

EFFETS DU PAILLIS DE LA POUZZOLANE SUR LA PRODUCTION EN SAISON CHAUDE ET PLUVIEUSE DE LA POMME DE TERRE

1- RAZAKAMIADANA Marie-Ange
Ecole Doctorale Ingénierie et Géoscience (INGE)
2- RANDRIANJA Roger
Professeur Titulaire à L'IESSI
- Université d'Antananarivo
3- RAHETLAH Volatsara Baholy
Professeur
Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
Université d'Antananarivo
4 -Docteur HERITAHINA RAMBELOSON
Maitre de Conférences
Ecole Doctorale Ingénierie et Géoscience (INGE)
Université d'Antananarivo

RESUME

A Madagascar, des ressources naturelles abondantes dont les produits volcaniques (pouzzolane) présentent un grand potentiel de valorisation agricole dans le cadre d'une Agriculture durable. La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'efficacité agronomique du paillis de pouzzolane sur la production de la variété Meva de pomme de terre. L'essai agronomique a été réalisé dans la Commune rurale d'Andranomanelatra, dans le District d'Antsirabe II, dans la Région Vakinankarara sur sol ferrallitique. Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet à deux traitements (T1 : lot témoin ; T2lot avec pose de 3cm de paillis de pouzzolane 7/15mm) et quatre répétitions. Les résultats obtenus ont montré que la pose de paillis de pouzzolane influe positivement sur les paramètres de croissance végétative et les paramètres de rendement des plants de pomme de terre. A 75 jours de la plantation, la hauteur des plants de pomme de terre a été 21% plus élevée ($p < 0,05$) et le poids frais de la partie aérienne, 91% plus élevé dans le lot de paillis minéral de pouzzolane comparé au lot témoin. A 90 jours de la plantation, le rendement en tubercules totaux de pomme de terre a été accru de 25% dans le lot de paillis par rapport au lot témoin. L'efficacité agronomique de la pouzzolane suppose une amélioration des propriétés physico-chimiques du sol et par ricochet, de ses propriétés biologiques qui sont à la base d'une meilleure conservation de l'humidité et une meilleure disponibilité des nutriments essentiels à la croissance des plantes. Ainsi, la pouzzolane présente des potentiels d'amélioration des performances agronomiques et écologiques des systèmes de productions agricoles permettant de renforcer leur résilience à différents chocs économiques et climatiques.

Mots-clés :pouzzolane, paillis, pomme de terre, produit volcanique, vakinankaratra

ABSTRACT

Madagascar holds abundant natural resources such as volcanic products (pozzolane) which have high potential for sustainable agricultural enhancement. The present study aims to evaluate agronomic efficacy of pozzolane mulch on variety Meva of potato. A field trial was carried out at the rural commune of Andranomanelatra, at the Antsirabe II district, at the Vakinankaratra region, on ferralitic soil. Experimental design is a randomized complete block design with two treatments (T1 : control ; T2 : 5cm mulch of pozzolane 7/15mm) and 4 replicates. Results showed that pozzolane mulch positively influenced potato growth and yield parameters, respectively. At 75 days after planting, potato plant height was 21% higher ($p < 0,05$) and potato aerial part fresh weight was 91% higher ($p < 0,05$) in plots of pozzolane mulch compared to control. At 90 days after planting, total potato tubers yields was 25% higher ($p < 0,05$) under pozzolane mulch conditions as compared to control. Pozzolane agronomic efficiency leads to the assumption of improved physical, chemical and biological of soil which are the basis of improved moisture conservation and nutrients availability for plants growth. Therefore, pozzolane has potential of improving agronomic and ecological performances of crops production systems, strengthening their resilience to economic and climatic hazards.

Key words:, mulch, potato, pozzolane, vakinankaratra, volcanic product

Introduction

La pouzzolane, roche volcanique poreuse, de composition trachytique, recherchée en construction pour ses qualités d'isolation thermique et phonique (Larousse, 2021) est également dotée d'une efficacité à mettre en exergue dans le domaine de l'agriculture.

A Madagascar et en particulier dans la région Vakinankaratra située sur les Hautes Terres centrales, la pouzzolane constitue une ressource minière naturelle abondante. Sa structure alvéolaire est susceptible d'améliorer la porosité du sol qui est un facteur important de sa perméabilité ou de sa propriété à transmettre l'eau et l'air. De par son potentiel de régulation des échanges d'eau et de température à l'interface atmosphère-plante, la pouzzolane constitue une alternative intéressante pour l'accroissement durable de la productivité et l'amélioration de l'adaptation aux stress hydrique et thermique des systèmes de productions agricoles.

En effet, les systèmes de productions agricoles malgaches se heurtent à diverses contraintes qui sont à l'origine de leurs mauvaises performances. Les contraintes conjoncturelles dont la variabilité et le changement climatique viennent s'ajouter aux contraintes inhérentes aux systèmes de production dont notamment la modicité de la taille ainsi que la faiblesse des capacités d'investissement en intrants performants et en équipements agricoles (FAO, 2014). D'une manière générale, les pressions accrues pesant sur les ressources productives (terre, eau, biodiversité) en rapport avec la croissance démographique et l'évolution des modes d'occupation du sol sont à l'origine de la dégradation voire la raréfaction de ces ressources. Les aléas climatiques (sécheresse, inondation, cyclone...), devenus de plus en plus fréquents et intenses (Banque mondiale, 2016) constituent une menace croissante sur le secteur agricole.

La région Vakinankaratra est une région à vocation agricole, disposant de fortes potentialités agricoles. Cette région est caractérisée par un climat tropical d'altitude qui est particulièrement favorable à la pratique de certaines cultures d'origine tempérée (pomme de terre, blé, espèces fruitières, espèces fourragères...) et de l'élevage bovin laitier. C'est ainsi que cette région est la première zone de production de lait et de pomme de terre, assurant à elle seule environ 68% de la production nationale de pomme de terre en 2005 (CEFFEL, 2012).

Les effets négatifs de la variabilité climatique et du changement climatique se manifestant notamment par la sécheresse et l'élévation de la température constituent des facteurs limitant de la productivité des systèmes de production agricole.

Dans ce contexte, la présente étude avait pour objectif d'évaluer l'efficacité agronomique du paillis de pouzzolane sur la culture de pomme de terre conduite en milieu réel, en saison chaude et pluvieuse. La pomme de terre étant une ressource stratégique pour la sécurité alimentaire en particulier dans la région Vakinankaratra.

Matériels et méthodes

La pouzzolane utilisée pour cet essai agronomique a été extraite des puits situés dans la région de Betafo, dans le village de Marotampona, dans la Commune rurale de Betafo (texture granuleuse 7/15mm), dans la région Vakinankaratra.

D'une manière générale, deux types de sol, du sol noir constitué de cendres volcaniques ou du sol brun clair peuvent être rencontrés au-dessus de la couche de pouzzolane proprement dite au niveau des puits d'extraction (Figure 1).

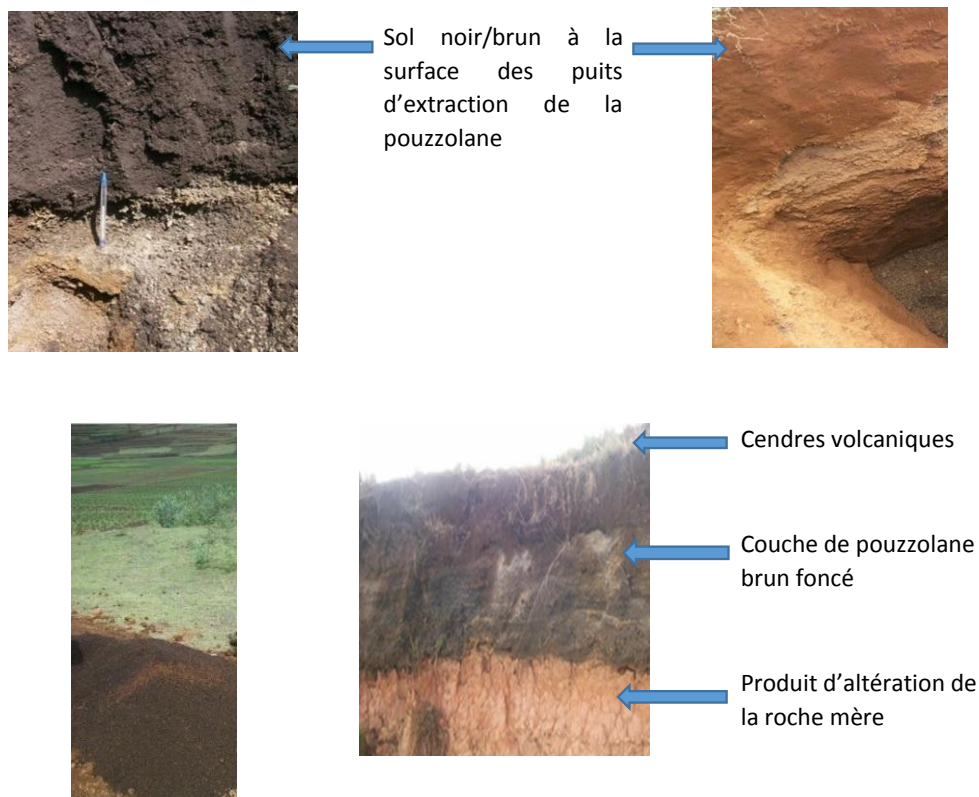


Figure 1 : types de « top soil » à la surface des puits d'extraction de la pouzzolane dans la région de Vakinankaratra

Source : auteur

Site expérimental

Le site expérimental est localisé dans le Fokontany de Soamahavoky, dans la Commune rurale d'Andranomanelatra, dans le District d'Antsirabe II, dans la région Vakinankaratra.

Le sol de type ferralitique est fortement acide, très riche en carbone et en azote avec un rapport C/N satisfaisant. Il est riche en phosphore et très riche en potassium, la texture est limon très sableux.

Les propriétés physico-chimiques du sol sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : **Propriétés physico-chimiques du sol expérimental**

Site d'essai	pH eau	C%	N%	C/N	P(Bray II) ppm	Bases échangeables (méq/100g) K	Granulométrie		
							Argile	Limon	Sable
Andranomanelatra, Vakinankaratra	5,14	3,51	0,315	11,1	22,5	2,01	16	16	68

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté pour l'essai agronomique réalisé avec la variété Meva de pomme de terre est un bloc aléatoire complet à quatre répétitions et deux traitements qui sont respectivement constitués par :

-T1 : lot témoin fertilisé avec apport de 20t/ha de fumier de ferme à la plantation et de 500kg/ha de fiente de volaille au premier buttage (6 semaines après la plantation)

-T2 : lot traité fertilisé avec apport de 20t/ha de fumier de ferme à la plantation et de 500kg/ha de fiente de volaille au premier buttage (6 semaines après la plantation) et paillé au premier buttage avec 3cm de paillis de pouzzolane de 7/15mm de granulométrie (1,5kg de paillis par pied de pomme de terre).

La parcelle élémentaire mesure 3 x 4,2m² et les tubercules semences de pomme de terre ont été plantés en billon à écartement de 0,7 x 0,3m². La parcelle élémentaire contient 60 pieds et les mesures des paramètres agronomiques retenus ont été effectuées sur 12 pieds de pomme de terre situés au centre.

Le premier buttage de la pomme de terre a été effectué à 6 semaines de la plantation et le deuxième buttage à 4 semaines du premier. L'apport de la fumure d'entretien (fiente de volaille) et la pose de paillis de pouzzolane ont été réalisés au moment du premier buttage.

Les paramètres agronomiques retenus pour l'essai sont : (i) la hauteur des plants (du collet à l'extrémité apicale) à 75 jours de la plantation, (ii) le poids frais de la partie aérienne (tige) à 75 jours de la plantation; (iii) le nombre et le rendement en tubercules commercialisables (diamètre de calibre supérieur à 28mm) à la récolte (90 jours après la plantation) et (iv) le nombre et le rendement en tubercules totaux à la récolte.

Analyse statistique

Les données collectées ont été soumises à l'analyse de la variance suivie de la séparation des moyennes selon la méthode de la plus petite différence significative ($p < 0,05$) à l'aide du logiciel XLSTAT 2008.

Résultats

Evolution des paramètres agronomiques de la pomme de terre

L'évolution respective des paramètres agronomiques retenus pour l'expérimentation, dont la hauteur des plants de pomme de terre (du collet à l'extrémité apicale), le poids de la partie aérienne, le nombre et le rendement en tubercules commercialisables (diamètre de calibre supérieur à 28mm) et le nombre et le rendement en tubercules totaux récoltés est présentée dans le tableau 2.

A 75 jours de la plantation, la hauteur des plants de pomme de terre est 21% plus élevée ($p < 0,05$) et le poids frais de la partie aérienne est 91% plus élevé ($p < 0,05$) dans le lot de paillis minéral de pouzzolane comparé au lot témoin.

A la récolte, à 90 jours après la plantation, le nombre moyen de tubercules commercialisables (diamètre supérieur à 28mm) ou de tubercules totaux (commercialisables et écarts ou de petit calibre) varie peu entre les deux lots. Une tendance à l'accroissement du rendement moyen en tubercules commercialisables ($p = 0,0629$) dans le lot de paillis minéral de pouzzolane est toutefois décelée. Quant au rendement moyen en tubercules totaux, un écart significativement ($p < 0,05$) positif de 25% est observé pour ce lot par rapport au lot témoin.

Tableau 2 : paramètres agronomiques des plants de pomme de terre selon les traitements du sol

Traitements	*Hauteur/pied (cm)	*Poids de la partie aérienne/pied (g)	*Nombre de tubercules commercialisables	**Rendement en tubercules commercialisables (t/ha)	**Nombre total de tubercules	**Rendement en tubercules totaux (t/ha)
témoin	42,00 b	29,05 b	1,95 a	7,35 a	5,10 a	7,73 b
Paillis minéral de pouzzolane (1,5kg/pied, 3-cm)	50,67 a	55,52 a	2,24 a	9,25 a	5,95 a	9,69 a
F (test)	3,897	12,607	0,584	2,574	2,101	2,928
p-value (<0,05)	0,016	0,0001	0,629 (ns)	0,068	0,116 (ns)	0,046
Moyenne	46,33	42,29	2,10 ±	8,30	5,52	8,71

*hauteur/poids de la partie aérienne 75 jours après plantation; **mesures effectuées à la récolte, 90 jours après plantation; les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes (p<0,05)



Figure 2 : Paillis minéral de pouzzolane sur culture en billons de pomme de terre

Source : auteur

Discussion

La pose de paillis de pouzzolane granulaire (7/15mm) d'une épaisseur de 3cm sous les conditions de la présente expérimentation influe positivement sur les paramètres de croissance végétative (hauteur de la tige, biomasse aérienne) et les paramètres de rendement (nombre et rendement en tubercules par plante, calibre de tubercule, rendement total) de la pomme de terre en saison pluvieuse de culture.

Un écart positif significatif ($p < 0,05$) de l'ordre de 21% pour la hauteur moyenne des plants de pomme de terre et de l'ordre de 91% pour le poids de la partie aérienne, à 75 jours de la plantation de la pomme de terre ont été respectivement observés dans le lot paillis de pouzzolane (50,7cm ; 55,5g) comparé au lot témoin (42cm ; 29,1g). A 90 jours de la plantation, un accroissement significatif ($p < 0,05$) d'environ 25% du rendement en tubercules de pomme de terre de calibres confondus (rendement total) est également enregistré pour le lot paillis de pouzzolane (9,25 t/ha) par rapport au lot témoin (7,35 t/ha). En surcroît, une tendance vers l'accroissement du rendement moyen en tubercules commercialisables (calibre $> 28\text{mm}$) est observée.

Ceci porte à croire que le paillis de pouzzolane est favorable à la culture de pomme de terre sous les conditions de l'expérimentation.

Ces effets positifs du paillis de pouzzolane sur la culture expérimentale laissent supposer une amélioration des conditions de croissance et de développement des plantes dont notamment une amélioration de l'environnement sol, fondement de la production agricole.

D'après les résultats obtenus par Mutowal et al, (2013), lors d'une expérimentation réalisée sur un sol calcaire, salin et sodique portant sur la pose d'un paillis de pouzzolane de 5cm d'épaisseur, l'amélioration de la structure du sol peut en grande partie expliquer l'amélioration de la disponibilité de la matière organique et des nutriments assimilables pour les plantes (N, P, et K) dans les horizons de surface (0 -10 cm) corrélée à une augmentation des rendements saisonniers en fruits de courge observés.

D'après Basahi et al., (2015), la pose de paillis (poudre) de pouzzolane de 5cm conduit à une augmentation de 42% de la longueur du fruit, de 39% du diamètre du fruit et de 68% le rendement en fruit de la variété Black Beauty d'aubergine. La consommation en eau par plant d'aubergine et par saison diminue respectivement de 44% et de 32% dans le lot de paillis de 10cm et de 5cm de pouzzolane et ceci par rapport lot témoin non couvert.

Le paillage des sols cultivés par divers paillis organiques ou minéraux (résidus de culture, film plastique, sable, graviers...) stimule la croissance des plantes à travers ses effets favorables aux propriétés physico-chimiques du sol en particulier sur la conservation de

l'humidité du sol et l'amélioration de la disponibilité de l'eau utilisable par la plante (Mulumba et al., 2008).

Yaghi et al., (2013) ont rapporté qu'une stimulation de la croissance végétative et un accroissement du rendement en fruits de concombre de l'ordre de 70%, ont été observé avec la pose de paillage plastique transparent combinée à l'irrigation goutte à goutte. Le supplément de rendement est essentiellement associé à l'augmentation de la température et de l'humidité du sol et à une amélioration de la nutrition minérale.

Selon les travaux de Najarian et al (2015), le poids du fruit, le nombre de feuille, les poids frais et secs des racines de concombre diminuent significativement en conditions de stress de sécheresse. Une baisse significative du rendement en fruits des génotypes de concombre jusqu'à 52% corrélée à l'intensification des conditions de stress a par ailleurs été observée par Farag et al., (2019).

L'apport de pozzolane contribue à l'amélioration de la structure du sol à travers le renforcement de la cohésion et de la stabilité des agrégats, contribuant ainsi à l'amélioration de la capacité de conservation de l'humidité (Gris et al., 2015).

D'après Chapajong (1999), le recouvrement du sol par de la pouzzolane (20%) augmente l'humidité du sol et le taux de perte en eau à travers l'évaporation et le renforcement de la capacité de rétention en eau du sol.

La sécheresse est une contrainte environnementale majeure à la productivité agricole en zones tropicales affectant négativement les paramètres physiologiques et biochimiques d'intérêt. Le stress de sécheresse conduit à la réduction de la photosynthèse, la respiration, la synthèse de protéine et le métabolisme de l'acide nucléique affectant ainsi la croissance et le développement (Bray et al., 2000). En réalité, la réduction de la croissance résulte des modifications engendrées par la sécheresse dans plusieurs processus physiologiques dont le statut hydrique, l'équilibre ionique, la nutrition minérale, le comportement des stomates, l'efficacité de la photosynthèse, l'allocation et l'utilisation de carbone...(Osakabe et al. 2014).

La capacité de pouzzolane à retenir l'eau et à limiter son évaporation ainsi que sa capacité à diminuer la teneur en sels du sol serait à l'origine de la stimulation de l'activité biologique et l'accroissement de la disponibilité de la matière organique et des nutriments. Cette augmentation de la capacité de stockage d'eau du sol favorise une meilleure rétention des éléments nutritifs assimilables par les plantes, en particulier les ions nitrates qui se présentent sous forme dissoutes dans la solution du sol.

Tous les paillis organiques ou minéraux ont en commun plusieurs avantages.

Intermédiaires entre l'air et le sol, les paillis présentent des effets tampons vis-à-vis de la température et vis-à-vis de l'humidité, qui consistent à protéger la surface du sol du réchauffement et de l'évaporation susceptibles de perturber son activité biologique.

Ils consistent, en outre à protéger le sol contre l'érosion limitant ainsi les pertes de terre et de nutriments ou l'appauvrissement en matière organique par drainage et par ruissellement mais également contre la battance des pluies ou la formation de couche de terre solide en surface limitant l'infiltration de l'eau, les échanges gazeux et la germination des graines.

Aussi, les paillis présentent-ils un grand potentiel dans la conservation de l'humidité du sol à travers la réduction de l'évaporation, l'interception de l'eau de pluie, la limitation du ruissellement qui sont favorables à la recharge profonde en eau du sol.

En bref, les services de régulation de la température et de l'humidité du sol fournis par les paillis concourent à la conservation de conditions favorables à l'activité biologique et indirectement à la structuration du sol et à la disponibilité des nutriments.

Par ailleurs, le paillage, à travers le freinage de la progression des mauvaises herbes, permet de limiter la compétition entre la plante cultivée et ces dernières pour les ressources de l'environnement. Il constitue ainsi une alternative écologique intéressante à l'usage des herbicides ou d'un désherbage mécanique permettant de réduire les coûts, les efforts mis et le temps consacré dans le désherbage.

Il y a lieu de signaler que parmi les avantages offerts par les paillis minéraux (pouzzolane, graviers, galets...) par rapport aux paillis organiques, « le paillage minéral répond parfaitement au besoin d'un paillis décoratif, naturel et pérenne. 100% naturels et avec un Ph neutre (excepté l'ardoise, acidifiante), ils conviennent à toutes les espèces végétales en extérieur comme en intérieur. Ils ne nécessitent pas d'entretien spécifique. Les paillis minéraux sont plus durables que les paillis végétaux, puisqu'ils ne se décomposent pas. Par

contre, ils n'entretiennent pas la fertilité des sols contrairement aux paillages organiques. Les paillages minéraux sont particulièrement recommandés pour les rocailles, les conifères, les plantes xérophiles, le jardin minéral, ou sur les sols déjà très riches en humus. »

Ainsi, la pose de paillis minéral de pouzzolane dans les systèmes de culture pluviaux, sur les tanety à l'instar de la culture de la pomme de terre, une culture porteuse dans la région Vakinankaratra et une ressource stratégique alimentaire servant de substituant du riz en période de soudure pour les petits exploitants agricoles peut s'avérer pertinente en vue de l'adaptation à la variabilité et au changement climatique.

Conclusion

Les effets positifs sur les paramètres respectifs de croissance et de rendement de la pomme de terre sur tanety (colline), sous pluies par la pose de paillis minéral de pouzzolane observés lors de la présente expérimentation semblent préciser le potentiel améliorateur de la productivité et de l'adaptation au changement climatique (sècheresse, élévation de la température) des systèmes de productions agricoles de la pouzzolane à travers une meilleure régulation de la température et une meilleure conservation de l'eau dans le sol.

La présente étude est préliminaire, elle ouvre toutefois la voie à plusieurs perspectives de recherche en vue d'une optimisation de la valorisation agricole et d'une mise à l'échelle des pratiques agricoles diversifiées intégrant l'utilisation de la pouzzolane, une ressource présente sur tous les sites volcaniques de la grande île.

Référence bibliographique

1. <http://www.fao.org/3/t1765f/t1765f05.htm>
2. <https://agritrop.cirad.fr/483646/1/ID483646.pdf>
3. <https://www.terreaux-et-compagnie.com/quels-sont-les-differents-types-de-paillages-leurs-avantages-et-comment-les-installer>
4. <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>
5. http://www.fsp-parrur.irenala.edu.mg/Data-FSP-PARRUR/Les%20activit%C3%A9s/IST/S%C3%A9minaires-Ecoles/Ecole%20th%C3%A9matique/ECOLE%20THEMATIQUE%20SOL_LRI-IRD/Bibliographies-Expos%C3%A9s/Vers%20blancs%20-%20Mychorizes/EXPOSES/Les%20services%20-%C3%A9cosyst%C3%A9miques%20rendus%20par%20les%20sols_berthe.pdf

6. Madagascar - Bilan Commun de Pays 2012
7. FIDA : <https://www.ifad.org/fr/web/operations/country/id/madagascar>
8. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat: « World Population Prospects: The 2012 Revision » June 13, 2013 (WPP 2012). Résultats pour l'hypothèse dite basse et haute de fécondité (low and high variant)
9. UNICEF-ONN : Plan National d'Action pour la Nutrition-III 2017-2021 "Améliorer l'état nutritionnel de la population Malagasy, en particulier les plus vulnérables : <https://www.unicef.org/madagascar/sites/unicef.org.madagascar/files/2018-08/Madagascar-nutrition-PNAN3.pdf>
10. Utilisation des endomycorhizes pour lutter contre la plante parasite Striga
11. Al-Solimani, S.G. and S.H. Byari, 2012. Effect of Pozzolan and Nitrogen Fertilizer in Reducing Irrigation Water and Soil Moisture Stress in Three Eggplant Cultivars (*Solanum melongina*). JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci., 23(2): 3-13.
12. Basahi J.M., Al-Solaimani S.G., Mahmood S., and T. Al-Sanee. 2015. Improving the Soil Water Conservation, Growth and Yield of Eggplant by Applying Pozzolan Mulch. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 15 (11): 2269-2276 ; DOI: 10.5829/idosi.ajeaes.2015.15.11.12796
13. Blanchet G., Gavazov K., Bragazza L. and S. Sinaj. 2016. Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system. Agriculture, Ecosystems & Environment, 230 : 116-126 ; <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.05.032>.
14. Bray E A, Bailey-Serres J and Weretilnyk E. 2000. Responses to abiotic stresses, (In) Buchanan B B, W Gruissem and R L Jones (Eds.), Biochemistry and Molecular Biology of Plants, p 1158–1203. ASPP, Rockville.
15. Cantliffe D.J., 1981. Alteration of sex expression in cucumber to changes temperature, light intensity, and photoperiod. Journal of the American Society and Horticulture Science, Geneva 106 (2) : 133-136
16. INSTAT Madagascar, 2010. Enquête Démographique et de Santé de Madagascar 2008-2009. Direction de la Démographie et des Statistiques Sociales (DDSS). 444p.
17. CEFFEL 2012 : Etude de la filière légumes sur les Hautes Terres de Madagascar - régions Analamanga, Itasy, Vakinankaratra, Amoron'i Mania (pomme de terre, tomate, oignon, carotte, haricot vert et chou)