



Effet de deux types d'insecticides sur la mycorhization arbusculaire et le développement de deux variétés de pomme de terre (*Solanum tuberosum*)

B. SARR*, F. NDIAYE, M. NDIAYE et T. A. DIOP

Laboratoire de Biotechnologies des Champignons, Département de Biologie Végétale Faculté des Sciences & Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar Fann, Sénégal.

*Auteur correspondant, E-mail : lbc@ucad.sn; sarrbath2002@yahoo.fr ;

Tel. +221338646658; +221776163348

RESUME

Cette étude a été menée en serre pour évaluer l'effet de deux types d'insecticides sur la mycorhization et le développement de deux variétés de pomme de terre (Aïda et Atlas). Les insecticides carbofuran et chlorpyrifos-éthyl, respectivement systémiques et contacts, ont été appliqués au sol à différents stades d'inoculation du champignon *Glomus mosseae*. Le pourcentage de mycorhization, la biomasse aérienne, le nombre et le calibre des minitubercules ont été évalués après 60 jours de culture. L'application du carbofuran ou du chlorpyrifos-éthyl 21 jours avant ou après l'inoculation du champignon induit une diminution significative du pourcentage de colonisation mycorhizienne chez toutes les deux variétés. Cependant, cette baisse est plus importante avec les traitements de l'insecticide de contact après inoculation et de l'insecticide systémique effectué avant inoculation. Cette tendance s'est répercutée sur la biomasse aérienne et le nombre des minitubercules. Le calibre des minitubercules présente une variabilité de réponse selon la variété de pomme de terre et le type d'insecticide. Ce travail a permis de déterminer le moment compatible de l'inoculation de *Glomus mosseae* avec l'application des insecticides au sol chez les variétés Aïda et Atlas de la pomme de terre. © 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: *Glomus mosseae*, carbofuran, chlorpyrifos-éthyl, Aïda, Atlas.

INTRODUCTION

La pomme de terre est l'une des plus importantes cultures à travers le monde (Kashyap et Panda, 2003). Elle est parmi les principaux produits végétaux pouvant permettre de lutter contre la pauvreté dans le monde. Dans les pays en développement, sa production a plus que doublé au cours des 15 dernières années (Lutaladio et Prakash, 2010).

Au Sénégal chaque année quelques 60 000 tonnes de pomme de terre de consommation sont importées pour une valeur

de 9 916 541,87 USD (DH, 2012). Cette dépendance vis-à-vis de l'extérieur est accentuée par une accessibilité tardive des semences par les producteurs locaux; ceci réduisant en même temps la période de production locale. Ces semences sont souvent de qualité moyenne (viroses), de choix variétal limité et sont vendues chères (35% du prix de revient). A cela s'ajoute, malgré l'usage abusif des pesticides, l'envahissement d'un cortège de pathogènes pendant le semis des tubercules : nématodes, bactéries,

champignons et virus (Stevenson et al., 2001). Fort de ces constats, une production de semences de pomme de terre par multiplication *in vitro* ou micropropagation est mise au point. Cette méthode permet d'assurer la permanence génétique (Dième et al., 2011) et d'obtenir en peu de temps plusieurs générations de vitroplants exempts de toute contamination (Ranalli, 1997; Ndiaye et al., 2005). Cependant, ces vitroplants passent nécessairement par une acclimatation en serre, avant leur transfert aux champs. Durant cette phase, ils subissent l'effet des stress physiologiques et pathologiques (Sidikou et al., 2002). Pour améliorer la capacité de résistance à ces stress, une inoculation de ces vitroplants par les champignons mycorhiziens arbusculaires est préconisée pendant l'acclimatation (Niemira et al., 1995). La mycorhization arbusculaire aide à surmonter les chocs lors de la transplantation (Carlos et al., 2008) à apporter une meilleure nutrition hydrominérale et à réduire les maladies racinaires grâce à des changements considérables des mécanismes de défense de l'hôte (Guenoune et al., 2001; Dalpé, 2005).

Les effets des pesticides sur les champignons mycorhiziens ont été étudiés par de nombreux auteurs (Menge, 1982; Trappe et al., 1984). Cependant, peu de travaux se sont intéressés à l'effet du mode d'action des insecticides sur l'établissement de la mycorhization.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des deux types d'insecticides, couramment utilisés au Sénégal, sur la pomme de terre associée à une souche de champignon mycorhizien arbusculaire, *Glomus mosseae*.

MATERIEL ET METHODES

Le matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de tubercules de pomme de terre de deux variétés, Atlas et Aïda, importées de GERMICOPA SA. (Quimper, France). Ces variétés s'adaptent bien aux conditions agro-climatiques du Sénégal.

Pour lever la dormance, 10 tubercules de calibre 28-35 mm de chaque variété sont trempés dans une solution d'acide gibbérellique à 10^{-2} M pendant 10 min (Bryan, 1990). Puis, ils sont retirés de la solution, séchés et placés dans une enceinte étanche, obscure et bien aérée à 25 °C jusqu'à la germination.

Après de germination, les germes de 1 à 2 cm de hauteur sont prélevés délicatement des tubercules à l'aide de scalpel stérile et sont obturés à leurs extrémités en les plongeant dans un bain de paraffine liquéfié à 40 °C. Une désinfection des germes est effectuée sous une hôte à flux laminaire. D'abord, ils sont plongés dans de l'eau distillée avec 20 gouttes Tween 80 pendant 10 mn, ensuite ils subissent un prétrempage de 10 secondes dans de l'alcool à 70 °C avant de les mettre dans une solution de chlorure mercurique ($HgCl_2$) à 0,1% pendant 10 mn. Après désinfection, les germes, essuyés et récupérés sur papier Whatman stérilisé, sont découpés aseptiquement en bouture monodale avant leur mise en culture *in vitro* sur milieu Murashige et Skoog (Murashige et Skoog, 1962). Ce milieu, solidifié à l'agar (8 g.l⁻¹), est dépourvu de régulateurs de croissance et son pH est ajusté à 5,9 avant stérilisation à l'autoclave 120 °C pendant 30 min. Les germes sont ensemencés dans des tubes de verres (22x150 mm) contenant chacun 15 ml du milieu de culture tout en respectant la polarité apico-basale originelle. Les tubes de cultures sont placés dans une chambre de culture (température 28 °C, photopériode 16 h de jour, l'intensité lumineuse 101,4 $\mu\text{moles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, l'humidité relative 55%). Au bout de 4 semaines de culture, les explants constitués sont découpés en autant de boutures uninodales (3 à 7) et repiquées dans des bocaux d'une capacité de 660 ml en utilisant le même milieu de culture à raison de 50 ml par bocal. Les vitroplants âgés de 10 jours et mesurant environ 7cm sont utilisés comme matériel végétal.

Le matériel fongique

Le matériel fongique appartient à la collection du Laboratoire de Biotechnologies des Champignons de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar. Il s'agit d'une souche de champignon mycorhizien arbusculaire *Glomus mosseae* (Nicolson et Gerd. ; Gerd. et Trappe DAOM 227 131). La souche est préalablement multipliée en serre dans des pots contenant du sable grossier de plage stérilisé en utilisant comme plante piège le maïs (*Zea mays*). Les plantes sont ensuite régulièrement arrosées à la capacité au champ et reçoivent en plus tous les 15 jours 100 ml d'une solution nutritive de Long Ashton.

Les pesticides utilisés

Deux pesticides (Furadan et Spiphor) couramment utilisés dans la culture de la pomme de terre au Sénégal sont testés (Tableau 1).

Conduite de la culture et dispositif expérimental

L'étude est conduite en serre pendant 3 mois. Le substrat de culture est un sol de Sangalkam, r dont les caractéristiques physico-chimiques sont : argile 5,4% ; limon 5,8% ; sable 89% ; carbone 0,3% ; azote total 0,02% ; potassium total 333,5 ppm; phosphore total 41,4 ppm; phosphore assimilable 2,1 ppm; calcium 1,03 ppm; magnésium 0,3 ppm et pH (H₂O) 6,0. Le substrat est stérilisé à l'autoclave, 120 °C pendant 2 h et mis dans des pots à raison de 1 kg par pot. Un arrosage est effectué 48 heures avant le repiquage à la capacité au champ Les vitroplants des deux variétés (Aïda et Atlas) de pomme de terre sont transplantés en raison d'un plant par pot.

Tableau 1 : Caractéristiques des pesticides utilisés.

| Pesticides | Famille | Propriété | Matière active (g/kg) | Mode d'action | Concentration (g/l) |
|------------|------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|
| Furadan 5G | Carbamates | insecticides, nématocides | Carbofuran 50 | systémique | 0,2 |
| Spiphor 5% | Organophosphorés | insecticides | Chlorpyrifos-éthyl 50 | Contact | 0,2 |

Le matériel fongique et les insecticides sont appliqués le 1^{er} jour de la transplantation des plants (jt.) ou 21 jours après la transplantation (jat.). Le dispositif expérimental est complètement randomisé avec dix répétitions par traitement. Les traitements suivants sont effectués:

T0 = témoin ; T1= *Glomus mosseae* seul 1^{er} jt.; T2 = *Glomus mosseae* 1^{er} jt. + carbofuran 21 jat. ; T3= carbofuran 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat.; T4= *Glomus mosseae* 1^{er} jt. + chlorpyrifos-éthyl 21 jat.; T5 = chlorpyrifos-éthyl 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat.

Chaque plant de pomme de terre à inoculer, reçoit 20 g d'inoculum. L'inoculum est placé dans le substrat de culture à 2 ou 3 cm de profondeur au contact du système racinaire.

Les pesticides testés sont incorporés au substrat selon les concentrations indiquées dans le Tableau 1.

Paramètres mesurés

Après 60 jours de culture, les racines prélevées, sont éclaircies au KOH 10% et colorées au bleu Trypan selon la technique de Philips et Hayman (1970) avant de les observer à la loupe. Le pourcentage de mycorhization des racines est déterminé selon la méthode « Gridline Intersect » de Giovannetti et Mosse (1980). Un test de viabilité des propagules mycorhiziens est effectué en trempant les spores dans un colorant vital MTT, 3-(4,5-diméthylthiazol-2-y1)-2,5 diphényltétrazolium bromide, selon les conditions décrites par An et Hendrix (1988).

La biomasse aérienne est séchée pendant 48 h à l'étuve à 80 °C, afin de déterminer le poids sec grâce à une balance de précision de marque Sartorius (portée Max de 3100 g). Le nombre de minitubercules par plant est évalué par comptage. Le calibre des minitubercules par plant est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

Analyse statistique

L'analyse des variances est faite grâce au logiciel XLStat Pro 2011 (version 13.2, AddinSoft®) et les comparaisons entre les moyennes ont été faites selon le test de Fischer LSD au seuil de 5%.

RESULTATS

La mycorhization

Le traitement *Glomus mosseae* seul, montre des pourcentages de mycorhization significativement élevés chez les deux variétés Atlas et Aïda avec respectivement 79,4% et 62% de racines mycorhizées comparés aux témoins (0%). Cette colonisation racinaire des plants est constituée d'hyphes intraracinaires, de vésicules et d'arbuscules. L'utilisation du colorant vital MTT a révélé une grande viabilité des propagules observées (en moyenne 80%) quel que soit le produit phytosanitaire appliqué.

Nos résultats montrent que tous les traitements d'insecticides testés réduisent significativement la mycorhization des deux variétés Atlas et Aïda (Figure 1). Cette baisse varie en fonction de la date d'application et du mode d'action du produit chimique par rapport au stade de mycorhization.

En effet, l'insecticide systémique appliqué au sol à 21 jours avant l'inoculation du *Glomus mosseae*, entraîne une baisse significative du pourcentage de mycorhization comparé à son traitement effectué à 21 jours après inoculation.

Avec l'insecticide de contact, c'est le traitement effectué 21 jours après inoculation qui entraîne une réduction significative du pourcentage la colonisation mycorhizienne

des racines de pomme de terre. Ces mêmes tendances sont observées chez les deux variétés de pomme de terre Aïda et Atlas (Figure 1).

Développement végétal et production de minitubercules

Nos résultats montrent que le traitement *Glomus mosseae* seul comparé au témoin entraîne une amélioration significativement de la biomasse aérienne, du nombre et du calibre des minitubercules des deux variétés de pomme de terre.

Par contre, l'application du carbofuran ou chlorpyriphos entraîne une variation de comportement des variétés de la pomme de terre.

Chez la variété Atlas

Le carbofuran appliqué à 21 jours avant ou après inoculation des plants, entraîne une baisse significative de la biomasse aérienne comparée à celle des plants mycorhizés sur sol sans insecticide. Avec le chlorpyriphos, seul le traitement effectué 21 jours après inoculation réduit significativement la biomasse et le nombre de minitubercules.

Le calibre des minitubercules ne présente pas de différence significative entre le traitement T1 (*G. mosseae* seul) et T5 (chlorpyriphos-éthyl 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat). Il est cependant noté une baisse de celui-ci, chez les plants traités avec le carbofuran (Tableau 2).

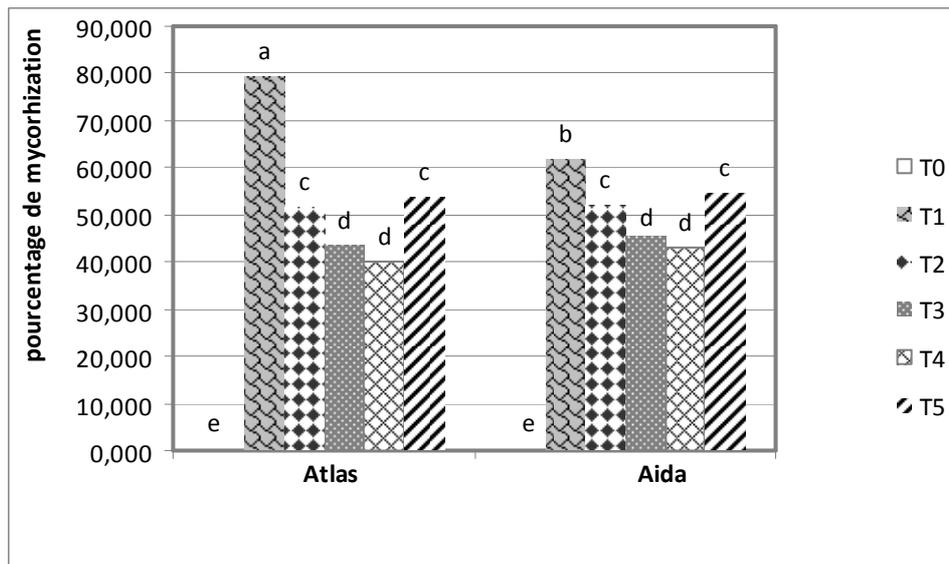
Chez la variété Aïda

Tous les traitements d'insecticides sauf celui du chlorpyriphos avant inoculation, réduisent la biomasse et le nombre et le calibre des minitubercules. Cette réduction est plus accentuée avec l'application de l'insecticide systémique à 21 jours avant inoculation. Il n'y a pas de différence significative du traitement chlorpyriphos avant inoculation sur le calibre des minitubercules (Tableau 2).

Tableau 2 : Effet de deux insecticides sur la biomasse aérienne, le nombre et la calibre des minitubercules de deux variétés de Pomme de terre (*Solanum aethiopicum*) inoculé par *G. mosseae*.

| Traitements | Variétés de <i>Solanum aethiopicum</i> | | | | | |
|-------------|--|-------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | Atlas | | | Aida | | |
| | Biomasse aérienne (mg) | Nombre de minitubercule | Calibre minitubercule (cm) | Biomasse aérienne (mg) | Nombre de minitubercule | Calibre minitubercule (cm) |
| T0 | 502.00d | 1.02c | 1.85c | 489.89f | 1.05e | 1.92c |
| T1 | 707,20a | 2.72a | 2.75b | 720.00a | 3.47a | 3.62a |
| T2 | 633.80b | 2.33a | 3.36ab | 553.80d | 2.56c | 2.70b |
| T3 | 17.70bc | 1.56b | 2.99ab | 501.20e | 1.89d | 2.55b |
| T4 | 597.40c | 1.60b | 3.03ab | 663.70c | 2.14d | 2.82b |
| T5 | 683.80a | 2.73a | 3.55a | 699.80b | 2.96b | 3.80a |

Pour une même variété et sur une même colonne, les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité $P < 0,05$ (Test de Fischer LSD). T0 = témoin ; T1 = *Glomus mosseae* seul 1^{er} jt. ; T2 = *Glomus mosseae* 1^{er} jt. + carbofuran 21 jat. T3 = carbofuran 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat. ; T4 = *Glomus mosseae* 1^{er} jt. + chlorpyrifos-éthyl 21 jat. ; T5 = chlorpyrifos-éthyl 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat. (jt.) : jour de la transplantation des plants ; (jat.) : jour après la transplantation.



Les barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test Fischer LSD. T0 = témoin ; T1 = *Glomus mosseae* seul 1^{er} jt. ; T2 = *Glomus mosseae* 1^{er} jt. + carbofuran 21 jat. T3 = carbofuran 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat. ; T4 = *Glomus mosseae* 1^{er} jt. + chlorpyrifos-éthyl 21 jat. T5 = chlorpyrifos-éthyl 1^{er} jt. + *Glomus mosseae* 21 jat. (jt.) : jour de la transplantation des plants ; (jat.) : jour après la transplantation.

Figure 1 : Effet des insecticides sur la colonisation mycorhizienne des racines de deux variétés de la pomme de terre (*Solanum aethiopicum*).

DISCUSSION

Mycorhization

Aucune forme de mycorhization n'est observée chez les traitements témoins, ce qui démontre l'absence de champignons endogènes dans notre substrat de culture. Le pourcentage de mycorhization des racines est de 79,4% et 62% respectivement chez Atlas et Aïda. Donc, les deux variétés testées sont très mycotrophes.

L'utilisation des insecticides (carbofuran ou chlorpyrifos-éthyl) baisse significativement la mycorhization. Cette réduction de la colonisation mycorhizienne des racines par les insecticides a été déjà démontrée par Abd-Alla et al. (2000).

Le test de viabilité montre un taux élevé de propagules mycorhiziennes viables. Ce qui signifie que les insecticides testés ne tuent pas les propagules mais ralentissent leur capacité à infecter les racines de la plante hôte. Plusieurs travaux ont rapporté cet effet inhibiteur des pesticides sur la germination des propagules de champignons mycorhiziens arbusculaires (Nemec, 1980; Smith et Gianinazzi-Pearson, 1988; Dodd et Jeffries, 1989).

Cependant, l'effet des insecticides testés est fonction du stade de la mycorhization racinaire des plants et du mode d'action de chaque l'insecticide. Ainsi, nos résultats montrent que l'insecticide systémique, le carbofuran est plus compatible avec la mycorhization lorsqu'il est appliqué aux racines de pomme de terre après inoculation du *G. mosseae*. Menendez et al. (1999) avaient aussi constaté que le diméthoate, insecticide systémique, appliqué après inoculation du *G. mosseae*, n'affecte pas la colonisation mycorhizienne. Donc, après l'installation de la mycorhization, le *G. mosseae* tolère les insecticides systémiques appliqués aux doses recommandées. La compatibilité entre l'insecticide systémique et *G. mosseae* après l'installation de ce dernier, pourrait s'expliquer par une dégradation plus facile du produit sous l'effet de la métabolisation des champignons (Meharg et al., 1997).

Cependant, cette tolérance aux insecticides systémiques semble être spécifique au champignon exogène inoculé, *G. mosseae*. Les résultats de (Menendez et al., 1999) ont montré que des champignons endogènes (*Scutellospora castaneae* et *Glomus rosea*) sont sensibles à l'effet de l'insecticide diméthoate. Donc, l'impact négatif de l'insecticide systémique pourrait être lié d'une part à l'état de la mycorhization et d'autre part à l'origine du champignon présent dans le sol. Il est aussi fonction de la dose et du type d'insecticide appliqué (Belkouri et al., 2009).

Par contre, l'application de l'insecticide de contact, le chlorpyrifos-éthyl 21 jours avant inoculation, est plus compatible avec l'expression du champignon que son utilisation après l'inoculation de *G. mosseae*. Ceci peut s'expliquer par une volatilisation du produit avant l'installation de la mycorhization. En effet, Whang et al. (1993) ont observé que la moitié de la quantité de chlorpyrifos appliquée au sol a été volatilisée pendant une période de 26 jours.

A partir de nos résultats, on peut dire que la tolérance de la souche *Glomus mosseae* pour les insecticides, dépend du stade de la mycorhization du champignon et du mode d'action de la matière active de l'insecticide.

Développement végétal et production de minitubercules

L'impact négatif des l'insecticides constaté sur la mycorhization du *G. mosseae*, s'est répercuté sur la croissance et la production des plants de pomme de terre. Les insecticides ralentissent l'expression des mycorhizes entraînant une baisse de la croissance et du rendement de la plante. La même tendance a été obtenue par Abd-Alla et al. (2000) avec un insecticide de contact, le Selecron. Cela pourrait être dû à une diminution de l'apport en nutriment essentiel dont le phosphore (Merryweather et Fitter, 1996).

Les variétés de pomme de terre présentent une variabilité de comportement vis-à-vis des insecticides. La variété Aïda

tolère mieux l'impact négatif des insecticides. Cette variabilité a été déjà démontrée par (Belkouri et al., 2009).

Connaissant l'impact conjugué des mycorhizes sur le rendement des cultures et comme agent de lutte biologique, il est essentiel qu'elles soient bien établies pour atteindre ces bénéfices relatifs à la production et à la protection des végétaux. Ces résultats visant à réduire l'apport d'insecticides et à protéger les cultures méritent d'être exploités (Dalpé, 2005). Ils doivent être corroborés par le biais des essais au champ afin d'en tenir compte dans les itinéraires techniques de cultures de la pomme de terre.

Conclusion

De ces résultats, on peut retenir que l'application au sol des insecticides aux doses recommandées, est compatible à un bon établissement de la symbiose mycorrhization chez les plants de pomme de terre obtenus par vitrométhode. Cette compatibilité dépendant du stade de mycorrhization et du mode d'action de l'insecticide utilisé. Le *Glomus mosseae* tolère l'insecticide systémique et l'insecticide de contact lorsqu'ils sont utilisés respectivement après et avant l'installation de la mycorrhization. Cette tolérance des champignons mycorrhiziens arbusculaires aux insecticides encourage leurs utilisations dans la promotion d'une agriculture durable et soucieuse de l'environnement. Ce travail a permis de déceler le moment compatible de l'inoculation de *Glomus mosseae* avec l'application des insecticides au sol.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Fonds National de Recherches Agricoles et Agro-Alimentaires (FNRAA) du Sénégal pour l'appui financier (contrat : 09/ AP03M10202 J).

REFERENCES

Abd-Allaa MH, Shukry AO, Sokol K. 2000. The impact of pesticides on arbuscular mycorrhizal and nitrogen-fixing symbioses in legumes. *Applied Soil Ecology*, **14**: 191–200.

- An ZA, Hendrix JW. 1988. Determining the viability of endogonaceous spores with a vital stain. *Mycologia*, **80**: 259-261.
- Belkouri A, Es-Sgaouri A, Aouadj R, Dahchoura A. 2009. Action de certains pesticides sur la croissance du champignon ectomycorhizien *Pisolithus tinc-torius*. *Biomatec Echo.*, **3**(6): 26–30.
- Bryan JE. 1990. *Rupture de la Dormance des Tubercules de Pomme de Terre : Guide de Recherche*. Centre Internationale de la Pomme de Terre. CPI 16 : Lima Pérou ; 13.
- Carlos LC, Manuel CA, José LG, Rosario A, Antonio T. 2008. Arbuscular Mycorrhizal Contributes to Alleviation of Salt Damage in Cassava Clones. *Journal of Plant Nutrition*, **31**(5): 959-971.
- Dalpé Y. 2005. Les mycorhizes : un outil de protection des plantes mais non une panacée. *Phytoprotection*, **86**(1): 53-59.
- Diémé A, Sagna M, Sy MO. 2011. Influence of hormonal treatments and of sucrose on the Microtuberization of three potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) Adapted to agroclimatic conditions in Senegal. *Int. J. Plant, Animal Env. Sci.*, **1**: 69-77.
- DH (Direction de l'Horticulture). 2012. Rapport d'évaluation de la production des légumes au Sénégal, p. 3.
- Dodd JC, Jeffries P. 1989. Effet of Fungicides on three vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi associated with winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biol. Fertil. Soils*, **7**: 120-128.
- Giovanetti M, Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, **84**: 489-500.
- Guenoune D, Galili S, Philips DA, Volpin H, Chet I, Okon Y, Kapulnik Y. 2001. The defense response elicited by the pathogen *Rhizoctonia solani* is suppressed by colonization of the AM-fungus *Glomus intraradices*. *Plant Sci.*, **160**: 925–932.
- Kashyap PS, Panda RK. 2003. Effect of irrigation scheduling on potato crop parameters under water stressed

- conditions. *Agri. Water Man.*, **59**(1): 49-66.
- Lutaladio NB, Prakash A. 2010. La pomme de terre : histoire et développement économique. *Cahiers de Nutrition et Diététique*, **45**: S5-S16.
- Menge JA. 1982. Effects of soil fumigants and fungicides on vesicular-arbuscular fungi. *Phytopathology*, **72**: 1125-1132.
- Meharg AA, Cairny JWG, Maguir N. 1997. Mineralization of 2,4 dichlorophenol by ectomycorrhizal fungi in axenic culture and in symbiosis with pine, *Chemosphere*, **34**: 2495-2504.
- Menendez A, Martínez A, Chiocchio V, Venedikian N, Ocampo JA, Godeas A. 1999. Influence of the insecticide dimethoate on arbuscular mycorrhizal colonization and growth in soybean plants. *Internat Microbiol.*, **2**:43-45.
- Merryweather J, Fitter AH. 1996. Phosphorus nutrition of an obligately mycorrhizal plant treated with benomyl in the field. *New Phytol.*, **132**: 307-311.
- Murashige T, Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays, with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.*, **15**: 473-497.
- Nemec S. 1980. Influence of 11 fungicides on endomycorrhizal development in sour orange. *Can. J. Bot.*, **58**: 522-526.
- Ndiaye F, Diop TA, Sy MO, Manga AGB, Sow HA, Ba T. 2005. Mycorrhization contrôlée de plantes micropropagées de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) *Revue Sénégalaise des recherches agricoles et agroalimentaires* **1**: 33-37.
- Niemira BA, Safir GR, Hammerschmidt R, Bird G. 1995. Production of pre-nuclear minitubers of potato with peat-based arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. *Agron. J.*, **87**: 942-946.
- Philips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **55**: 158-161.
- Ranalli P. 1997. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. *Potato Res.*, **40**: 439-453.
- Sidikou R, Seyni D, Ellisseche D, Sihachakr D, Jouan B, Ducreux G. 2002. Conséquences du stress hydrique chez huit cultivars de Pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). *Journal Acta Botanica Gallica.*, **149**(2): 139-148.
- Smith SE, Gianinazzi-Pearson V. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **39**: 221-244.
- Stevenson WR, Loria R, Franc GD, Weingartner DP. 2001. *Compendium of Potato Diseases* (2nd edn). APS Press: St. Paul, MN, USA; 106.
- Trappe JM, Molina R, Castellano M. 1984. Reactions of mycorrhizal fungi and pathogens induced in primary roots of pesticides. *An. Rev. Phyt.*, **22**: 331-359.
- Whang JM, Schomburg CJ, Glotfelty DE, Taylor AW. 1993. Volatilization of fonofos, chlorpyrifos and atrazine from conventional and no-till surface soils in the field. *J. Environ. Qual.*, **22**: 173-180.