

# LES PRATIQUES PAYSANNES DE REGENERATION NATURELLE ASSISTEE DES ARBUSTES FAVORISENT LE DEVELOPPEMENT DES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ARBUSCULAIRES

S. BOUREIMA<sup>1</sup>, M. IBRAHIM<sup>1</sup>, D. IBRAHIM<sup>2</sup>, S. LAWALI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, BP 465 Maradi, Niger

<sup>2</sup>Ecole Normale Supérieure, Université Abdou Moumouni de Niamey

Correspondance : boureimaseyni@yahoo.fr

## RESUME

Dans les pays sahéliens en général et au Niger en particulier, la technique de la régénération naturelle assistée (RNA) est une pratique que les paysans utilisent pour recréer un système agroforestier. Ce travail a pour objectif principal d'évaluer l'impact de la RNA sur le potentiel mycorhizogène des sols dans le terroir de Dan Saga. La technique mise en œuvre a consisté à prélever des échantillons de sol et des racines fines à 1 m, 3 m et 5 m à partir du tronc des arbustes sur trois demi-cercles concentriques et à une profondeur de 20 - 40 cm dans les champs où la RNA est pratiquée. Des prélèvements de sol ont également été faits dans des placettes de 1m<sup>2</sup> à la même profondeur en plein champ cultivé. L'analyse au laboratoire a porté sur des paramètres de la mycorhization à savoir la fréquence de la colonisation mycorhizienne, l'intensité de la colonisation du cortex racinaire, l'intensité de la colonisation développée dans la partie mycorhizée du système racinaire et la teneur en arbuscules. La densité sporale des sols et une identification morphologique des spores ont également été effectuées. Les résultats révèlent une réelle diversité de morphotypes de spores de champignons glomérormycètes dans les champs RNA. Il ressort de cette étude que la fréquence de mycorhization est plus élevée pour la RNA de 10 ans et plus faible pour celle de 3 ans et le témoin. Quant à l'intensité de mycorhization, elle est aussi plus importante dans la RNA de 10 ans et faible pour celle de 3 ans et le site sans RNA ou témoin. Par ailleurs, la densité sporale est plus importante dans les sols RNA que dans les sols sans RNA. La RNA favorise ainsi une installation et un développement de l'activité symbiotique mycorhizienne dans les champs cultivés.

**Mots clés :** Pratiques paysannes, RNA, mycorhizes, sahel, Niger.

## ABSTRACT

### ***FARMING MANAGEMENT NATURAL REGENERATION PRACTICES OF SHRUBS PROMOTE THE DEVELOPMENT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI***

*Farming Management Natural Regeneration of trees (FMNR) in farmers' field is one of the methods which farmers used in the re-greening process of their fields. This work was undertaken to evaluate the influence of FMNR on the soil richness in vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in Dan Saga cultivated lands. The method used was to collect soil samples in farmers field practicing FMNR for 3, 5 and 10 years ago and roots of shrubs at distances of 1 m, 3 m and 5m from the tree trunk at 20-40 cm depth. In roots mycorrhization evaluation, the Trouvelot's method was used and the counting of spores was done with a binocular magnifying glass. The results evidenced the diversity of AMF in the cultivated soils under FMNR. The most important frequency of mycorrhization is observed with FMNR fields of 10 years old and the lowest frequency with that of 3 years old compared to the control. The intensity of mycorrhization was higher with FMNR of 10 years old and lower with that of 3 years old compared to the control.*

*The Farming Management Natural Regeneration of trees favored installation and development of mycorrhizal activity in the cultivated farms.*

**Keywords :** *Farmers practices, farming management natural regeneration, mycorrhizes, Sahel, Niger.*

## INTRODUCTION

Les relations entre les microorganismes du sol et le fonctionnement des écosystèmes sont depuis quelques années parmi les principaux objets de recherche en écologie. Ces microorganismes ubiquistes évoluent en association symbiotique stricte avec diverses plantes hôtes et optimisent le développement du végétal via deux voies principales à savoir (i) une stimulation de la nutrition minérale (plus particulièrement pour le phosphore considéré comme une des principales carences minérales dans les sols tropicaux) et (ii) une meilleure tolérance ou résistance de la plante aux stress biotiques (impacts de microorganismes pathogènes fongiques, bactériens ou de nématodes phytoparasites) et/ou abiotiques (stress salin, hydrique, métaux lourds) (Duponnois *et al.*, 2013). Ils sont considérés comme un groupe microbien « clé » dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres en particulier pour leur capacité à promouvoir le développement des plantes dans des milieux dégradés (Abbas, 2014). En effet, plus de 80 % des familles de plantes forment une symbiose au niveau de leurs racines avec des champignons du sol.

Dans les zones semi-arides et arides où, les sols sont souvent pauvres en éléments nutritifs et où la période sèche peut se prolonger pendant plusieurs mois, la croissance des plantes dépend fortement de la symbiose mycorhizienne. Cette symbiose améliore la nutrition minérale, l'extension des hyphes mycorhiziennes permettant une meilleure prospection du sol et donc un prélèvement plus important des éléments nutritifs. Elle intervient également dans l'alimentation hydrique de la plante et sa tolérance à la sécheresse (Nouaim & Chaussod, 1996). Ces symbioses sont très répandues dans les différents écosystèmes terrestres, aussi bien dans les zones arides que dans les zones tempérées (Sahraoui, 2013). Actuellement, on estime que 90 % des plantes terrestres sont mycorhizées (Smith & Read, 2008). L'avantage de cette symbiose ne se limite pas aux deux partenaires, mais concerne aussi l'intégrité de l'écosystème puisqu'elle améliore la qualité du sol (Caravaca *et al.*, 2002), la diversité et la productivité du couvert végétal (Van der Heijden *et al.*, 1998), ainsi que l'établissement d'autres microorganismes bénéfiques comme les Rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes (Marschner & Timonen, 2006).

Par ailleurs, les contraintes majeures qui limitent la productivité des agroécosystèmes en milieu aride sont généralement attribuées aux carences minérales (plus particulièrement en phosphore (P) et en azote (N), à un déficit en eau, aux processus d'érosion hydrique et éolienne, ainsi qu'à des perturbations dans le biofonctionnement du sol (faible diversité génétique et fonctionnelle de la microflore tellurique, etc.) (Duponnois *et al.*, 2012). En Afrique de l'ouest et au Sahel en particulier, la désertification et la variabilité climatique ont entraîné une baisse des rendements et de la fertilité des sols. Pour s'y adapter, les producteurs ont élaboré une diversité de techniques qui ont ensuite été relayées et améliorées par la recherche avec l'appui de partenaires techniques et financiers. Ces techniques, reproductibles et maîtrisables par les populations rurales sahéliennes, peuvent s'adapter aux contextes agro-écologiques et sociaux et restent accessibles (avec un minimum de subvention) pour les producteurs à faibles revenus (CILSS, 2008). En effet, dans plusieurs régions du Sahel, les agriculteurs ont investi à plus ou moins grande échelle dans le développement de systèmes agroforestiers. Au Niger, ce phénomène est spectaculaire où l'échelle de ce reverdissement est évaluée à au moins 5 millions d'hectares (Larwanou *et al.*, 2006). Ces arbres n'ont pas été plantés, mais sont le résultat de la protection et de la gestion de la régénération spontanée par les agriculteurs. On entend par régénération naturelle assistée (RNA) l'ensemble des interventions visant à stimuler, provoquer, protéger et entretenir les repousses ligneuses dans les champs cultivés. La technique nécessite des formations préliminaires qui ont été dispensées principalement par les ONG à la suite des grandes sécheresses des années 70 et 80. Les effets concrets de ces techniques sont la reconstitution d'un système agroforestier autochtone voire d'une forêt à moyen terme. Les arbres régénérés assurent un complément de fertilité aux terres en culture ainsi que du fourrage, des fruits et du bois. De plus, ces arbres régénérés sont capables d'établir des symbioses avec de nombreux microorganismes. Au niveau des racines, les plantes peuvent s'associer avec des champignons mycorhiziens pour donner ce qu'on appelle des mycorhizes.

Les impacts socio-économiques de la RNA ont été largement démontrés à travers plusieurs études. Cependant, à notre connaissance, peu d'études ont été consacrées aux impacts au

niveau de la microflore des sols cultivés des terroirs nigériens où la RNA est pratiquée.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la régénération naturelle assistée sur le potentiel mycorrhizogène du sol.

Il s'agit spécifiquement de :

- apprécier la diversité des champignons mycorrhiziens arbusculaires dans les différents sites RNA et sans RNA de Dan Saga ;
- évaluer la richesse de ces sols cultivés en fragments endomycorhyziens en fonction de l'âge de la RNA.

## MATERIEL ET METHODES

### SITES D'ETUDE

**Tableau 1** : Paramètres physico-chimiques du sol des différents sites.

*Physico-chemicals properties of the sites's soil.*

Site	Profondeur (cm)	N-total (ppm)	P-Bray1 (ppm)	CEC-Ag Tu (cmol*/kg)	K-total (ppm)	pH (Jl)
RNA 2 ans	20 - 40	12,4	1,25	3,3	306,8	5,9
RNA 5 ans	20 - 40	19,7	0,97	3,4	302,3	6,1
RNA 10 ans	20 - 40	24,9	1,11	3,5	351	6,2
Témoin	20 - 40	9,8	traces	3,5	316,5	6,3

### Echantillonnage et extraction des spores de CMA

Sur chaque site, un inventaire des espèces ligneuses a été d'abord fait. Dix arbustes de l'espèce ligneuse la plus dominante du champ ont ainsi été marqués de manière aléatoire pour le prélèvement de sol et de racines. Pour ce faire, 3 demi-cercles ont été tracés à 1 m, 3 m et 5 m à partir du tronc de l'arbuste et à l'aplomb de la frondaison. Quatre prélèvements de sol ont été effectués sur chacun des demi-cercles de manière équidistante, à une profondeur de 20 - 40 cm à l'aide d'une tarière et mélangés pour former un échantillon composite, soit un total de 3 échantillons par arbre et 30 échantillons par site.

En plus des prélèvements de sol, des échantillons de racines fines de l'arbuste ont également été prélevés et conservés dans une solution de Glycerol-Ethanol-Eau distillée (1 : 1

Cette étude a été menée dans le terroir de Dan Saga (Département d'Aguié, région de Maradi), en zone semi-aride tropicale du Niger. Le village de Dan Saga est situé à 13° 41' N et 7° 43' E et à une altitude de 435 m au-dessus du niveau de la mer. Elle a concerné quatre sites dont trois à RNA d'âges différents et un sans RNA (site témoin). Ces sites sont situés de part et d'autre du village dans les champs agricoles : le site de RNA<sub>10ans</sub> à l'Est à 13° 41' N et 7° 45' E, le site RNA<sub>5ans</sub> au Sud à 13° 41' N et 7° 44' E, le site RNA<sub>3ans</sub> et le site témoin à 13° 41' N et 7° 44' E. Au plan pédologique, ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés à faciès sableux ou limoneux. Dans chaque site d'étude, des échantillons de sol ont été collectés et analysés au laboratoire de l'ICRISAT-Sadoré, Niamey. Les paramètres physico-chimiques sont donnés au tableau 1.

:1) pour les observations au microscope.

D'autres prélèvements de sol ont également été faits dans chaque champ en dehors de la rhizosphère des arbustes. Pour ce faire, 5 placettes de 1 m<sup>2</sup> chacune et espacées d'au moins 20 m, ont été posées au niveau de chaque site. La placette a été subdivisée en 4 quadrats et un échantillon de sol est prélevé au niveau de chaque quadrat à une profondeur de 20 - 40 cm soit 4 sous échantillons par placette et 20 par site. Ces 20 sous-échantillons sont mixés pour former un échantillon composite par site.

### Extraction des spores (CMA)

Les échantillons de sol et de racine conditionnés ont été acheminés au laboratoire de microbiologie de l'Ecole Normale Supérieure (ENS) de l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour les différentes analyses. Les échantillons de sols ont été préalablement séchés à la température ambiante du laboratoire.

Les spores ont été extraites suivant la méthode de tamisage humide (Gerdemann & Nicolson, 1963). Après séchage, un aliquote de 100 g de sol a été prélevé dans chaque échantillon et mis dans un bécher auquel de l'eau a été ajoutée puis vigoureusement agité. La solution ainsi obtenue a été filtrée à travers une série de tamis (160, 125,90 et 63  $\mu\text{m}$ ) sous un jet d'eau.

Les spores obtenues ont été ensuite transvasées dans des boîtes de pétri et comptées à l'aide d'une loupe binoculaire. Dans la description des morphotypes, des spores saines ont été montées entre lame et lamelle avec du polyvinyl-glycérol et examinées au microscope à un grossissement de 400 x.

### Quantification de la mycorhization

La méthodologie a été adaptée de celle de Phillips et Hayman (1970) avec quelques modifications. Les racines lavées avec de l'eau ont été plongées dans une solution de KOH (10 %) pendant 24 h afin de les vider de leur contenu cellulaire.

Pour le blanchiment, 3 à 5 gouttes de  $\text{H}_2\text{O}_2$  ont été ajoutées à la préparation racines/KOH et laissé réagir pendant 5 minutes. Les racines extraites de la solution du KOH ont été rincées avec de l'eau distillée et plongées dans une solution de HCl (1 %), ce qui a ramené le pH

entre 8 et 14 quelques minutes après. Ces racines ont été ensuite rincées pour la coloration.

Les racines éclaircies et acidifiées ont été immergées dans une solution de lactophénol-bleu de trypan diluée dans du lactoglycérol (lactophénol 200g, acide lactique 200g, glycérine 400g, eau distillée 200g, bleu de trypan 1g) pendant 24 h. Les racines ont été ensuite rincées à l'eau, puis conservées dans une solution de lactoglycérol.

Le taux de la colonisation racinaire a été estimé selon la méthode de Trouvelot *et al.* (1986). Après coloration des structures fongiques au bleu de trypan, une dizaine de fragments de racines d'environ 1 cm de longueur a été prélevée à partir de chaque échantillon et déposée entre lame et lamelle dans une goutte de glycérine. La mycorhization s'observe à l'examen au microscope photonique (X10) par une coloration bleue foncée des structures fongiques dans les racines. La fréquence de colonisation des racines est estimée en six classes notées de 0 à 5 et la richesse arbusculaire par quatre classes notées d'A0 à A3 (Cf Trouvelot *et al.*, 1986 pour les détails). Ces données ont été ensuite introduites dans le programme MycoCalc (INRA, Dijon, France) pour calculer les cinq paramètres de la mycorhization (Tableau 2)

**Tableau 2** : Les paramètres de la mycorhization calculés à l'aide du programme MycoCalc.

*Mycorrhization parameters estimated with MycoCalc programme.*

Paramètres (%)	Description
F	Fréquence de la colonisation mycorhizienne (% du nombre de fragments racinaires mycorhizés)
M	Intensité de la colonisation du cortex racinaire (proportion du cortex colonisé estimée par rapport au système racinaire entier)
m	Intensité de la colonisation développée dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion du cortex colonisé dans la partie mycorhizée du système racinaire)
A	Teneur arbusculaire de la colonisation ramenée au système racinaire entier (proportion du système racinaire renfermant des arbuscules, exprimée en %).
a	Teneur arbusculaire de la colonisation dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion colonisée renfermant des arbuscules, %).

### ANALYSES STATISTIQUES

La densité des spores dans les sols et dans les racines ont été soumises à une analyse statistique en utilisant le modèle linéaire mixte

à l'aide du logiciel R (version 3.4.3) et les moyennes des variables ont été comparées en utilisant le package lsmmeans dans le cas où un effet significatif ( $p < 5\%$ ) a été mis en évidence.

## RESULTATS

### Couvert végétal au niveau des sites étudiés

Sur tous les sites, *Combretum glutinosum* Perr. Ex DC. (photo 1) est l'espèce dominante de la flore ligneuse. Sur le site RNA de 3 ans et le témoin, les espèces les plus communes sont *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst., *Guiera*

*senegalensis* J.F.Gmel, *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev., *Azadirachta indica* A.Juss..

Sur le site RNA de 5 ans, on y trouve les espèces de *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub., *P. reticulatum*, *Ziziphus mauritiana* Lam., *Tamarindus indica* L., *Bauhinia rufescens* Lam., *A.indica*.

Pour la RNA de 10 ans, on note la présence de *P. africana*, *Annona senegalensis* Pers., *T. indica*, *P. reticulatum*.



**Photo 1** : De gauche à droite : Site de RNA de 3 ans et de 5 ans.

*From left to right : FMNR site of 3 years and 5 years.*

### Quantification des paramètres de la mycorhization

L'examen au microscope des racines de l'espèce *C. glutinosum* dans les différents sites étudiés a montré que tous les échantillons observés sont fortement colonisés par des champignons mycorhiziens arbusculaires

(CMA). La fréquence de la colonisation des racines (F %) peut atteindre les 100 % dans les racines récoltées au niveau des sites RNA de 5 ans et 10 ans (Tableau 3). L'intensité globale de mycorhization (M %) varie entre 21,90 % dans les champs témoins et 38,23 % dans les sites RNA de 10 ans.

**Tableau 3 :** Analyse de la variance des paramètres de la mycorhization en fonction du site. F (%) Fréquence de la colonisation mycorhizienne, M (%) Intensité de la colonisation du cortex racinaire, m (%) Intensité de la colonisation ; A (%) : Teneur arbusculaire de la colonisation ramenée au système racinaire entier ; a (%) : Teneur arbusculaire de la colonisation.

*Analysis of variance of site effect on Mycorrhizal parameters : F (%) mycorrhization frequency, M (%) colonization intensity of the cortex ; m % intensity of colonization, A % : arbuscular amount of colonization in portion of root system, a % : arbuscular amount of colonization.*

Sites	F %	M %	m %	a %	A %
RNA 3 ans	98,83 ab	29,76 ab	29,9 ab	0,86	0,26
RNA 5 ans	100 a	37,63 a	37,63 a	0,96	0,40
RNA 10 ans	100 a	38,23 a	38,23 a	2,16	0,70
Témoin	98,47 b	21,9 b	22,16 b	0,60	0,10









Les valeurs ayant une même lettre en commun dans chaque colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Par ailleurs, la fréquence mycorhizienne varie significativement plus en fonction du site ( $P = 0,0046$ ) qu'en fonction de la distance au tronc de l'arbre ( $P = 0,62$ ).

### Diversité sporale des champignons MVA dans les champs cultivés

L'observation des spores sous la loupe binoculaire à fort grossissement a révélé la présence de 8 morphotypes différents selon la couleur, la forme et l'hyphe d'attachement (Tableau 4). Ceci montre une certaine diversité de types de champignons MVA qui colonisent les champs cultivés sous RNA.

**Tableau 4** : Description des différents morphotypes de spores isolées dans les sols RNA.*Description of different AMF morphotypes isolated from FMNR fields.*

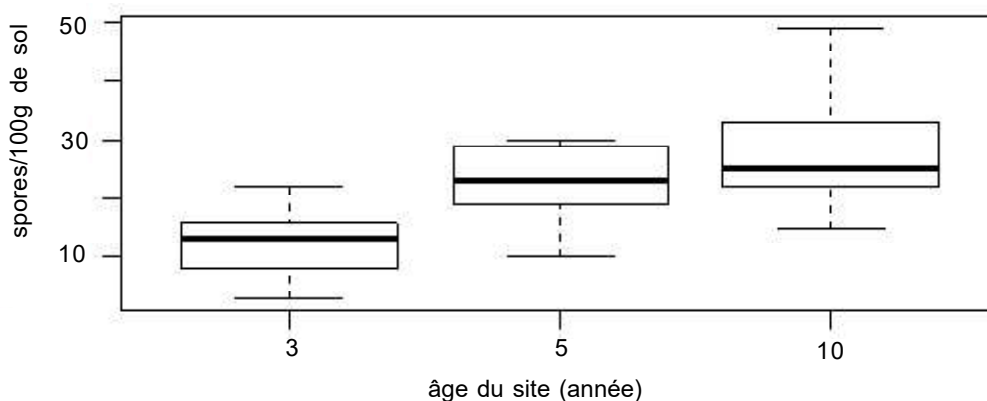
Morphotype	Couleur et forme	Hyphe de suspension
	ocre, sphérique	cylindrique
	ocre, concave	cylindrique droit
	rouge clair, sphérique	cylindrique
	jaune, sphérique	cylindrique
	orange à noir, irrégulière	cylindrique
	ocre, sphérique	bulbeuse
	noire, sphérique	bulbeuse
	jaune, allongée	tubercule

### Abondance relative des spores au niveau de la rhizosphère

L'analyse du sol a révélé la présence des spores CMA dans tous les échantillons prélevés au niveau des différents sites. L'abondance relative de ces spores a montré que les sols de RNA de 5 ans et de 10 ans sont plus riches en spores

CMA. Le nombre relatif atteint 27 spores par 100 g de sol sec dans le sol de RNA de 10 ans, tandis que le sol de RNA de 3 ans présente le plus faible taux, soit 12 spores par 100 g de sol sec (Figure 1).

Par ailleurs, la distance par rapport au tronc de l'arbre n'a pas une influence significative sur la densité sporale des racines.



**Figure 1** : Densité sporale dans la rhizosphère en fonction de l'âge des sites RNA.

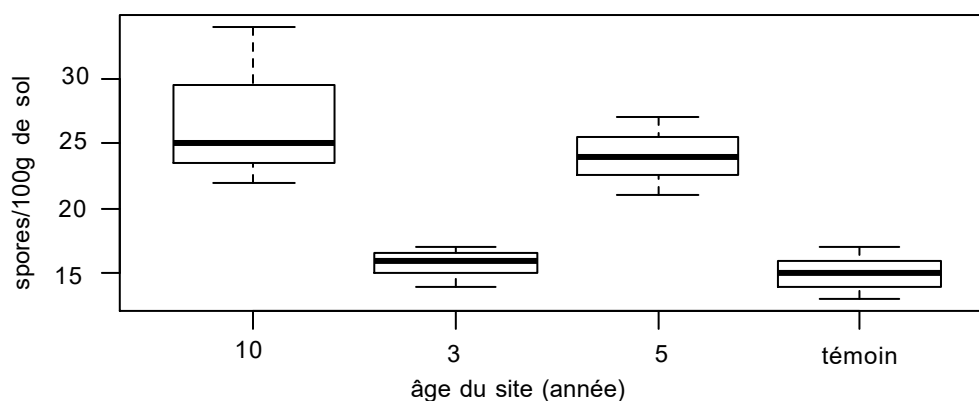
*Density of spores by FMNR age at the rhizosphere level.*

### Abondance relative des spores au niveau des placettes

L'analyse de chaque échantillon de sol a montré la présence des spores CMA sur tous les sites étudiés. Il ressort de l'analyse de l'abondance relative de ces spores que les sols de RNA de 5 ans et 10 ans regorgent plus de spores que les

sites témoin et RNA de 3 ans.

Le sol témoin présente la plus faible densité sporale (15 spores par 100 g de sol sec) contre 27 spores pour la RNA de 10 ans (Figure 2). Aucune corrélation n'a été observée entre la densité sporale et les paramètres physicochimiques du sol ( $P > 5\%$ ).



**Figure 2** : Densité sporale des placettes en fonction de l'âge des sites RNA.

*Density of spores by FMNR age in the field.*



## DISCUSSION

La déforestation est un phénomène général consécutif à un développement non maîtrisé des sociétés modernes. Elle est liée directement aux effets anthropiques aggravés par les aléas environnementaux (Abbas, 2014). Face à ce phénomène, chaque pays adopte des stratégies fortement dépendantes des conditions régnantes. Ainsi, à Dan Saga, la technique de la RNA est la plus adoptée pour recréer un écosystème naturel fonctionnel. Cette technique a eu un impact positif sur le potentiel mycorhizogène des champs sous RNA, en partie à cause des microorganismes symbiotiques comme les champignons MVA qui colonisent le système racinaire des arbustes et des espèces mises en culture. Gardes *et al.* (2003) ont d'ailleurs rapporté que les taux de colonisation endomycorhizienne étaient significativement plus faibles dans les zones fortement perturbées par les actions anthropiques comparés aux zones à faible perturbation.

Le Potentiel Infectieux Mycorhizogène (PIM) d'un sol caractérise non seulement la population des champignons mycorhiziens présents dans ce sol sous forme de spores, de mycélium et de morceaux des racines mycorhizées, mais aussi le fait que cette population soit apte à former des mycorhizes dans les conditions du sol en question (Plenchette, 2003). Les résultats ont montré que les racines des arbres de *C. glutinosum* des champs RNA sont fortement associées aux champignons mycorhiziens arbusculaires. De par ses fonctions au sein du système, l'arbre agira en tant que réservoir à propagules de CMA susceptibles de s'associer aux espèces cultivées et ainsi améliorer leur rendement. Ceci est mis en évidence par les travaux de Selosse (2006) qui ont montré qu'à travers leurs structures mycéliennes, les champignons mycorhiziens peuvent mettre en réseau des plantes d'espèces différentes facilitant ainsi les échanges de nutriments entre ces plantes. Ces effets bénéfiques de l'association arbuste/culture annuelle ont été aussi soulignés par Bogie *et al.* (2018) qui ont montré les effets positifs de l'association *Guiera senegalensis/Pennisetum glaucum* sur le rendement du mil à travers la redistribution hydraulique au profit du mil en période de stress hydrique. Par ailleurs, les travaux de Muok *et al.* (2009), ont montré que l'association de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. avec le

mil ou le maïs peut aider dans la propagation des spores de CMA spécifiquement dans les sols à faible niveau de phosphore et d'humidité comme au Sahel.

L'observation des échantillons racinaires prélevés dans les différents sites a permis de mettre en évidence une colonisation typique par des champignons mycorhiziens arbusculaires. Elle s'est manifestée par un certain nombre de structures telles que le mycélium, les vésicules ainsi que les spores.

L'intensité globale de la mycorhization varie en fonction de l'âge de la RNA. Cette intensité s'est révélée plus grande dans le site où la RNA est plus âgée. Ces résultats corroborent les travaux de Gardes *et al.* (2003) qui ont montré un taux de colonisation racinaire plus élevé chez les sujets âgés de 10 à 20 ans comparé aux sujets de 2 à 4 ans.

Quel que soit le site concerné, aucune relation n'a été observée entre la distance de prélèvement par rapport au tronc et l'intensité d'infection des racines. Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Diagne et Ingleby (2003) qui ont montré que sous *A. raddiana*, l'infection endomycorhizienne varie significativement selon la distance de prélèvement du tronc de l'arbre, elle diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du tronc.

Les spores de champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont souvent considérées comme la principale réserve de propagules dans les sols. La caractérisation morphologique est la première étape pour apprécier la diversité des CMA dans les agrosystèmes (Dabiré, 2007). L'identification des spores au niveau des différents sites a révélé la présence de 8 morphotypes. Cette étude exploratoire s'est limitée à une identification morphologique des spores des CMA dans les champs RNA et ne permet donc pas d'évaluer la diversité réelle en terme d'espèces fongiques même si certains morphotypes s'apparentent aux genres *Glomus* et *Scutellospora*. Bourou (2012) a rapporté qu'en milieu aride d'Afrique, les champignons mycorhiziens à arbuscules les plus connus appartiennent aux genres *Glomus* et *Gigasporas*. En effet, de tous les champignons mycorhiziens à arbuscules, le genre *Glomus* est considéré comme le plus associé aux plantes ligneuses des zones sèches d'Afrique (Bouamri *et al.*, 2006). Par ailleurs, Hatimi & Tahrouch (2007) ont rapporté que *Glomus* semble être le genre le plus ubiquiste des

champions endomycorhiziens.

Au niveau de la rhizosphère, on trouve un plus grand nombre de spores dans la RNA de 10 ans comparé aux autres sites. Ces résultats sont en conformité avec ceux obtenus par Benmazari (2008) qui montrent un nombre élevé de spores chez les plantes âgées de trois ans par rapport aux plantes âgées d'un an. Quant aux placettes, le site témoin présente le plus faible nombre de spores. Cela pourrait s'expliquer par l'absence de la végétation, d'où l'intérêt de la RNA. En effet, l'absence de végétation (sol nu) n'est guère propice au développement des champignons (Dabire, 2007). Les CMA étant des symbiotes obligatoires, ont besoin de plantes hôtes pour leur maintien dans les sols. Les sols pauvres en racines sont donc plus pauvres en spores puisque celles-ci restent plus longtemps dans le sol sans rencontrer d'hôte racinaire potentiel, ce qui entraîne leur dégradation et leur mort. Par contre, sous couvert végétal, les spores germent et infectent rapidement de nouvelles racines et le mycorhize est en sporulation continue (Hamid & Renard, 2003). Les résultats de l'étude montrent qu'il n'y a pas de différence en ce qui concerne la composition des CMA qui colonisent les sites à RNA et les sites témoins sur le plan morphologique des spores. Les mêmes morphotypes sont trouvés de part et d'autre. En effet, les pratiques paysannes sont homogènes et similaires au sein du terroir avec une faible ou pas d'utilisation d'engrais chimique et de pesticides. Oehl *et al.* (2004) ont rapporté une différence dans la composition des CMA entre les systèmes de culture conventionnelle à utilisation élevée en intrants et les systèmes organiques sans apports d'engrais chimiques.

Le paradigme central dans la gestion biologique de la fertilité des sols est d'utiliser les pratiques paysannes comme la RNA pour influencer les populations microbiologiques des sols de manière à obtenir des effets bénéfiques sur la productivité du sol.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude mettent en évidence une richesse et une diversité de forme sporale des champignons MVA sur les différents sites où la RNA est pratiquée. Cette abondance en fragments mycorhiziens est plus importante dans les sols où la RNA est âgée. En tenant compte de la pauvreté des sols sahéliens en

phosphore assimilable, ces champignons MVA pourront pallier à ces carences et contribuer ainsi au maintien et à la restauration de la fertilité des sols. Du fait de leur non spécificité, ces champignons MVA pourront également s'associer à d'autres espèces en particulier les cultures agricoles contribuant ainsi à une augmentation de rendement. Dans un contexte de réduction d'intrant chimique en agriculture et de développement d'une agriculture écologiquement intensive (AEI), les pratiques de la RNA sont à encourager.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué dans le cadre d'un contrat de recherche entre l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi et le Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire et au Développement dans la région de Maradi (PASADEM). Nous tenons à remercier ce partenaire pour les fonds mis à notre disposition dans le cadre de cette convention.

## REFERENCES

- Abbas Y. 2014. Microorganismes de la rhizosphère des Tétracéales : un outil pour optimiser la régénération assistée du *Tetraclinaria articulata* Vahl. Thèse Doctorat en Ecophysiologie végétale, Université Mohamed V, Rabat, 177 p.
- Benmazari N. 2008. Recherche des conditions adéquates pour la micro propagation du cyprès du Tassili *Cupressus dupreziana* A.CAMUS et étude préliminaire de mycorhizes. Mémoire de Magister en Biologie et Ecologie des populations et des communautés, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, 96 p.
- Bogie N.A., Bayala R., Diedhiou I., Conklin M.H., Fogel M.L., Dick R.P. and T.A.Ghezzehei. 2018. Hydraulic Redistribution by Native Sahelian Shrubs : Bioirrigation to Resist In-Season Drought. *Front. Environ. Sci.* 6 : 98. doi : 10.3389/fenvs.2018.00098
- Bouamri R., Dalpé Y., Serrini M.N. and A. Bennani. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco. *African Journal of Biotechnology*, 5 : 510 - 516.
- Bourou S. 2012. Étude éco-physiologique du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) en milieu

- tropical aride, Thèse de Doctorat (PhD) en Bio-Ingénieries, Université de Gand, Belgique, 193 p.
- Caravaca F., Barea J.M., Figuro D. and A. Roldan. 2002. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for reforestation with *Olea europaea subsp. Sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology*, 20 : 107 - 118
- CILSS 2008. Le sahel face aux changements climatiques. Enjeux pour un développement durable. Rapport de synthèse, 43 p.
- <http://www.agrhymet.ne/PDF/BM2010/specialChC.pdf>
- Dabire A.P. 2007. Evaluation du Potentiel Infectieux Mycorrhizogène de sols du Burkina Faso par la mesure de la nodulation rhizobienne et l'activité fonctionnelle de la microflore mycorrhizosphérique. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 58 p.
- Diagne O. and K. Ingleby. 2003. Des champignons mycorrhiziens arbusculaires infectant *Acacia raddiana*. In : Un Arbre au Désert, Eds Grouzis M., Floc'h L., IRD Editions, Paris, pp 205 - 228.
- Duponnois R., Hafidi M., Sanon A., Gauana A., Baudoin E., Sanguin H., Bâ A., Prin Y. and R. Bally. 2012. La symbiose mycorrhizienne et la fertilité des sols dans les zones arides: un outil biologique sous-exploité la gestion des terres de la zone sahélo-saharienne In : la Grande Muraille Verte : Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux, Eds Dia A., Duponnois R., IRD Editions, Paris, pp. 351 - 369.
- [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers14-01/010058319.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-01/010058319.pdf)
- Duponnois R., Sanon A., Hafidi M., Ndoye I. and A. M.Bâ. 2013. Généralités sur la symbiose mycorrhizienne. In : des champignons symbiotiques contre la désertification des écosystèmes méditerranéens, tropicaux et insulaires, Eds Robin Duponnois, Mohamed Hafidi, Ibrahim Ndoye, Heriniarana Ramanankierana, Amadou M. Bâ, IRD Editions, Paris, pp 20 - 55.
- Gardes M., Blalet E., Binet E., Brousseau C., Carre Fc., Charcosset J-Y., Fradet N., Griffith P., Gryta H., Laquerbe M. and C. Martinez. 2003. Les symbiotes mycorrhiziens du peuplier noir (*Populus nigra* L.) : la spécificité des assemblages fongiques en milieu riverain. Les Actes du BRG4 : 453 - 466.
- Gerdemann J.W. and T. H. Nicolson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46 : 235 - 244.
- Hamid A. and R. Armelle. 2003. Statuts des mycorrhizes à arbuscules. Etude de la mycorrhization de quelques espèces végétales présentant un intérêt pour la restauration écologique, Université de la Nouvelle Calédonie, Rapport n° 5, 36 p.
- Hatimi A. and S. Tahrouch. 2007. Caractérisations chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa. *Biomatec Echo* 2 (5) : 85 - 97.
- Larwanou M., Abdoulaye M. and R. et Chris. 2006. Etude de la Régénération Naturelle Assistée dans la région de Zinder (Niger) : une première exploitation d'un phénomène spectaculaire. IRG, 56 p.
- Marschner P. and S. Timonen 2006. Bacterial community composition and activity in rhizosphere of roots colonized by AM fungi. In: *Microbial activity in the rhizosphere*, Eds Mukerji KG, Manoharachary C, Singh J., Soil Biology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 139 - 172.
- Muok B.O., Matsumura A., Ishii T. and D.W. Odee. 2009. The effect of intercropping *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., millet and corn in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi. *African Journal of Biotechnology* 8 : 807 - 812.
- Nouaim R. and R. Chaussod. 1996. Rôle des mycorrhizes dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes, notamment des ligneux de zones arides, INRA Dijon, option méditerranéenne, 20 p.
- Oehl F., Sieverding E., Mäder P., Dubois D., Ineichen K., Boller T., et al., 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138 : 574 - 583
- Phillips J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55 : 158 - 161.
- Plenchette C. 2003. Mycorrhize et nutrition phosphatée. Essais de leur application à des boutures semi-ligneuses. Mémoire de Master en biotechnologie, Université d'ORAN, 49 p.
- Sahraoui A L-H., 2013. La Mycorrhize à arbuscules : quels bénéfices pour l'homme et son environnement dans un contexte de dévelop-

- pement durable ? Rev. Sci. Technol. 26 : 06 - 19.
- Selosse M.A., Richard F., He X. and S.W. Simard. 2006. Mycorrhizal networks: *des liaisons dangereuses*? Trends in Ecology & Evolution 21(11) : 621 - 628.
- Schenk N.C. and Y. Perez. 1987. Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi. First Edition INVAM.
- Smith S.E. and D.J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis, 3<sup>rd</sup> ed. New York: Elsevier, Academic Press.
- Trouvelot A., Kough J.L. and V. Gianinazzi-Pearson. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : Les Mycorhizes : Physiologie et Génétique, 1er Séminaire Européen sur les Mycorhizes Gianinazzi S., Eds, Dijon, INRA Editions, Paris, pp. 217 - 221.
- Van der Heijden M.G.A., Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglou P., Streitwolf-Engel R., Boller T., Wiemken A. and I.R. Sanders. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity ecosystem variability and productivity. Nature 396 : 69 - 72.