorhizien du sol de la rhizosphère des espèces du Miombo, particulièrement chez *U. kirkiana* et *U. pilosa*. Ce taux va déterminer l'intensité de l'infection des racines par le champignon mycorhizien présent dans le sol de la forêt claire Katangaise.
- Une ANOVA à un critère a été réalisée pour comparer les échantillons. Les différences significatives ont été explorées avec le test de Tukey HSD. Des analyses multivariées ont été utilisées pour établir des corrélations entre mycorhization et paramètres physico-chimiques.

Chapitre 3. Présentation des Résultats

3.1. Contrôle de la mycorhization en pépinière pour un semis en pleine terre

3.1.1. État de la mycorhization des plantules de *Uapaka kirkiana*

À 9 mois d'âge, les observations montrent une faible mycorhization pour les plantules de *U. kirkiana*. Seuls 2 plants sur 11 présentent un début de mycorhization avec de faibles indications morphologiques (présence de filaments mycéliens). La croissance des paramètres mesurés (hauteur, diamètre au collet,

élongation racinaire, etc.) révèle une élongation racinaire significative par rapport à la hauteur des plantules, mais un faible diamètre de la racine (Tableau 3).

3.1.2. Croissance et mycorhization des plantules de *Pterocarpus angolensis* et *P. tinctorius*

Pour ces espèces, aucune mycorhization effective n'a été constatée en raison de l'absence de réactifs pour la coloration des racines. Cependant, les mesures de croissance montrent des différences notables :

- *P. angolensis* présente des racines épaisses et en forme de carotte avec une élongation moyenne de 30 cm.
- *P. tinctorius* affiche une meilleure performance globale avec une élongation racinaire plus importante (40,9 cm) et un diamètre au collet moyen de 5,6 mm (Tableaux 4 et 5).

3.1.3. Comportement des plantules transférées de la pépinière en pleine terre vers les sachets en polyéthylène

Les données ANOVA montrent des différences significatives entre les espèces pour tous les paramètres de croissance ($p < 0,05$), notamment l'élongation racinaire et le diamètre de la racine. Les espèces *P. angolensis* et *P. tinctorius* se distinguent par un meilleur taux de reprise et de survie (93,8 % et 97,3 %, respectivement) comparé à *U. kirkiana* (40 %) (Tableau 7).

3.2. Quantification des mycorhizes inféodés à *U. kirkiana*

3.2.1. Potentiel mycorhizien du sol de la rhizosphère en saison des pluies

Le taux de mycorhization des racines de *U. kirkiana* varie de 48,1 % à 76,7 %, avec des valeurs plus élevées à une profondeur de 20 cm ($p = 0,03$). Le nombre de racines mycorhizées est également légèrement supérieur à cette profondeur, mais sans différence statistiquement significative (Tableau 8).

3.2.2. Potentiel mycorhizien en saison sèche

En saison sèche (juin 2012), le taux de mycorhization pour *U. kirkiana* se situe entre 52,9 % et 70 %, sans différence significative entre les échantillons de sol. La variabilité est attribuée aux conditions environnementales et à la structure du sol (Tableau 10).

3.3. Analyse comparative et implications écologiques

Les résultats montrent une faible performance de *U. kirkiana* en termes de croissance et de survie, contrastant avec les deux espèces du genre *Pterocarpus*. Ces dernières présentent une meilleure aptitude à la mycorhization et une croissance plus vigoureuse, même en conditions défavorables. La forte élongation racinaire de *U. kirkiana*, au détriment de la biomasse aérienne, reflète une adaptation spécifique au milieu, mais limite sa reprise lors des transplantations.

Chapitre 4 Discussions :

4.1. État de la mycorhization des plantules de U. kirkiana, P. angolensis et P. tinctorius

Les plantules de *U. kirkiana* âgées de 10 mois ne sont pas mycorhizées en pépinière, malgré un début de mycorhization observé sur deux individus. Cette absence de mycorhization pourrait être attribuée à :

1. Une forte élongation de la racine principale aux dépens des racines secondaires, essentielles pour la mycorhization.
2. Un faible développement des racines secondaires.
3. Une exposition élevée au soleil dans des conditions de pépinière non ombragée.

Ces observations concordent avec les travaux de Chidumayo (1997), qui signalent une élongation racinaire intense chez les arbres du Miombo.

4.2. Mycorhization des arbres de U. kirkiana et U. pilosa en milieu naturel

Les sols rhizosphériques de *U. kirkiana* et *U. pilosa* présentent des taux élevés de mycorhization, variant

entre 48,1 % et 76,7 % en saison des pluies, et entre 40 % et 96,5 % en saison sèche. Les taux les plus élevés sont observés à une profondeur de 10-20 cm.

Ces résultats montrent que ces espèces de la sous-famille des *Phyllanthaceae* sont fortement ectomycorhizées, bien au-delà des observations faites dans les forêts tempérées (Diaz et al., 1994).

4.3. Propriétés physico-chimiques des sols de rhizosphère

- Les sols de rhizosphère sont riches en charges caillouteuses (40-70 %), conditions favorables pour les espèces du genre *Uapaca*.
- Le pH du sol, légèrement acide (5,01-5,12), favorise la mycorhization, comme démontré par des études antérieures (Thoen, 1974; Kalenga et al., 2000).
- Ces sols, bien que pauvres et acides, sont optimaux pour la croissance et la mycorhization des espèces étudiées.

4.4. Relations entre les paramètres mycorhiziens et physiques du sol

- Une relation linéaire significative et positive est observée entre le nombre de racines mycorhizées et le nombre total de racines, ainsi qu'entre la charge caillouteuse et certains paramètres.
- Cependant, la relation entre le taux de mycorhization et les paramètres mesurés reste incohérente, probablement en raison de la taille limitée de l'échantillon.
- Le pH acide reste un facteur clé favorable à la mycorhization, bien que les corrélations avec d'autres paramètres du sol n'aient pas été suffisamment analysées.

Conclusion

Les observations indiquent que les espèces étudiées, *U. kirkiana* et *U. pilosa*, développent une mycorhization efficace en milieu naturel grâce à des sols pauvres, acides et caillouteux. Ces conditions semblent particulièrement adaptées à leur mycorhization et à leur développement racinaire.

Les espèces étudiées, *Uapaca kirkiana*, *U. pilosa*, *Pterocarpus angolensis* et *P. tinctorius*, sont d'une grande importance socio-économique pour les populations locales grâce à leurs produits ligneux et non ligneux. Ces essences forment des associations mycorhiziennes essentielles pour leur nutrition hydrominérale.

L'étude visait à caractériser et quantifier ces associations mycorhiziennes dans les conditions édapho-climatiques du parc Game Mikembo, une réserve de forêt claire du Miombo.

Résultats clés

1. **Plantules en pépinière** :
   - Les plantules de *U. kirkiana* à 9 mois d'âge montrent un faible potentiel de mycorhization.
   - Seuls de petits filaments mycéliens, signes d'une infection ectomycorhizienne débutante, ont été observés.
2. **Arbres en milieu naturel** :
   - Le taux de mycorhization dans le sol de la rhizosphère de *U. kirkiana* et *U. pilosa* varie entre 48,1 % et 76,7 %.
   - Le pourcentage de racines mycorhizées est compris entre 40 % et 100 %, un niveau nettement supérieur à celui des forêts tempérées.
   - Les sols, caractérisés par une forte charge caillouteuse (40-70 %) et un pH acide (5,01-5,12), sont favorables à la mycorhization.
3. **Relations physiques et biologiques** :

- Une corrélation positive et significative est observée entre le nombre de racines mycorhizées et le nombre total de racines, ainsi qu'entre la teneur en sable et les particules fines (argile et limon).
- Une corrélation négative existe entre la charge caillouteuse et la teneur en particules fines.

Perspectives

- Des études plus approfondies devraient être menées avec des échantillons plus larges (plus de 50) pour améliorer la robustesse des analyses statistiques.
- Une caractérisation morphogénétique et des analyses ADN sont nécessaires pour identifier précisément les types de mycorhizes impliqués.

Ces recherches fourniront des bases solides pour la gestion durable et le reboisement des essences indigènes du Miombo, tout en optimisant leur association mycorhizienne.

Bibliographie

1. Akinnifesi F.K., Chilanga T.G., Mkonda A., Kwesiga F., Maghembe J., La domestication de *Uapaca kirkiana* dans le sud Afrique: résultats préliminaires de provenances de dépistage au Malawi et en Zambie, Actes de l'agroforesterie régionale conférence sur les impacts agro forestiers sur les moyens de subsistance dans le sud de l'Afrique. *mettre la recherche en pratique*, vol 21, n° 16, pp 85-92.
2. Alexander, 1983. A study of ageing of spruce *Piceasitchensis* (Bong) Carr. ectomycorrhizas.
3. Anderson, 1967. Nucleic acids, derivates, and organic phosphates. *In :*Soil Biochemistry, vol 33, n° 7,pp 16-21.
4. Calleja M., Mousain D., Lecouvreur B., Auzac, 1980. Influence de la carence phosphatée sur les activités phosphatases acides de trois champignons mycorhiziens. *Hebelomaedurum* Metrod., *Suillusgranulatus* (L. ex Fr.)
5. Chidumayo E.N., 1997. Miombo ecology and management an introduction. Stockholm environement institute (SEI). *southampton Row, londo, WC 1B HH, UK*, pp 166.
6. Chidumayo F.R. 1988. Une nouvelle évaluation des effets du feu sur la régénération du Miombo dans le Copperbelt du Zambien. *Journal of tropical Ecology* 4(4), 361- 372.
7. Chidumayo, 1997. Fruit production and seed predation in two Miombo woodland trees in Zambia. *Biotroca*, vol 29, n°4, 452-458.
8. Degree *et al*., 1997. Edition mushrooms of the zambezian woodland a nutritional and ecological approach. *Biotechnol, agron. Sco. Environ*. (3), 2221- 2231.
9. Delwaulle J.C., Diangawa D., Garbaye J., 1987. Augmentation de la production du spinaibes dans la région côtière du Congo pour introduction du champignon ectomycorhizien *Pisolithius tinctorius*. *Revue forestière française*, 39, 1, p 409-417.
10. FAO, 2010. http:// www.fao.org/ docrep /W4442F/W4442f06.htmn. domaine Zambézien, consulté le 24 février 2012.
11. Garbaye J., 1988. Augmentations de la production du pin des caraïbes dans la région côtière du Congo par l'introduction du champignon ectomycorhizien *Pisolithus tinetorius*. *Revue Forestier Française* 39, (5), 409- 417.
12. Garbaye J., De lwaulle J.C., Dianganda D., 1993. Growth response of *Enculyptrus* to ectomycorrhizal inoculation in the Congo. *Forest ecology and mamagement* 24, pp 151-157.
13. Harley, Cready M.C., 1981. Mycorrhizal symbiosis. London, New-York. *Academic Press*, 1983. pp 123-133.

14. Harrison M.J., Van Buuren M.L., 1995. A phosphate transporter from the mycorrhizal. *Fungus Glomus versiforme. Nature,* vol. 378, pp. 626-629.
15. HM Stationery Office, 1900: Bulletin information divers. Royal Botanic Gardens, Kew 1912 à Londres. pp. 102 .
16. Hogberg, 1986. La disponibilité des nutriments du sol, symbioses racinaires et la composition des espèces d'arbres en Afrique tropicale. *revue journal of tropical Ecology* 2 (4) ; 359- 379.
17. Hogberg, Alexander, 1986. Roles of root symbioses in African woodland and forest: evidence from 15 N abundance and folian analysis. *Journal of Ecology* 83, 217-224.
18. Hogeberg, 1982. Mycorrhizal association in some woodland forest trees and shrubs in Tanzania new phytologist, *revue journal of tropical Ecology,* 92, pp 407- 415.
19. Hogerg P.P.,. Piearce G. D., 1986. Mycorhization in Zambia tres in relation to host taxonomy, vegetation type and successional patterns. *Journal of ecology vol*. 74, N° 3, PP 775- 7785.
20. http:// worldagroforestry.org/af/ treedb/ consulté le 20 mars 2012 à 10 heures
21. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de *Uapaca kirkiana* et *Strychnos* produits *Cocculoides*. *Papier présenté à l'Université*, in 6ème Malawi sénat de recherche et de publications conférence annuelle, 21-24 Février, 2000. 12 p.
22. Khasa *et al*., 1990. Symbioses racinaires chez quelques essences forestières importées au Zaïre. Contribution N° 382, station de recherches, agriculture Canada, Sainte Foy. Québec. 27 - 33.
23. Küntze O., Coker, Couch, 1980. Physiologie végétale, 18, n° 9, pp. 489-504.
24. Malaisse F., 1973. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo). Note 8. *Le projet Miombo*. *Annales Université Abidjan*, série E (Ecologie) tome VI. 227- 250.
25. Malaisse F., 1997. Se nourrir en forêt Claire Africaine. Approche écologique et nutritionnelle. *Presses agronomiques de Gembloux*, n° 11, pp 32 - 47.
26. Malaisse F., Mousset, Schrochoff G., 1973. Université Nationale du Zaïre Campus de Lubumbashi, l'homme dans la forêt claire zambézienne. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo).
27. Malaisse, F. 1973. L'homme dans la forêt clair zambézienne. Contribution à l'étude de l'écosystème foret claire (Miombo). *African Economic history*, N° 7 pp 38- 64.
28. Matumoto-Pintro P., 1996. Rôle des phosphatases dans l'utilisation du phosphore organique par les champignons ectomycorhiziens et leurs associations avec le Pin laricio de Corse. Influence des surfaces adsorbantes sur l'activité des phosphatases. Thèse doctorat, Montpellier : École Nationale Supérieure Agronomique.
29. Mousain, 1989. Étude de la nutrition phosphatée de symbiotes ectomycorhiziens. Thèse de Doctorat d'État en Sciences, Montpellier. Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
30. Mousain, Meyselle *et al*., 1991. La Symbiose mycorrhizienne : résultats obtenus avec l'*Hebeloma cylindrosporum* et le *Pisolithus tinctorius*, et perspectives d'application agronomique. *In* Mushroom Science X (Part I), Proceedings of the 10th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi.
31. Ngongo M.L., Van Ranst, Baert G., Kasongo L. E., Versoodt A., Mujinya B.B., Mukalay J. M., 2009. Guide des sols en RDC tome I. étude et gestion.
2. 32.
1. Selosse, Marc André, François Le Tacon F., 1999. La stratégie de la symbiose : *science et avenir*, N° 633, pp. 72-73.

2. Thoen (D), 1974. Premières indications sur les mycorhizes et champignons mycorhiziques des plantations exotiques du haut Shaba (République du Zaïre). *Bulletin de recherche agronomique*, Gembloux, 9, p 215-227.
3. Thoen D., 1993. Looking for ectomycorrhizal trees and ectomycorrhizal fungi in tropical.
4. Trapnell C. G., 1959. Ecological resultants of woolland burning experiment in northenn Rhodesia . J ecd 47 pp 129-168.
5. Trapnnell, C.G., 1953. The soils, vegetation and agriculture of northeastern Rhodesia. *Second impression, gort. Printer,* Lusaka, 146pp.
6. Williamson B., Alexander I.J., Année 2002. Acid phosphatases localized in the sheath of beech mycorrhiza. *Soil bid. Biochenn*, vd. 7, pp 195-198.