

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES

DEPARTEMENT OF PLANT BIOLOGY

**Gestion intégrée de la production chez *Solanum* spp. :
Protection biologique contre les bio-agresseurs par
thermothérapie, mycorhization et huiles végétales**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Industrie des Semences
Option : Technologie des semences

Par

NGO BINGONG Monique Arsène

Licencié ès Sciences

Matricule: 11S0215

Sous la direction de :

Pr. NWAGA Dieudonné

Maître de Conférences



Année académique 2017 / 2018

DEDICACE

A mon père **SOTONG Sylvain** qu'il trouve ici l'un des fruits de ses efforts et sacrifices consentis à mon éducation durant ces longues années et l'expression de ma profonde gratitude.

REMERCIEMENTS

Le présent document est le produit d'une étude réalisée dans le cadre du stage en Industrie des Semences, option Technologie des Semences, au Laboratoire de Microbiologie du Sol, Centre de Biotechnologie de Nkolbisson de l'Université de Yaoundé I. Ce travail n'aurait jamais été réalisé sans le concours de certaines personnes à qui je tiens à exprimer ici ma profonde gratitude:

- au Pr. NWAGA Dieudonné, Chef section végétale et Directeur du Laboratoire de Microbiologie des Sols, Centre de Biotechnologie pour ses encouragements et ses directives, je le remercie spécialement pour sa disponibilité, son aide précieuse, son écoute, ses conseils avisés et la confiance qu'il m'a accordée.
- au Professeur YOUMBI Emmanuel, Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I pour ses enseignements et ses recommandations ;
- au Pr. Joseph Martin BELL, Coordonnateur de la filière Industrie des Semences, pour les efforts consentis pour l'accomplissement de cette formation ;
- aux enseignants du département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I, pour la qualité de la formation fournie et aussi pour leur disponibilité vis-à-vis des étudiants ;
- Je voudrais remercier les membres du jury qui vont examiner ce travail. Leurs critiques et suggestions seront déterminantes pour la suite de mes travaux dans le monde de la recherche ;
- à Monsieur MBOG Jean, semencier pour l'approvisionnement en semences de *Solanum aethiopicum* ;
- à Monsieur BELINGA Achille, planteur pour avoir mis à ma disposition une parcelle de terrain afin de mettre en place mon expérimentation. Ainsi que son soutien, ces directives et sa bonne humeur qu'il m'a procurée tout au long de mes travaux ;
- à mon frère BINGONG Loïc et mes sœurs BOGMIS Florence et MAMBINGO Pauline, pour leur soutien aussi bien moral que spirituel ;
- à tous mes amis, particulièrement ASONFACK Christelle, BEN ALI MOHAMMED, KAMPIE Josiane, MBOG Clarence, MOLO Thierry, MOUKAM Maria et TCHOUDJA Raïssa pour leur aide dans la réalisation des travaux sur le terrain ainsi que pour leur soutien moral ;
- aux camarades de promotion du cycle Master Industrie des Semences de l'Université de Yaoundé I.

Je remercie également tous ceux dont les noms ne figurent pas dans ce document et qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SOMMAIRE.....	iii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT.....	xi
 CHAPITRE I. GENERALITES.....	 2
I.1. Introduction générale.....	2
I.2. Revue de la littérature.....	4
I.2.1. Généralités sur le genre <i>Solanum</i>	4
I.2.1.1. <i>Solanum macrocarpon</i>	4
I.2.1.1.1. Généralités.....	4
I.2.1.1.2. Description de <i>Solanum macrocarpon</i>	5
I.2.1.1.3. Les maladies infectieuses de <i>Solanum macrocarpon</i>	5
I.2.1.2. <i>Solanum aethiopicum</i>	7
I.2.1.2.1. Généralités.....	7
I.2.1.2.2. Les Groupes de <i>Solanum aethiopicum</i>	7
I.2.1.2.3. Description de <i>Solanum aethiopicum</i>	8
I.2.1.3. <i>Solanum scabrum</i>	10
I.2.1.3.1. Généralités.....	10
I.2.1.3.2. Description de <i>Solanum scabrum</i>	10
I.2.1.3.3. Importances de <i>Solanum scabrum</i>	10
I.2.2. Gestion intégrée des cultures.....	11
I.2.2.1. Définition.....	11
I.2.2.1.1. Les différentes techniques de lutte intégrée.....	11
I.2.2.1.1.1. Protection raisonnée.....	11
I.2.2.1.1.2. Protection ou lutte biologique.....	12
I.2.2.1.1.2.1. Biopesticides.....	13

I.2.2.1.2.1.1. Définition.....	13
I.2.2.1.2.1.2. Les différentes catégories de biopesticides.....	13
I.2.2.1.2.1.3. Huiles végétales comme biopesticide.....	14
I.2.2.2.3. Huile essentielle de citronnelle (<i>Cymbopogon</i> spp.).....	16
I.2.2.3. Champignons mycorhiziens.....	16
I.2.2.3.1. Définitions et types de mycorhizes.....	16
I.2.2.3.2. Champignons mycorhiziens arbusculaires(CMA).....	18
I.2.2.3.3. Fonction du mycorhize.....	18
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES.....	22
II.1. Matériel.....	22
II.1.1. Site expérimental.....	22
II.1.2. Matériel végétal.....	23
II.1.3. Biofertilisants mycorhiziens.....	23
II.1.4. Biopesticides à base d'huiles végétales.....	24
II.1.5. Pesticides chimiques utilisés.....	25
II.1.6. Matériel et réactifs de laboratoire utilisés.....	25
II.1.7. Autres matériel utilisés.....	26
II.2. Méthodes.....	27
II.2.1. Extraction, nettoyage et séchage des semences de quelques espèces de <i>Solanum</i>	27
II.2.2. Expérimentation I.....	28
II.2.2.1. Evaluation de la dépendance mycorhizienne chez quelques espèces de <i>Solanum</i>	28
II.2.2.1.1. Préparation du substrat.....	28
II.2.2.1.2. Inoculation des CMA et semis des espèces de <i>Solanum</i>	28
II.2.2.1.3. Dispositif expérimental.....	29
II.2.2.1.4. Transplantation et entretien des plantes.....	29
II.2.3. Expérimentation II.....	30
II.2.3.1. Evaluation de l'effet de la thermothérapie sur la production des plantules de <i>Solanum macrocarpon</i>	30
II.2.3.1.1. Mise en place de la pépinière.....	30
II.2.3.1.2. Inoculation des CMA, semis.....	30
II.2.4. Expérimentation III.....	31
II.2.4.1. Evaluer l'effet de la protection biologique (CMA, mélange d'huiles végétales, thermothérapie du substrat) sur les bio-agresseurs et la production de <i>Solanum macrocarpon</i>	31
II.2.4.1.1. Préparation du site et transplantation des plants de <i>Solanum macrocarpon</i>	31

II.2.4.1.2. Dispositif expérimental.....	31
II.2.4.1.3. Transplantation et suivi de l'essai.....	32
II.2.5. Evaluation des paramètres symbiotiques.....	33
II.2.5.1. Evaluation de la dépendance mycorhizienne relative.....	33
II.2.5.2. Sporulation.....	33
II.2.5.3. Coloration racinaire et observation microscopique.....	34
II.2.6. Collecte des données.....	35
II.2.6.1. Evaluation des paramètres de croissances des plantes de <i>Solanum macrocarpon</i>	35
II.2.6.2. Evaluation de l'importance des dégâts causés par les bio-agresseurs sur les plants de <i>Solanum macrocarpon</i>	36
II.2.7. Analyses des données.....	36
CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION.....	38
III.1 RESULTATS.....	38
III.1.1. Expérimentation I.....	38
III.1.1.1. Influence des CMA sur les paramètres de croissance des espèces de <i>Solanum</i> ..	38
III.1.1.2. Influence des CMA sur les paramètres symbiotiques des espèces de <i>Solanum</i> ..	39
III.1.2. Expérimentation II.....	40
III.1.2.1. Effet combiné de la thérapie et des CMA sur la production et la qualité des plants de <i>Solanum macrocarpon</i> en pépinière.....	40
III.1.3. Expérimentation III.....	41
III.1.3.1. Effet combiné de la thérapie et des CMA en pépinière sur la croissance, la fructification et la production des semences chez <i>Solanum macrocarpon</i> en champs..	41
III.1.3.2. : Influence de la mycorhization, la thérapie et des huiles végétales sur l'évolution du flétrissement chez <i>Solanum macrocarpon</i>	42
III.1.3.3. Influence de la mycorhization, la thérapie et des huiles végétales sur l'évolution des viroses et dégâts des ravageurs chez <i>Solanum macrocarpon</i>	44
III.1.3.4. Influence de l'inoculation des CMA, la thérapie et des huiles végétales sur la croissance, la fructification et la production de semences chez <i>Solanum macrocarpon</i>	47
III.2. Discussion.....	50
III.2.1. Déterminer la dépendance mycorhizienne relative (DMR) de quelques espèces de <i>Solanum</i>	50
III.2.2. Évaluer l'influence de la thérapie sur la qualité des plants de <i>Solanum macrocarpon</i>	51

III.2.3. Tester l'effet de la protection biologique (CMA, mélange d'huiles végétales, thermothérapie du substrat) sur les bio-agresseurs et la production de <i>Solanum macrocarpon</i>	51
III.2.4. Itinéraire technique proposé pour la production des semences biologiques de <i>Solanum macrocarpon</i>	54
CHAPITRE IV : CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	56
IV.1.CONCLUSION.....	56
IV.2.PERSPECTIVES.....	57
BIBLIOGRAPHIE.....	58
ANNEXES.....	66

LISTE DES ABREVIATIONS

- CMA : Champignons Mycorhiziens Arbusculaires
- DMR : Dépendance mycorhizienne relative
- FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- Fr : Fruit ridé (cultivar)
- Fv : Fruit vert (cultivar)
- HV : Huile végétale
- IRAD : Institut de la Recherche Agricole pour le Développement
- JAS : Jour après semis
- JAT : Jour après transplantation
- KOH : Hydroxyde de potassium (Potasse)
- Pfl : Petit fruit lisse (cultivar)
- Pfn : Petite fruit noir (cultivar)
- RM : Réponse à la mycorhization
- TEM-H- : Substrat non désinfecté par thermothérapie non inoculé avec des CMA sans huiles végétales (témoin)
- TEM-H+ : Substrat non désinfecté par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange d'huile végétale
- TEM+H- : Substrat non désinfecté par thermothérapie et inoculé avec des CMA sans huiles végétales
- TEM+H+ : Substrat non désinfecté par thermothérapie et inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange d'huile végétale
- TTM-H- : Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec des CMA sans huiles végétales
- TTM-H+ : Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange d'huile végétale
- TTM+H- : Substrat désinfecté par thermothérapie et inoculé avec des CMA sans huiles végétales
- TTM+H+ : Substrat désinfecté par thermothérapie et inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange d'huile végétale
- TEM-I+H- : Substrat non désinfecté par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse
- TEM-I+H+ : Substrat non désinfecté par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse associé au mélange d'huile végétale

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Principaux types mycorhiziens sur une coupe transversale de racine.....	18
Figure 2: Sites d'expérimentations.....	22
Figure 3: Fruits et graines des espèces de <i>Solanum</i> utilisés.....	23
Figure 4. Inoculum dans un substrat sous forme de mélange de CMA.....	24
Figure 5. Huiles végétales utilisées.....	25
Figure 6. Pesticides utilisés.....	25
Figure 7. Extraction et nettoyage des graines de <i>Solanum aethiopicum</i>	28
Figure 8. Préparation du substrat pour le semis des espèces de <i>Solanum</i> dans les plaques alvéolées.....	28
Figure 9. Dispositif expérimental pour l'évaluation de la dépendance mycorhizienne chez des espèces de <i>Solanum spp.</i>	29
Figure 10. Plants des espèces de <i>Solanum</i> transplantés dans les sachets.....	30
Figure 11. Semis des graines et inoculation des CMA chez <i>Solanum macrocarpon</i>	31
Figure 12. Dispositif expérimental pour évaluer l'effet combiné des huiles végétales sur les bio-agresseurs chez <i>Solanum macrocarpon</i> en champs.....	32
Figure 13. Effet combiné de la thérapie thermique et des CMA sur la production et la qualité des plants de <i>Solanum macrocarpon</i> en pépinière.....	41
Figure 14. Influence de l'inoculation des CMA, la thérapie thermique et les huiles végétales sur l'évolution du flétrissement chez <i>Solanum macrocarpon</i>	43
Figure 15. Différents stades de flétrissement des plantes de <i>S. macrocarpon</i>	44
Figure 16. Effets des CMA et des huiles végétales sur l'évolution de l'incidence des dégâts des ravageurs sur les plants de <i>S. macrocarpon</i>	45
Figure 17. Effets de la mycorhization, la thérapie thermique et des huiles végétales sur l'incidence des symptômes de virose sur les plantes de <i>Solanum macrocarpon</i>	46
Figure 18. Symptômes des viroses observés sur les plantes de <i>Solanum macrocarpon</i>	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Comparaison de l’azadirachtine de l’huile de neem à un pesticide classique	15
Tableau II. Caractéristiques des 4 souches de CMA sélectionnées contenus dans l'inoculum microbien.....	24
Tableau III : Effet des CMA sur les paramètres de croissance chez quelques espèces de <i>Solanum</i>	39
Tableau IV : Effets des CMA sur les paramètres symbiotique chez quelques espèces de <i>Solanum spp.</i>	40
Tableau V : Effet combiné de la thermothérapie du substrat et des CMA sur la levée des plants de <i>S. macrocarpon</i> 45 JAS.....	41
Tableau VI : Effet combiné de la thermothérapie du substrat et des CMA en pépinière sur les paramètres de croissance végétative de <i>Solanum macrocarpon</i>	42
Tableau VII : Effet de la mycorhization, la thermothérapie et des huiles végétales sur la croissance, la fructification et la production des semences chez <i>S. macrocarpon</i>	48
Tableau VIII : Bénéfices issues de la vente des graines et feuilles de <i>S. macrocarpon</i>	49

RESUME

Une étude est réalisée au Campus de l'Université de Yaoundé I (UYI) et dans un petit village de la commune de Mbankomo appelé Nomayos II, situé dans la Région du Centre, département de la Méfou-et-Akono, à 25 km de Yaoundé. Ce travail a permis de développer une méthode de production et de protection biologique avec trois espèces de *Solanum* à savoir : *S. aethiopicum*, *S. macrocarpon* (Nkéa) et *S. nigrum*. Ce travail est réalisé en trois expérimentations. Pour l'expérimentation I, les trois espèces de *Solanum* sont inoculées par les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA (M)) afin de déterminer l'effet symbiotique des CMA sur la biomasse fraîche des plantes, dépendance mycorhizienne relative (DMR), réponse à la mycorhization (RM), sporulation et colonisation racinaire. Les résultats de l'expérimentation I montrent que l'espèce *Solanum macrocarpon* répond mieux aux CMA (+44 %) et produit une meilleure DMR (+31 %) comparé aux autres espèces RM (-3 %, +20 %, +19 %) et DMR (-3 %, +16 %, +16 %). *S. macrocarpon* est utilisé pour l'expérimentation II suivant quatre méthodes de traitements du substrat à savoir, TTM+, TTM-, TEM+, TEM-. Cette expérimentation a pour but d'évaluer l'influence de la thérapie (TT) combinée ou non à la mycorhization sur la qualité des plants de « Nkéa » obtenus en pépinière (taux de levé, taille et nombre de feuilles des plants). Les résultats de l'expérimentation II montrent que, le substrat traité par thérapie (TTM-) à un effet extrêmement significatif sur le taux de levé (+100 %) des plants de *Solanum macrocarpon* en pépinière comparé aux autres traitements (+50 %, +37 %). *S. macrocarpon* est également utilisé pour l'expérimentation III et dix traitements (TTM+H+, TTM+H-, TTM-H+, TTM-H-, TEM+H+, TEM+H-, TEM-H+, TEM-H-, TEI+M-H-, TEI+M-H+) sont effectués afin de tester l'effet de la protection biologique intégrée (CMA (M), thérapie (TT), mélange d'huile végétale (H) et pesticide de synthèse (I)) sur les bio-agresseurs et la production des plants de *S. macrocarpon* (nombre et poids des feuilles, des fruits et des graines). Les résultats obtenus montrent que les plants obtenus du substrat traité par thérapie en pépinière combiné aux CMA et au mélange d'huiles végétales produisent le meilleur rendement en feuilles (+93 %) , fruits (+89 %) et graines (+358 %) comparés aux autres traitements. L'effet des CMA combiné au mélange d'huiles végétales réduit considérablement l'évolution de l'incidence (du flétrissement (6 %), (des dégâts des ravageurs (35 %)) des bio-agresseurs sur les plants de « Nkéa ». Cela indique clairement que cette bioprotection fonctionne mieux que les pesticides de synthèse.

Mots clés. *Solanum spp.*, mycorhization, protection biologique, thérapie et mélange d'huiles végétales.

ABSTRACT

A study is carried out in the Campus of the University of Yaoundé I and in a small village found in the municipality of Mbankomo called Nomayos II, located in the Central Region, department of Mefou-and-Akono, 25 km from Yaounde. This work permits to develop a method of biological protection and eco-production with three species of *Solanum* namely: *S. aethiopicum*, *S. macrocarpon* (Nkéa) and *S. nigrum*. This work is carried out in three experiments. For experiment I, three *Solanum* species are inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF (M)) in order to determine the effect of AMF (plants fresh biomass, relative mycorrhizal dependency (RMD), response to mycorrhization (RM), sporulation and root colonization). The results of experiment I shows that, *Solanum macrocarpon* responds better to the AMF (+ 44 %) and produces a better RMD (+ 31 %) compared to other species RM (-3 %, + 20 %, + 19 %) and RMD (-3 %, + 16 %, + 16 %). *S. macrocarpon* is use for experiment II by applying four methods of treatments on the substrate namely, TTM +, TTM-, TEM +, TEM-. The aim of this experiment is to evaluate the influence of thermotherapy (TT) combined or not with AMF on the quality of “Nkéa” plants obtained in the nursery (leaf rate, height, number of leaves of the plants). The experimental results shows that the substrate treated with thermotherapy (TTM-) has an extremely significant effect on the leaf rate (+ 100 %) of *Solanum macrocarpon* plants in the nursery compared to the other treatments (+ 50 %, + 37 %). *S. macrocarpon* is equally use for experimentation III and ten treatments ((TTM+H+, TTM+H-, TTM-H+, TTM-H-, TEM+H+, TEM+H-, TEM-H+, TEM-H-, TEI+M-H-, TEI+M-H+) are carry out in order to test the effect of biological protection (AMF (M), thermotherapy (TT),. mixture of vegetable oil (H) and synthetic pesticide (I)) on bio-aggressors and the production of *S. macrocarpon* (number and weight of leaves, fruits and seeds). The results shows that the plants obtained from the substrate treated by thermotherapy in the nursery combined with AMF and the mixture of vegetable oils produced the best yield of leaves (+ 93 %), fruits (+ 89 %) and seeds (+ 358 %) compared to other treatments. The effect of AMFs combined with the mixture of vegetable oil greatly reduces the evolution of the incidence (wilting (6%)), (plants destroyers (35%)) and the severity (wilting (3%)) of bio-aggressors on the of “Nkéa” plants. This indicate that bio-protection functions better than chemical pesticide.

Keywords. *Solanum spp.*, Mycorrhization, biological protection, thermotherapy and mixture of vegetable oils.

CHAPITRE I. GENERALITES

CHAPITRE I. GENERALITES

I.1. Introduction générale

Les *Solanum* sont des plantes de la famille des *Solanaceae* constitués d'environ 2000 espèces, largement distribuées dans le monde mais majoritairement présentes en Amérique, en Australie et en Afrique (Bukonya & Carasco, 1995). Parmi les nombreuses espèces de *Solanum*, on retrouve une large gamme de légumes du type Africain tels que ; *S. macrocarpon* (Nkéa ou grande morelle), *S. aethiopicum* (aubergines africaine), *S. scabrum* (morelle noire) etc. Ces légumes ont un large potentiel nutritionnel et médicinal malheureusement peu cultivés dû à leurs faibles rendements (Anonyme, 1968 ; Van Puyvelde et al., 1985). Ces faibles rendements sont principalement causés par un certain nombre de maladies et ravageurs. Pour pallier à ce problème, les producteurs se retrouvent dans l'obligation d'utiliser les pesticides et engrais de synthèse afin de limiter les pertes de leurs productions (Alam et al., 2006). Cependant, l'utilisation inconsidérée des pesticides chimiques entraîne des conséquences néfastes pour l'environnement, notamment une grave réduction de la biodiversité, la destruction des organismes nuisible mais surtout bénéfiques (Liliana, 2007) .

Au cours de la conférence des nations unies, sur la biodiversité, les gouvernements ont approuvé plusieurs mesures destinées à promouvoir l'intégration de la conservation de la biodiversité et de son utilisation durable dans les secteurs de l'agriculture, de la pêche, des forêts et du tourisme (Anonyme, 2016). Dans le souci d'atteindre cet objectif (promouvoir l'intégration de la conservation de la biodiversité et de son utilisation durable dans les secteurs de l'agriculture, de la pêche, des forêts et du tourisme), les acteurs de la profession agricole se retrouvent dans l'obligation de repenser les pratiques culturales et de réévaluer l'impact des stratégies phytosanitaires sur l'innocuité des produits agricoles et sur l'environnement. C'est ainsi qu'un grand nombre de recherches sur les mécanismes impliqués dans la résistance induite chez les plantes (Benhamou et al., 2012) ont conduit la communauté scientifique à envisager l'exploitation des stimulateurs de défenses naturelles dans un contexte conjuguant la préservation de l'environnement et la production agricole intensive (Klarzynski & Fritig, 2001 ; Nwaga et al., 2013).

Ainsi, plusieurs recherches ont été mises sur pied afin d'évaluer l'effet insecticide (Yaghout et al., 2013) ; antifongique (Bahraminejad et al., 2015) ; antibactérien (Ahmady et al., 2012) et nématocide (Bahraminejad et al., 2008), des huiles végétales et certains extraits

des plantes. Comparés aux pesticides de synthèse, les huiles végétales et les extraits de plantes ne produisent aucun effet nocif chez les oiseaux et chez les poissons (Mathela et *al.*, 2017). Leurs propriétés biodégradables et non toxiques permettent de protéger les cultures sans avoir à polluer l'environnement (Mathela et *al.*, 2017).

Il a été démontré que les microorganismes du sol ont un rôle important dans le développement d'une agriculture durable en Afrique subsaharienne (Nwaga et *al.*, 2010). Parmi ceux vivant dans la rhizosphère des plantes, les champignons mycorhiziens arbusculaires constituent des organismes majeurs pour la durabilité du système sol - plante (Bethlenfalvay & Linderman, 1992; Hooker & Black, 1995; Van-der-Heijden et *al.*, 1998). La mycorhization améliore l'acquisition des nutriments minéraux tels que le phosphore et l'azote du sol par la plante (Harley & Smith, 1983). Un certains nombres de résultats ont été obtenus après inoculation des biofertilisants microbiens sur diverses cultures dans divers agro systèmes du Cameroun (Nwaga, 1997; Nwaga et *al.*, 2000 ; Nwaga et *al.*, 2010). Selon ces auteurs, on peut donc envisager exploiter ces associations bénéfiques pour optimiser la production de certaines espèces de *Solanum*.

C'est dans ce contexte que ce travail a été conçu ; il a pour objectif général de développer une méthode de production et de protection biologiques des cultures de quelques espèces de *Solanum* spp.

Pour y parvenir, ce travail s'est articulé en objectifs spécifiques suivants :

- déterminer la dépendance mycorhizienne relative (DMR) de quelques espèces de *Solanum* ;
- évaluer l'influence de la thermothérapie sur la qualité des plantes de *Solanum macrocarpon* ;
- tester l'effet de la protection biologique (CMA, mélange d'huiles végétales, thermothérapie du substrat) sur les bio - agresseurs et la production de *Solanum*.
- proposer un itinéraire technique pour la production biologique des semences de *Solanum macrocarpon*.

I.2. Revue de la littérature

I.2.1. Généralités sur le genre *Solanum*

Le genre *Solanum* appartient à la famille des *Solanaceae* et constitue le genre le plus large et le plus complexe de cette famille. Il est composé d'environ 1500 espèces et un grand nombre de ces espèces présentent une importance économique considérable ainsi que médicinale. Les espèces de *Solanum* sont majoritairement retrouvées en Amérique du sud, en Australie et en Afrique (Edmonds et *al.*, 1997).

Le genre *Solanum* a été étudié pour la première fois par Dillenius en 1732 et plus tard par Linnaeus en 1753. Depuis 1753 ce genre a été reclassé un grand nombre de fois et une multitude de variétés, sous espèces et espèces lui ont été attribuées. En 1813, Dunal dans sa monographie du genre, fut le premier à décrire 60 espèces à la section *Solanum* (Bukenya & Carasco, 1995).

Plus tard, Bitter décrit plus de 60 nouvelles espèces de *Solanum* uniquement d'origine Américaine et fût une révision des *Solanum* en Afrique en utilisant des collections majoritairement d'expédition Allemande. Néanmoins, quelques - unes des variétés décrites par Bitter furent questionnées car elles étaient basées sur des variations mineures ayant des valeurs taxonomiques limitées. En 1972, d'Arcy fût une classification moderne du genre *Solanum* constituée de sous - genres, sections et séries. Cette classification fût acceptée de manière universelle et continue d'être utilisée jusqu'à nos jours (Bukenya & Carasco, 1995).

I.2.1.1. *Solanum macrocarpon*

I.2.1.1.1. Généralités

S. macrocarpon encore appelé grande morelle est originaire de l'Afrique de l'ouest (Fankem et *al.*, 2001) où il est considéré comme un légume africain et cultivé pour ses feuilles et ses fruits (Bukenya & Carasco, 1987). Au Cameroun, cette plante est cultivée essentiellement pour la consommation de ses feuilles et elle est fréquemment retrouvée au sud Cameroun et sur le long de la côte (Fankem et *al.*, 2001).

En Afrique tropicale elle occuperait la 3^e place en volume de consommation après la tomate, l'oignon et le gombo. Généralement, la production est assurée par des petits producteurs vivants en milieu rural et urbain (Fondio et *al.*, 2008).

Au Cameroun, *S. macrocarpon* est en général désigné par des noms vernaculaires divers tels que : Ndjap kieh (Bangangté), bitodo (Bassa), Etoé (Bulu), Nkéa (Douala), Ntondo (Eton), Anguko (fufuldé) (Anonyme, 2004).

I.2.1.1.2. Description de *Solanum macrocarpon*

Arbrisseau ou sous - arbrisseau, pouvant atteindre 1,5 m de haut, avec une tige cylindrique, glabre ou avec des poils étoilés, stipules absentes, pétiole atteignant les 7 cm de long ou feuilles subsessiles, limbe de 15 - 46 cm x 6 - 30 cm, avec des lobes courts à grands pouvant atteindre 8 cm de long, velu sur les deux faces avec des poils simples ou étoilés

Les mâles ont des styles courts dans la partie supérieure, régulières 5 - 6 m, pédicellées, calice campanulé, à lobes pointus, velu, glandulaire, souvent accrescent sur le fruit. Les fleurs femelles, légèrement plus longues que les étamines. Fruit, baie globuleux, 2 - 6 cm x 3 - 10 cm, avec pour différentes colorations verte, blanc d'ivoire ou blanc violacé avec des raies sombres lorsque jeune, jaune à brunâtre lorsque mure, à nombreuses graines couverte en partie par les lobes agrandis du calice. Graines comprimées ovoïdes à réniformes, 3 - 5 mm x 2 - 4 mm. Plantule à germination épigée, cotylédons foliacés (Anonyme, 2000).

I.2.1.1.3. Les maladies infectieuses de *Solanum macrocarpon*

Le système de production de *S. macrocarpon* est menacé par des maladies. Ces dernières ont une grande influence sur la productivité et causent d'énormes pertes aux producteurs. Elles sont causées par des bactéries, des champignons, des virus et des ravageurs. Parmi les maladies de *S. macrocarpon*, on peut citer :

- La verticilliose : causée par *Verticilium dahliae* et *albo-atrum*. Elle provoque chez les plantes sensibles des symptômes de jaunissement des feuilles et un flétrissement dû à une obstruction des tissus conducteurs dans les plantes infectées. La verticilliose est difficile à contrôler puisque l'agent pathogène peut survivre plusieurs années dans le sol (Goicoechea et al., 2010). Cependant (Toutefois) la réduction des symptômes dans ce cas - ci s'expliquerait par une meilleure balance en antioxydant et l'amélioration de la photosynthèse dans les feuilles. Il a aussi été montré que dans les racines, les CMA induisent des nouvelles isoformes de chitinase acide et de superoxide dismutase. Ces différents effets peuvent intervenir dans la bioprotection et la lutte contre *V. dahliae* (Karagiannidis et al., 2002).

- la cercosporiose : causée par *Cercospora deighthoni*. Elle se manifeste d'abord sur les feuilles de la base, sous forme de plages chlorotiques claires à jaunâtres, diffuses, peu étendues. Le centre se nécrose ensuite et prend une coloration brun clair à rouille. Sur le revers, on observe des plages duveteuses, arrondies, brun olivâtre. Les taches peuvent envahir la totalité du limbe. Les feuilles se dessèchent et tombent sur le sol. En général cette affection se limite aux feuilles âgées et a peu d'incidence sur le rendement (Anonyme, 1953 ; Bouhot & Mallamaire, 1965)
- le dépérissement des rameaux : cette maladie est causée par *Fusarium* spp. Elle se caractérise par le dépérissement de la plante débutant par la fanaison du feuillage. Le terme ultime du dépérissement est la destruction totale du plant atteint. Les plants succombent en un délai de deux à trois semaines. La maladie s'étend aux plantes voisines. La fréquence des plants malades varie selon les plantations : elle dépend principalement du précédent cultural, puisque l'agent responsable est un champignon du sol (Anonyme, 1971 ; Mateille & Netscher, 1985).
- le flétrissement bactérien de l'aubergine : causé par *Ralstonia solanacearum*. Cette maladie se manifeste par le dépérissement rapide et irréversible des plants atteint ainsi que par une importante contamination en plantation, cette maladie est probablement la plus préjudiciable à l'aubergine, dont elle provoque l'abandon de la culture. Les premiers signes sont la chute des feuilles âgées, le flétrissement des feuilles jeunes et la réaction colorée de la moelle observable sur la section des rameaux. À l'arrachage, les racines apparaissent pourries à leur extrémité (symptôme du « fil »), Les dommages varient selon les plantations, allant jusqu'à 100 % des plants détruits détruits (Déclert, 1990).

I.2.1.1.4. Importance de *Solanum macrocarpon*

- Importance nutritionnelle

Les feuilles de *S. macrocarpon* contiennent par 100 g de partie comestible : 85,6 g d'eau, 176 Kj d'énergie, 4,6 g de protéines, 1,0 g de lipides, 6,4 g de glucides, 1,6 g de fibres, 391 mg de calcium, 49 mg de phosphore. Quant à ces fruits, ils contiennent par partie comestible de 100 g (c'est-à-dire tel que le produit est acheté) 89,0 g d'eau, 168 Kj d'énergie 1,4 g de protéines, 1,0 g de lipides, 8,0 g de glucides, 1,5 g de fibres, 13 mg de calcium (Leung et al., 1968). Les feuilles de *S. macrocarpon* contiennent quatre fois plus de protéines que la carotte, sept fois plus de calcium et deux fois plus de fer que le chou (Anonyme, 1968).

► Importance médicinale

Les feuilles, les fruits et les racines de *S. macrocarpon* ont une grande variété d'utilisation médicinale. En Sierra Leone, on mâche les feuilles chauffées pour traiter les problèmes de gorge ; au Nigeria, on utilise les fruits comme laxatif ou pour soigner les maladies cardio - vasculaires et on mastique tant les fleurs que les fruits pour nettoyer les dents ; au Kenya, on boit le jus des racines bouillies pour éliminer les ankylostomes, alors que l'on utilise les feuilles écrasées contre les maux d'estomac (Van Puyvelde et *al.*, 1985)

I.2.1.2. *Solanum aethiopicum*

I.2.1.2.1. Généralités

Solanum aethiopicum encore appelé aubergine africaine, résulte de la domestication en Afrique de l'espèce sauvage *Solanum anguivi* et semi - sauvage *Solanum distichum*. Selon certains auteurs, *S. aethiopicum* est une espèce très complexe constitué de quatre groupes morphologiquement différents (*Gilo, Kumba, Shum, et Aculeatum*). Ces groupes sont définis par des caractéristiques spécifiques telles que ; la présence ou non des épines sur les tiges, la forme des feuilles, la forme des fruits. Autrefois ces groupes étaient considérés comme quatre espèces différentes (Adeniji et *al.*, 2013).

Les cultivars du groupe *Aculeatum* sont majoritairement utilisés comme plante ornemental. Les cultivars des groupes *Gilo* et *Aculeatum* sont particulièrement résistant à plusieurs pathogènes tels que *Fusarium oxysporum*, *Ralstonia solanacearum*, et ils sont très tolérants à la sécheresse (Sakhanokho et *al.*, 2014).

En Afrique, *S. aethiopicum* est en général désigné par des noms vernaculaires divers tels que : Ngoyo au Mali ; Ndrowa en Côte d'Ivoire ; Kumba au Burkina Faso ; Yallo au Tchad ; (Anonyme, 1986), Cameroun ; Zong en Béti, issingui en Bassa.

I.2.1.2.2. Les Groupes de *Solanum aethiopicum*

Solanum aethiopicum est une espèce très complexe constitué de quatre groupes morphologiquement différents.

- Le groupe *Gilo* : caractérisé par des feuilles mûres couvertes de poils étoilés avec des fruits subglobuleux à ellipsoïde de 2,5 - 12 cm de long. Ses fruits sont consommables. C'est le groupe de cultivars le plus important (Adeniji et *al.*, 2013).

- Le groupe Kumba : caractérisé par des feuilles mûres glabres non épineuses. Le fruit est globuleux et fréquemment multiloculaire de 5 - 10 cm de large. Les fruits et les feuilles sont consommés. Les cultivars du groupe Kumba sont principalement présents dans les régions chaudes et semi - arides du Sahel (Adeniji et *al.*, 2013).
- Le groupe **Shum** : il est caractérisé par des feuilles mûres glabres non épineuses. Le fruit est subglobuleux et mesure 1 - 3 cm de diamètre. C'est surtout un légume-feuilles mais parfois les fruits mûrs sont également consommés. Il est très répandu en Afrique Centrale. On le rencontre principalement dans des régions chaudes à fortes précipitations ou en culture irriguée (Adeniji et *al.*, 2013).
- Le groupe **Aculeatum** : possède des tiges et des feuilles épineuses, les feuilles mûres sont couvertes de poils étoilés. Le fruit est subglobuleux et sillonné de 3 - 8 cm de diamètre. Elle n'est pas consommée, mais principalement cultivée comme plante ornementale ou comme porte - greffe pour la tomate ou l'aubergine, elle n'est pas cultivée en Afrique (Adeniji et *al.*, 2013).

I.2.1.2.3. Description de *Solanum aethiopicum*

Solanum aethiopicum est une plante annuelle herbacée cultivée toute l'année, et pouvant atteindre et dépasser 0,5 - 1 m suivant les variétés et les conditions de culture. Elle est composée des feuilles, fruits, tiges et racines.

- Les feuilles : les rameaux et les feuilles ont les poils étoilés. Les feuilles sont alternes, simples ; les stipules sont absentes ; le pétiole a jusqu'à 11 cm de long. Le limbe est largement ovale, de 12 - 30 cm × 7 - 21 cm, obtus ou cordé à la base, aigu à obtus à l'apex, aux bords légèrement à profondément lobés. Les feuilles supérieures sont plus petites, plus étroites, moins lobées et souvent subopposées. Les feuilles de *S. aethiopicum* sont simples pétiolées, lobées, glabres. Elle a une phyllotaxie alternative mesurant 10 ± 5 cm de longueur et 7 ± 3 cm de large. Les feuilles sont larges, plus ou moins sinuées avec une pigmentation due aux anthocyanes au niveau des nervures foliaires (Seck & Lester, 2004).
- Les fruits : le fruit est une baie globuleuse, ellipsoïde, ovoïde ou fusiforme de 1 à 6 cm de long, lisse à cannelée, rouge ou orange, contenant habituellement de nombreuses graines. Les graines sont lenticulaires à réniformes, aplaties de 2 - 5 mm de diamètre, brun pâle ou jaunes (Seck & Lester, 2004). Les fruits de *S. aethiopicum* peuvent être vert clair à vert foncé, blancs ou encore noirâtres. En mûrissant, ils

prennent une coloration rouge, qui tire parfois à l'orange en raison de leur forte teneur en carotène. Ils ont une forme arrondie ou ovale, allongée et une surface lisse ou côtelée. La chair peut être douce ou amère à divers degrés. Les cultivars à fruits ovales sont particulièrement amers. (Anonyme, 2016). Ils sont connus pour posséder une gamme diverse des alcaloïdes, par exemple, les alcaloïdes de tropane (Szeto et *al.*, 2002). Les antioxydants et acides ascorbiques contenus dans les feuilles et les fruits frais sont impliqués dans la préservation alimentaire et le planning diététique. De ce fait, ils réduisent la tendance des animaux à manger les plantes (Anonyme, 2008).

- Les tiges : les tiges peuvent également être colorées en rouge violacé par les anthocyanes. La taille moyenne de la plante est de 50 cm, mais peut atteindre jusqu'à 100 cm suivant le cultivar considéré et les conditions de culture (Maymouna, 1993).
- Les racines : le système racinaire est de type pivotant avec de nombreuses racines secondaires (Anonyme, 1986).

I.2.1.2.4. Contraintes liées à la culture de *Solanum aethiopicum*

La culture fait l'objet d'attaques multiples (ravageurs, pathogènes), qui ont été passées en revue dans plusieurs études. L'impact des problèmes phytosanitaires se traduit par le faible niveau des rendements moyens en milieu rural. Les plus importants ravageurs sont le borer des fleurs (*Scrobipalpa sp*), lépidoptère, la cécidomyie des fruits (*Asphondylia spp*), les acariens, araignées minuscules invisibles (ou à peine visibles) à l'œil nu (Anonyme, 1986).

I.2.1.2.5. Importances de *Solanum aethiopicum*

- Importances nutritionnelles : les fruits de *S. aethiopicum* sont plus riches que ceux de la tomate et de l'aubergine européenne en calories (respectivement 30, 23 et 25 cal/100 g), en protéines (1,6 ; 0,7 et 1,1 mg/100 g), et en glucides (7, 5 et 6 mg/100 g). Il en est de même pour les cendres (Anonyme, 1965). Quant aux feuilles, elles sont 2 à 3 fois plus riches que les fruits. Par ailleurs, sa fréquence d'utilisation alimentaire est égale à celle de l'aubergine, qui est de 6 fois par semaine (Anonyme, 1981).
- Importance médicinale : les feuilles, les fruits et les racines de *S. aethiopicum* ont une grande variété d'utilisations médicinales. Au Burkina Faso, on mange les feuilles et les fruits pour soigner la diarrhée et l'hypertension (Bationo-Kando et al, 2015).

I.2.1.3. *Solanum scabrum*

I.2.1.3.1. Généralités

Solanum scabrum appartient au sous - genre *Solanum*, précédemment appelé « Maurella ». Actuellement, ce genre contient environ 30 espèces dont 10 - 12 sont retrouvées en Afrique. En Afrique le nom *Solanum scabrum* est très souvent utilisé pour toutes les espèces de la section *Solanum* aux fruits noirâtres y compris *Solanum scabrum*. Cette confusion est probablement aggravée par l'utilisation des noms vernaculaires par lesquels un nom peut être utilisé pour plusieurs espèces ou plusieurs noms à la même espèce. *S. scabrum* est souvent confondu avec *S. americanum*. Toutefois, *S. americanum* possède des tiges plus minces, des feuilles plus étroites et des fleurs et fruits plus petits (Fontem & Schippers, 2004).

I.2.1.3.2. description de *Solanum scabrum*

Plante pérenne, herbacée pouvant atteindre 80 - 100 cm de hauteur suivant les variétés. Ses tiges sont angulaires et pubescente avec des feuilles ovale et pubescente avec un apex obtus et des bases cunéiformes complètement ou grossièrement dentelées, mesurant 4- 10 et 3 - 7 cm de largeur (Neleyo, 2000).

I.2.1.3.3. Importances de *Solanum scabrum* (Anonyme, 2016)

- Les feuilles sont consommées comme légumes.
- Le jus obtenu des feuilles est utilisé pour soulager des douleurs névralgiques.
- Les feuilles des jeunes plantules augmentent la virilité chez les hommes.
- La décoction des tiges, feuilles et racines est utilisée pour soigner des plaies et pour soulager des douleurs cancérigènes.
- Les chinois utilisent les feuilles pour soulager des douleurs des reins, l'inflammation de la vessie ainsi que des gonorrhées sévères.

I.2.2. Gestion intégré des cultures

I.2.2.1. Définition

La gestion intégrée des cultures est un système de lutte contre les organismes nuisibles des cultures qui utilisent un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance (Lucas, 2007).

La prise de conscience d'un épuisement prévisible des ressources de la biosphère a indéniablement favorisé le retour aux bases écologiques de la protection des cultures. La nécessité de protéger la diversité biologique implique à elle seule un réaménagement profond des pratiques culturelles, la nature et la composition des populations et peuplements en étant directement affectées. Sur le plan phytosanitaire, cette nouvelle stratégie peut avoir des répercussions bénéfiques grâce à une meilleure gestion des complexes parasitaires. Dans un tel contexte, le recours aux techniques chimiques curatives doit évidemment être plus que jamais maîtrisé. Il est non moins clair que les méthodes biologiques de lutte ainsi privilégiées doivent être aussi préalablement soumises avec rigueur au principe de précaution, d'autant plus que les progrès obtenus en matière de caractérisation du monde vivant par les techniques biologiques, biochimiques et moléculaires nous le permet (Anonyme, 1996).

Aux directives de la FAO sur la lutte intégrée contre les ennemis des grandes cultures telles que le coton et le riz, visant essentiellement à raisonner les procédés chimiques de lutte, a succédé, en partenariat avec le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), l'environnement (PNUE) et la Banque mondiale, un nouveau programme dénommé «Global IPM Facility ». Il donne au concept de lutte intégrée un rôle central en agriculture, en application des recommandations prises en conclusion de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Boller et al., 1992).

I.2.2.1. Les différentes techniques de lutte intégrée

I.2.2.1.1. Protection raisonnée

La protection raisonnée est une méthode de lutte contre les nuisibles tels que les ravageurs des cultures, les maladies ou les mauvaises herbes, utilisant de manière judicieuse que possible les pesticides de synthèse combiné aux agents de lutte biologique (Anonyme, 2000).

I.2.2.1.2. Protection ou lutte biologique

La lutte biologique est l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour prévenir ou réduire les dégâts causés par les organismes considérés comme nuisible tels que les ravageurs des cultures, les maladies, les mauvaises herbes etc. Basée sur les interactions naturelles entre les espèces au sein des écosystèmes (prédation, parasitisme, compétition etc), la protection biologique vise à réguler les populations d'organismes nuisibles en les maintenant en deçà d'un seuil de nuisibilité acceptable plutôt que de les éradiquer (Suty,

2010). La protection biologique est une composante importante de l'agriculture biologique qui exclut tout intrant chimique, mais aussi de l'agriculture intégrée, qui vise à réduire l'usage des pesticides de synthèse à son strict minimum. Une augmentation de la demande pour les produits biologique rend la lutte biologique de plus en plus populaire (Aldrich, 1995) On distingue trois stratégies de lutte biologique : la lutte classique (acclimatation des agents auxiliaires introduits), augmentative (traitement répétitifs par des agents auxiliaires) et de conservation (promotion des agents auxiliaires existants) (Pintureau, 2009).

- **Lutte biologique par acclimation** : Elle vise à introduire et installer de façon durable un ou plusieurs auxiliaires exogènes dans un milieu colonisé par un organisme nuisible, généralement lui-même exotique. Cette méthode est très souvent utilisée contre les espèces exotiques envahissantes et pratiquée à grande échelle dans le cadre de programmes nationaux ou régionaux supervisés par les organismes de recherche (Pintureau, 2009).
- **Lutte biologique par conservation ou préservation** : Elle consiste à favoriser la présence des ennemis naturels indigène des ravageurs par différentes pratiques culturales comme la plantation de bandes herbeuses ou fleuries intercalées dans les cultures, la restauration de haies arbustives, l'aménagement d'autres refuge autour des cultures (talus, mulets) et les cultures associées de plusieurs espèces végétales sur une même parcelle (Pintureau, 2009).
- **Lutte biologique par augmentation ou inondation** : Elle consiste à renforcer les auxiliaires présents dans le milieu, par des lâchers ponctuels et localisés (inoculatifs) ou massifs et répétés (inondatifs), selon les besoins. La lutte inondative, qui s'apparente à la lutte chimique, vise à contrôler rapidement les populations nuisibles. Les auxiliaires sont multipliés en masse comme insectarium ou en fermenteur selon le cas, commercialisés et utilisés comme pesticides biologique ou biopesticides (Pintureau, 2009).

I.2.2.1.2.1. Biopesticides

I.2.2.1.2.1.1. Définition

Les biopesticides sont des organismes vivants ou substances issus de ces organismes ayant la particularité de limiter ou de supprimer les ennemis des cultures (Thakore, 2006). Ils sont utilisés depuis des siècles par les fermiers et paysans. Ils peuvent être classés en trois grandes catégories selon leur origine (microbienne, végétale ou animale) et présentent de

nombreux avantages (Chandler et *al.*, 2011 ; Leng et *al.*, 2011). Ils peuvent être aussi bien utilisés en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique, certains permettent aux plantes de résister à des stress abiotiques et d'une manière générale, ils sont moins toxiques que leurs homologues chimiques. Même s'ils ont souvent la réputation d'être moins efficaces que ces derniers, les biopesticides sont l'objet d'un intérêt croissant de la part des exploitants, notamment dans le cadre de stratégies de lutte intégrée et de la préservation de l'environnement (Deravel et *al.*, 2014).

I.2.2.1.2.1.2. Les différentes catégories de biopesticides

- Les biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les virus, bactéries, champignons, oomycètes et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bio-agresseur plutôt que le micro-organisme lui-même (Deravel et *al.*, 2014).

- Les biopesticides animaux

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Gheradi & Aquiloni, 2010). Ceux-ci ne vont pas provoquer la mort des bio-agresseurs, mais plutôt créer une confusion chez ces derniers. Cette confusion les empêchera de se propager dans la zone traitée.

- Les biopesticides végétaux

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, ou encore régulatrices des agents responsables des maladies ou des insectes ravageurs. Le plus souvent, ces substances actives sont des métabolites secondaires qui, à l'origine, protègent les végétaux des herbivores. *Tanacetum (Chrysanthemum) cinerariaefolium*, plus communément appelé pyrèthre, est une plante herbacée vivace cultivée pour ses fleurs dont une poudre insecticide est extraite. Ses principes actifs, appelés pyréthrine, attaquent le système nerveux de tous les insectes (Srivastava & Raizada, 2007 ; Correia et *al.*, 2013). Il existe également des plantes dites « plantes à pesticides intégrés ». Ces dernières sont des organismes modifiés par génie génétique, capables de produire et d'utiliser des substances

pesticides afin de se protéger contre des insectes, des virus ou des champignons (Deravel et *al.*, 2014).

I.2.2.1.2.1.3. Huiles végétales comme biopesticide

I.2.2.1.2.1.4. Généralités

Les huiles végétales sont majoritairement composées d'acides gras avec une texture huileuse et servent de base à l'incorporation pour les huiles essentielles. Les huiles végétales sont utilisées dans l'alimentation, dans l'industrie ; en peinture, en savonnerie, en cosmétique, en pharmacie ainsi que dans l'agriculture comme biopesticides (Anonyme, 2013). L'huile végétale la plus utilisée est l'huile extraite dans les graines de neem (*Azadirachta indica*). Elle a la propriété de perturber la morphogénèse et le développement embryonnaire des insectes (Srivastava & Raizada, 2007 ; Correia et *al.*, 2013).

I.2.2.1.2.1.5. Exemples des huiles végétales utilisées comme biopesticides

I.2.2.1.2.1.6. Huile végétale de Neem (*Azadirachta indica*)

Le neem (*Azadirachta indica*) est un arbre tropical aussi appelé margousier. Arbre sacré en Inde, chacune de ses parties est traditionnellement utilisée: les feuilles et l'écorce ont des utilisations cosmétiques ou médicinales. Les noyaux donnent l'huile aux propriétés insectifuges, insecticides, fongicides, bactéricides et virucides. Le tourteau et les fruits séchés en granulés servent de fertilisant et nématicide, même le bois, de la famille de l'acajou, est utilisé. L'azadirachtine A est considéré très largement comme le principal composé à propriétés insecticides du neem, même s'il a néanmoins été prouvé qu'il ne suffisait pas à lui seul pour expliquer les remarquables propriétés du neem (Anonyme, 2008). L'huile de neem est sans toxicité pour l'environnement, la faune et bénéfique à l'homme donc pas de problème de délai avant récolte au potager. Elle n'est pas phytotoxique aux doses préconisées et est utilisée comme engrais foliaire. L'huile de neem épargne les abeilles, papillons, coccinelles et autres insectes non mangeurs de sève à condition de ne pas pulvériser lourdement leur habitat ou, pour les butineurs, les fleurs.

- **Propriétés insecticides:** L'huile de neem asphyxie les insectes à corps mou (pucerons, acariens, mouches blanches) et leurs œufs. C'est un répulsif, et un antiappétent. Les insectes n'arrivent plus à se nourrir. La ponte est perturbée, leur croissance est bloquée, ils arrêtent de muer. L'efficacité a été constatée sur: les araignées rouges (Tetranyques), cochenilles, aleurodes, thrips, pucerons, cicadelles, mineuses des tomates, tipules, limaces, punaises, chenilles, nématodes, (Anonyme, 2008).
- **Propriétés fongicides:** son efficacité a été testée avec succès sur: Oidium, rouille et taches noires (marsonia) du rosier, botrytis, *Phytophthora* spp., agent de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, *Alternaria panax* sur le ginseng, *Rhizoctonia solani*, *Scletorinia*, *Fusarium oxysporum*. (Bélanger & Musabyimana, 2005).

Tableau I. Comparaison de l'azadirachtine de l'huile de neem à un pesticide classique (Anonyme, 2008)

Produits Critères	Azadirachtine	Pesticide X type
Toxicité envers les organismes non-visés	Faible pour les mammifères, oiseau, toxique pour la faune aquatique	Touche la faune non ciblée, résidus dans les produits alimentaires, dangers d'empoisonnement, effets secondaires, dangers à faible dose, risque d'inefficacité
Résistance des insectes	Encore non connu pour l'azadirachtine pure (extrait du Neem), mais très faible pour l'huile (synergie de nombreuses molécules)	Fréquente
Impact sur l'environnement	Le temps de dispersion à 50% (TD) de l'azadirachtine dans le feuillage des forêts, le sol et la litière est compris entre 24 et 48 heures, le devenir du produit en milieu anaérobie et aquatique est mal connu	Toxicité contre la faune non ciblée, développement de résistance par les ravageurs, pollution, concentration de ses résidus dans la chaîne alimentaire
Mode d'action	Action hormonale et anti nutritive (au stade larvaire et imago)	Mode d'action dépendant de l'insecticide
Utilisation	Utilisable en agriculture biologique ou conventionnelle	Utilisable uniquement en agriculture conventionnelle

I.2.2.2.3. Huile essentielle de citronnelle (*Cymbopogon* spp.)

L'huile essentielle de citronnelle se compose principalement de citral, qui peut représenter 70 - 85 % de son volume. Les autres composés représentent 15 - 30 % varient en fonction de la fraîcheur des feuilles utilisées lors de la distillation, de la variété employée et de la méthode d'extraction utilisée. Cependant toutes les variétés contiennent du géraniol, farnesol, nérol, citronellol, myrcène, et aldéhydes (Opeyemi et al, 2015).

Propriétés biopesticides de l'huile essentielle de citronnelle

Les huiles essentielles de citronnelle ont des propriétés anti-appétents capable d'affecter la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (Opeyemi et al., 2015). Des études ont démontré que l'huile essentielle de *Cymbopogon martinii* avait un effet élevé sur l'activité antihelminthique contre *Caenorhabditis elegans*. Les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus*, *Cymbopogon giganteus* et *Cymbopogon citratus* provenant du Benin ont produits un taux de mortalité de 100 % contre *Anopheles gambiae* (Opeyemi et al., 2015).

En général, les huiles essentielles de citronnelle sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ces huiles essentielles sont donc peu toxiques pour les animaux à sang chaud (Ausloos, 2004).

I.2.2.3. Champignons mycorhiziens

I.2.2.3.1. Définitions et types de mycorhizes

La mycorhize (du mot grec «mukês» pour champignon et «rhiza» pour racine) est l'association symbiotique d'un champignon avec les racines d'une plante (Smith & Read, 1983). En d'autres termes, c'est une racine colonisée par un champignon mycorhizien qui en a modifié la morphologie (Egli & Brunner, 2002). On distingue trois types de mycorhizes : les endomycorhizes à arbuscules, les ectomycorhizes, et les ectendomycorhizes (Harley & Smith, 1983).

- Ectomycorhizes : Les ectomycorhizes sont caractérisées par un manteau de mycélium fongique, qui entoure les racines nourricières de la plante hôte et à partir duquel des hyphes pénètrent entre les cellules corticales du végétal pour former le réseau de Hartig, lieu d'échange entre les deux symbiotes. Le champignon ne pénètre pas à l'intérieur des cellules racinaires. Ce type de symbiose concerne seulement 5 % des plantes vasculaires dont la plupart sont les espèces forestières. En générale, dans cette

association, les champignons responsables de cette symbiose sont des Basidiomycètes et les Ascomycètes (Harley, 1989).

- Endomycorhizes : Les filaments mycéliens pénètrent plus profondément dans les cellules du cortex en traversant la paroi des cellules et en repoussant le plasmalemme. Elles sont les symbioses les plus anciennes. Parmi elles on a : les mycorhizes à arbuscules, elles représentent le groupe le plus important car les interactions que ces champignons forment avec plus de 80 % des espèces végétales, se caractérisent par la pénétration du champignon au niveau des cellules des racines de l'hôte et par des différenciations structurales fongiques : formations d'arbuscules, de vésicules (Smith & Read, 1997). L'échange des nutriments dans cette association est localisé dans les espaces intracellulaires au niveau des arbuscules (Figure 1.). Les mycorhizes à pelotons où le champignon mycorhizien de ce type colonise les cellules corticales des racines et y développent des pelotons formés d'hyphes cloisonnés. Au sein de ce groupe, on distingue les mycorhizes des *Ericacées* ou éricoïdes et les mycorhizes des orchidées. Les endomycorhizes à pelotons sont essentiellement formées par des Ascomycètes et des Basidiomycètes (Figure 1.).
- Les ectendomycorhizes : Ce sont des types d'associations intermédiaires entre les deux types précédents, possédant à la fois les caractères des ecto et des endomycorhizes. Très peu d'espèces végétales sont représentées par ce système.

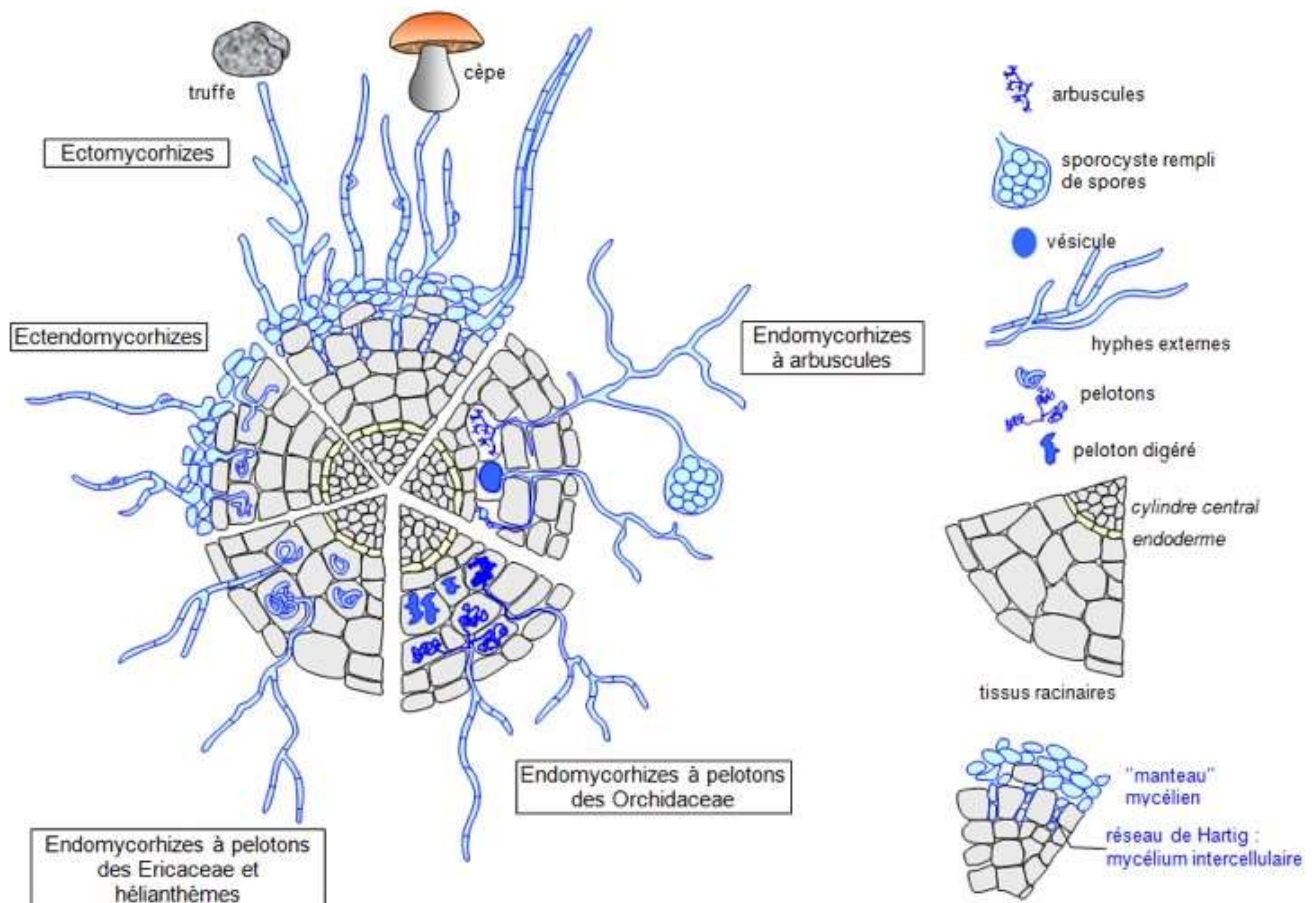


Fig. 1. Principaux types mycorhiziens sur une coupe transversale de racine
(Le Tacon, 1985)

I.2.2.3.2. Champignons mycorhiziens arbusculaires(CMA)

Les champignons qui réalisent la symbiose mycorhizienne à arbuscules appartiennent au nouveau phylum des *Glomeromycotina* (Schüßler, 2001). Ce sont des champignons ubiquistes (Kabir et al., 1997). (Parmi les différents types de symbioses mycorhiziennes, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) concernent la majeure partie (près de 85 %) des espèces végétales terrestres. Elles constituent un type d'association caractérisé par la formation de structures intracellulaires appelées arbuscules. Ces structures sont les sites d'échange de nutriments et de carbone entre les deux symbiotes (Smith & Read, 1997).

I.2.2.3.3. Fonction du mycorhize

La mycorhize est un organisme dans lequel la plante et le champignon mycorhizien s'échangent des matières – un peu comme à la bourse. Tandis que la plante fournit au champignon les sucres élaborés lors de la photosynthèse, ce dernier lui offre en échange des éléments nutritifs, comme l'azote (N) et le phosphore (P), qu'il a prélevé dans de minuscules

largement dans le sol, la surface d'absorption est beaucoup plus grande que celle occupée par les poils absorbants des plantes non mycorhizées (Egli & Brunner, 2002).

Les plantes mycorhizées tolèrent mieux les stress d'ordre abiotique et biotique. Le champignon élabore des sucres, comme le mannitol ou l'arabitol, qui rendent les racines plus résistantes au gel. En outre, il induit la formation du tanin et favorise la flore microbienne dans le manteau fongique, ce qui augmente le pouvoir défensif des plantes contre les pathogènes contenus dans le sol (Egli & Brunner, 2002).

I.2.2.3.4. Rôle et importance agronomique des CMA

Les CMA ont suscité beaucoup d'intérêts durant les 25 dernières années, grâce à leurs effets favorables, donc le plus évident sur les plantes est l'augmentation des rendements ou de la biomasse (Plenchette, 1991 ; Bagyaraj, 1992). En général, pour les plantes mycorhizées, la biomasse est plus élevée que celles non mycorhizées, surtout dans les sols peu fertiles (Abbott et al., 1984 ; Plenchette, 1991). De même il est possible d'observer l'accélération de la floraison ou la maturation des fruits. Ainsi, l'utilisation accrue des minéraux du sol par les plantes mycorhizées permet d'envisager une réduction substantielle de l'apport externe d'engrais et de pesticides (Newsham et al., 1995) et en maintenant des rendements de culture au moins équivalents sinon supérieurs (Abbott et al., 1984).

I.2.2.3.5. Relation entre l'architecture racinaire et la dépendance mycorhizienne

Selon l'espèce de la plante, on a observé différentes réponses à la symbiose mycorhizienne, qui est plus ou moins dépendante des partenaires fongiques. Pour les plantes cultivées à endomycorhizes arbusculaires, on distingue des espèces très dépendantes pour lesquelles le rendement agronomique est quasi nul en absences de mycorhizes (carotte, poireau, manioc, légumineuses), des espèces moyennement dépendantes (maïs, poivron, tomate etc) et des espèces très peu dépendantes (blé, orge etc). A l'extrême des plantes non dépendantes il existe des plantes non symbiotiques qui ont une écologie particulière comme les *Brassicacées* ou les *Chenopodiacées*. Cette diversité de comportement des plantes vis-à-vis de la symbiose mycorhizienne pourrait être expliquée par la morphologie des racines. Les espèces qui présentent des racines très fines et abondantes, ou garnies de longs poils absorbants, tendent à être peu dépendantes des CMA, alors que celles dont les racines sont moins abondantes trapues et dépourvues de poils absorbants se révèlent particulièrement dépendantes des CMA (Garbaye, 2013).

I.2.2.3.5. Symbiose *Solanum* - champignons mycorhiziens arbusculaires

Le mot symbiose fut utilisé pour la première fois par l'allemand Frank en 1877 pour qualifier la coexistence d'organismes différents. Les symbioses mutualistes, où les partenaires coexistent activement d'un point de vue physiologique, écologique et reproductif (Harley, 1989) furent pendant longtemps jugées peu importantes dans les processus écologiques (Lambers et *al.*, 2009). Il est actuellement admis que la symbiose mycorhizienne est une association à bénéfices réciproques entre une racine et les hyphes du champignon. L'utilisation des CMA permet de réduire les apports en engrais phosphatés de 25 % ou même de 50 % selon les sols, les espèces végétales et leurs cultivars, ce qui représente pour le producteur des gains significatifs en rendement et en retour sur les investissements, accompagnés de réduction substantielle des fertilisants (Fortin, 2013).

Trotta et *al.*, (2006) ont réalisé une expérience sur le pathogène tellurique *Phytophthora nicotianae* et sur son interaction avec la symbiose CMA sur plants de tomates basée sur l'analyse racinaire et foliaire de la plante lors de différentes inoculations (CMA, pathogène, CMA + pathogène et témoin). L'analyse montre que *Glomus. mosseae* diminue les nécroses au niveau des racines (plus de 50 %) et empêche une réduction de croissance induite par le pathogène.

CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Matériel

II.1.1. Site expérimental

Les expérimentations ont été effectuées au Campus de l'Université de Yaoundé I (UYI) pour la réalisation des semis et de la transplantation des plants en sachets. La transplantation des plants en champs s'est effectuée sur une surface bien aérée et ensoleillée de 300 m² hétérogène dans un petit village situé dans la commune de Mbankomo appelé Nomayos II (Fig. 2).

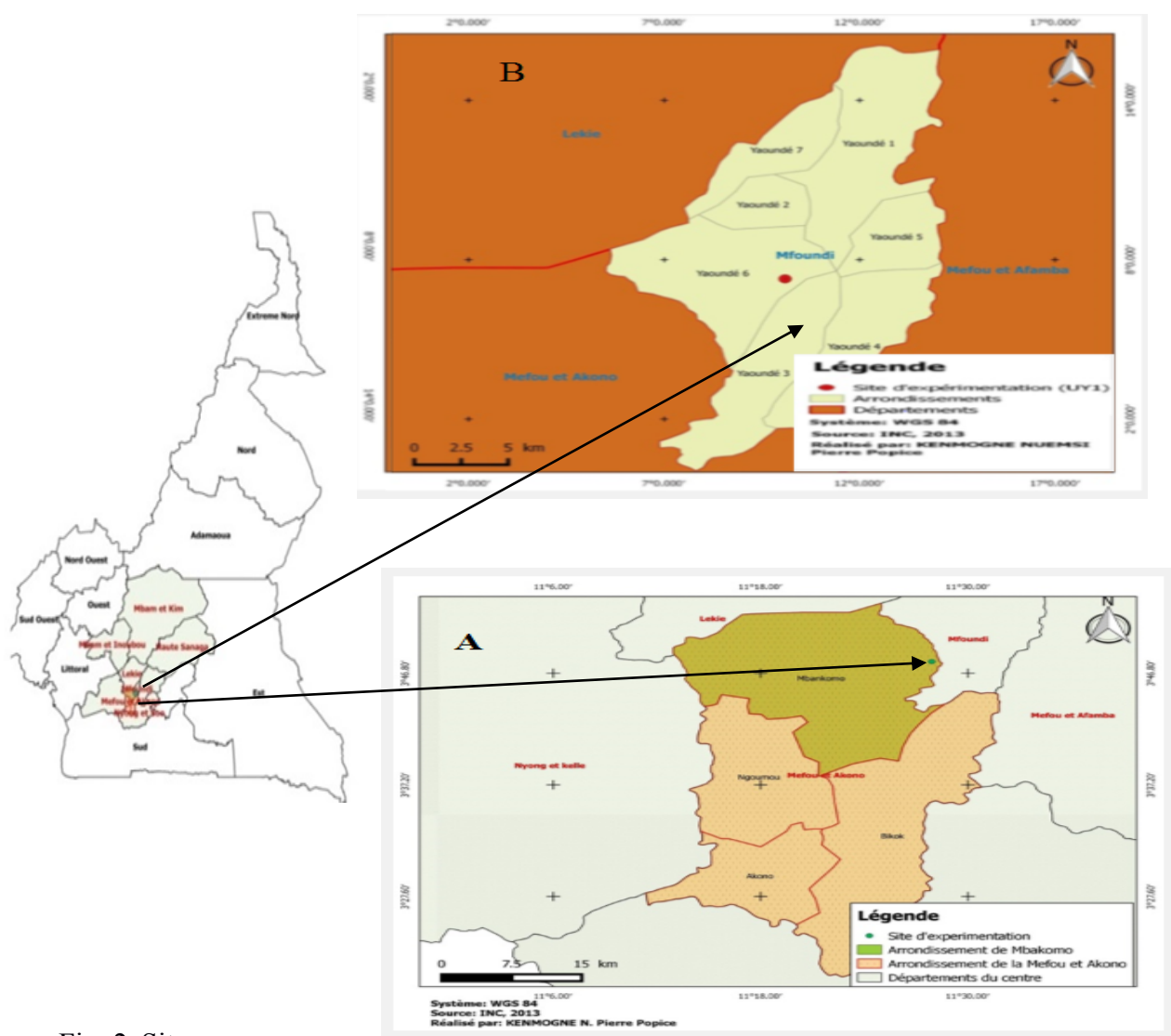


Fig. 2. Sites d'expérimentations

A= site de l'Université de Yaoundé I ; B= site de Nomayos II.

Les analyses des racines ont été effectuées au Laboratoire de Microbiologie des sols, Centre de Biotechnologie de Nkolbisson, Université de Yaoundé I. Les analyses physico-chimiques des échantillons de sols ont été réalisées au Laboratoire d'analyse des sols et environnement de l'Université de Dschang-F.A.S.A. (Annexe 4).

II.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal faisant l'objet de cette étude est constitué des semences de trois (3) espèces de *Solanum* provenant de trois (03) localités du pays (Ebolowa, Bertoua et Nomayos). Deux (2) cultivars de *Solanum aethiopicum* du groupe Kumba (forme lisse et forme ridé). Un (1) cultivar de *Solanum macrocarpon* et un (1) cultivar de *Solanum scabrum*.

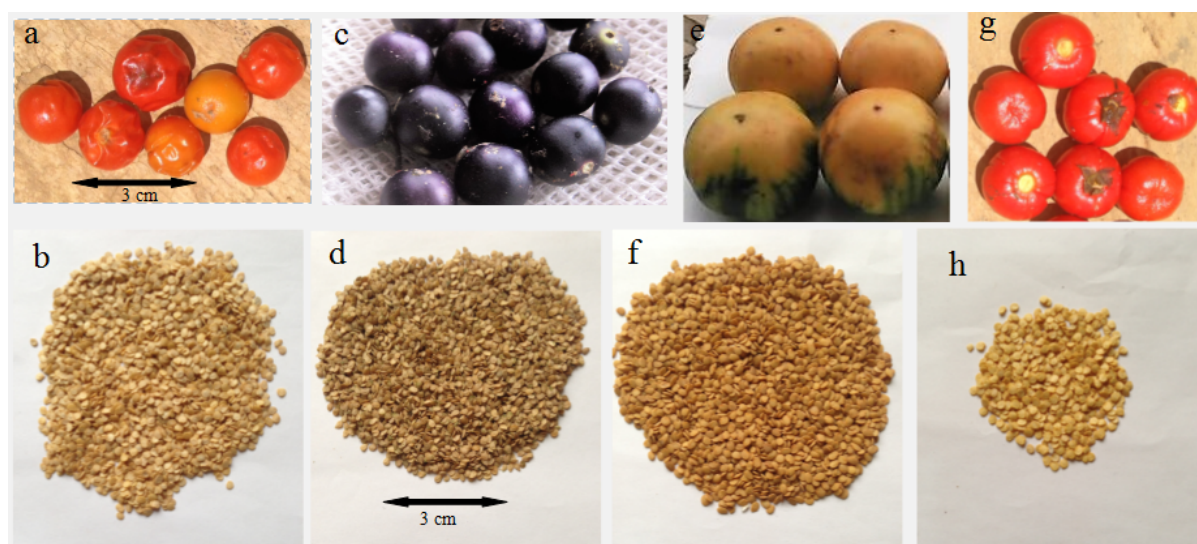


Fig. 3. Fruits et graines des espèces de *Solanum* utilisés

a : fruits de *S. aethiopicum* (fruit rouge et lisse) ; b : graines de *S. aethiopicum* (fruit rouge et lisse) ; c : fruits de *S. scabrum* (fruit noir) ; d : graines de *S. scabrum* (fruit noir) ; e : fruits de *S. macrocarpon* (fruit jaune) ; f : graines de *S. macrocarpon* (fruit jaune) ; g : fruits de *S. aethiopicum* (fruit rouge et ridé) ; h : graines de *S. aethiopicum* (fruit rouge et ridé).

II.1.3. Biofertilisants mycorhiziens

Le matériel fongique utilisé est constitué d'un mélange de quatre souches de CMA: *Glomus hoï*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora dipurpurescens*, *Rhizoglosum intraradices*. L'inoculum provient des souches sélectionnées, multipliées sur les plants de sorgho et de niébé (plantes hôtes). Il est fourni par le laboratoire de Microbiologie des Sols, Centre de Biotechnologie de Nkolbisson, Université de Yaoundé I. Les caractéristiques des quatre inocula sont consignées dans le tableau suivant (Tableau II).



Fig. 4. Inoculum dans un substrat sous forme de mélange de CMA

Tableau II. Caractéristiques des 4 souches de CMA sélectionnées contenus dans l'inoculum microbien

Caractéristiques	Sporulation (nombre/g)	Colonisation racinaire (%)	Plantes hôte
Mélange de souches (4 espèces) : <i>Glomus hoï</i> , <i>Gigaspora margarita</i> , <i>Scutellospora dipurpurescens</i> , <i>Glomus intraradices</i>	12 ± 3	56 ± 18	Sorgho (<i>Sorghum bicolor</i>) et Niébé (<i>Vigna unguiculata</i>)

II.1.4. Biopesticides à base d'huiles végétales

L'huile végétale utilisée est un mélange de 135 ml d'huile essentielle de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) et 90 ml d'huile de neem (*Azadirachta indica*) référence à mettre.

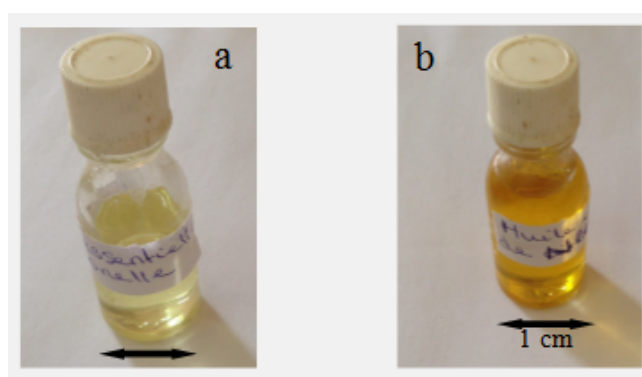


Fig. 5. Huiles végétales utilisées

a : L'huile essentielle de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) ; *b* : l'huile de neem (*Azadirachta indica*).

II.1.5. Pesticides chimiques utilisés

Les pesticides chimiques utilisés sont le curlyplant (fongicide) composé du soufre et de d'oxychlorure du cuivre. Le décis (insecticide de contact) composé du dideltaméthrine.



Figure 6. Pesticides utilisés

a : curlyplant 730 WG (fongicide) ; b : décis 25 EC (insecticide).

II.1.6. Matériel et réactifs de laboratoire utilisés

Un nombre important de matériels et de réactifs de laboratoire ont été utilisés dans le cadre de ce travail :

- Balances électroniques de marque SARTORIUS : pour peser le matériel végétal, et les produits de la récolte ;
- Microscopes : pour le comptage des spores et pour observer la présence des vésicules, hyphes internes, spores internes, dans les racines de *Solanum* spp. ;
- Stéréo microscope de marque ZEISS ; pour l'observation des spores ;
- Bain-marie : pour chauffer les solutions à 90°C – 95°C ;
- Tamis de mailles de 200 µm, 80 µm et 40 µm : pour extraire les spores de CMA à partir du sol ;
- Autoclave : pour stériliser le substrat (mélange sol/sable) à 120°C pendant 20 mn ;
- Erlenmeyer, le bécher et la fiole jaugée : utilisés pour la préparation et le conditionnement des solutions réactives ;
- Acide lactique-glycérol-eau (14-1-1) : pour colorer et décolorer les racines colorées ;
- Alcool à 70°C : pour conserver les racines des différentes espèces de *Solanum*, pour désinfecter le matériel et les surfaces de travail ;
- KOH (10 %) : pour éclaircir les racines ;

- HCl (2 %) : pour acidifier les racines ;
- Colorant chlorazol black 0,03 % : pour évaluer la coloration racinaire par les CMA ;
- Eau de javel à 4° Cl : pour désinfecter les échantillons des racines de *Solanum macrocarpon* ;

II.1.7. Autres matériel utilisés

- Sachets noirs perforés de 2-3 litres : pour les différents essais ;
- Une ombrière de 2 m x 2 m x 1.8 m recouverte par une moustiquaire et divisée en quatre compartiments : pour protéger les jeunes plants de *Solanum macrocarpon* contre des ravageurs ;
- Des plaques de semis : pour semer les graines des *Solanum* (un plant/compartiment);
- Eau de robinet : pour arroser les plants, extraire les spores de CMA à partir des sols et pour laver le matériel végétal ;
- Du savon en liquide : utilisé comme émulsifiant pour les huiles végétales ;
- Un tamis de cuisine (diamètre des mailles = 1 mm) : pour enlever l'aryle entourant les graines ;
- un mélange de terre et de sable pour un volume de 3/1 : utilisé comme substrat pour la mise en place de la pépinière ;
- une parcelle de terrain de 300 m² : pour transplanter les jeunes plants de *Solanum macrocarpon* ;
- Machettes, pioche, daba : pour nettoyer et préparer la parcelle de terrain ;
- Des ficelles, des piquets : pour effectuer le piquetage régulier ;
- Des houes, un pulvérisateur : pour désherber et traiter les plants (protection biologique) ;
- Des mesurettes graduées de 0 ml – 60 ml : pour mesurer les quantités de biopesticides (huiles végétales) et pesticides chimiques nécessaires pour traiter les plants ;
- Brouette : pour effectuer les mesures et les transports du substrat ;
- Tamis grossier de maçon (1 à 2 mm) : pour tamiser le substrat (sable et terre) ;
- Arrosoirs de 15 litres : pour arroser les plantes ;
- Pelles : pour effectuer les mélanges (sable et terre) ;
- un appareil photo numérique : pour la prise des photos ;

II.2. Méthodes

II.2.1. Extraction, nettoyage et séchage des semences de quelques espèces de *Solanum*

L'extraction des graines s'est faite manuellement à l'aide d'un couteau. Les graines sont extraites de la pulpe puis lavées à grande eau dans un tamis de cuisine. A la fin de l'extraction, les graines sont laissées pendant cinq minutes dans de l'eau ; temps au bout duquel, uniquement les graines restées au fond du récipient sont récupérées (Segnou et *al*, 2012). Les graines nettoyées sont ensuite étalées dans une pièce sombre pendant 48 heures afin de les déshydrater.

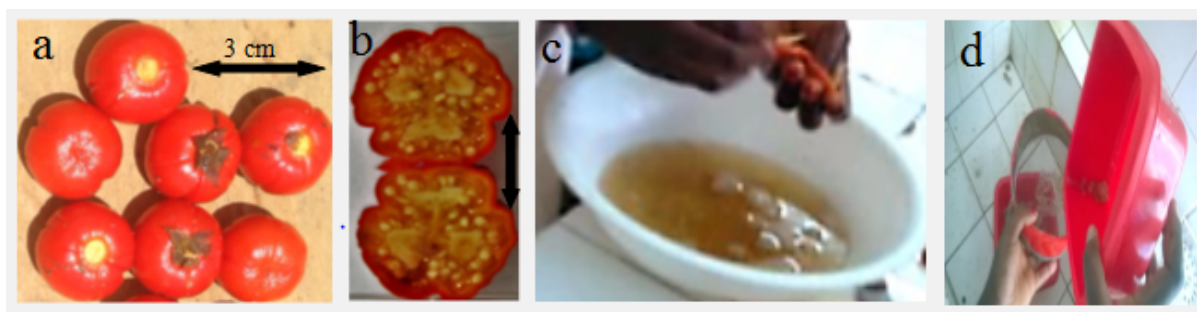


Figure 7. Extraction et nettoyage des graines de *Solanum aethiopicum*

a = fruits mature ; b = coupe des fruits mature ; c = nettoyage des graines ; d = graines nettoyées.

II.2.2. Expérimentation I

II.2.2.1. Evaluation de la dépendance mycorhizienne chez quelques espèces de *Solanum*

II.2.2.1.1. Préparation du substrat

Le substrat, constitué de la terre noire (litière de forêt autour de Yaoundé) et du sable grossier (provenant du fleuve Sanaga), respectivement dans les proportions 3/1 (c'est-à-dire 3 brouettes de terre et 1 brouette de sable) est préalablement tamisé séparément avec un tamis de maçon (2 mm de maille). Les deux composés sont mélangés dans ces proportions (3/1) pour obtenir un substrat ayant une bonne capacité de rétention d'eau et une bonne aération. Après avoir bien homogénéisé le mélange à l'aide d'une pelle, ce substrat est ensuite



introduit dans des plaques alvéolées.

Figure 8. Etape de réalisation de la pépinière

A : préparation du substrat ; B : inoculation des CMA et semis de *Solanum* ; C : levée des graines de *Solanum*.

II.2.2.1.2. Inoculation des CMA et semis des espèces de *Solanum*

Des plaques constituées de 96 pots chacune (avec les fonds perforés pour éviter les conditions hydromorphes), ont été remplies de 46 g de substrat. Pour chaque cultivars, trois graines/pot ont été semées dans deux plaques, l'un correspondant à un traitement mycorhizé (TEM+) et l'autre à un traitement témoin non mycorhizé (TEM-). Pour les plaques

correspondant au traitement TEM+ on a introduit une quantité de 4,6 g/pot de CMA (*Glomus hoï*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora dipurpurescens*, *Glomus intraradices*) (Nwaga, 2015). La concentration de ces CMA est d'environ 12 spores/g de substrat avec une colonisation racinaire moyenne de 56 %. Le semis a été effectué le 19 septembre 2016.

II.2.2.1.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est en bloc non randomisé posé sur des étagères d'une hauteur de 0.5 m et de 3 m de long pour un total de 80 plants du genre *Solanum* soit 20 plants par cultivars (Pfl, Fr, Fv, Pfn) et 10 plants par traitement (M+ et M-) (Figure 10). L'ensemble a donné 10 répétitions par traitement et par cultivar.

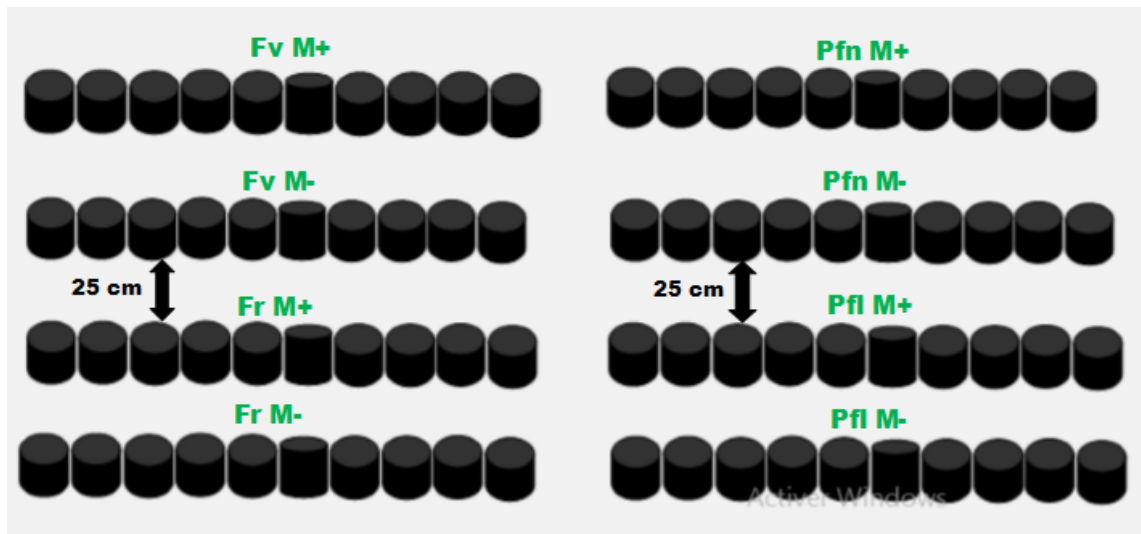


Figure 9. Dispositif expérimental pour l'évaluation de la dépendance mycorhizienne chez des espèces de *Solanum* spp.

Fv = fruit vert ; Fr = fruit ridé ; Pfn = petite feuille ; Pfl = petit fruit lisse ; M+ = plants mycorhizé ; M- = plants non mycorhizé ; $\longleftrightarrow$: espacement entre les plants mycorhizé et non mycorhizé ;

II.2.2.1.4. Transplantation et entretien des plantes

Les sachets de 3 litres sont remplis à moitié par le substrat (mélange terre-sable), puis les jeunes plantules âgées de 6 semaines sont transplantées dans ces sachets et le substrat rajouté afin de remplir les 3/4 des sachets. Le désherbage est effectué manuellement et l'arrosage tous les jours (matin et soir). Les plants sont traités avec un mélange de 6 ml d'huile de neem et 3 ml de savon dans 3 litres d'eau. Ces traitements sont effectués chaque deux semaine.



Figure 10. Plants des espèces de *Solanum* transplantés dans les sachets

A : plantes inoculé des CMA ; B : plantes non inoculé des CMA ; I : plantes du cultivar fruit vert ; II : plantes du cultivar petite feuille ; III : plantes du cultivar fruit ridé ; IV : plantes du cultivar petit fruit lisse.

II.2.3. Expérimentation II

II.2.3.1. Evaluation de l'effet de la thermothérapie sur la production des plantules de *Solanum macrocarpon*

II.2.3.1.1. Mise en place de la pépinière

Elle est faite sous une ombrière d'une superficie de 4 m², composé de 4 quadrants, d'une hauteur de 1,8 m et recouverte par une moustiquaire, afin de protéger les plants des facteurs biotiques (ravageurs) et abiotiques (soleil excessif, pluies diluviennes). Chaque quadrant était constitué de 10 lignes ayant une profondeur de 2 cm par ligne pour 25 graines de *Solanum macrocarpon* soit un total de 250 graines par quadrant.

Quatre seaux de 10 litres de substrat (terre/sable) sont introduits dans chaque quadrant. Le substrat de deux quadrants est désinfecté de manière homogène par thermothérapie (eau à ébullition pendant une heure). Ces quadrants (constitué du substrat désinfecté) sont recouverts par une bâche de couleur noire afin de conserver la chaleur. Ce processus de désinfection est réalisé chaque semaine pendant quatre semaines.

II.2.3.1.2. Inoculation des CMA, semis

L'inoculation est effectuée à raison de 25g/lignes de CMA (*Glomus hoï*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora dipurpureus*, *Glomus intraradices*) dans deux quadrants soit un quadrant contenant du substrat traité par thermothérapie (TTM+) et un contenant du substrat non traité (TEM+). La concentration de ces CMA est d'environ 12 spores/g de substrat avec

une colonisation racinaire moyenne de 56 %. De plus 250 graines de *Solanum macrocarpon* sont semées le 19 Septembre 2016 dans chaque quadrant (4) à raison de 25 graines/lignes.

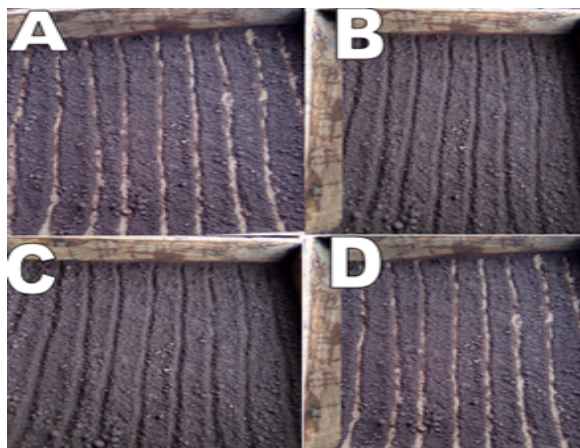


Figure 11. Semis des graines et inoculation des CMA chez *Solanum macrocarpon*

A : substrat traité par thermothérapie et inoculé des CMA ; B : substrat traité par thermothérapie ; C : substrat non traité par thermothérapie (témoin) ; D : substrat non traité par thermothérapie et inoculé des CMA.

II.2.4. Expérimentation III

II.2.4.1. Evaluer l'effet de la protection biologique (CMA, mélange d'huiles végétales, thermothérapie du substrat) sur les bio-agresseurs et la production de *Solanum macrocarpon*.

II.2.4.1.1. Préparation du site et transplantation des plants de *Solanum macrocarpon*

Pour mener à bien l'expérimentation le site a subi un défrichage manuel suivi d'un labour superficiel. Ce terrain a été subdivisé en trente parcelles à l'aide des ficelles.

II.2.4.1.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un split plot ou parcelle subdivisée à 3 blocs soit trois répétitions installées sur une superficie de 300 m² pour un total de 480 plantes de *Solanum macrocarpon* (Figure.8). Chaque bloc est constitué de deux sous blocs soit six sous blocs complètement randomisés à savoir : H+ (huiles végétales) et H- (sans huiles végétales). L'unité expérimentale est une ligne de 8 m de long, comportant 16 poquets soit un total de 160 plantes par bloc et 480 plantes dans tout le champ.

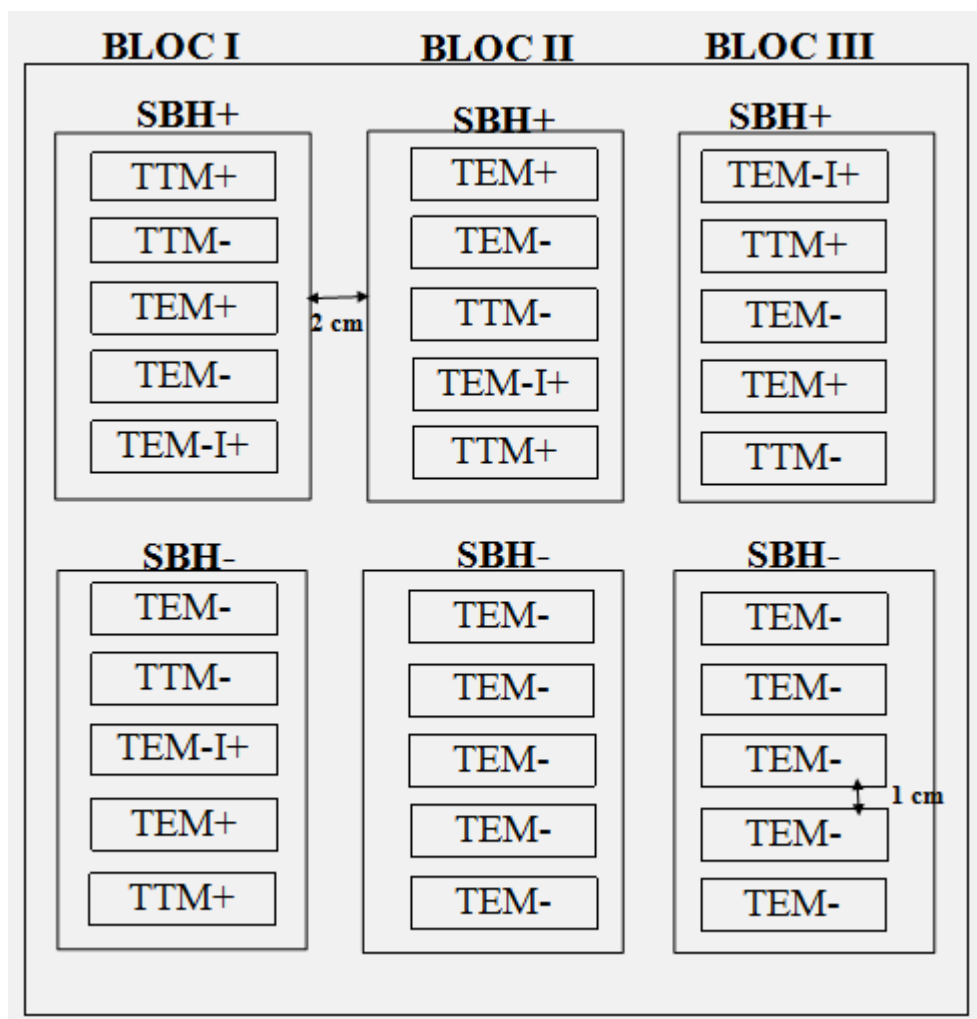


Figure 12. Dispositif expérimental pour évaluer l'effet combiné des huiles végétales sur les bio-agresseurs chez *Solanum macrocarpon* en champs

SBH+= Sous bloc traité avec des huiles végétales ; SBH- = Sous bloc non traité avec des huiles végétales ; TTM- = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA ; TTM+ = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA ; TEM-I+ = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse ; TEM- = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA ; TEM+ = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA; parcelles ;

II.2.4.1.3. Transplantation et suivi de l'essai

Les jeunes plants vigoureux, sains, présentant 5 - 6 feuilles, ayant 10 - 15 cm de haut et âgées de 6 semaines sont repiqués le 01 novembre 2016 en champs dans des poquets de 20 cm de profondeur et à un écartement de 1 m x 0,5 m. Après transplantation les plants sont arrosés de manière abondante.

Dans chaque sous bloc, une parcelle est traitée avec un mélange de 7 ml de décis et 2,5 g du curlyplant dans 5 litres d'eau. Ensuite, pour chaque bloc, les plants d'un sous bloc sont traités avec un mélange de 15 ml d'huile essentielle de citronnelle, 10 ml d'huile du

neem et 10 ml de savon liquide dans 20 litres d'eau. Le traitement avec l'insecticide de synthèse combiné au fongicide de synthèse est effectué chaque dix jours (neuf fois) et celui avec les biopesticides est effectué chaque sept jours (onze fois).

Le désherbage est fait manuellement et de manière régulière surtout en début de culture enfin de maintenir la parcelle propre et aérer le sol. L'arrosage est effectué tous les jours (en matinée et en soirée) à l'aide d'un arrosoir d'une capacité de 10 litres.

II.2.5. Evaluation des paramètres symbiotiques

II.2.5.1. Evaluation de la dépendance mycorhizienne relative

Pour déterminer la réponse à la mycorhization (RM) ou l'effet du traitement (en %) par rapport au témoin, on utilise la formule suivante:

$$RM = (TM - T0) \times 100 / T0.$$

TM ; est la valeur numérique du traitement mycorhizé et T0 ; est la valeur du traitement non mycorhizé (témoin).

La valeur d'un paramètre (biomasse, rendement) par rapport au témoin permet d'apprécier le pourcentage de la réponse à l'inoculation des CMA (la mycorhization) de la plante. On parlera ainsi de l'effet biomasse ou de l'effet rendement. Par contre pour déterminer la dépendance mycorhizienne relative (DMR). La formule suivante est utilisée (Plenchette et *al.*, 1983):

$$X100$$

PMFM ; est le poids de matière fraîche mycorhizé et PMFNM ; est le poids de matière fraîche non mycorhizé. DMR permet de déterminer l'affinité avec laquelle les CMA sont capables ou non d'augmenter la production de biomasse chez la plante.

II.2.5.2. Sporulation

Le nombre de spores du substrat de culture des traitements mycorhizés est évalué 100 jours après transplantation. Trois sachets par traitement (CMA et témoin) pour chaque cultivar sont laissés sans arrosage pendant quatre semaines après la récolte pour stimuler la sporulation des CMA. On prélève 100 g de sol dans chacun des sachets que l'on mélange de manière homogène. Les différents sols sont ensuite divisés en trois soit 100 g par tas et utilisés pour évaluer la sporulation.

L'extraction des spores est réalisée selon la méthode de Schenck (1982). 100 g de sols sont introduits dans un erlenmeyer d'un litre. Environ 300 ml d'eau de robinet y est ajoutés et le mélange est homogénéisé. Le mélange est ensuite laissé au repos pendant 15 secondes avant les tamisages successifs à travers une colonne de tamis de mailles décroissantes respectivement 200 µm, 80 µm et 40 µm. Le processus de lavage et décantation est répété trois fois au moins, le contenu du tamis est transféré séparément dans des boîtes de Pétri de 9,4 cm de diamètre.

L'observation des spores est faite au grossissement 10 à 40 au stéréo microscope de marque ZEISS. Les spores sont comptées dans 10 carreaux contigus rangés en 2 groupes de 5 de surface de 2,5 cm². Si «N» est le nombre des spores comptées dans les 10 carreaux, alors le nombre de spores comptées sera :

$$69,4/2,5 \times N \text{ soit } 27,76 \times N.$$

La somme de tous les nombres des spores obtenues par la boîte de Pétri permet d'avoir le nombre total des spores dans 100 g d'échantillon.

II.2.5.3. Coloration racinaire et observation microscopique

Le taux de colonisation racinaire par les CMA est estimé en utilisant la méthode de Kormanik & Mc Graw (1982). Les fragments de racines de 1 cm sont récoltés dans chaque traitement sur quelques plants à 100 jours après semis. Elles sont ensuite introduites dans des tubes à essai et traitées selon la procédure suivante:

Les racines récoltées sont découpées puis lavées à l'eau de robinet, elles sont ensuite éclaircies dans le KOH 10 % pendant 10 min à 90°C au bain marie. Les racines sont de nouveau lavées 3 fois à l'eau de robinet, puis acidifiées dans le HCl 2 % pendant 60 min à la température ambiante. La coloration des racines est faite pendant 10 min à 90°C dans une solution de chlorazol black à 0,03 % et dans la solution d'acide lactique - glycérol-eau (14-1-1). La solution de décoloration composée d'acide lactique-glycérol-eau (14-1-1) est versée et les racines sont à nouveau rincées 3 fois à l'eau du robinet. La solution de décoloration (acide lactique-glycérol-eau (14-1-1)) est introduite pendant 24 h au moins. Les fragments de racines colorées, 30 fragments par traitement sont montés parallèlement sur des lames par groupe de 10 et observés à la loupe binoculaire aux grossissements 10, 40 et 100. Trois répétitions sont effectuées par traitement, les échantillons composés de 30 racines colorées sont étalés de façon homogène dans des boîtes de Pétri.

L'infection est comptée positivement chaque fois qu'apparaît l'une au moins des structures suivantes : vésicules, hyphes internes, spores internes, arbuscules, cellules auxiliaires et négativement quand on n'observait aucune de ces structures. Le nombre de racines infectées enregistrées exprime le pourcentage de colonisation racinaire.

II.2.6. Collecte des données

II.2.6.1. Evaluation des paramètres de croissances des plantes de *Solanum macrocarpon*

Les paramètres de croissance pris en compte sont prélevés 30 jours après transplantation et à la récolte soit 60 jours après transplantation.

- La taille des plantes ; à l'aide d'un ruban de 1.5 m, La taille de dix plantes choisies au hasard sur seize plantes est mesurée deux fois soit 30 et 60 jours après transplantation.
- Le nombre de feuille ; obtenu par dénombrement des feuilles sur 10 plantes par parcelle.
- Le poids des feuilles ; à l'aide d'une balance électronique, on a obtenu le poids des feuilles de 10 plantes par parcelle.
- Le nombre de fruits ; obtenu par dénombrement des fruits sur dix plantes par parcelle.
- Le poids des fruits ; à l'aide d'une balance électronique, on a obtenu le poids des fruits de 10 plantes par parcelle.
- Le nombre de tiges; obtenu par dénombrement des tiges sur 10 plantes par parcelle.
- Le nombre de graines ; obtenu par dénombrement des graines sur des fruits mature récolté sur trois plantes par parcelle.
- Le poids des graines ; à l'aide d'une balance électronique, on a obtenu le poids des graines de trois plantes par parcelle.

II.2.6.2. Evaluation de l'importance des dégâts causés par les bio-agresseurs sur les plants de *Solanum macrocarpon*

Durant cette étude l'importance des symptômes de flétrissement, viroses ainsi que les dégâts des ravageurs sont faits en évaluant l'incidence de ces derniers sur les plants de *S. macrocarpon*.

- **Incidence de la maladie** : L'incidence des symptômes sur les plants est évaluée par comptage des plants malades par rapport aux plants sains dans chaque traitement selon la formule suivante (Akhter et *al.*, 2015) :

Im : Incidence de la maladie, NPM ; nombre de plants malades, NPS : nombre de plants sains.

II.2.7. Analyses des données

Le logiciel XLSTAT 2014 nous a permis de faire les analyses statistiques et de comparer les moyennes deux à deux selon le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %. Les représentations graphiques ont été réalisées par le logiciel Excel 2013.

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 RESULTATS

III.1.1. Expérimentation I

III.1.1.1. Influence des CMA sur les paramètres de croissance des espèces de *Solanum*

Le tableau III présente l'effet de la mycorhization sur la biomasse (biomasse aérienne et racinaire) des plants de *Solanum*.

L'analyse de variance n'a montré aucun effet significatif ($P > 0,05$) chez toutes les espèces de *Solanum* inoculées des CMA et ceux non inoculées. Par contre les plants de l'espèce *Solanum macrocarpon* ont produit une réponse à la mycorhization (+44 %) largement supérieure comparé aux plants des autres espèces de *Solanum* étudiés (-3 %, +20 %, +19 %). Toutefois, le cultivar petit fruit lisse a produit une réponse à la mycorhization (+20 %) extrêmement différente de celle produite par le cultivar fruit ridé (-3 %) pourtant tous deux appartiennent à l'espèce *Solanum aethiopicum*.

On note que les plants inoculés par les CMA ont produit un ratio biomasse racinaire sur biomasse aérienne (R/A) plus élevé (2 – 3) comparés aux plants témoin (1 – 2) à l'exception des plants de l'espèce *Solanum nigrum* où aucune différence n'est observée entre les deux traitements. En somme, la mycorhization stimule le développement racinaire chez les *solanum*

Toutes les espèces de *Solanum* étudiées ont produits une DMR positive. Cependant, l'espèce *S. macrocarpon* a produit une DMR plus élevée (+31 %). Le cultivar fruit ridé (Fr) appartenant à l'espèce *S. aethiopicum* a donné une DMR négative (-3 %).

Tableau III : Effet des CMA sur les paramètres de croissance chez quelques espèces de *Solanum*.

Espèces		Traitements	Poids de matière fraîche (g)		RM (%)	DMR (%)	Ratio R/A
			Biomasse aérienne (A)	Biomasse racinaire (R)			
<i>Solanum aethiopicum</i>	CV fruit ride	M-	5,15b	8,13b	-	-	1,58
		M+	4,29b	8,60b	-2,94	-3,03	2,00
	CV petit fruit lisse	M-	4,39b	10,19a	-	-	2,32
		M+	4,64b	12,80a	+19,62	+16,40	2,76
<i>Solanum nigrum</i>		M-	7,04a	8,25b	-	-	1,17
		M+	8.37a	9,82b	+18,97	+15,94	1,17
<i>Solanum macrocarpon</i>		M-	3,82b	6,42c	-	-	1,68
		M+	4,85b	9,92b	+44,24	+30,67	2,05

Les valeurs suivies d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

DMR = dépendance mycorhizienne relative ; CV = cultivar ; M- = traitement non mycorhizé ; M+ = traitement mycorhizé ; RM = réponse à la mycorhization.

III.1.1.2. Influence des CMA sur les paramètres symbiotiques des espèces de *Solanum*

Les résultats de la sporulation des CMA sur les différentes espèces de *Solanum* varient entre 1,79 à 3,30 spores par g de sol (tableau IV). Les cultivars de l'espèce *S. aethiopicum* présentent le nombre de spores de CMA le plus élevé (2,44 et 3,30). La plus petite moyenne de sporulation (1,79) est observée chez l'espèce *S. nigrum*.

Les plants inoculés (M+) présentent une colonisation mycorhizienne racinaire supérieure à 50 % chez toutes les espèces de *Solanum*. Tandis que chez le cultivar petit fruit lisse de l'espèce *S. aethiopicum* 40 % des racines sont colonisées. Le taux de colonisation le plus élevé (72 %) est observé chez l'espèce *S. macrocarpon*.

Tableau IV : Effets des CMA sur les paramètres symbiotique chez quelques espèces de *Solanum* spp.

Espèces		Traitements	Colonisation racinaire (%)	Spores (Nb/g de sol)	Réponse à la sporulation (%)
<i>Solanum Aethiopicum</i>	CV Fruit ride	M-	30	1,05c	-
		M+	50	2,44a	132
	CV Petit fruit lisse	M-	13	2,30a	-
		M+	40	3,30a	43
<i>Solanum nigrum</i>		M-	16	1,02c	-
		M+	53	1,79b	75
<i>Solanum macrocarpon</i>		M-	53	1,46b	-
		M+	72	2,19a	50

M- = traitement non mycorhizé ; M+ = traitement mycorhizé ; CV = cultivar.

III.1.2. Expérimentation II

III.1.2.1. Effet combiné de la thermothérapie et des CMA sur la production et la qualité des plants de *Solanum macrocarpon* en pépinière.

Le traitement substrat désinfecté par thermothérapie a produit un meilleur effet sur le taux de levée (+100 %) de *S. macrocarpon* comparé aux autres traitements (+50 % et +37 %) (Tableau V).

Les traitements substrat désinfecté par thermothérapie ou non, inoculé avec les CMA ont également produit des taux de levée légèrement au-dessus de la moyenne (55 % et 60 %). Le traitement témoin présente un taux de levé (40 %) largement inférieur à tous les autres traitements. Les plants produits sur le substrat désinfecté par thermothérapie présentent les meilleures caractéristiques agronomiques (taille, nombre de feuilles et résistance aux ravageurs et maladies) voir la figure 13.

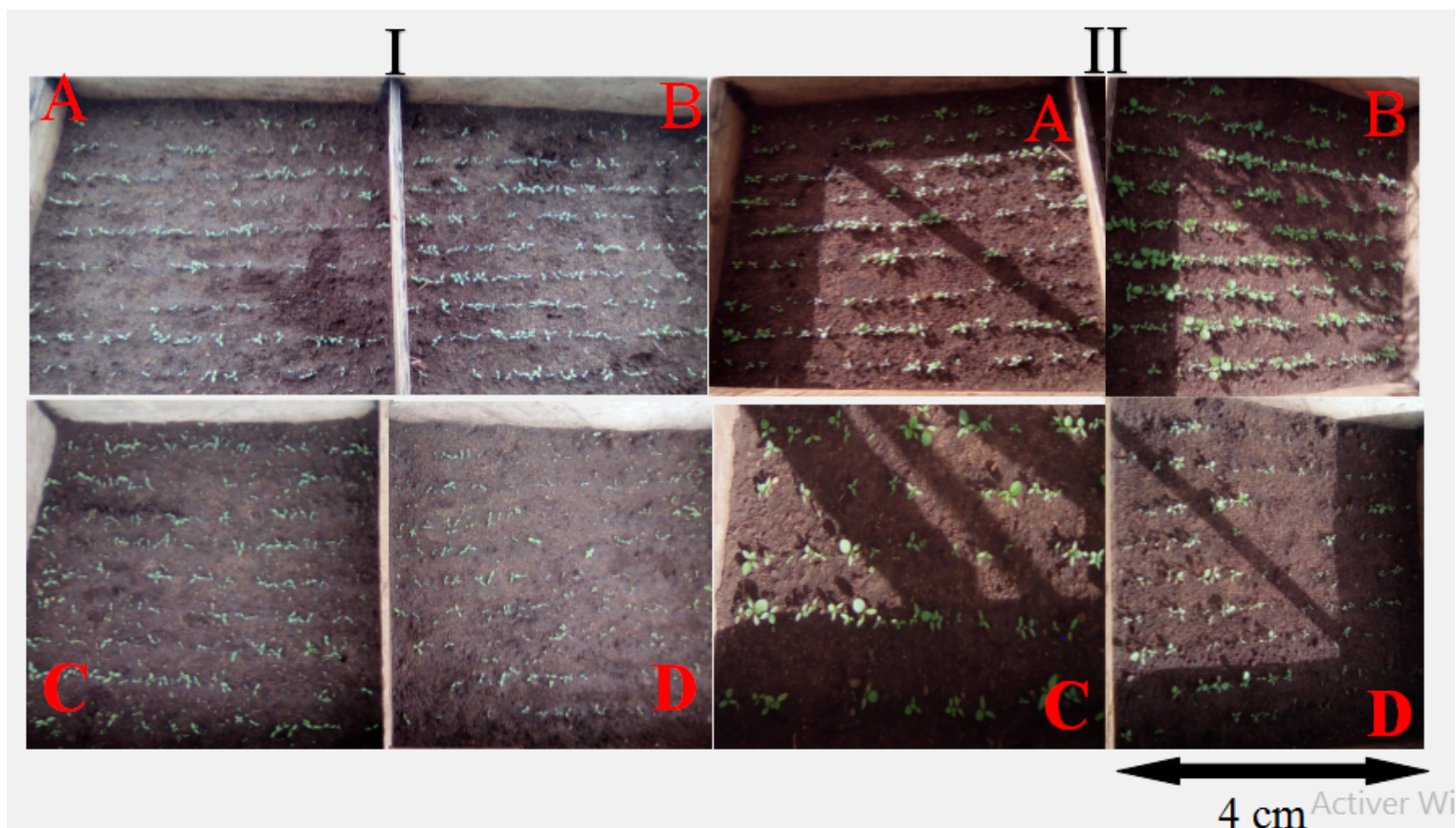


Figure 13. Effet combiné de la thermothérapie et des CMA sur la production et la qualité des plants de *Solanum macrocarpon* en pépinière

A : substrat désinfecté et inoculé avec les CMA ; B : substrat désinfecté sans CMA ; C : substrat non désinfecté et inoculé avec des CMA ; D : substrat non désinfecté sans CMA. I ; plantes âgées de 15 JAS, II : Plantes âgées de 30 JAS.

Tableau V : Effet combiné de la thermothérapie du substrat et des CMA sur la levée des plants de *S. macrocarpon* 45 JAS

Traitements		Taux de levée (%)	Effet (%)
Thermothérapie (TT)	M-	80	+100
	M+	55	+37
Témoin non traité (TE)	M-	40	-
	M+	60	+50

TT = substrat traité par thermothérapie ; TE = substrat non traité par thermothérapie ; M- = traitement non mycorhizé ; M+ = traitement mycorhizé ; JAS = jours après semis.

III.1.3. Expérimentation III

III.1.3.1. Effet combiné de la thermothérapie et des CMA en pépinière sur la croissance, la fructification et la production des semences chez *Solanum macrocarpon* en champs

Le tableau VI montre que, le traitement substrat non désinfecté par thermothérapie et inoculé par les CMA (TEM+) présentent une différence significative ($P < 0,05$) pour l'ensemble des paramètres étudiés comparés aux autres traitements.

On constate que, pour chaque paramètre étudié (le rendement en feuilles, fruits et graines), le traitement substrat désinfecté par thermothérapie sans CMA (TTM-) a fourni des valeurs supérieures (feuilles récoltées = 162 g ; fruits récoltés par plante = 71 g et graines par plant = 150 g) comparé au traitement substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA (TTM+) (feuilles récoltées = 119 g ; fruits récoltés par plante = 57 g et graines par plant = 70 g). Néanmoins le traitement témoin (TEM-) a produit des rendements en feuilles (177 g) et fruits (96 g) significativement supérieur à ceux des traitements TTM+ et TTM-. Par ailleurs, les analyses statistiques effectuées, montrent que le traitement TTM+ comparé aux autres traitements (TTM-, TEM+, TEM-) réduit significativement les rendements en feuilles et fruits chez *S. macrocarpon*.

Tableau VI : Effet combiné de la thermothérapie du substrat et des CMA en pépinière sur les paramètres de croissance végétative de *Solanum macrocarpon*

Traitements		Feuilles récoltées (g/plant)	Feuilles (g/feuille)	Fruits récoltés (g/plant)	Graines (g/1000 gr)	Graines (g/plant)	Graines (Nb/plant)
TT	M-	162c	12c	71c	1,55cd	150b	98a
	M+	119d	10d	60d	1,60c	70c	44c
TE	M-	177b	13bc	96b	1,95a	36d	19d
	M+	217a	15a	183a	1,68bc	156a	93b

Les valeurs suivies d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

TT = substrat traité par thermothérapie ; **TE** = substrat non traité par thermothérapie ; **M-** = traitement non mycorhizé ; **M+** = traitement mycorhizé.

III.1.3.2. : Influence de la mycorhization, la thermothérapie et des huiles végétales sur l'évolution du flétrissement chez *Solanum macrocarpon*

L'incidence de la maladie calculée à base de la formule d'Akhter, montre que le traitement, substrat non désinfecté inoculé avec des CMA combiné aux huiles végétales (TEM+H+), réduit significativement le flétrissement (6 %) chez *S. macrocarpon* comparé aux autres traitements (figure 14). Par ailleurs, l'effet combiné de la thermothérapie, des CMA et

des huiles végétales (TTM+H+) présente une régression (21 %) de la maladie comparé aux traitements pesticides (TEM-H-I+ ; 29 %) et témoin (TEM-H- ; 29 %).

On peut aussi noter que, tous les traitements (thermothérapie ou non combiné ou non aux CMA) combinés avec les huiles végétales réduisent significativement l'évolution du flétrissement chez *S. macrocarpon*. On observe un taux élevé de flétrissement (29 %) chez les plants traités avec les pesticides de synthèse (TEM-H-I+) comparé aux plants traités avec les huiles végétales (TEM-H+I- ; 15 %). L'inoculation des CMA sur un substrat non désinfecté (TEM+H-) diminue l'évolution du flétrissement (15 %) chez *S. macrocarpon* comparé au traitement TEM-H-I+ (29 %). Par contre, le traitement substrat désinfecté combiné aux CMA sans huiles végétales (TTM+H-), augmente l'incidence de la maladie (40 %) comparé aux traitements, TEM-H-I+ (29 %) et TEM-H-I- (29 %).

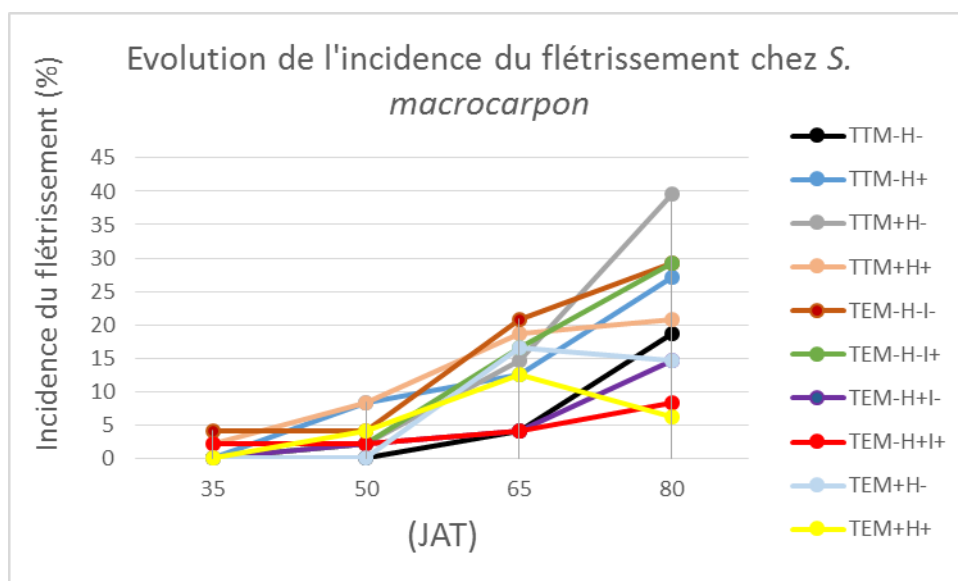


Figure 14. Influence de l'inoculation des CMA, la thermothérapie et les huiles végétales sur l'évolution du flétrissement chez *Solanum macrocarpon*

TTM-H- = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA sans huiles végétales ; **TTM-H+** = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA puis traité avec le mélange d'huiles végétales ; **TTM+H-** = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA sans huiles végétales ; **TTM+H+** = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA puis traité avec le mélange d'huiles végétales ;

TEM-H-I- = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA sans huiles végétales ; **TEM-H-I+** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse ; **TEM-H+I-** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange huile végétale ; **TEM-H+I+** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse associé au mélange huile végétale ; **TEM+H-** = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA sans huiles végétales ;

TEM+H+ = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange huile végétale

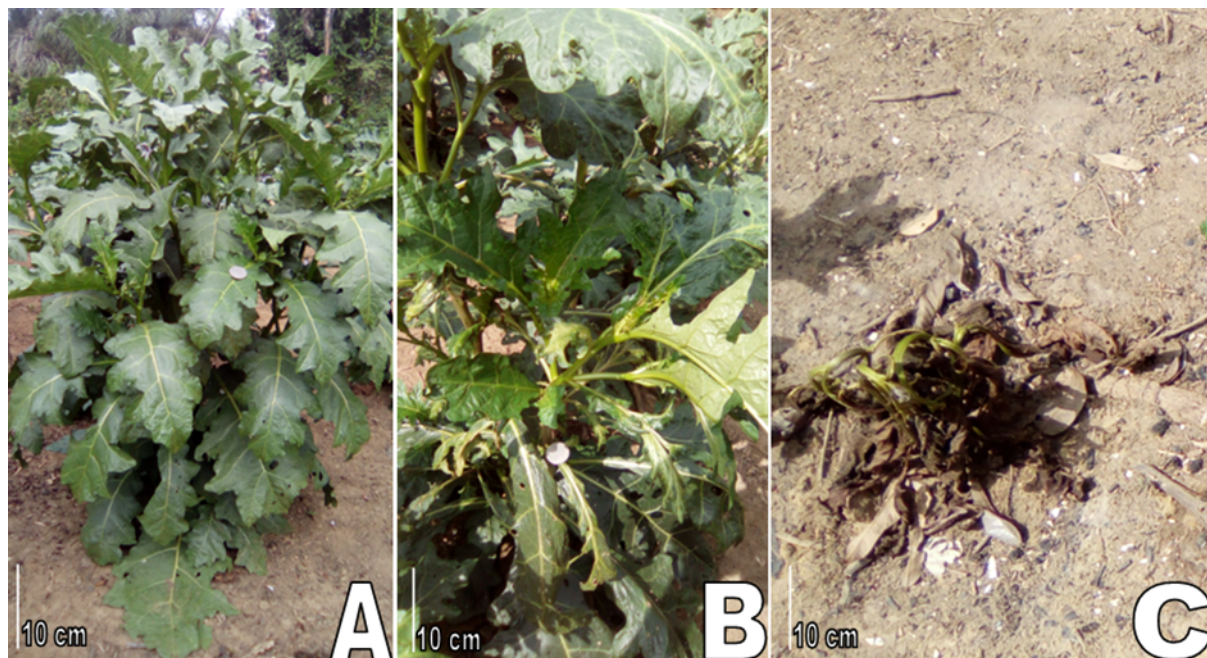


Figure 15. Différents stades de flétrissement des plantes de *S. macrocarpon*

A = plante saine ; **B** = début de flétrissement ; **C** = plante totalement morte

III.1.3.3. Influence de la mycorhization, la thermothérapie et des huiles végétales sur l'évolution des viroses et dégâts des ravageurs chez *Solanum macrocarpon*

Les résultats obtenus de cette expérimentation, montrent que les traitements, substrat non désinfecté sans CMA combiné aux huiles végétales (TEM-H+I-), substrat non désinfecté sans CMA combiné aux huiles végétales et aux pesticides de synthèse (TEM-H+I+), substrat désinfecté inoculé avec des CMA et combiné aux huiles végétales (TTM+H+), réduisent significativement l'évolution des dégâts des ravageurs sur les plants de *S. macrocarpon* (23%, 21 % et 19 %) respectivement comparé aux autres traitements (figure 16).

Les traitements (thermothérapie ou non combiné ou non aux CMA) combinés avec les huiles végétales réduisent significativement l'évolution des dégâts causés par les ravageurs chez *S. macrocarpon*. Par contre, les traitements, TEM+H- (92 %), TTM+H- (92 %), TTM-H- (100 %) ne favorisent pas la réduction des dégâts causés par les ravageurs sur les plantes de *S. macrocarpon* comparé au traitement TEM-H-I+ (29 %).

Durant toute la période d'expérimentation, les résultats obtenus montrent que, tous les traitements effectués ne produisent pas d'effet significatif sur l'évolution des symptômes de viroses chez *S. macrocarpon* (figure 13). Toutefois les traitements ; TTM-H+ (85 %),

TTM+H+ (85 %), TEM-H+I+ (85 %) et TTM+H- (81 %) ont produit des meilleurs résultats sur la réduction des symptômes de viroses chez *S. macrocarpon* comparé aux autres traitements effectués. Néanmoins, on note que, tous les traitements (thermothérapie ou non combiné ou non aux CMA) combinés avec les huiles végétales ne réduisent pas l'effet des viroses chez *S. macrocarpon*. Cependant, l'inoculation des CMA dans les substrats désinfectés ou non, permet de ralentir l'évolution des symptômes de viroses chez *S. macrocarpon*

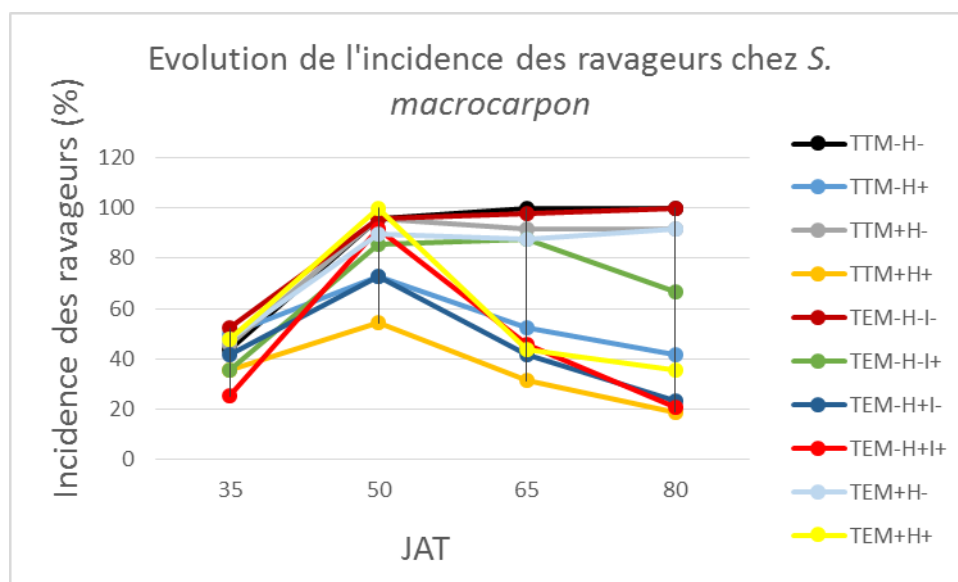


Figure 16. Effets des CMA et des huiles végétales sur l'évolution de l'incidence des dégâts des ravageurs sur les plants de *S. macrocarpon*

TTM-H- = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA sans huiles végétales ; **TTM-H+** = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA puis traité avec le mélange d'huiles végétales ; **TTM+H-** = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA sans huiles végétales ; **TTM+H+** = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA puis traité avec le mélange d'huiles végétales ;

TEM-H-I- = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA sans huiles végétales ; **TEM-H-I+** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse ; **TEM-H+I-** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange huile végétale ; **TEM-H+I+** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse associé au mélange huile végétale ; **TEM+H-** = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA sans huiles végétales ; **TEM+H+** = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange huile végétale.

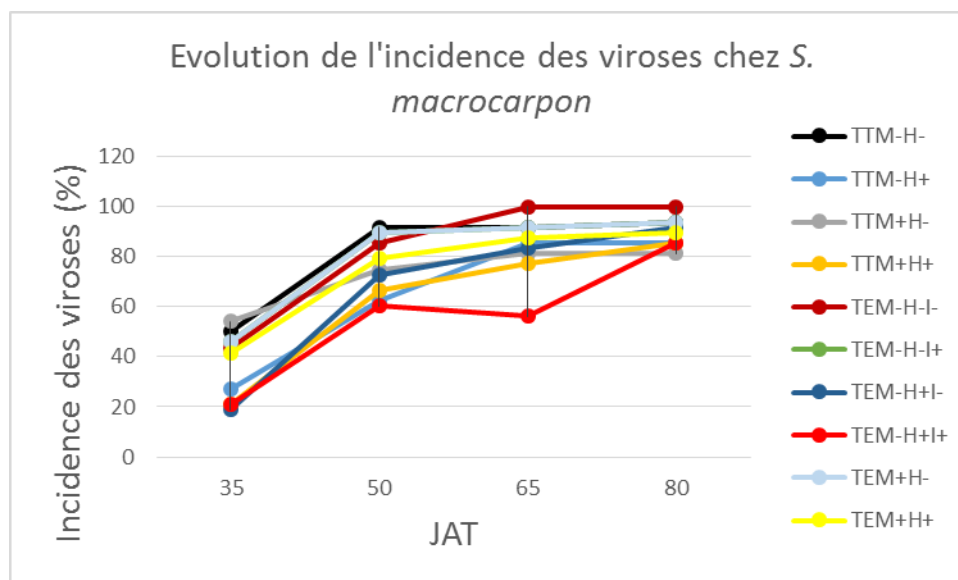


Figure 17. Effets de la mycorhization, la thermothérapie et des huiles végétales sur l'incidence des symptômes de virose sur les plantes de *Solanum macrocarpon*

TTM-H- = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA sans huiles végétales ; **TTM-H+** = Substrat désinfecté par thermothérapie non inoculé avec les CMA puis traité avec le mélange d'huiles végétales ; **TTM+H-** = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA sans huiles végétales ; **TTM+H+** = Substrat désinfecté par thermothérapie inoculé avec les CMA puis traité avec le mélange d'huiles végétales ; **TEM-H-I-** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA sans huiles végétales ; **TEM-H-I+** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse ; **TEM-H+I-** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange huile végétale ; **TEM-H+I+** = Substrat non traité par thermothérapie non inoculé avec des CMA puis traité avec des pesticides de synthèse associé au mélange huile végétale ; **TEM+H-** = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA sans huiles végétales ; **TEM+H+** = Substrat non traité par thermothérapie inoculé avec des CMA puis traité avec le mélange huile végétale

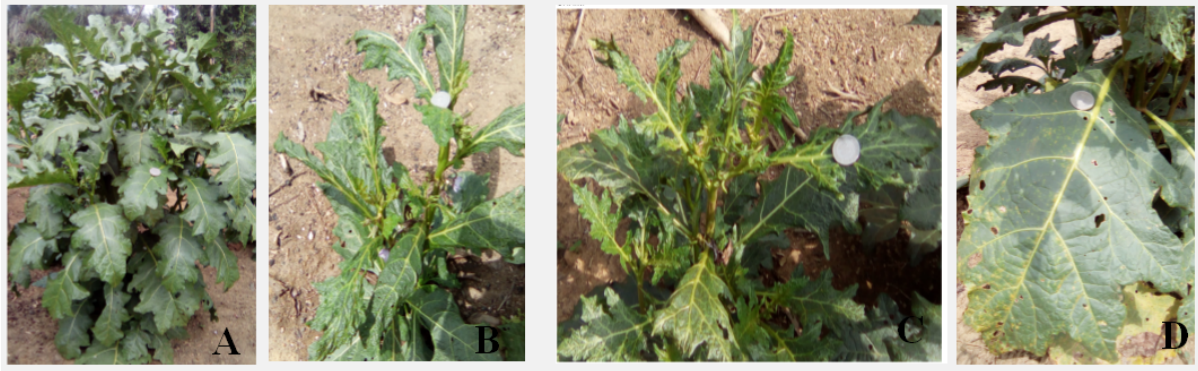


Figure 18. Symptômes des viroses observés sur les plantes de *Solanum macrocarpon*

A = plante saine ; B = rabougrissement des feuilles (légère) ; C = rabougrissement des feuilles (sévère) ; D = tâches chlorotique (mosaïque).

III.1.3.4. Influence de l'inoculation des CMA, la thermothérapie et des huiles végétales sur la croissance, la fructification et la production de semences chez *Solanum macrocarpon*

L'analyse statistique montre que les résultats obtenus du traitement substrat désinfecté par thermothérapie combiné aux CMA et aux huiles végétales (TTM+H+) sont hautement significatif ($P < 0,05$) comparé aux autres traitements (tableau VII).

Cependant, les plants obtenus du substrat désinfecté, ont produit des rendements (poids des feuilles = 162 g ; poids des fruits = 71 g) inférieur à ceux des plants provenant du substrat non désinfecté (poids des feuilles = 177 g ; poids des fruits = 96 g). L'association des huiles végétales à chacun des traitements effectués (thermothérapie ou non du substrat combiné ou non aux CMA), permet d'augmenter significativement les rendements (feuilles, fruits et graines), à l'exception du traitement substrat non désinfecté et inoculé avec des CMA combiné aux huiles végétales (TEM+H+) qui a produit des rendements (poids des feuilles = 217 g ; poids des fruits = 66 g ; poids des graines = 125 g) inférieur à ceux du traitement substrat non désinfecté combiné aux CMA sans huiles végétales (poids des feuilles = 217 g ; poids des fruits = 183 g ; poids des graines = 156 g).

On remarque que, les plants traités avec les huiles végétales ont produit des meilleurs rendements (poids des feuilles = 203 g ; poids des graines = 156 g) comparé aux plants traités avec les pesticides de synthèse (poids des feuilles = 54 g ; poids des graines = 66 g). Tandis que, le traitement TEM+H- augmente significativement les rendements (poids des feuilles = 217 g ; poids des fruits = 183 g ; poids des graines = 156 g) comparé au traitement substrat non désinfecté combiné aux pesticides de synthèses (TEM-H-I+).

Tableau VII : Effet de la mycorhization, la thermothérapie et des huiles végétales sur la croissance, la fructification et la production des semences chez *S. macrocarpon*

Traitements			Feuilles récoltées (g/plant)		Feuilles (g/feuille)	Fruits récoltés (g/plant)	Graines (g/1000 gr)	Graines (g/plant)
.TT	M-	H-	162g		12d	71g	1,55cd	150c
		H+	235c		15b	116d	1,46d	147d
	M+	H-	119i		10e	60i	1,60c	70f
		H+	341a		14b	206a	1,81ab	165a
TE	M-	H-	I-	177f	13cd	96e	1,95a	36h
			I+	149h	11e	97e	1,64c	54g
		H+	I-	203e	13cd	88f	1,90a	156b
			I+	268b	17a	198b	1,72b	144d
	M+	H-	217d		15b	183c	1,68bc	156b
		H+	217d		13c	66h	1,70b	125e

Les valeurs suivies d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %

TT = substrat traité par thermothérapie ; **TE** = substrat non traité par thermothérapie ; **M-** = traitement non mycorhizé ; **M+** = traitement mycorhizé ; **H-** = plantes non traités avec le mélange d'huile végétale ; **H+** = plantes traités avec le mélange d'huile végétale ; **I-** = plantes non traités avec des pesticides ; **I+** = plantes traités avec des pesticides.

L'association de la thermothérapie du substrat, des CMA et des huiles végétales, a permis d'obtenir un meilleur bénéfice après la vente des graines et feuilles comparé aux autres traitements effectués. Toutefois tous les traitements effectués ont produits des bénéfices considérable sur la vente des feuilles et des graines comparé au témoin à l'exception des traitements TTM+H- et TEM-H-I+ qui ont produit d'énorme pertes (-756.000) et (-514.650) respectivement comparé au traitement témoin (TEM-H-I-) (Tableau VIII).

Tableau VIII : Bénéfices issues de la vente des graines et feuilles de *S. macrocarpon*

Traitements			Taux de survie (%)		Quantité de graines kg/ha	Vente des graines (FCFA/ha)	Bénéfice des graines (FCFA/ha)	Quantité de feuilles kg/ha	Vente des feuilles (FCFA/ha)	Bénéfice des feuilles (FCFA/ha)
.TT	M-	H-	100		2.250	292.500.000	229.612.500	2430	2.340.000	45.000
		H+	100		2.205	286.650.000	223.762.500	3525	3.390.000	1.095.000
	M+	H-	90		945	122.850.000	59.670.000	1.607	1.539.000	-756.000
		H+	96		2.376	308.880.000	245.883.130	4.910	4.723.200	2.428.200
TE	M-	H-	I-	90	486	63.180.000	-	2.390	2.295.000	-
			I+	83	672	87.399.000	24.763.050	1.855	1.780.350	-514.650
		H+	I-	96	2.246	292.032.000	229.035.130	2.923	2.808.000	513.000
			I+	96	2.074	269.568.000	206.571.130	3.859	3.715.200	1.420.200
	M+	H-	100		2.340	304.200.000	241.312.500	3.255	3.135.000	840.000
		H+	98		1.836	238.875.000	175.933.979	3.190	3.072.300	777.300

TT = substrat traité par thermothérapie ; TE = substrat non traité par thermothérapie ; M- = traitement non mycorhizé ; M+ = traitement mycorhizé ; H- = plantes non traités avec le mélange d'huile végétale ; H+ = plantes traités avec le mélange d'huile végétale ; I- = plantes non traités avec des pesticides ; I+ = plantes traités avec des pesticides ; 1 kg de graines = 130.000 FCFA ; 1 kg de feuilles = 12.500 FCFA ; coût des CMA = 100.000 FCFA/ha, coût des huiles végétales = 12.500.000FCFA/ha ; autres = 600.000 FCFA/ha.

III.2. Discussion

L'objectif général de cette étude est : le développement d'une méthode de production et de protection biologique des cultures de quelques espèces de *Solanum* spp. (*S. macrocarpon*, *S. aethiopicum* et *S. scabrum*)

III.2.1. Déterminer la dépendance mycorhizienne relative (DMR) de quelques espèces de *Solanum*

Les champignons mycorhiziens arbusculaires sont des microorganismes bénéfiques du sol qui peuvent réaliser une symbiose avec le système racinaire des plantes telles que la tomate, le maïs et le sorgho (Tinker, 1984 ; Ho and Trappe, 1973 ; Nwaga et *al.*, 2004). Les résultats obtenus montrent que, la symbiose des CMA avec les espèces de *Solanum* produit des ratios biomasse racinaire sur biomasse aérienne (R/A) plus élevés (2–3) comparés aux plants non inoculés (témoin (1–2)). En somme, la mycorhization stimule le développement racinaire des plants de *Solanum*. Cette stimulation serait causée par l'amélioration de la nutrition minérale des plantes mycorhizées. Ces résultats sont semblables à ceux de Saar et *al.*, (2013) qui ont montré que l'inoculation des endomycorhizes permet d'augmenter la biomasse des plants de deux variétés (Atlas et Aïda) de pommes de terre de 48 % et 47 % respectivement comparés aux témoins. Dans le même ordre d'idée, (Sanders & Tinker 1971 ; Caris et *al.*, 1998) indiquent que, la mycorhization permet aux racines de mieux exploiter le sol et d'améliorer la nutrition hydrominérale des plantes. Permettant ainsi d'augmenter la biomasse et la croissance des plantes.

La dépendance mycorhizienne des plantes traduit la différence de biomasse entre les plantes inoculées et celles non inoculées (Plenchette, 1991). Ce travail révèle que, *Solanum macrocarpon* produit une DMR largement supérieur à toutes les autres espèces de *Solanum* étudiées. Ces résultats montrent que les plants de *S. macrocarpon* dépendent significativement de la mycorhization. Toutefois, la différence de dépendance observée entre des espèces ou variétés végétales dépendrait de l'efficacité de ces derniers à former une association symbiotique très efficace avec les différentes souches de CMA. Ces résultats sont en conformité avec les travaux de Diallo et *al.*, (2002) qui ont démontré que la DMR des plants de *Jatropha* varie selon les souches de CMA et les variétés de *jatropha* utilisées. En effet, Diallo et *al.*, (2002) ont obtenus des biomasses importantes avec les plants inoculés de la variétés 'Keur Séga'. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées avec les souches *G. aggregatum*, *G. fasciculatum* et *G. spp.*

Néanmoins, aucune différence significative sur la biomasse n'a été notée entre les plants inoculés de *S. scabrum* et ceux non inoculés. Ces résultats sont en désaccord avec ceux de Mbouapouognini et al., (2002) qui ont démontré que l'inoculation des CMA améliore la biomasse de deux cultivars de *Solanum nigrum* (Bamenda et Foubot) de 60 % et 128 % respectivement comparé aux plants non inoculés. En effet les résultats obtenus pourraient être la cause d'une compétition entre les microorganismes endogènes du sol et les souches introduites (Duponnois & Garbaye, 1990).

III.2.2. Évaluer l'influence de la thermothérapie sur la qualité des plants de *Solanum macrocarpon*

La thermothérapie du substrat non combiné aux CMA a produit un meilleur taux de levée (80 %) ainsi que de bonnes caractéristiques agronomiques par rapport aux autres traitements. Toutefois les plants obtenus des substrats traités par thermothérapie ou non mais tous inoculés des CMA ont produit un taux de levée supérieure à la moyenne (55 % et 50 %). Ces résultats sont conformes à ceux de Brown et al., (1990) et de Magid et al., (1995) qui ont démontré que, la solarisation favorise la germination et la levée des graines. Tandis qu'en champs, les plants en provenance du substrat traité par thermothérapie combiné aux CMA ou non ont produit des rendements nettement inférieurs comparés aux plants en provenance des substrats non désinfectés par thermothérapie inoculés des CMA ou non. Ces résultats pourraient être expliqués par le fait que les plantules issues du substrat non désinfecté par thermothérapie auraient développées des mécanismes de résistances dues aux multiples agressions répétées que l'on ne retrouverait pas sur un substrat désinfecté par thermothérapie Jacques Urban, (2008). Il note également qu'une mycorhization importante des plantules pour de nombreuses espèces ne peut se faire dans un sol désinfecté. En effet, les plants de *S. macrocarpon* inoculés des CMA sur un substrat désinfecté par thermothérapie ont produit des rendements (feuilles= 119 g ; fruits= 57 g ; graines= 44 g) largement inférieurs par rapport aux plants inoculés des CMA sur un substrat non désinfecté (feuilles= 49 g ; fruits= 183 g ; graines= 93 g). Ces résultats sont en désaccord avec ceux de Megueni & al., (2009) qui n'ont noté aucune différence significative de l'effet combiné de la solarisation et de l'inoculation rhizobienne sur les paramètres de croissance du Soja.

III.2.3. Tester l'effet de la protection biologique (CMA, mélange d'huiles végétales, thermothérapie du substrat) sur les bio-agresseurs et la production de *Solanum macrocarpon*.

De nombreux travaux ont mis en évidence l'action des huiles végétales sur la longévité des bio-agresseurs des cultures. En effet les huiles végétales utilisées, ont permis de réduire

l'évolution de l'incidence du flétrissement (15 %) sur les plants de *S. macrocarpon*. Jenny, 2000 et Oxenham et al., 2005 ont montré que les huiles de provenance végétales présentent des activités antifongiques contre divers pathogènes. Ces résultats sont en accord avec ceux de Doumbouya et al., (2012), qui ont montré que l'huile essentielle d'*Ocimum gratissimum* réduit de 26 % l'incidence de *Fusarium oxysporum* sur les plants de tomate.

Dans le même ordre d'idée, Paranagama et al., (2003) et Correia et al., (2013) ont respectivement montré que l'huile essentielle de citronnelle et l'huile de neem ont le potentiel de perturber la morphogénèse et le développement embryonnaire des insectes. Les résultats obtenus révèlent que les huiles végétales utilisées réduisent de 23 % l'incidence des dégâts causés par les ravageurs sur les plantes de *S. macrocarpon*. Les résultats obtenus sont similaires à ceux de Hossain & Poehling 2006 qui ont montré que l'huile de neem permet de réduire l'incidence de Diptera sur les plantes de tomates.

Les CMA peuvent non seulement améliorer la nutrition minérale et la tolérance aux stress, mais aussi réduire l'impact des maladies et des ravageurs des cultures (Nwaga, 2010). Les résultats de la présente étude révèlent que, les traitements inoculés des CMA combinés ou non aux huiles végétales réduisent considérablement l'incidence des bio-agresseurs. Les résultats obtenus peuvent être comparés à ceux de (Whipps, 2004 ; Fritz et al., 2006) qui ont démontré que les champignons mycorhiziens affectent le développement des agents pathogènes dans le sol. Par ailleurs, les résultats obtenus démontrent également que, le traitement substrat désinfecté inoculé avec des CMA combiné aux huiles végétales (TTM+H+) réduit de manière considérable l'incidence du flétrissement ainsi que les dégâts causés par les ravageurs.

Il ressort des résultats obtenus que, la présence des CMA influence positivement les rendements en feuilles (217 g), fruits (183 g) ainsi qu'en graines (156 g) chez *S. macrocarpon*. La capacité des CMA à empêcher la fixation du phosphore mais à augmenter sa disponibilité, justifierait la croissance rapide des plants de *S. macrocarpon* mycorhizés comparé à ceux qui sont non mycorhizés (Sharma et Mittra, 1991). Ces résultats peuvent être corrélés à ceux de Lone et al., (2015) qui ont démontré l'effet bénéfique des CMA sur la croissance et la production des pommes de terre.

Par ailleurs les huiles végétales utilisées (huile essentielle de citronnelle et l'huile de neem) ont un effet significatif sur tous les paramètres étudiés et par conséquent permettent d'augmenter les rendements en feuilles (203 g - 341 g), fruits (66 g – 206 g) et graines (125 g – 165 g) des plantes de *Solanum macrocarpon*. Ces résultats sont en accord avec ceux de Diabaté et al., (2014) qui ont démontré que, les extraits de neem et de jatropha augmentent

significativement le nombre de fruits par plante de tomate et le rendement en général. Ainsi, comparé au témoin, le nombre et le poids de fruits par plant montrent respectivement des différences significatives de (6 ; 9 ; 11 et 9) et de (213 g ; 332 g ; 400 g ; 322 g) pour les traitements témoin; traitement avec les extraits des graines de neem; traitement avec les extraits des graines de jatropha; et le traitement avec les extraits fermentés des feuilles de neem (Diabaté et *al.*, 2014).

Le traitement (TTM+H+) thermothérapie du substrat combiné aux champignons mycorhiziens arbusculaires et aux huiles végétales (huile essentielle de citronnelle et l'huile du Neem) produit un effet extrêmement significatif sur les rendements en feuilles (341 g), fruits (206 g) et graines (165 g) de *Solanum macrocarpon*. En effet, la thermothérapie du substrat permet non seulement d'inhiber les microorganismes du sol mais aussi d'augmenter les rendements (Ngakou et al., 2006). Ces derniers ont montré que la solarisation du sol a permis d'augmenter de 26 % les rendements du Soja. Cependant, l'association de la solarisation du sol et les CMA a produit un meilleur taux de production du Soja (36 %). Les résultats obtenus peuvent être justifié par le fait que le traitement TTM+H+ est constitué des composantes ayant la capacité d'augmenter les rendements des cultures. Toutefois Cette combinaison (thermothérapie du substrat, mycorhization et huiles végétales) à notre connaissance est réalisée pour la première fois.

III.2.4. Itinéraire technique proposé pour la production des semences biologiques de *Solanum macrocarpon*

Extraction des semences	Semis et entretien de la pépinière	Préparation du sol	Repiquage	Entretiens	Récolte
Extraire les graines du fruit à l'aide d'un couteau. Ensuite les laver à grande eau dans un tamis de cuisine. A la fin de l'extraction laisser les graines dans de l'eau pendant environ cinq minutes; temps au bout duquel, uniquement les graines restées au fond du récipient sont récupérées puis sécher à l'ombre pendant 48 heures (Segnou et <i>al.</i>, 2012)	Faire la pépinière sous une ombrière dans des bacs avec une terre meuble et riche en matière organique (Anonyme, 2004). Ensuite Désinfecter le substrat par thermothérapie chaque semaine pendant quatre semaines. Introduire environ 25 – 30 g de CMA sur les lignes de semis d'une profondeur d'environ 2 cm et semer les graines dans les lignes de semis d'environ 1 m de longueur (Anonyme, 2015). Arroser deux fois par jour puis réduire la fréquence d'arrosage avec le développement des plantules (Anonyme, 2004).	Défricher et labourer la parcelle puis faire le piquetage avant la transplantation des jeunes plantules (Anonyme, 2004). Eviter les parcelles ayant précédemment reçu des Solanacées (tomate, piment, morelle noire, etc.) (Anonyme, 2004).	Repiquer les jeunes plants 4–6 semaines après semis lorsqu'ils ont 5–6 feuilles, vigoureux et sains dans des poquets de 20 cm de profondeur pour un espacement de 1,00 m × 50 cm (Anonyme, 2004). Si nécessaire ré-inoculer les CMA par trempage des racines dans le produit (Anonyme, 2015). Bien tasser la terre sous les racines des plants et arroser de manière adéquate immédiatement après repiquage, afin de favoriser la bonne reprise (Anonyme, 2004).	Sarcler et biner régulièrement surtout en début de la culture pour permettre une bonne infiltration de l'eau. Arroser régulièrement de manière systématique (Anonyme, 2004). Traiter les plants chaque semaine avec un mélange de 15 ml d'huile essentielle de citronnelle, 10 ml d'huile de neem et 10 ml de savon dans 20 litre d'eau.	La première récolte des feuilles intervient une semaine après la floraison qui a lieu en général 8–12 semaines après le repiquage (Anonyme, 2004). Les feuilles sont récoltées lorsque les plantes atteignent environ 20 cm. La récolte peut se faire pendant un an s'il n'y a pas de sécheresse intense (Anonyme, 2004).

CHAPITRE IV CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CHAPITRE IV : CONCLUSION ET PERSPECTIVES

IV.1.CONCLUSION

Au terme de ce travail de recherche à vocation professionnalisant, l'objectif principal de cette étude est le développement d'une méthode de production et de protection biologique des cultures de quelques espèces de *Solanum* spp.

Les résultats obtenus révèlent que :

- La symbiose des champignons mycorhiziens arbusculaires avec les espèces de *Solanum*, produit une réponse positive sur la biomasse des *Solanum*.
- *Solanum macrocarpon* a une dépendance mycorhizienne relative (DMR) supérieure à celle de *Solanum aethiopicum* et *Solanum scabrum*.
- La thermothérapie du substrat améliore la qualité agronomique des plants de *Solanum macrocarpon* en pépinière.
- La thermothérapie du substrat combiné aux CMA ne produit pas d'effet significatif sur la qualité agronomique des plants de *S. macrocarpon* en pépinière et ne favorise pas le rendement de ce dernier en champs.
- l'association du mélange huile végétale avec les CMA permet de réduire significativement l'évolution de l'incidence des bio-agresseurs chez les plantes de *Solanum macrocarpon*.
- La combinaison thermothérapie du substrat, CMA et huiles végétales est une excellente technique de production et de protection biologique de *S. macrocarpon* car elle permet d'augmenter les rendements (feuilles, fruits et graines) et réduit significativement l'évolution de l'incidence des bio-agresseurs chez *S. macrocarpon*.
- L'itinéraire technique qui est proposé a pour intérêt de promouvoir une gestion biologique intégrée afin de réduire l'utilisation abusive des pesticides de synthèse sur les cultures maraichères.

IV.2.PERSPECTIVES

En perspectives, il serait intéressant de:

- recommencer les expérimentations en début de saison pluvieuse ;
- tester des doses différentes du mélange huile essentielle de citronnelle et l'huile de neem
- déterminer la nature de l'agent pathogène responsable du flétrissement chez *Solanum macrocarpon* ;
- répéter l'expérimentation sur divers types de sol ;
- répéter l'expérimentation en variant les souches de champignons mycorhiziens arbusculaires ;

BIBLIOGRAPHIE

- Abbott L.K., Robson A.D. & Boer G., 1984. The effect of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. *New Phyto*, 97: 437–446.
- Adeniji O.T., Kusolwa P. & Reuben S. W., 2013. Morphological descriptors and micro satellite diversity among scarlet eggplant. *J. Cod.*, 8: 530 - 536.
- Akther A., Karin H., Gerhard S., & Siegrid S., 2015. Compoost and biochar alter mycorrhization, tomato root exudation, and development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *fron. in pl. sc.*, 6: 11p
- Ahmady A.S., Nasrolahi O.A., Jafari N., Mostafapour M.J. & Kia S.M., 2012. Antibacterial effects of *Lavandula Stoechas* essential oil, on gram positive and negative bacteria in vitro. *Medical Labo. J.*, 6(2): 34-41.
- Alam S. N., Hossain M. I., Rouf F. M. A., Jhala R. C., Patel M. G., Nath L. K., Sengupta A., Baral K., Shylesha A. N., Satpathy S., Shivalingaswamy T. M., Cork A. & Talekar N. S., 2006. Control of eggplant fruit and shoot borer in South Asia. *Tech. Bul.* 36, 6 (672): 74p
- Aldrich J. R., 1995. Testing the “ new associations ” biological control concept with a Tachinid parasitoid (*Euclytia flava*). *J. chem. Ecol*, 2(17): 1031-1042.
- Anonyme 1, 1953. A monograph of the fungus *Cercospora*. Cornell Univ. Ithaca, 667 p.
- Anonyme 2, 1965. Aliments de l'Ouest Africain. ORANA, 39p.
- Anonyme 3, 1968. Food composition table for use in Africa. *FAO*: 306 pp.
- Anonyme 4, 1971. The genus *Fusarium*. Fr. C.M.I. Kew., 237 p.
- Anonyme 5, 1981. Etude de la consommation des légumes à Pikine-Guédiawaye (Dakar). ISRA/CDH, 32 p.

- Anonyme 6, 1986. Synthèse des travaux de sélection créatrice réalisés sur le jaxatu. ISRA/CDH, 30 p.
- Anonyme 7, 2000. Bases écologiques de la protection des cultures. INRA, 41p.
- Anonyme 8, 2004. Légume Indigènes Africaine. Présentation des espèces cultivées. Margraf Publisher CTA, 482p.
- Anonyme 9, 2008. About the family solanaceae. Natural History Museum (NHM). 244 pp.
- Anonyme 10, 2008. *Le neem, un insecticide biologique efficace*, Rapport d'activités. Université Paul sabatier, 14p.
- Anonyme 11, 2013. Huile végétale. *consoglobe*. 18p.
- Anonyme 12, 2015. Huile de graines de pin maritime. *océopin*. 5p.
- Anonyme 13, 2016. Molecular Analysis of biofield treated eggplant and watermelon crops. *Trivedi Science*, 208 p.
- Anonyme 14, 2016. Philippine medicinal plant. Stuart xchange org, 14p.
- Bagyaraj D. J., 1992.. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *In* Arora D.R., Rai B., Mukerji K.G., & Knudsen G.R., (eds). *Handbook of applied mycology*. INC: 3-34 p.
- Bahraminejad S., Asenstorfer R.E., Williams K.J., Hayasaka Y., Zwer P. K., Riley I. T. & Schultz C.J., 2008. Metabolites correlated with cereal cyst nematode resistance in oats (*Avena sativa*) identified using single seed descent lines. *Nematologia Mediterranea*, 36: 145-152.
- Bahraminejad S., Amiri R. & Abbasi S., 2015. Anti-fungal properties of 43 plant species against *Alternaria solani* and *Botrytis cinerea*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48: 336-344.
- Bationo-Kando P., Sawadogo B., Nanema K. R., Kiebre Z., Sawadogo N., Kiebre M., Traore R. E., Sawadogo M., Zongo J.-D., 2015. Characterization of *Solanum aethiopicum* (Kumba group) in Burkina Faso. *I.J.S.N.*, 6(2): 169-176.

Bélanger A. & Musabyimana T., 2005. Le neem contre les insectes et les maladies. *In*: Journées

Horticoles 2005, 4p.

Bethlenfalvay G.J. & Linderman R.G., 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. *ASA Special no.*, 54p.

Benhamou N., Floch G., Gerbore J., Grizard D. & Rey P., 2012. *Pythium oligandrum*: an example of opportunistic success. *Microbiology*, 158: 2679-2694.

Bouhot D. & Mallamaire A., 1965. Les principales maladies des plantes cultivées au Sénégal. *Grande. imprimerie. africaine*, Dakar, 159 p.

Bruneton J., 1999. *Pharmacognosie. Phytochimie, plantes médicinales*. Lavoisier, Paris, 915p.

Bukenya Z. R. & Hall. J., 1987. Six cultivars of *Solanum macrocarpon* (Solanaceae) in Ghana.

Bothalia, 17(1): 91-95.

Bukenya, Z. R. & Carasco J. F., 1995. *Solanum* (Solanaceae) in Uganda.

Bothalia, 25(1), 43-59.

Caris C., Hord T., Hawkins H.J., Romheld V. & George E., 1998. Studies iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. *Mycorrhiza*, 8: 35-39.

Chandler D., Alastair S., Bailey G., Marck T., Gill D., Greaves J., Wyn P., 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos. Trans. R. Soc.*, 366(1573): 1987-1998.

Correia A.A., Wanderley-teixeira V., Teixeira A.C., Oliveira J.V., Goncalves G.G.A., Cavalcanti M.G.S., Brayner F.A. & Alves L.C., 2013. Microscopic analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. *J. Econ. Entomol.*,

106 (2): 747-755.

Déclert C., 1990. *les maladies des plantes maraîchères en Côte-d'Ivoire*.

Paris: O RSTOM, 125p.

Deravel J., Krier F. & Philippe J., 2014. Les biopesticides, compléments et alternatives aux Produits phytosanitaires chimiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* , 2(18): 220-232.

Diabaté D., Ayekpa Gnago J., Koffi K. & Tano Y., 2014. The effect of pesticides & aqueous extracts of *Azadirachta indica* (A.juss) and *Jatropha carcus* L. on *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Helicoverpa armigera* (Hübner) found on tomato plants in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 80: 7132-7143

Doumbouya M, Abo K, Lepengue A., Camara B, Kanko K., Aidara D., Kone D., 2012.

Activités comparées invitro de deux fongicides de Synthèse et de deux huiles

Essentielles, sur des champignons telluriques des cultures maraîchères en Côte d'ivoire.

J. A. Biosc , 50: 3520–3532.

Duponnois R. & Garbaye J., 1990. Some mechanism involve in growth stimulation of ectomycorrhizal fungi by bacteria. *Can. J. Bot.*

Edmonds, Jennifer M. & J. A. Chweya, 1997. *Solanum nigrum* L. and related species.

Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. *In* W. Curtis (ed) *Black nightshades*. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research,

Gatersleben/International plant genetic resources institute, Rome, Italy, Vol. 15: 5-88

Egli S., & Brunner I., 2002. Les mycorhizes: une fascinante biocénose en forêt. *Institut fédéral*

de recherches WSL, 35: 8p.

Fankem H., Jishuang C., Lihong C. & Jian H., 2001. Occurrence of a Severe Mosaic Infecting

- African Eggplant (*Solanum macrocarpon* L.) and its Pathogens in Cameroon. *Pakistan journal of Biological Sciences*, 4(9): 1114-117.
- Fondio L.N., N'tamon F.N., Hala & Djidji H. A. 2008. Evaluation agronomique de six cultivars d'aubergine africaine (*Solanum* spp.) de la nouvelle collection des plantes légumières du CNRA. *Agro. Afri*, 20 (1) : 69 - 79.
- Fontem D. & Schippers R. R., 2004. *Solanum scabrum*. In: Grubben G. J. H. & Denton O. A (eds). Plant Wageningen. Plant Resources of Tropical Africa, Netherlands: 493-498.
- Fortin J.A., Plenchette C. & Piche Y., 2008. *Les mycorhizes la nouvelle révolution verte*. Multi Mondes, Québec, 131P.
- Fortin J.A., 2013. Les mycorhizes en agriculture et horticulture : le model canadien. *Jardins de France de la société nationale d'hoticulture de France et de ses sociétés adhérentes*, 622: 14-15.
- Garbaye J., 2013. Une association entre les plantes et les champignons. In: Quane (eds). La symbiose mycorhizinne. Amazon, France: 5: 135p.
- Gherardi & Aquiloni 2010. The use of sex pheromones for the control of invasive Populations of the crayfish *Procambarus clarkia*, a field study. *Hydrobiologia*, 249-254.
- Harley J., & Smith S. E. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press Inc, London: 483p.
- Harley, J., 1989. The significance of mycorrhiza. *Mycological Research*, 92: 129-139.
- Ho, I. & Trappe, J. M., 1973. Translocation of ¹⁴C from *Festuca* plants to their endomycorrhizal fungi. *Nature*. 244: 30–31 p.
- Hooker I. E. & Black K. E., 1995. Arbuscular mycorrhizal fungi as components of sustainable Soil-plant systems. *Crit. Rev. Biotechnol*, 15: 201-212.

- Hossain, M.B. & Poehling, H.M., 2006. Effects of a Neem-based insecticide on different Immature life stages of the leaf miner *Liriomyza sativae* On tomato. *Phytoparasitica*, 34: 360-369.
- Jaizme-Vega M., Esquivel D.M., Dominguez P.T. & Rodriguez A.S., 2002. Effets de la mycorrhization de deux cultivars de bananiers issus de la micropropagation. *Infomusa*, 1(11), 25-28.
- Jenny, J., 2000. Essential Oil: A new idea for postharvest disease control. Sydney Postharvest Laboratory Sheet. *Good Fruit and Vegetables magazine* 11(3): 50pp.
- Karagiannidis N., Bletsos F., & N. Stavropoulos, 2002. Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root Colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant Seedlings: *Scientia Horticulturae*, 94: 145-156.
- Klarzynski O. & Fritig B., 2001. Stimulation des défenses naturelles des plantes. *ScienceDirect*, 324 (10): 953-963.
- Kormanik, P. P. & Mc Graw, A.C., 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal In plant roots. In: Schenck NC (ed) *Methods and principles of mycorrhizal research. American Phytopathological Society*. St. Paul, 37-45 p.
- Lambers H., Mougel C., Jaillarrd B. & Hinsinger P., 2009. Plant-microbe-soil interactions in The rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant Soil*, 321: 83-115.
- Leng P., Zhiming Z., Guangtang P. & Maojun Z., 2011. Applications and development trends In biopesticides. *Afr. J. Biotechnol.*, 10 (86): 19864-19873.
- Le Tacon F. & Selosse M. A., 1994. La place des symbioses mycorrhiziennes dans l'évolution Et la colonisation des continents par la vie. p 405-419.
- Liliana J. 2007. *Etude des risques lies a l'utilisation des pesticides organochlorés et impact*

- Sur l'environnement et la santé humaine*. Thèse Université Claude Bernard - Lyon, 180p.
- Lucas P., 2007. Le concept de la protection intégrée des cultures. *Innovations Agronomiques* 1: 15-21p.
- Mateille T. & Netcher C., 1985. Temporary protection of egg-plant from *Meloidogyne incognita* by minute quantities of isazophos and aldicarb applied at seedling Stage. *Rev. Nematol.*, 5 (1): 41-44.
- Mathela, Vinod K. & Chandra S., 2017. Toxicity and repellent effect of essential oils and a Major component against *Lipaphis erysimi*. *J. Crop Prot.*, 1: 16p.
- Maymouna S., 1993. Etude biologique de quelques aspects de la maladie foliaire causée par *Stemphylium solani* weber sur *Solanum aethiopicum* L. Gr. Kumba var. soxna. Thèse, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 122 p.
- Mbouapouognigni V. & Damesse F., 2002. Rapport du diagnostic des contraintes de Production en maraîchage au projet pôle de développement rural de Sa'a-Ntui-Sangmelima. *Enquête maraîchage*, 1: 114p.
- Megueni C., Ngakou A., Ousseni H. & Massai A., 2009. Study of the isolation and Characterisation of rhizobia strains as biofertilizer tools for growth Improvement of four grain legumes in Ngaoundéré-Cameroon. *Int. Biol. Sci.*, 3 (5): 1078-1089.
- Neleyo I., 2000. Essai de fertilisation de la morelle noire (*Solanum scabrum*) sur un sol Ferrallitique des hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun. Mémoire Ingénieur Agronome, *University of Dschang, Cameroon*. 61 pp.
- Newsham K. K., Fitter A .H. & Watkinson A .R., 1995. Multi-functionality and biodiversity in Arbuscular mycorrhizas. *Trends Ecology and Evolution*, 10: 407-411.

- Ngakou A., Megueni C., Makalao M.M. & Kameni T.D., 2006. Responses of Soybean (Glycine max) to soil solarization and rhizobial field inoculation at Dang Ngaoundere, Cameroon. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5 (5): 832-837.
- Nwaga D., 1997. Production pilote de bio-fertilisants rhizobien et mycorrhizien au Cameroun : Intérêt et contraintes. *Cam. J. Biol. Biochem. Sci.*, 7 (1): 16-23.
- Nwaga D., Omoloko C., Nfonfu A., Kengni E., Titanji V. P. K., 2000. Caracterisation des proteines de reserve des graines d'arachides (*Arachidis hypogea L.*) et du niébé (*Vigna unguiculata L.*). *Agronomie Africaine* 12 (3): 115- 126.
- Nwaga, D., Ambassa-Kiki, R., Ngonkeu-Mangaptché, E.L. & Tchiegang-Megueni, C., 2004. Selection of arbuscularmycorrhizal fungi for inoculating maize and Sorghum grown in Oxisol/Ultisol and Vertisol in Cameroon. *In*: Bationo A (ed) Managing nutrient cycles to sustain soil fertility in sub-Saharan Africa. *Academy Science Publishers (ASP)/Tropical Soil Biology and Fertility Institute of CIAT*, Nairobi 467-486.
- Nwaga D., Jansa J., Abossolo A. M. & Frossard E., 2010. The Potential of Soil Beneficial Micro-Organisms for Slash-and-Burn Agriculture in the Humid Forest Zone Of Sub-Saharan Africa. *In* Dion (ed.). *Soil Biology and Agriculture in the Tropics*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg: 81-107.
- Nwaga D., Ngo Nkot L., Ngo Bissec M., Fankem H., Adamou S., Kamguia K. & Ngakou A., 2015. Isolation and Screening of Indigenous Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) Nodulating Bacteria for their Tolerance to Some Environmental Stresses. *American Journal of Microbiological Research*, 3 (2): 65-75pp.
- Opeyemi A., Opeoluwa O., Rungqu P., Nkeh C. B. & Adebola O., 2015. *Cymbopogon* Species;

- ethnopharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance.
- Molecules*, 20: 7438-7453.
- Oxenham S.K, Svoboda K.P, Walters D. R., 2005. Anti fungal Activity of the Essential Oil of Basil (*Ocimum basilicum*). *J. Phytopathology* 153: 174-18.
- Paranagama P., Abeysekera K., Abeywikrama K., Nugaliyadde L., 2003. Fungicidal and anti-aflatoxigenic effects of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (lemongrass) against *Aspergillus flavus* isolated from stored rice. *Applied Microbiology*, 37 (1): 86-90p.
- pintureau b., 2009. *La lutte biologique. Application aux athropodes ravageurs et aux adventices*. ellipses editions, paris, 261p.
- Plenchette C., Fortin J. A., & Furlan V., 1983. Growth response of several plant species in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant and Soil*, 199-209.
- Plenchette C., 1991. *Utilisation des mycorrhizes en agriculture et en horticulture. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées*. Lavoisier Tech. et Doc., Paris, 131- 196.
- Sakhanokho M., Hamidou F., Nurul I., Eugene K., Barbara J. S., Kanniah R. & Majid, 2014. Morphological and cytomolecular assessment of intraspecific variability in scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum* L.). *Journal of Crop Improvement*, 28 (4): 437-453.
- Sanders F. & Tinker P.B., 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by endogene mycorrhizas. *Nature*, 232: 278-279
- Schenck N. C., 1982. Methods and principles of mycorrhizal research. *American Phytopathological Society*, 2: 244p.
- Schippers, R. (2000). African indigenous vegetables. An overview of the cultivated species. *Natural Resources Institute/ACP-EU Technical Centre for Agricultural and*

- Rural Cooperation*, 2: 214 pp.
- Schüßler A., Schwarzott, D. & Walker C., 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. . *Mycological Research*. , 105: 1413-1421.
- Seck A., & Lester R. N., 2004. *Solanum aethiopicum* L. *Pl. Res. Tr. Afr.*, 4: 219-224.
- Segnou J., Amougou A., Youmbi E., 2012. Viabilité et développement des plantules de piments (*Capsicum annuum* L.) suivants différents matériels de conservation des semences. *Trop.*, 30 (1): 15-23.
- Sharma A.R. & Mittra B. N., 1991. Effect of different rates of application of organic and nitrogen fertilizers in a rice-based cropping system. *Jou. Agri. Sci.*, 117:313-318.
- Smith S. & Read D.J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic press, 2: 605p.
- Suty L., 2010. *La lutte biologique; vers de nouveaux équilibres biologique*. Educagri éditions, Versailles, 324p.
- Srivastava M. & Raizada R., 2007. Lack of toxic effect of technical azadirachtin during postnatal development of rats. *Food Chem. Toxicol.*, 45(3): 465-471.
- Szeto Y.T., Tomlinson B. & Benzie I. F., 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *Br. J. Nutr.*, 87: 55-59.
- Tinker, P.B., 1984. The role of microorganisms in mediating and facilitating the uptake of plant nutrients from soils. *Plant Soil*, 76: 77 – 91.
- Trotta A., Varese G. C., Gnani E., Fusconi A., Sampo S., & Berta G., 2006. Interactions between the soilborne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var.: parasitica and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants. *Plant and soil*, 185: 199.

Van der Heijden M.G.A., Klironomos J.N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwolf-Engel R., Boller

T., Wiemken A. & Sanders L. R., 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity ecosystem variability and productivity.

Nature, 396: 69-72.

Van Puyvelde L., Geysen D., Ayobangira F.X., Hakizamungu E., Nshimiyimana A. & Kalisa

A., 1985. Screening of medicinal plants of Rwanda for acaricidal activity.

Journal of Ethnopharmacology, 13 (2): 209–215.

Whipps J.M., 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens.

Canadian Journal of Botany, 82 (8): 1198-1227.

Yaghout N.F., Radjabi R. & Palvaneh N., 2013. A review on evaluation of plant essential oils

against pests in Iran. *Persian Gulf Crop Protection*, 2 (4): 74-97.

ANNEXES

Annexe1: Variabilité du système racinaire de quatre cultivars de *Solanum spp* inoculé et non-inoculé avec des CMA



A = racines inoculé avec des CMA ; B = racines non inoculé avec des CMA ; 1 = fruit vert (*Solanum macrocarpon*) ; 2 = petite feuille (*Solanum nigrum*) ; 3 = petit fruit rouge (*Solanum aethiopicum*) ; 4 = fruit ridé rouge (*Solanum aethiopicum*)

Annexe. 2 : Quelques espèces de *Solanum*



A: *S. macrocarpon*; B: *S. nigrum*; C: *S. aethiopicum*

Annexe. 3 : Autres matériels utilisés



a) Stéréo
microscope



b) Tamis



c) Autoclave



d)) Balance
électronique



e) Arrosoir



f) Ficelles



g) : Curlyplant



h) Décis

Annexe 4 : Caractéristiques physico-chimiques du sol de cette étude

	BLOC1	BLOC2	BLOC3
Code labo	1	2	3
<u>Texture (%)</u>			
Sable	57	51	54
Limon.	17	18	18
Argile	26	31	27
Classe texturale			
<u>réaction du sol</u>			
pH-eau	5.30	4.80	5.00
pH-KCl	4.50	4.00	4.10
<u>Matière Organique</u>			
carbone organique (%)	1.14	2.10	3.10
Matière Org. (%)	1.96	3.62	5.32
Azote total (g/kg)	0.98	1.82	2.66
C/N ratio	12	12	12
<u>Cations échangeables milliéquivalents/100g</u>			
Calcium	4.24	4.64	4.48
Magnésium	0.32	2.91	1.04
Potassium	0.3	0.1	0.3
Sodium	0.03	0.01	0.05
Sommes de bases	4.89	7.66	5.87
<u>acidité échangeable en méq/100g</u>			
H+Al (AE)	1.03	1.20	1.07
<u>capacité d'échange Cationique en méq/100g</u>			
Effective CEC	5.92	8.86	6.94
S/CECE (%)	83	86	85
CEC pH7	13	20	22
Saturation bases (%)	38	38	27
<u>phosphore assimilable en mg/kg</u>			
Bray II (mg/kg)	17.30	12.20	11.90

Annexe 5 : Influences des traitements ; désinfection du substrat avec de l'eau chaude, inoculation des CMA et du mélange HCN sur la taille de *Solanum macrocarpon*

Traitements	Taille des plantes (cm)	
	30 ^{eme} JAT	60 ^{eme} JAT
TTM+	10,2033a	51,5400bc
TTM-	6,4967cd	48,3167c
TEM+	6,6867cd	49,7133bc
TEM-	5,4467cde	48,0033c
TT+	8,8467ab	52,2700b
TT-	4,9967de	42,0067d
TEI+	5,4467cd	42,1733d
TEI-	3,8433e	48,2033c
TE+	7,3433bc	63,3000a
TE-	4,8933de	35,0633 ^e

Annexe 6 : fiche technique sur l'utilisation des CMA

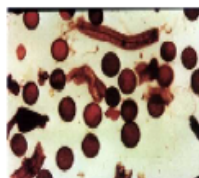
QUANTITE POUR L'INOCULATION *

Culture	Produit ¹ kg/ha	Application	Additifs possibles
Céréales (maïs, sorgho)	20-50	Enrobage	P rocheux, NPK (25%)
Légumi- neuses	40-100	Enrobage	Rhizobia, P rocheux, microéléments (Mo, Zn, S)
Pépinières (maraisières, fruitiers, arbres)	2-5 kg/m ² 5-30 g/plant	Ligne de semis, planting ou trempage de racines	Compost, NPK (10%) ² , P rocheux, S, dolomite, kiéssérite
Champ (diverses plantes)	1 kg/10 litres	Arrosage, enrobage ou poquet	Divers apports

*Il vaut mieux commander plusieurs mois à l'avance en précisant le type de culture et la quantité de semence ou le nombre de poquets.

¹ Indications moyennes sur la base d'une forte concentration en spores,

² BV réduire les quantités d'engrais pour maximiser l'efficacité.



Le produit au microscope

RECOMMANDATIONS

* Ne pas utiliser le produit périmé (il se conserve plus de 2 ans à sec).

* Eviter l'usage des pesticides mélangés au produit (insecticides et fongicides).

* Ce produit est vivant et donc périssable. Il est à manipuler avec précaution et ne peut être utilisé comme un engrais chimique, mais comme des semences.

* Inoculer les graines, tubercules, boutures, bulbes, ou plantules de manière à maximiser le contact produit/racines.

* Eviter l'usage de fortes concentrations en engrais surtout phosphaté au début de l'inoculation.

* Produit conserver au sec à l'abri du soleil ou de fortes chaleurs.

Nous recherchons des partenaires pour développer et vulgariser ce produit auprès des utilisateurs.

Pour plus d'informations contacter :

Pr NWAGA Dieudonné

E-mail: dnwaga@yahoo.fr

Téléphone: (237) 699.93.18.71.

Laboratoire de Microbiologie des Sols
Faculté des Sciences/Centre de Biotechnologie

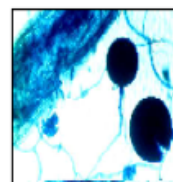
Université de Yaoundé I.

Agriculture biologique du Cameroun

AGRI BIO CAM

N° CE/GP/01/07/22831

BIO FERTILISANT MYCO



Mycorhize dans une racine

* Engrais biologique pour toutes les cultures (pépinières et champs)

* Augmente la croissance et les rendements

* Permet une production plus précoce

* Protège les cultures contre la sécheresse et certaines maladies et ravageurs des cultures

* Réduit les pertes de plants en pépinières

* Améliore qualité, goût et fermeté des aliments

* Contribue à restaurer la fertilité des sols et favorise l'agriculture bio en préservant l'environnement

***Produit Camerounais sélectionné et utilisé depuis près de 20 ans par les producteurs !**

5^e édition, Mars 2015, Université de Yaoundé I