



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/19330  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/19330>



### RESEARCH ARTICLE

#### CORRELATION ENTRE LES PARAMETRES DE MYCORHIZATION ET LES METAUX LOURDS DANS UN CHAMP EXPERIMENTAL DE TOMATE DANS LA REGION DE SAGUIA, SUD-OUEST NIAMEY

Jamilou Salissou Ibrahim<sup>1</sup>, Ibrahim Doka Dahiratou<sup>1</sup>, Mamane Abdou Issoufou<sup>2</sup> and Barage Moussa<sup>3</sup>

1. Laboratoire Biologie/ENS/ Université Abdou Moumouni, BP 10 960 Niamey (Niger).
2. Laboratoire Matériaux Eaux Environnement/FAST/Université Abdou Moumouni, PB 10 662 Niamey (Niger).
3. Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP 10 960 Niamey (Niger).

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 21 June 2024  
Final Accepted: 24 July 2024  
Published: August 2024

##### Key words:-

Correlation, Mycorrhization Parameters,  
Spores, Heavy Metals, Saguia (Niamey)

#### Abstract

The use of mineral fertilizers at the local level is the basis of soil pollution in Niger, adding to the aridity in the Sahel. The objective of this study is to analyze the correlation between mycorrhization parameters and heavy metals in the experimental tomato field in the study area of Saguia, southwest Niamey. The experimental device is a Fischer block with 48 plots, then soil and rootlet samples were collected and analyzed in the mycology laboratory by the methods of extraction of spores of arbuscular mycorrhizal fungi (CMA) and those of mycorrhization parameter analyses. Total heavy metals (Pb, Cu, Zn, Ni and Cr) were measured after acid digestion (HF + HNO<sub>3</sub>) with microwaves of crushed soils. For data processing, the Pearson test and the principal component analysis (PCA) test were applied. The results obtained show that the correlation between the different genera of spores (*Glomus* spp., *Gigaspora* spp. and *Scutellospora* spp.) is very strong with a positive interaction, but between the genera of spores and heavy metals, this correlation is very weak. The linear correlation test showed a very strong correlation in the positive direction between all the mycorrhizal parameters. Then between the CMA spores and some heavy metals including copper (Cu), nickel (Ni) and chromium (Cr). It appears that the soils studied are not contaminated by pollutants.

Copyright, IJAR, 2024.. All rights reserved.

#### Introduction:-

L'agriculture joue un rôle crucial dans l'économie et la sécurité alimentaire du Niger, particulièrement dans les régions irriguées comme celle de Saguia, située au sud-ouest de Niamey (Ado, 2017). La culture de la tomate, une des principales cultures maraîchères, dépend fortement de la qualité du sol et de sa gestion. Dans ce contexte, les pratiques de fertilisation et la gestion des sols sont essentielles pour améliorer la productivité agricole tout en préservant l'environnement.

Les végétaux plantés dans un milieu de croissance contenant du compost ont un meilleur rendement. Le compost ajoute non seulement de la matière organique au sol, mais aussi des éléments traces tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc et le bore, nécessaires à la croissance des végétaux (Gomez et al., 2006). L'utilisation de fumures

**Corresponding Author:-Jamilou Salissou Ibrahim**

Address:-Laboratoire Biologie/ENS/ Université Abdou Moumouni, BP 10 960 Niamey (Niger).

organiques est une pratique traditionnelle et durable qui améliore la fertilité des sols en augmentant la matière organique et les éléments nutritifs disponibles. Les fumures organiques peuvent également jouer un rôle dans la gestion des métaux lourds en modifiant leur disponibilité et leur toxicité pour les plantes et les microorganismes du sol (Ballot et al., 2016).

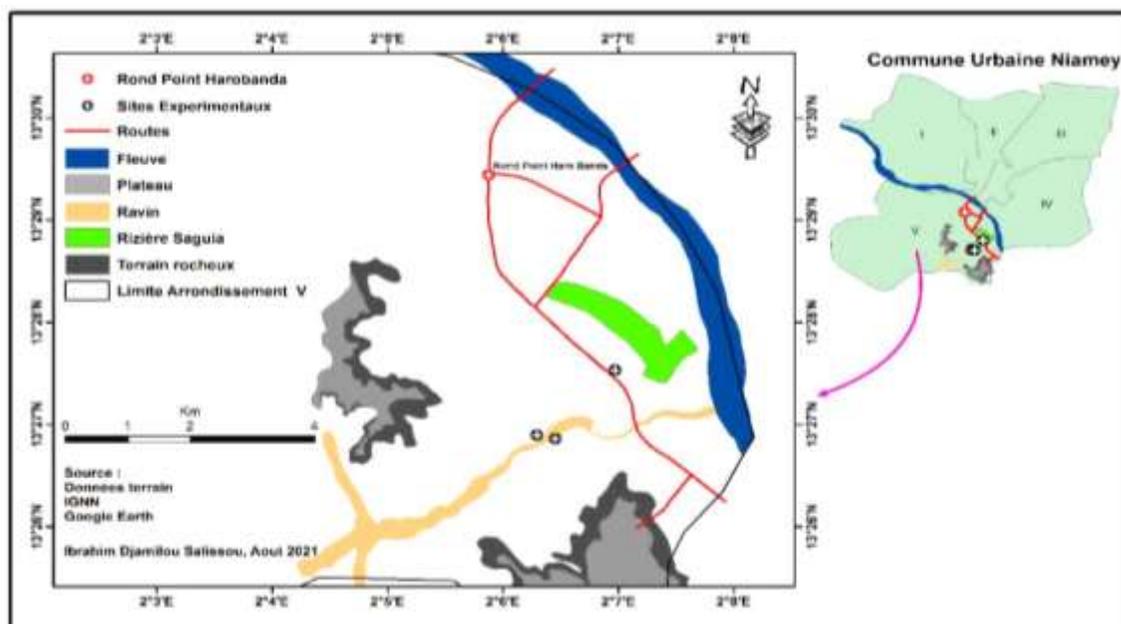
Le succès de la fertilisation du sol dépend de son efficacité à améliorer la qualité physico-chimique et biologique des sols ainsi que la rétention des nutriments. La contribution biophysique est indispensable pour l'amélioration de la productivité des sols et l'optimisation du rendement des cultures (Steinberg et Rillig, 2003). De même, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont reconnus pour leur capacité à améliorer l'absorption des nutriments par les plantes, notamment le phosphore (P) et le potassium (K). Ces microorganismes forment des associations symbiotiques avec les racines des plantes, augmentant ainsi la surface d'absorption des nutriments. Cependant, la présence de métaux lourds dans le sol, souvent due à la pollution ou à l'utilisation de fertilisants contaminés, peut perturber ces interactions bénéfiques. Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les sols et affecter la santé des plantes ainsi que la qualité des produits agricoles. De faibles concentrations de ces métaux sont bénéfiques pour la croissance des microorganismes, mais une concentration plus élevée est nocive pour les cultures et pour la société (Dalpé, 2005 ; Deepthi et al., 2014). Cette étude vise à explorer la corrélation entre les paramètres de mycorhization et la présence de métaux lourds dans les sols, en fonction de fumures organiques. En menant des expériences dans un champ de tomates situé dans la région de Sagaia, L'objectif principal de cette étude est de contribuer à une meilleure gestion durable de la fertilité des sols pour l'amélioration de la productivité de la tomate. Il s'agit spécifiquement de : (i) déterminer la corrélation entre la densité des spores CMA et la teneur en métaux lourds dans un champ expérimental de tomates ; (ii) déterminer la corrélation entre les paramètres de mycorhization et la teneur en métaux lourds dans un champ expérimental de tomates.

## **Matériel et Méthodes:-**

### **Présentation de la zone d'étude**

La région de Niamey est située dans la partie Sud-ouest du Niger, dont les coordonnées géographiques 13°24' Nord et 2°15' Est. Son altitude varie entre 160 m et 250 m et sa superficie administrative s'étend sur 552,27km<sup>2</sup>, dont environ 297,46km<sup>2</sup> sont urbanisés (INS, 2016). La zone d'étude de Sagaia se trouve dans la vallée du fleuve Niger, dans l'arrondissement V de Niamey (Figure 1). Elle couvre la zone de Saguiya (sud-ouest du Niger). En effet, Les sites expérimentaux sont localisés dans la rive droite du fleuve Niger, dans l'arrondissement V de Niamey aux coordonnées géographiques suivantes : 13°27,534' Nord, 2°06,977' Est pour la position de site 1 consacré à la culture de tomate pure et en association avec d'autres cultures (poivron maïs carotte) ; 13°26.870' Nord, 002°06.451' Est pour une partie du site 2 consacré à la culture de tomate + chou et 13°26.906' Nord, 002°06.317' Est pour l'autre partie du site 2 consacré à la culture de melon, toutes ces deux parties sont séparées par un affluent d'eau (Kori). L'une des activités principales de la zone est la culture irriguée, qui concerne la riziculture, les cultures maraîchères et l'arboriculture fruitière. La population de l'arrondissement communal Niamey 5 était estimée à 132 271 habitants en 2014 (INS), avec un taux de croissance annuel d'environ 4,8 % au cours des dernières années.

Les caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental sont analysées afin d'appréhender la qualité des sols en nutriments dans la zone d'étude. Les propriétés physiques du sol, avec une texture de type sablo-limono-argileux et les propriétés chimiques montrent un niveau très bas en nutriments avant la mise en place des essais.



**Figure 1:-** Localisation des sites expérimentaux (Jamilou I. S., 2021).

### Protocole expérimental

Cette étude a mis en œuvre la culture de la variété exotique de la tomate (Tropimech). Elle a été utilisée comme semence pour obtenir les jeunes plants. Cette espèce est adoptée à la saison sèche fraîche. C'est une plante à croissance déterminée, vigueur moyenne (Shankara et al., 2005).

Le dispositif expérimental est un block complet randomisé, composé de 48 planches pour la culture de tomate en monoculture dont 12 traitements y compris le témoin avec quatre (4) répétitions. La dimension de chaque planche est de 2m<sup>2</sup> soit 2m pour la longueur x 1m pour la largeur.

### Méthodologie d'analyse:-

Les échantillons de sol ont été prélevés à l'horizon de 0 à 20cm de profondeur, tout autour du système racinaire de la tomate. Les racines ont été récoltées en vue d'analyser les paramètres de mycorhization et sont conservées dans des flacons contenant du GEE (glycérol-éthanol-eau). Ces échantillons ont été ramenés au laboratoire et analysés par les techniques et méthodes de la mycologie. Pour les échantillons du sol l'extraction des spores a été faite par centrifugation et de la flottaison avec le saccharose (Walker, 1982). Leur estimation numérique a été faite par comptage sous loupe binoculaire à partir du nombre de spore contenu dans un ml du refus du tamis de 150 microns, ensuite une extrapolation a été faite sur le volume du refus (Furlan et Fortin, 1975). La fréquence, la teneur et le taux d'arbuscule ont été déterminés par la méthode de Trouvlot et al, 1986, à l'aide du logiciel MycoCalc.

Cependant, les analyses de métaux lourds au niveau des échantillons du sol, ont été effectués par la méthode d'extraction dont, les métaux totaux (Pb, Cu, Zn, Ni et Cr) ont été dosés après la digestion d'acide (HF + HNO<sub>3</sub>) aux microondes des sols broyés.

### Traitements et analyses des données

Les résultats des suivis des paramètres agronomiques ont été enregistrés dans le tableur Microsoft Excel 2010. Les tests de Pearson (corrélation 2à2) pour la comparaison 2 à 2 des variables quantitatives et ACP pour l'interaction entre les groupes des variables quantitatives ont été effectués. Le logiciel R (version 4.0.2) a servi le cadre pour ces analyses statistiques.

### Résultats:-

#### Interactions linéaires entre densité des spores et métaux lourds

Le tableau ci-dessous présente l'interaction linéaire entre la densité des spores CMA et les métaux lourds.

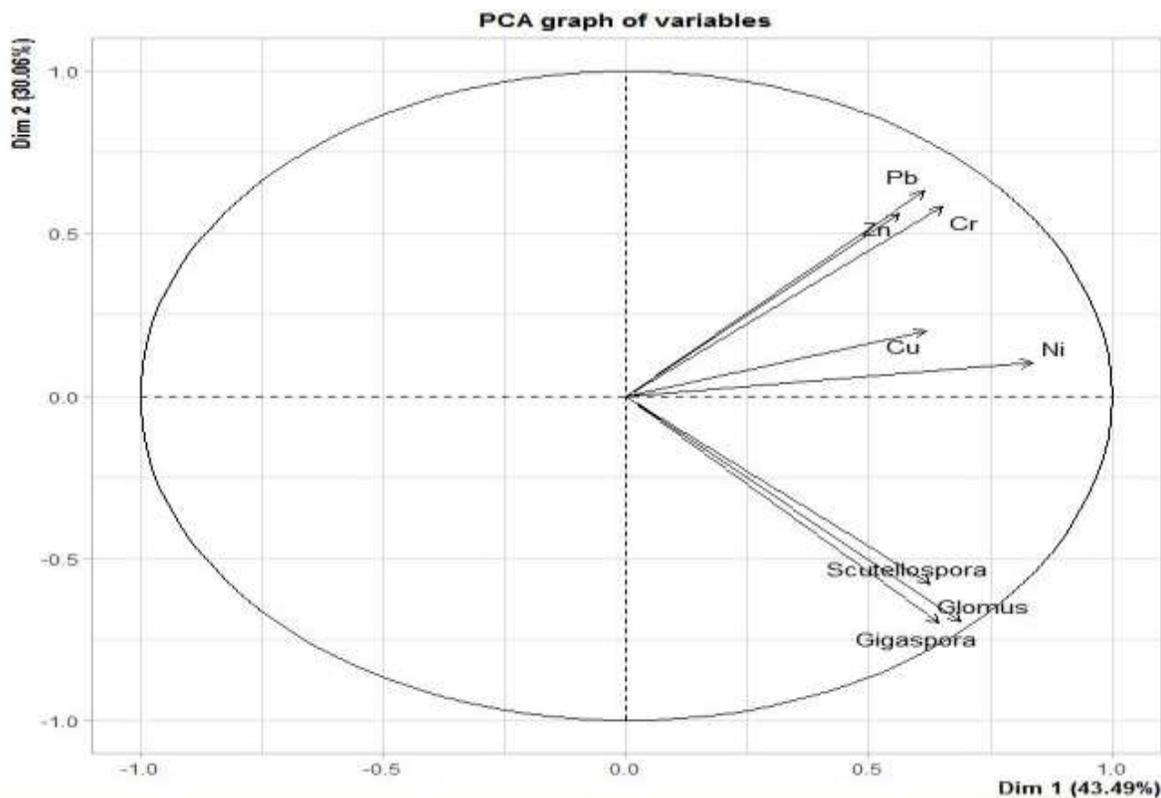
**Tableau 11:-** Corrélation linéaire entre densité des spores CMA et métaux lourds.

	Glomus	Gigaspora	Scutellospora	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr
Glomus	1							
Gigaspora	0,98	1						
Scutellospora	0,79	0,71	1					
Cu	0,23	0,20	0,04	1				
Pb	0,05	-0,01	0,06	0,32	1			
Zn	0,00	0,03	0,04	0,31	0,56	1		
Ni	0,43	0,38	0,39	0,81	0,42	0,48	1	
Cr	0,08	0,03	0,22	0,25	0,90	0,63	0,40	1

La corrélation est un outil statistique utilisé permet d'identifier des relations de dépendance entre les variables quantitatives. La corrélation linéaire à travers le test de Paeson entre les différents genres des spores (Glommusspp, Gigasporaspp. et Scutellosporaspp.) est très forte et positive, mais celle avec les métaux lourds est très faible. Tandis que la corrélation entre les éléments de métaux lourds est assez forte dans le sens d'une interaction positive. Ce qui montre les avantages symbiotiques des spores CMA avec la plante hôte et leur réaction anti-polluante contre les stress biotiques et abiotiques.

#### Interactions multidimensionnelles entre densité des spores CMA et métaux lourds

L'analyse en composantes principales est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus fréquemment utilisées. Elle permet d'étudier des ensembles de données multidimensionnelles avec des variables quantitatives. La figure 5 permet de vérifier s'il existe une corrélation entre les genres de spores CMA et les métaux lourds de sols étudiés de la rhizosphère de culture de tomate en pure et en association. Les axes Dim 1 et Dim 2 présentent, respectivement 43,49% et 30,09% d'affinité entre les éléments caractéristiques des métaux lourds et entre les spores de CMA. Les genres des spores CMA, telles que *glomus* spp, *gigasporaspp.*, et *scutellosporaspp.*, sont bien représentés dans le cercle et se rapprochent de l'axe 1 (Dim 1) de coordonnée positive. Les métaux lourds telles que le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Nickel (Ni), le plomb (Pb) et le Chrome (Cr) sont très proches de l'axe 2 (Dim 2) et sont positivement corrélés entre les éléments de métaux lourds.



**Figure 1:-** Analyse en composantes principales entre densité des spores et métaux lourds.

### Interaction linéaire entre paramètres de mycorhization et métaux lourds

L'interaction entre les paramètres de mycorhization et les métaux lourds est présentée dans le tableau ci-dessous.

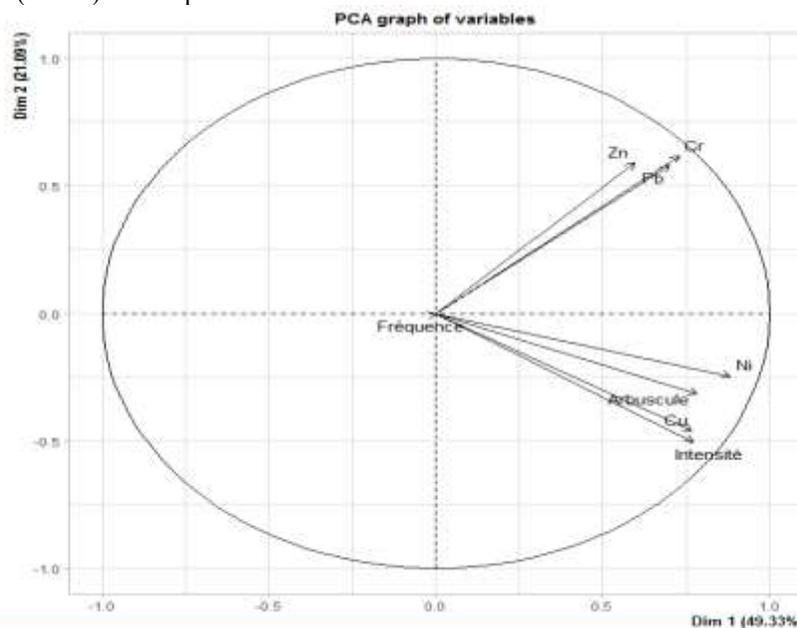
**Tableau 2:-** Corrélation entre paramètres de mycorhize et métaux lourds.

	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Fréquence	Intensité	Arbuscule
Cu	1							
Pb	0,30	1						
Zn	0,24	0,57	1					
Ni	0,83	0,43	0,47	1				
Cr	0,21	0,89	0,68	0,42	1			
Fréquence	0,24	0,06	0,09	0,21	0,05	1		
Intensité	0,74	0,29	0,09	0,72	0,30	0,05	1	
Arbuscule	0,59	0,31	0,24	0,66	0,45	0,21	0,76	1

La corrélation linéaire est un outil statistique utilisé afin d'identifier des relations de dépendance entre plusieurs variables quantitatives. Le test de corrélation 2 à 2 a montré une corrélation très forte dans le sens positif entre tous les paramètres de mycorhize et entre ces derniers et certains métaux lourds dont le cuivre (Cu), le Nickel (Ni) et le Chrome (Cr). Ainsi, on note une interaction entre la fréquence de colonisation et les métaux lourds Zinc (Zn) et plomb (Pb). Les résultats montrent que les métaux lourds n'ont pas une influence sur la symbiose plante-champignons mycorhiziens arbusculaires.

### Intéraction multidimensionnelles entre les paramètres de mycorhization et les métaux lourds

L'analyse en composantes principales est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus fréquemment utilisées. Elle permet d'étudier des ensembles de données multidimensionnelles avec des variables quantitatives. Le test (ACP) (Figure 26) permet de vérifier la corrélation entre les genres de spores CMA et les métaux lourds. Les axes Dim1 et Dim2 présentent le taux d'affinité entre les métaux lourds du sol et les paramètres de mycorhization respectivement 49,33% et 21,09%. Les paramètres de mycorhization tels que fréquence de colonisation, l'intensité et le taux d'arbuscule sont dans le cercle de corrélation et se rapprochent de l'axe1 (Dim 1). Les métaux lourds tels que le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Nickel (Ni), le plomb (Pb) et le Chrome (Cr) sont très proches de l'axe 2 (Dim 2) et sont positivement corrélés ces mêmes éléments.



**Figure 2:-** Analyse en composantes principales entre paramètres de mycorhization et métaux lourds.

**Discussion:-**

Le test de corrélation 2 à 2 a montré une très forte corrélation dans le sens positif entre les paramètres de mycorhization et une corrélation très faible avec les cuivre (Cu), le Nickel (Ni) et le Chrome (Cr) et une interaction négative avec les Zinc (Zn) et plomb (Pb). Ainsi, la corrélation entre les différents genres des spores (*Glommusspp*, *Gigasporasp*, et *Scutellosporaspp*.) est très forte et positive, mais elle est très faible avec les métaux lourds. Ces résultats obtenus corroborent à ceux de Driai et al en 2015. Parmi les microorganismes bénéfiques du sol, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) jouent un rôle majeur dans la nutrition minérale et hydrique ainsi que dans la protection des plantes contre divers stress environnementaux dont la pollution. Ces résultats sur l'interaction en les spores de CMA corroborent aux résultats issus des études sur la fertilisation organique (Ryan et al. 1994 ; Alloush et Clark, 2001) et à l'étude du sol vivant par Gobat et al. (2003), de Boureima et al. (2019) sur les pratiques paysannes qui favorisent le développement des champignons mycorhiziens arbusculaires. Cela montre que les fumures organiques améliorent la santé du sol et corrélent bien avec les spores de CMA qui sont aussi bénéfique pour la croissance et la protection contre les ennemies de la plante, tandis qu'ils sont moins important à l'utilisation de source organique riche en phosphore (Gosling et al., 2006).

En plus, ces résultats ont montré une réduction drastique de paramètres de mycorhization et du potentiel mycorhizogène dans la rhizosphère des plants de tomate cultivés (Abass, 2014). Les CMA sont, non seulement capables d'accomplir un cycle de développement complet en présence de certaines concentrations de diesel, mais ils parviennent à protéger les plantes contre la toxicité des polluants (Abass, 2014). En effet, l'inoculation mycorhizienne de plants de tomate et de blé grâce à l'ajout d'inoculum mycorhizien permet d'améliorer la croissance de ces plantes (Allen, 1995). En agriculture, les plantes mycorhizées ont un avantage important sur les plantes non mycorhizées (Maherali et Klironomos, 2007).

L'ACP effectuée entre les paramètres de mycorhization et les métaux lourds montre que les facteurs écologiques ont une influence sur la diversité des CMA. Ceci est en accord avec les études antérieures qui ont signalé une préférence de certaines espèces végétales vis-à-vis des spores de CMA (Helgason et al., 2002 ; Vandenkoornhuysen et al., 2003). En outre, de nombreuses espèces de CMA ont été partagées entre les deux plantes cibles indiquant une affinité similaire à ces microorganismes. Sur les sols précédemment fertilisés, une corrélation hautement significative et négative (coefficient de corrélation de Pearson = -0,50 ;  $P < 0,001$ ) est observée entre l'abondance des spores dans le sol et le taux de colonisation des racines du maïs en pots. Ce qui n'est pas le cas au niveau des sols non fertilisés (Allen et al., 2003). Ces résultats dénotent que le déterminant de la colonisation racinaire ne se restreint pas uniquement à l'abondance des spores dans le sol, mais prendrait en compte d'autres facteurs tels que les sources de phosphore disponible pour les mycorhizes (Allen et al., 2003). Ensuite, l'augmentation du pourcentage de spores serait éventuellement un élément caractéristique de la dynamique des spores de champignons indigènes (Miller, 2000).

**Conclusion:-**

La présente étude a permis de mettre en évidence l'effet des fumures organiques sur la présence des métaux lourds et leur corrélation avec les spores de CMA et les paramètres de mycorhization. Les résultats montrent que la corrélation est très forte dans le sens positif entre les spores de CMA et entre les paramètres de mycorhization, mais elle est faible entre ces derniers et les métaux lourds présents dans ce sol. On peut déduire que l'utilisation des fumures organiques favorise la densité de spores CMA qui sont bénéfiques pour la culture au plan nutritionnel et contribuent à la dépollution des métaux lourds. IL ressort que les bonnes pratiques agricoles favorisent la corrélation entre la densité des spores CMA et entre les paramètres agronomiques qui améliorent le rendement de la culture.

**Remerciement:-**

Nous remercions l'équipe de recherche du laboratoire mycologie ENS/UAM le soutien d'Enabel-Nigerde nous avoir accompagné à boucler les travaux de recherche de ma thèse de doctorat.

**Référence Bibliographique:-**

1. Allen, J. (1995). Natural language understanding. Benjamin-Cummings Publishing Co., Inc..
2. Alloush, G. A., & Clark, R. B. (2001). Maize response to phosphate rock and arbuscular mycorrhizal fungi in acidic soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(1-2), 231-254

3. Ballot, C.S.A., Mawussi, G., Atakpama, W., Moita-Nassy, M., Yangakola, T.M., Zinga, I., Silla S., Kpérkouma, W., Dercon, G., Komlan, B., Koffi, A. 2016. Caractérisation physico-chimique des sols en vue de l'amélioration de la productivité du manioc (*Manihotesculenta*Crantz) dans la région de Damara au centre-sud de Centrafrique. *Agronomie Africaine*, 28-1 : 9–23.
4. Boureima, S. Ibrahim M., Ibrahim D., Lawali. S (2019). « Les pratiques paysannes de régénération naturelle assistée des arbustes favorisent le développement des champignons mycorhiziens arbusculaires ». *Agronomie Africaine* 31 (2): 1 - 14.
5. Dalpé, Y. (2005). « Les mycorhizes : un outil de protection des plantes mais non une panacée. *Phytoprotection* ». 86, 53–59
6. Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W, (2003), « Le sol vivant », 2<sup>e</sup> Edition. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne, pp: 568
7. Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., & Bending, G. D. (2006). "Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming". *Agriculture, ecosystems & environment*, 113(1-4), 17-35.
8. Helgason, T., Merryweather, J. W., Denison, J., Wilson, P., Young, J. P. W., & Fitter, A. H. (2002). "Selectivity and functional diversity in arbuscular mycorrhizas of co-occurring fungi and plants from a temperate deciduous woodland". *Journal of Ecology*, 90(2), 371-384.
9. INS (2014). Le Niger en chiffre. Institut National de la Statistique du Niger, Niamey
10. Miller, M. H. (2000). "Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: A review of Guelph studies". *Canadian Journal of Plant Science*, 80(1), 47-52.
11. Ryan, M. C., Tizard, R., VanDevanter, D. R., & Carter, W. G. (1994). Cloning of the LamA3 gene encoding the alpha 3 chain of the adhesive ligand epiligrin. Expression in wound repair. *Journal of Biological Chemistry*, 269(36), 22779-22787.
12. Rillig, M.C., Wright, S.F., Eviner, V.T. (2002), "The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species". *Plant and Soil*, 238-2, 325-333. <https://doi.org/10.1023/A:1014483303813>
13. Steinberg, P.D., Rillig, M.C., (2003), "Differential decomposition of arbuscular mycorrhizal fungal hyphae and glomalin". *Soil Biology and Biochemistry*, 35-1, 191–194. <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-024>
14. Vandenkoornhuyse, P., Ridgway, K. P., Watson, I. J., Fitter, A. H., & Young, J. P. W., (2003), Co-existing grass species have distinctive arbuscular mycorrhizal communities. *Molecular Ecology*, 12(11), 3085-3095.