

## Liste de abréviations

<b>% :</b>	pourcent
<b>°C :</b>	degré Celsius
<b>cm :</b>	centimètre
<b>DAOM :</b>	Herbier National de Mycologie du Canada
<b>g :</b>	gramme
<b>h :</b>	heure
<b>ha :</b>	hectare
<b>ISRA :</b>	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
<b>kg :</b>	kilogramme
<b>mg :</b>	milligramme
<b>MPN</b>	Most Probable Number
<b>ppm :</b>	parties pour mille
<b>t :</b>	tonnes
<b>UCAD</b>	Université Cheikh Anta Diop
<b>Aajac/Colufifa :</b>	Association africaine de la jeunesse agricole et culturelle/Comité de lutte pour la fin de la faim
<b>Ceraas</b>	Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse
<b>CRS:</b>	Catholic relief services
<b>Disa :</b>	Division des statistiques agricoles
<b>Ensa :</b>	Ecole nationale supérieure d'agriculture
<b>FAO :</b>	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
<b>IRHO</b>	Institut de recherches des huiles et oléagineux
<b>OMM :</b>	Organisation mondiale de la météorologie

Liste des figures

	Pages
<b>Figure 1</b> : Système racinaire de <i>Sesamum indicum</i> L. ....	5
<b>Figure 2</b> : Plante fleurie (A), coupe de la fleur (B), diagramme floral (C), section de l’ovaire (D), capsule (E) et section capsule de sésame (F) .....	7
<b>Figure 3</b> : Cycle de développement des <i>Glomus</i> : 1à 5 : stades de développement; C: contact racinaire; Fi : forme intraracinaire; M: maturation sporale; S: phase saprophytique; T: thalle.....	16
<b>Figure 4</b> : Dispositif expérimental de la détermination du MP .....	29
<b>Figure 5</b> : Dispositif expérimental pour la détermination du degré de dépendance des différentes variétés de sésame .....	31
<b>Figure 6</b> : Dispositif expérimental pour la réponse des couples sélectionnés sur sol non stérilisé.....	32
<b>Figure 7</b> : Photos racines de sésame mycorhizées .....	53
<b>Figure 8</b> : Comportement des plants de <i>Sesamum indicum</i> à 50 jours de culture.....	54
<b>Figure 9</b> : Biomasse aérienne sèche des plants de sésame en fonction de la variété et du champignon MA inoculé avec <i>Glomus mosseae</i> (Gm), <i>G. aggregatum</i> (Ga), <i>G. fasciculatum</i> (Gf), <i>G. manihotis</i> (Gma), <i>G. intraradices</i> (Gi), <i>G. verruculosum</i> (Gv), et le Témoin (T) non inoculé après 2 mois de culture .....	38
<b>Figure 10 a</b> : Croissance des plants de Ceraas 1-98 ; 32-15 ; PI 278-160 et de Jaalgon 128 .....	56
<b>Figure 10b</b> : Croissance des plants de PI 179-033 ; SN 98-86 ; SN 98-80 et de Primoca.....	56

## Liste des tableaux

Page

**Tableau 1:** Composition en acides gras et teneur en matière insaponifiable (MIS) de l'huile de sésame

.....  
13

**Tableau 2 :** Classification des glomeromycètes

.....  
17

**Tableau 3 :** Réponses de quelques plantes à l'inoculation par des souches de champignons mycorhiziens  
arbusculaires des genres *Glomus* et *Gigaspora*

.....  
18

**Tableau 4 :** Avantages et bénéfices des champignons MA

.....  
23

**Tableau 5:** Colonisation de quatre variétés de sésame par des souches de champignons MA

.....  
24

**Tableau 6 :** Performances des variétés en station

.....  
26

**Tableau 7:** Caractéristiques physico-chimiques du sable de plage

.....  
27

**Tableau 8** : Taux de mycorhization (%) des différentes variétés de sésame après deux mois de culture

.....  
34

**Tableau 9** : Dépendance mycorhizienne (%) de différentes variétés de sésame après deux mois de culture

.....  
36

**Tableau 10** : Gain de croissance (%) en fonction du champignon de différentes variétés après deux mois de culture.

.....  
49

**Tableau 11** : Taux de mycorhization, biomasse aérienne sèche, gain de poids et hauteur des plants des couples sélectionnés sur sol stérilisé

.....  
50

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Synthèse bibliographique.....</b>	<b>4</b>
1. Le sésame, <i>Sesamum indicum</i> L.....	4
1.1 Historique et distribution .....	4
1.3 Caractéristiques phénologiques .....	7
1.4 Conditions écologiques de culture .....	8
1.5 Culture du sésame .....	8
1.6 La récolte des fruits et utilisation post-récolte des produits .....	12
2. La symbiose mycorhizienne .....	15
2.1 Les Champignons Mycorhiziens Arbuscules (MA).....	15
2.2 Taxonomie des champignons MA.....	16
3. Dépendance mycorhizienne des plantes .....	17
4. Rôle des champignons MA dans la nutrition hydrominérale des plantes .....	19
4.1. Rôle dans l'alimentation hydrique .....	19
4.2 Rôle dans la nutrition phosphatée.....	19
4.3 Les champignons mycorhiziens et la nutrition azotée des plantes .....	20
4.4 Les champignons MA et la protection phytosanitaire des plantes.....	21
5 Avantages et bénéfices des champignons mycorhiziens en agriculture .....	21
6. Mycorhization du sésame ( <i>Sesamum indicum</i> L.).....	23
<b>Matériel et méthodes.....</b>	<b>26</b>
<b>1- Sites d'étude.....</b>	<b>.....</b>
1- Matériel végétal.....	26
2- Matériel fongique.....	26
2.1- Production d'inoculum.....	27
2.2- Inoculation des cultures.....	28

2.3- Coloration des racines.....	28
3- Potentiel mycorhizogène (MPN) du sol des sites d'étude.....	28
3.1- Préparation des sols et conduite de la culture .....	28
3.2- Observation et estimation du MPN.....	30
4- Dispositifs expérimentaux.....	30
4.1- Détermination du degré de dépendance des différentes variétés de sésame à l'inoculation mycorhizienne arbusculaire.....	31
4.2- Etude du comportement des couples sélectionnés sur sol non stérilisé.	31
5- Paramètres mesurés .....	40
6- Analyses statistiques .....	41
<b>Résultats.....</b>	<b>33</b>
1- Détermination du degré de dépendance des différentes variétés de sésame à l'inoculation mycorhizienne arbusculaire .....	33
1.1- Mycorhization .....	33
1.2- Développement végétatif .....	36
2- Etude de la mycorhization sur la croissance et la biomasse aérienne des couples choisis cultivés sur sol non stérilisé .....	43
2.1- Mycorhization .....	43
2.2- Développement végétatif .....	44

# Introduction

Depuis plus de trois décennies, le Sénégal, à l'instar de la plupart des pays du Sahel, connaît des irrégularités pluviométriques qui ont conduit à un établissement progressif de la sécheresse. Ce contexte a souvent entraîné une réduction persistante de la production de l'arachide considérée jusque là comme l'une des principales cultures de rente et aussi des cultures vivrières comme le mil, le maïs, le sorgho (www.fao.org). Cette baisse progressive tend ainsi à accentuer la pauvreté en milieu rural avec une incidence de plus de 85 % de la population, taux sensiblement supérieur à la moyenne de 60 % pour l'ensemble de la population sénégalaise (PNUD, 2001). En plus, la production alimentaire ne suivant pas le rythme de l'accroissement démographique dans les pays sous développés (ONUDI, 1985 ; CAREL, 1988), les besoins croissants en terres cultivables peuvent entraîner leur surexploitation et ainsi une baisse progressive de leur niveau de fertilité. L'autosuffisance devient un des principaux objectifs du Sénégal pour une agriculture durable. Ainsi, une satisfaction des besoins alimentaires des populations à travers une bonne politique de sécurité alimentaire s'impose. La diversification des cultures se montre de plus en plus comme une solution aux problèmes posés. C'est dans ce contexte que les autorités ont mis en place un programme de diversification des cultures pour une meilleure sécurisation des productions destinées à l'exportation. C'est ainsi que le sésame (*Sesamum indicum* L.), plante oléagineuse à utilisations alimentaires multiples et à culture facile a été introduit dans le cadre du programme agricole « Diversification des cultures » du Sénégal (ISRA, 1998 ; MAE, 2003) pour assurer la sécurité alimentaire et financière des agriculteurs.

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante des régions chaudes situées généralement dans les zones tropicales et intertropicales connue pour ses besoins modestes en eau et en fumure (Purseglove, 1984). Son importance économique est surtout liée au fait que sa graine est riche en huile de qualité (50%) et une composition en protéines (25%) comparable à celle de la viande (Yermanos et al., 1964; FAO,1999).



# **Synthèse bibliographique**

## 1. Le sésame, *Sesamum indicum* L.

### 1.2 Historique et distribution

Le sésame, *Sesamum indicum* L. est une plante oléagineuse longtemps cultivée par les hommes. C'est une plante riche en huile de qualité et est aussi utilisée pour la thérapie. (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Mulkey et *al.*, 1987 ; OMM, 1991). Son origine est probablement africaine par la présence de souches sauvages de la plupart des espèces du genre *Sesamum* (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984). Il serait entré en culture en Ethiopie d'abord et c'est par la suite qu'il a été introduit en Asie notamment en Chine et en Inde et l'extension vers les Etats-Unis fut l'œuvre des esclaves durant la période de la traite négrière (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984, Yermanos, 1980 cité par Yahya, 1998).

La culture du sésame est spécifique des zones tropicales et subtropicales qui sont généralement comprises entre les latitudes 25° N et 25°S mais aussi dans les zones tempérées chaudes (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984; OMM, 1991; Yahya, 1998). Au Sénégal, le sésame est cultivé dans les régions orientales sud à Kolda et Tambacounda et les centres nord et sud du bassin arachidier à Kaolack (Mémento de l'agronome, 1991 ; 2002).

### 1.2- Position taxonomique et description botanique

#### 1.2.1- Position taxonomique



**Figure 1** : Plante de sésame (source : Diouf, 2003)

Le sésame *Sesamum indicum* L. est une plante appartenant à la tribu des Sésamées, à la famille des Pédaliacées, à l'ordre des Tubiflorales, à la classe des Dicotylédones, à la sous-division des Angiospermes et à la division des Spermaphytes (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984 ; Lebrun & Stork ,1997). Le genre *Sesamum* compte 36 espèces dont certaines sont oléagineuses comme *Sesamum indicum* L. (OMM, 1991), *Sesamum angolense* avec une teneur en huile d'environ 28%, *S. radiatum* Schum. et Thom. cultivé surtout pour l'alimentation des ovins, *S. alatum* Thom. , *S. prostratum* Retz. et *Ceratotheca sesamoides* Endl. (37% d'huile) (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984). Cependant quelques synonymies de *Sesamum indicum* L. existent dans la littérature. On peut citer *S. orientale* L. ; *S. occidentalis* H&R ; *S. luteum* Hort. et *S. oleiferum* Moech. (Weiss, 1971 ; Lebrun & Stork ,1997).

### 1.2.2- Description botanique

#### • Appareil aérien

Le sésame, *Sesamum indicum* L. est une plante annuelle à port droit pubescent, à tige de section carrée dont la taille varie entre 60 cm à 120 cm selon les variétés et les conditions de cultures. Selon Weiss (1971) le degré de pubescence traduit une résistance à la sécheresse. On distingue des variétés non ramifiées ou monocauls, des variétés ramifiées et des variétés très ramifiées.

Les feuilles de couleur verte sont poilues avec des stomates sur les deux faces. Les dimensions des feuilles varient et peuvent atteindre jusqu'à 17,5 cm de long et 7 cm de large. Les feuilles peuvent être opposées lorsqu'elles sont situées à la base de la tige ou alternes pour celles situées plus haut sur la tige. Ces dernières ont une forme effilée, lancéolées et étroite avec un pétiole court tandis que les feuilles inférieures sont plus larges, lobées avec un long pétiole (Weiss, 1971).

Les fleurs chez le sésame sont tubulaires, pendulantes en forme de cloche de couleur pourpre pâle, rose à blanchâtre mesurant 1,9 à 2,5 cm de long. Les fleurs sont individualisées ou parfois regroupées en deux ou trois fleurs (racème) par axe et apparaissent à l'aisselle des feuilles.

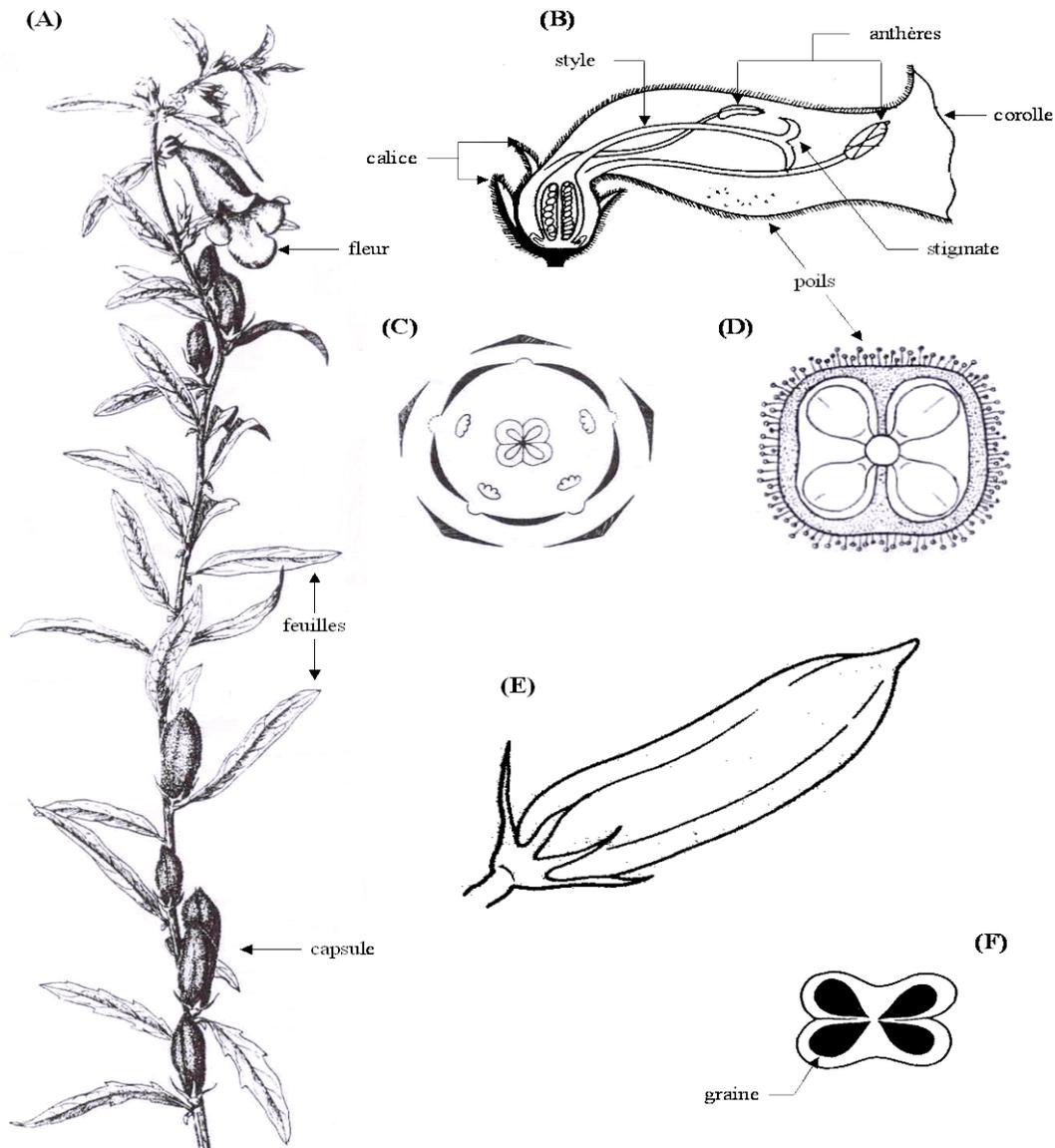
Le sésame est autogame avec un nombre de chromosomes total  $2n = 26$ . Les fleurs sont zygomorphes et sont autofécondes. Elles sont gamopétales avec un calice à 5 sépales et une corolle à 5 lobes. Corolle et calice sont tous pubescents.

Les étamines fertiles au nombre de 4 forment l'androcée. Les anthères sont portées par des filets basifixes. Les étamines s'individualisent par deux formant deux paires

inégaies. La plus courte mesure 1,5 cm maximum et la plus longue 2cm. Les graines de pollen produites par les anthères tôt le matin, sont viables 24h durant.

Le gynécée comprend un ovaire à 2 carpelles contenant 15 à 25 ovules répartis dans 4 loges. Ces ovules sont disposés en position axillaire (Mazzani, 1964). L'ovaire est sessile et supère. Le style simple est composé d'un stigmate bifide et peut être réceptif un jour avant et deux 2 jours après l'épanouissement floral. Cependant Schilling & Cattan (1991) fixe la période de réceptivité du stigmate à 4 jours après l'ouverture de la fleur. C'est un style terminal, pubescent mesurant 2 cm environ (Weiss, 1971). Les fleurs de sésame sont autofécondées pour la plupart. Cette autofécondation est possible par la disposition des anthères qui ne libèrent les graines de pollen qu'à l'intérieur de la fleur en rapport avec leur disposition introrse. Néanmoins la fécondation croisée par l'intermédiaire d'insectes ou du vent est souvent observée (Weiss, 1971). Après fécondation et ouverture de la fleur, les pétales et les étamines tombent au bout de 15 à 20h.

Les fleurs fécondées donnent des capsules au bout de 9 jours après leur ouverture. Ces capsules ont une taille de 1 à 3 cm et sont pubescentes ou glabres selon les variétés, de couleur marron à pourpre à maturité, oblongues et présentant des rainures. Chaque capsule produit de nombreuses petites graines (60 graines environ) ovales de couleur variable suivant les variétés (Weiss, 1971). Ces graines sont classées en type en fonction de la couleur et il existe des graines de type claire (blanches, jaunes, crèmes) et des graines de type sombre (rouge brune, grise ou noire). Ces graines contiennent de l'huile et des protéines dont les teneurs en huile et en protéines des graines varient beaucoup en fonction des variétés entre 45 à 55% et 19 à 25% respectivement (Weiss, 1971 ; Varma, 1958 ; Pursglove, 1984).



**Figure 2:** Plante fleurie (A), coupe de la fleur (B), diagramme floral (C), section de l’ovaire (D), capsule (E) et section capsule de sésame (F). Source : (A, B, C et D) (De Félice, 1967) et (E et F) (Cobley & Steele, 1976).

**• Système racinaire**

La morphologie racinaire du sésame est fortement corrélée au type variétal mais aussi aux conditions environnementales (Weiss, 1971). La racine a un long pivot principal et un réseau dense de racines latérales. Cette racine croit plus vite chez les variétés non ramifiées et l’accroissement rapide du pivot serait due à une accumulation importante de phosphore par la plante indispensable à son établissement racinaire et le prélèvement s’effectue entre 5 et 8 cm en dessous du sol (Weiss, 1971 ; Diouf, 2001).



Figure 3 : Système racinaire de *Sesamum indicum*. (M. Diouf, 2003)

### 1.3 Caractéristiques phénologiques

Le sésame a un cycle de développement variant entre 70 à 180 jours après semis (jas) selon les variétés. Il existe des variétés précoces à cycle court (70 à 100 jas) et des variétés tardives à cycle long (100 à 180 jas). Cependant le cycle peut varier considérablement en relation avec les conditions environnementales. Ainsi le sésame qui est normalement une plante de jour court présente des variétés de jour long adaptées. (Weiss, 1971 ; Narayan et *al.*, 1982 ; Purseglove, 1984).

Après semis, la germination s'observe au bout de 3 à 10 jours. Le sésame est caractérisé par une lente mise en place du système racinaire, ensuite il y'a un accroissement rapide de l'appareil aérien. La floraison débute au bout de 25 à 55 jas suivant les variétés. L'arrêt de la floraison est synonyme de maturation des capsules qui se fait du bas vers le haut de la tige par un jaunissement progressif suivie de chute des feuilles. En outre une déhiscence des capsules est observée chez les variétés déhiscents.

### 1.4- Conditions écologiques de culture

Le sésame est une plante qui s'adapte à plusieurs types de sols, mais s'accommode mieux à un sol bien drainé, fertile à texture moyen et à pH neutre. (Oplinger et *al.*, 1990).

Le sésame est une plante résistante à la sécheresse due à l'extension de son système racinaire et a besoin de chaleur pour se développer et une température journalière de 20°C sans chute brutale constitue l'optimum. Les températures faibles affectent la croissance qui est sensiblement réduite tandis que les températures élevées inhibent la germination et la croissance.

Le sésame a besoin de 250 à 600 mm d'eau environ pour boucler son cycle végétatif complet. Les besoins en eau sont surtout marqués entre semis et nouaison (OMM, 1991). Le sésame est une plante de jour court sensible à la photopériode. Cette dernière a une influence particulière sur le cycle de développement et le rendement (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984).

### **1.5- Culture du sésame**

Le sésame est une culture exigeante en chaleur et un bon drainage du sol est nécessaire. Par ailleurs le sésame est sensible à l'hydromorphie qui est néfaste à tous les stades de son développement et particulièrement au stade jeune (Guèye, 2002).

Le sésame est cultivé seul ou en association avec d'autres cultures (mil, maïs, coton, melon, oseille, arachide, sorgho). En culture dérobée, le sésame profite de l'effet résiduel d'engrais appliqué sur la précédente culture. L'association avec l'arachide doit se faire simultanément, le semis tardif de l'un par rapport à l'autre peut entraîner des conséquences néfastes sur les protagonistes (Brétaudeau, 1998). Des études ont montré que le développement initial du système racinaire est beaucoup plus lent comparé à celui des cultures comme l'arachide, le mil ou le sorgho (Mouton, 1995).

La culture du sésame peut être faite en conditions irriguée ou pluviales. Cependant l'irrigation par aspersion peut entraîner un dépérissement des racines ou des feuilles par des champignons pathogènes (Westphal et Ferwerda, 1985). Le sésame est semé à plat quand le milieu est à pluviométrie moyenne ou sur des billons quand la pluviométrie est forte. Le lit de semis doit être débarrassé des mauvaises herbes (Schilling & Cattan, 1991).

Le sésame a un cycle de développement compris entre 70 à 180 jas selon les variétés (Weiss, 1971 ; Mazzani, 1964 ; Göhl, 1982 ; Purseglove 1984 ; OMM, 1991). Il existe ainsi des variétés à cycle court (70 à 100 jas) et des variétés à cycle long (100 à 180 jas). En plus de ce caractère lié au cycle il en existe d'autres permettant de distinguer les différentes variétés de sésame. Ces caractères sont la ramification, la coloration des

fleurs et des graines, la déhiscence des capsules ; le nombre de loges que contiennent les capsules, la taille de la plante et la hauteur (Weiss, 1971). Cependant les travaux de Djigma (1984) ont montré que la longueur de la tige principale, le nombre de capsules, le poids de 1000 graines peuvent être utilisés comme des critères valables de distinction des variétés.

#### • Amélioration du sésame

Le rendement dépend de variable croissant de l'environnement, des pratiques culturales, de la variété semée et des intrants apportés. Il varie également en rapport avec le soin apporté à la récolte des capsules déhiscentes Ce rendement avoisine 342 kg/ha au plan mondial (FAO, 1999). Cependant selon les études effectuées par Varma (1958) le rendement en sésame peut atteindre 2300kg/ha. C'est ainsi que Brigham en 1985 obtint 2250kg/ha pour le rendement en essai au Texas.

Beaucoup d'études ont été faits sur l'amélioration génétique du sésame. Un panel des experts en matière de sésame s'était réuni à Vienne sous les auspices de la FAO et a récapitulé les objectifs visant à la sélection de plantes pour l'amélioration du sésame (Ashri, 1987). Ces objectifs visent à l'amélioration de la conservation des graines dans leur capsule, à une teneur élevée en huile, à l'uniformisation de la maturité des capsules et à la résistance aux maladies. Plusieurs opportunités d'amélioration du sésame existent maintenant en raison du développement récent de la culture de tissu végétal et la manipulation génétique des plantes cultivées. Des variétés de sésame peuvent être régénérées à partir de méristèmes de pousses ou de segments apicaux d'hypocotyle et arriver à maturité en moins de 4 mois. Des rapports semblables de régénération réussie de variétés à partir de segments d'hypocotyle ont été édités (George et *al.*, 1987).

Le choix variétal dépend des conditions environnementales, des exigences des consommateurs. Une bonne variété doit avoir des graines claires de grande taille, la plante peu ramifiée, résistante à la sécheresse, à l'hydromorphie et aux agents pathogènes. Le niveau bas d'insertion de la première capsule est aussi un caractère de choix recherché (Varma, 1958 ; Schilling et Cattan, 1984) mais également l'indéhiscence des capsules.

#### • Semis et entretien de la culture

La période de semis dépend des conditions écologiques de la zone de culture. Il est généralement conseillé de semer les graines de sésame après les premières pluies (20

à 30 mm). Au Sénégal, des travaux récents effectués par Niang (2004) ont montré que les dates du 20 juillet au 30 juillet et du 30 juillet au 10 août sont propices pour les semis dans la zone nord du bassin arachidier respectivement chez deux variétés locales cultivées, Ceraas-1-98 et 32-15. Ces mesures permettent ainsi d'avoir les conditions d'une meilleure productivité et d'une maturation en phase sèche.

Le semis doit être superficiel avec une profondeur de 1 à 2 cm. Le semis peut se faire à la main par ligne d'intervalles réguliers ou à la volée. Les graines peuvent être également semées de façon mécanique avec un semoir. Dans ce cas les graines sont mélangées à du sable, à de l'engrais ou à du son afin de pouvoir bien les dispersées. L'écartement des poquets qui peut aller de 45 à 90 cm selon les variétés, est un caractère important pour la culture du sésame et la densité des semis a une influence particulière sur la productivité. C'est pourquoi des densités de 60x20 cm sur terrain plat et de 80x20 cm en culture billonnée ont été définies par Djigma (1984). Cependant pour Schilling et Cattan (1991), les densités optimales sont comprises entre 80000 et 450000 pieds/ha.

Après levée (3 à 10 jas), les plants de sésame sont démariés et repiqués et généralement effectués au bout de 10 à 15 jas.

Les cultures de sésame doivent être régulièrement entretenues par sarclage et binage afin de se débarrasser des mauvaises herbes qui peuvent entraîner une réduction considérable de la productivité (Schilling et Cattan, 1991). Le sarclage peut être fait manuellement ou avec l'utilisation de désherbants chimiques (Maliwal & Rathore, 1994).

Le sésame est une culture peu exigeante en intrants (Weiss, 1971). Cependant pour une intensification de la culture en Afrique, les producteurs ont recours souvent à l'utilisation de fumûre. Les sols pauvres en éléments minéraux sont souvent une conséquence de production faible en sésame. Les effets bénéfiques de l'apport d'azote ou de phosphore et surtout de leurs interactions positives sur le développement et le rendement en sésame ont été démontrés (Mazzani, 1964). Des formulations telles que (8-10) N ; (2-14) P ; (3-6) S ont été utilisées au Burkina Faso par Schilling et Cattan (1991) depuis 1990 à la dose de 60 kg/ha. Cependant pour un coût raisonnable et des performances compétitives Guèye (2000) opte pour une dose de 80 kg/ha. En effet lorsque les teneurs en éléments comme l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium sont inférieurs au seuil

recommandé, le sésame peut manifester une chlorose généralisée, des nécroses foliaires, une défoliation, un rabougrissement de la plante ou une mort des bourgeons ou des jeunes feuilles (Mazzani, 1964 ; Weiss, 1971).

L'apparition des premières fleurs est sujette à des attaques par des insectes divers. C'est pourquoi il est nécessaire de faire des traitements phytosanitaires préventifs avec des insecticides (Deltaméthrine ou Decis, Endosulfane). L'emploi de variétés résistantes ou tolérantes constitue également une méthode de lutte biologique contre les attaques nuisibles.

#### • Les agents parasites et les ravageurs

Durant son cycle le sésame est attaqué par un grand nombre d'agents parasites constitués de champignons pathogènes, de bactéries, de virus, de nématodes, de mycoplasmes et par des ravageurs constitués essentiellement d'insectes.

Parmi les insectes le Moucheron du sésame (*Asphondylia sesami*) et la Chenille enrouleuse (*Antigastra catalaunalis*) sont les plus nuisibles car causant d'énormes dégâts. Ces insectes respectivement pondent sur les ovaires et induisent la naissance de galles sur les capsules pour le premier et détruisent les bourgeons terminaux pour le second (Weiss, 1971 ; Ashley, 1993 ; Traoré, 1993). D'autres types d'insectes comme *Aphis gossypii*, *Aphis craccivora*, *Myzus persicae*, *Tetranychus spp.* qui sont des pucerons et des Acariens causent des dommages cependant moindre au sésame (Weiss, 1971) Les produits stockés (graines et tourteaux) sont attaqués aussi par des ravageurs, des insectes du genre *Thorictodes*, *Lophocatères*, *Carpophilus*, *Cryptolestes*, *Sitophilus* et *Palorus*.

Les champignons pathogènes provoquent chez le sésame des flétrissements foliaires, des pourritures racinaires, des taches foliaires, ou une fonte des semis. Les champignons les plus connus sont *Alternaria sesami* (Alternariose), *Cercospora sesami*, (Cercosporiose) responsable de taches foliaires, *Colletotrichum sp.*, responsable de défoliation, *Rhizoctonia bataticola* et *Thielaviopsis basicola* causant la pourriture des racines et du collet, chancre de la tige. Quant aux *Fusariums*, ils sont responsables de flétrissement foliaire chez le sésame.

Quelques bactéries, virus et mycoplasmes peuvent attaquer le sésame ; mais leur effet sur la production est peu connu (Schilling et Cattan, 1992). Les plus fréquents

sont *Pseudomonas syringae p.v. sesami* et *Xanthosomas sesami* qui entraînent des flétrissements foliaires, réduction des semences et par conséquent du rendement (Poswal et Misari, 1994 ; Fawzi et *al.*, 1991). Des enrroulements foliaires et des phyllodies sont connus chez le sésame et sont causés par des virus transmis par les Jassides et par des mouches blanches (Weiss, 1971).

### **1.6- La récolte des fruits et utilisation post-récolte des produits**

Après la maturation qui est synonyme de jaunissement ou de brunissement des capsules et une chute des feuilles, les plantes de sésame doivent être récoltées en coupant la tige à sa base. Chez les variétés déhiscentes, une perte est occasionnée lors de la récolte des capsules. Cependant la culture des variétés indéhiscentes est de plus en plus encouragée facilitant une mécanisation de la récolte. Les tiges récoltées sont adossées les unes contre les autres et les capsules sont séchées au champ, en serre ou dans un abri aéré et stérile pendant 3 à 4 semaines (Acland, 1971 et Van Rheenen, 1967).

L'extraction des graines se fait par battage des capsules. Dans ce cas les bottes sont renversées et fortement secouées.

#### **-Les graines**

Les graines de sésame riches en huile (50%) et en protéines (25%) sont utilisées en boulangerie, en sucrerie comme ornements. Elles sont consommées crues ou légèrement grillées. Les graines constituent une matière première en médecine traditionnelle et un remède pour les malades déprimés (Van Den Abeele et Vandemput, 1956 ; Varma, 1958 ; Purseglove, 1984 ; Nyeck, 1997).

#### **- L'huile**

L'huile de sésame est couramment extraite des graines par pressurage à froid, à chaud et avec des solvants. L'extraction à froid donne une huile très stable peu aromatique et incomplète qui est directement consommée pour l'alimentation.

L'extraction à chaud et avec du solvant permet d'obtenir 96 à 99,5 % de rendement en huile qui est utilisé en industrie pour la margarinerie, la savonnerie et la peinture.

L'utilisation d'alcool permet d'extraire de l'huile qui sert de matière première pour la pharmacie et pour la préparation d'insecticides à base de pyrèthre (Simon et *al.*, 1984).

L'huile de sésame est réputé très stable et résiste à la rancidité grâce à la présence d'antioxydants comme le sésamol et la sésaminol et aussi de vitamines E essentiellement  $\gamma$ -tocophérol (Johnson et Raymond, 1964 ; Anonyme, 1989 ; Su-Noh Ryu et *al.*, 1998). Selon Westphal et Fewerda (1985), l'huile de sésame fait partie des huiles semi siccatives. C'est une huile riche en acides gras insaturés dont la composition est mentionnée dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Composition en acides gras et teneur en matière insaponifiable (MIS) de l'huile de sésame. (Source : Karleskind, 1992)

COMPOSITION MOYENNE EN ACIDE GRAS	HUILE DE SESAME %
Acides gras totaux (g/kg)	825
Acides gras saturés	15,8
Acides gras insaturés	
Acides palmitique 16 :0	8,5
Acides stéarique 18 :0	6,6
Acides arachidique 20 :0	0,7
Acide mono insaturé	44,6
Acide oléique 18 :1	44,6
Acide gras poly-insaturé AGP	39,2
Acide linoléique 18 :2	38,9
Acides linoléique 18 :3	0,3
Acides gras poly-insaturés/ acides gras	2,5

---

saturés	
Teneur en MIS (%)	1,2 à 1,5

---

### - Le tourteau

Après trituration, le résidu de sésame obtenu ou tourteau est utilisé comme aliments pour le bétail et la volaille qui disposent ainsi d'une source de protéines essentielles (Méthionine, Cystéine, Thréonine, Tryptophane) (Mbow, 1996). Ces dernières sont plus abondantes chez le tourteau de sésame que chez les autres tourteaux comme l'arachide ou le coton sauf pour la lysine. En outre les travaux de Westphal et Ferwerda (1985) ont montré que la teneur en certains minéraux comme le calcium et le phosphore est plus élevée chez le tourteau de sésame et le pouvoir énergétique est intermédiaire de ceux de l'arachide et du coton.

### 1.7- Recherches sur la culture du sésame au Sénégal

L'introduction du sésame comme culture au Sénégal a débuté durant la colonisation au sud du pays. Son expansion s'est déroulée en deux périodes. Après la fin de la colonisation, la culture avait complètement disparu et servait seulement pour la pharmacopée (CRS, 1999). Il a fallu attendre 1985 pour voir sa réintroduction comme culture vivrière par l'intermédiaire de l'Association africaine de la jeunesse agricole et culture/ Comité de lutte pour la fin de la faim (Aajac/Colufifa) à Kolda. Cependant cette réintroduction n'était pas accompagnée de mesures formelles et de recherche (CRS, 1999).

Les recherches sur le sésame ont été menées récemment au Sénégal au niveau du Centre d'Etude Régionale pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (Ceraas). Des travaux menés par Diouf (2000) ont porté sur l'effet de la pression osmotique sur sept variétés (Cross n° 3 ; 32-15 ; 38-1-7 ; Jaalgon 128 ; Primoca, Yendev 55 et Ceraas 1-98) de sésame introduites et atteste que les variétés étudiées ont une fourche de germination comprise entre 84,8 % - 98 % quand la pression varie de 0 à -1 MPa et la valeur de 1MPa constitue une limite à la germination. De plus elles ont permis de dégager deux lots de variétés selon la longueur racinaire totale.

Un lot composé des variétés « Cross n° 3 » ; « 32-15 » ; « 38-1-7 » ; et « Jaalgon » dont la longueur racinaire est plus importante que le lot composés des variétés « Primoca » « Yendev 55 » et « Ceraas 1-98 ».

D'autres travaux menés toujours au Ceraas sur les réponses morpho-physiologiques au déficit hydrique du sésame au jeune âge de sept variétés ont permis de montrer une sensibilité au stress hydrique du sésame au jeune âge qui ne dépend pas du génotype. Cet effet étant plus visible sur le système racinaire que sur l'appareil aérien (Guèye, 2002).

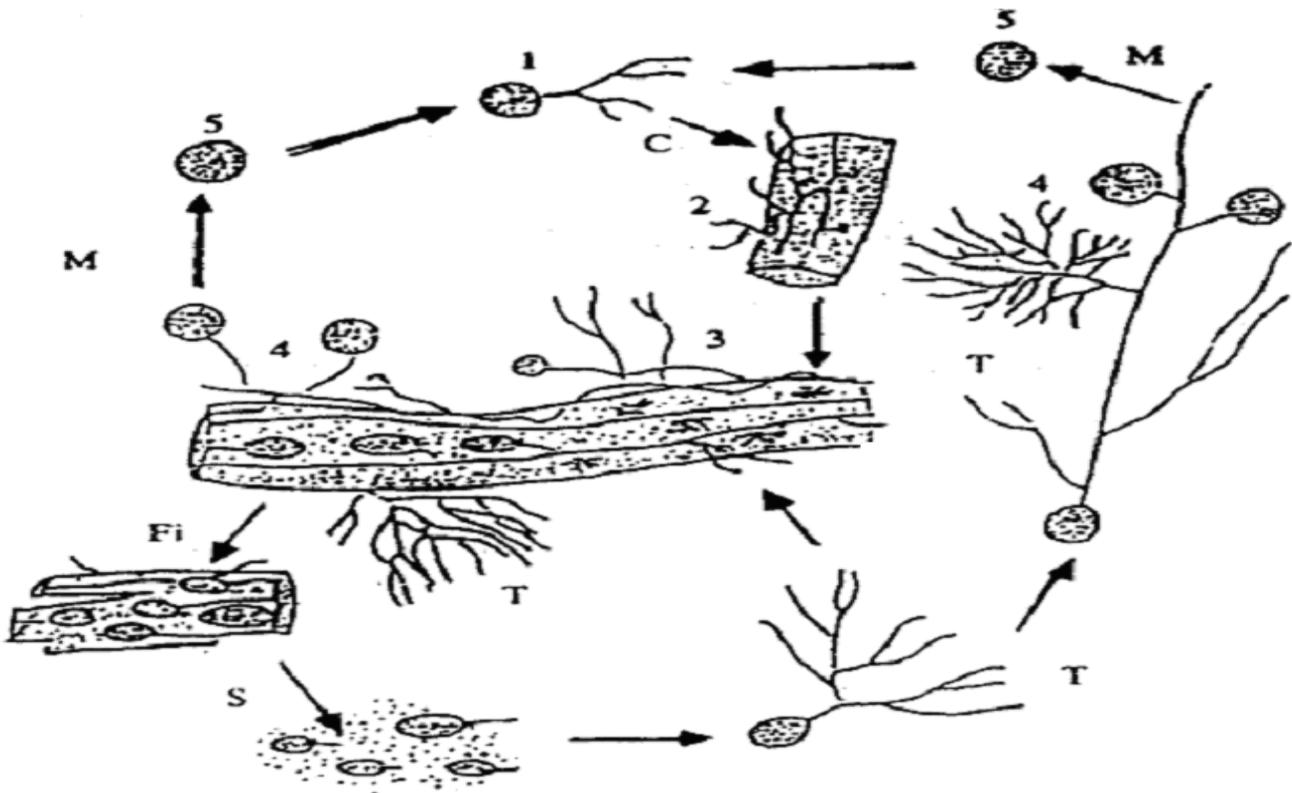
## 2- La symbiose mycorhizienne

Depuis quelques décennies, les botanistes et mycologues se sont rendus compte que la majorité des plantes terrestres vivent en symbiose avec des champignons du sol (Mosse, 1956). Le terme mycorhize, créé par Frank (1885) contracté du grec mikès (champignon) et du latin rhiza (racines) désigne cette symbiose désigne donc essentiellement l'association symbiotique entre des champignons et les racines des plantes (Dommergues et Mangenot, 1970).

Parmi les types de mycorhize observés dans la nature, les mycorhizes arbuscules (MA) se retrouvent sur la grande majorité des plantes cultivées et vivent en association avec environ 85% des plantes herbacées. C'est dire donc que dans le monde végétal la symbiose mycorhizienne est la règle plutôt que l'exception.

### 2.1- Les Champignons mycorhiziens arbusculaires (MA)

Les MA sont des symbiotes obligatoires et ne peuvent accomplir leur cycle de vie qu'en présence du partenaire végétal. Les champignons MA infectent les cellules du cortex racinaire et forment un réseau interne et une croissance externe des hyphes. Ils possèdent des structures spéciales connues sous le nom de vésicules et d'arbuscules. Les arbuscules fortement ramifiés aident au transfert des éléments nutritifs du champignon vers les cellules de la racine de la plante, et les vésicules sont des structures en forme de sac, qui stockent le phosphore sous forme de phospholipides. Des hypothèses liées à la nutrition, aux conditions physico-chimiques et génétique sont souvent émises pour expliquer la biotrophie obligatoire des champignons MA (Hepper, 1987). Récemment des travaux ont été menés dans le sens de comprendre le cycle des zygomycètes et des résultats intéressants ont été obtenus grâce à la culture *in vitro* des champignons en présence de racines isolées ou culture axénique (Bécard et Piché, 1992 ; Diop *et al.*, 1992 ; 1994 ; Strullu *et al.*, 1997). La figure 2 schématise une proposition de cycle des Zygomycètes.



**Figure 4 : Cycle de développement des *Glomus*: 1 à 5 : stades de développement; C: contact racinaire; Fi : forme intraracinaire; M: maturation sporale; S: phase saprophytique; T: thalle. (Strullu et al., 1997)**

L'infection de la racine de la plante par le champignon MA peut s'effectuer à partir de spores, de vésicules ou de fragments de racines déjà infectées et la pénétration se fait à l'arrière de l'apex du poil absorbant (Bouillard, 1968). Après le contact initial, il se forme un appressorium point de pénétration de l'hyphe fongique. Par la suite, l'hyphe progresse ainsi dans les méats et développe dans les cellules corticales des arbuscules. Des formations globuleuses plurinucléées de grandes tailles appelées vésicules fongiques se forment. Elles sont riches en lipides et calcium.

## 2.2- Taxonomie des champignons mycorhiziens arbusculaires (MA)

Les MA sont particulièrement difficiles à cultiver en milieu pur. Ce phénomène rend difficile leur classification. Depuis longtemps les MA sont considérés appartenant à la classe des Zygomycètes avec l'ordre des Glomales subdivisée en sous-ordre des Glomineae et sous-ordre des Gigasporineae (Morton et Benny, 1990) et la plupart des espèces connues avec environ 150 (Walker et Trappe, 1993) sont regroupés dans la famille des Glomaceae (Pirozynski & Dalpé, 1989).

Récemment une classification (Tableau 2) a été proposée par Walker et Schüßler (2001) et rapproche les champignons MA plus des Ascomycètes et Basidiomycètes que des Zygomycètes contrairement aux classifications précédentes (Gerdemann et Trappe, 1974 ; Lawrynowicz, 1979 ; Morton et Benny, 1990).

**Tableau 2:** Classification des glomeromycètes (Schüßler et *al.*, 2001)

---

**EMBRANCHEMENT : GLOMEROMYCOTA**

**Classe :** Glomeromycocètes

**Ordre :** Paraglomerales

**Famille :** Paraglomaceae

**Ordre :** Archaeosporales

**Famille :** Archaeosporaceae

**Famille :** Geosiphonaceae

**Ordre :** Diversiporales

**Famille :** Acaulosporaceae

**Famille :** Diversiporaceae

**Famille :** Pacisporaceae

**Ordre :** Glomerales

**Famille :** Glomeraceae

---

### 3- Dépendance mycorhizienne des plantes

La dépendance mycorhizienne (DM) d'une plante peut être définie comme le rapport de la matière sèche de plante mycorhizée sur la matière sèche de plante non mycorhizée (Menge et *al.*, 1978). Tenant compte de l'idée selon laquelle la dépendance mycorhizienne doit être comprise entre 0 et 100%, Plenchette et *al.* (1983a) détermine la valeur comme étant le rapport de la différence de matière sèche de plante mycorhizée et de matière sèche de plante non mycorhizée sur la matière sèche de plante mycorhizée. Il est advenu que la dépendance mycorhizienne est fonction de la teneur en phosphore assimilable (Hayman et Mosse, 1971) et que les éléments comme le calcium, le fer, le zinc, le cuivre se retrouvent en concentration plus importante chez la plante mycorhizée (Bowen et *al.*, 1974 ; Gilmore, 1974 ; Lambert et *al.* 1979 ; Mosse, 1973 ; Plenchette et *al.*, 1983b). Ainsi en dosant la teneur

en phosphore d'un sol donné, on peut prévoir la dépendance mycorhizienne d'une plante cultivé sur ce sol.

La dépendance des plantes aux champignons inclut plusieurs paramètres dont la morphologie racinaire de la plante, l'espèce cultivée ou la variété choisies. Les plantes agricoles et horticoles présentant des racines pivotantes ont une capacité de mycorhization (Baylis, 1975). Il est donc clair que la mycorhization aident les plantes à explorer une plus grande quantité de sol afin d'y puiser le maximum d'éléments nutritifs. Chaque espèce de plante a un type caractéristique de système racinaire qui est différent d'une espèce à une autre. Par conséquent la réponse à un champignon MA varie d'une espèce à une autre. L'effet bénéfique d'un champignon symbiotique peut être jugé par rapport à la biomasse produite et dépend de paramètres relatifs du sol tel que son pH, sa teneur en phosphore et sa texture (Mosse, 1972a ; Mosse 1972b ; Plenchette et *al.*, 1983a) et de la plante-hôte (Plenchette et *al.*, 1982). Le tableau II montre l'effet de quelques souches de champignons sur la croissance de plantes cultivées.

**Tableau 3 :** Réponses de quelques plantes à l'inoculation par des souches de champignons mycorhiziens arbusculaires des genres *Glomus* et *Gigaspora*.

Plante	Inoculum	DM	Références
<i>Zea mays</i>	<i>Glomus mosseae</i>	230 %	Khan, 1972.
<i>Triticum aestivum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	300 %	Owusu-Bennoah et Mosse, 1979
<i>Hordeum jubatum</i>	<i>Glomus caledonium</i>	130 %	Saif et Khan, 1977
<i>Hordeum jubatum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	400 %	Owusu-Bennoah et Mosse, 1979
<i>Allium cepa</i>	<i>Glomus caledonium</i>	600 %	Price et <i>al.</i> , 1989
<i>Gossypium barbadense</i>	<i>Gigaspora margarita</i>	180 %	Lamar et Davey, 1988
<i>Solanum aethiopicum</i>	<i>Glomus mosseae</i>	47 %	Diop et <i>al.</i> , 2003
<i>Lycopersicon esculentum</i>			
<i>Vigna unguiculata</i>	<i>Glomus etunicatum</i>	99 %	Ahiabor et Hirata, 1995

DM : dépendance mycorhizienne

La dépendance mycorhizienne peut varier aussi suivant les cultivars. En effet, chez l'arachide, les travaux de Kesava-Rao et *al.* (1990) ont montré que la réaction à l'inoculation endomycorhizienne varie selon les variétés testées.

#### **4- Rôle des champignons MA dans la nutrition hydrominérale des plantes**

##### **4.1- Rôle dans l'alimentation hydrique**

Les champignons jouent un rôle déterminant dans l'amélioration de l'alimentation hydrique et dans la résistance au déficit hydrique des plantes. Cependant les mécanismes intervenant dans la nutrition hydrique des plantes par les champignons MA ne sont pas bien élucidés. Une réduction importante de la résistance au transport de l'eau dans les racines colonisées est souvent observée. Chez le soja par exemple Safir et *al.* (1971 ; 1972) ont montré une diminution de 40% de la résistance des racines au flux hydrique. Une valeur de 75% est obtenue avec les racines mycorhizées de l'oignon (Hardile et Leyton, 1981). En outre, une augmentation de la tolérance au stress hydrique chez l'oignon a été notée par Nelsen et Safir (1982).

##### **4.2- Rôle dans la nutrition phosphatée**

Les plantes carencées en P ont une croissance ralentie; le développement des racines et la densité des populations est réduite; la floraison et la maturation sont retardées. Le phosphore est connu comme étant un minéral peu mobile dans le sol. Cette situation induit par conséquent une carence fréquente en phosphore des plantes. Par l'utilisation de technique comme les marqueurs isotopiques, Bowen et Théodorou (1967) sont arrivés à la conclusion que les champignons mycorhiziens associés à *Pinus radiata* absorbent une plus grande quantité de phosphore. Plus tard d'autres auteurs trouvèrent des résultats similaires chez les endomycorhizes. C'est ainsi que les travaux de Bowen et *al.* (1975) chez *Trifolium subterium* ont montré que les racines fortement mycorhizées accumulent plus de phosphore que les racines non mycorhizées ou faiblement infectées. Chez l'oignon Sanders et Tinker (1973) ont trouvé que le flux de phosphore était de 3 à 4 fois plus élevé dans les racines colonisées à 50% par *Glomus spp.*

L'augmentation de l'absorption de phosphore dans les plantes infectées par les mycorhizes à vésicules et arbuscules semble être facilitée par les hyphes fongiques qui explorent un plus grand volume de sol afin de trouver du phosphore et rencontrer ainsi un plus grand nombre de sources ponctuelles, par les champignons qui solubilisent les minéraux phosphatés peu solubles et par

les racines mycorhizées qui améliorent le taux d'absorption de phosphore, en augmentant le gradient de diffusion et en épuisant le phosphore jusqu'à des concentrations inférieures à ce que peuvent faire les racines non mycorhizées et en augmentant le transfert de phosphore entre racines vivantes et des racines mortes vers les racines vivantes (Bolan et Robson, 1987, Sylvia, 1992, Frossard *et al.*, 1995, Lange Ness et Vlek, 2000, Brundrett, 2002). Les taux de transport de phosphore des racines mycorhizées sont 2 à 6 fois supérieurs à ceux des racines non mycorhizées (Jones *et al.*, 1998).

Plusieurs travaux montrèrent une corrélation positive entre un taux de mycorhization élevé et une sécrétion importante de phosphatase acide dans la rhizosphère des plantes colonisées. Par hydrolyse des composés organiques phosphorylés, les champignons mycorhiziens libèrent ainsi le phosphore assimilable. Chez l'*Eucalyptus*, Lapeyrie *et al.* (1990) révèlent ainsi une activité phosphatasiques quatre jours après inoculation.

#### **4.3- Les champignons mycorhiziens et la nutrition azotée des plantes**

L'amélioration de la nutrition azotée des plantes par les champignons est de plus en plus connue. Les mycéliums des champignons absorbent l'azote sous forme d'ions ammonium qui est assimilé sous forme de glutamine (Carroodus, 1967).

Chez les Légumineuses, les champignons mycorhiziens exercent un rôle significatif en synergie avec les bactéries rhizobiennes dans la fixation de l'azote atmosphérique. Beaucoup de travaux ont ainsi montré une bonne assimilation des oligoéléments tel que l'Azote chez les plantes mycorhizées (Cooper et Tinker, 1978 ; Strullu *et al.*, 1981 ; Francis *et al.*, 1986 ; Declerck *et al.*, 1994).

Un avantage nouvel attribué au mycorhize est le transfert de nutriments azotés d'une plante donneuse le soja à une plante receveuse le maïs (Ames *et al.*, 1983 ; Bethlenfalway *et al.*, 1991 ; Frey and Schuepp, 1992). Ainsi des expérimentations effectuées avec divers éléments (N, K, P) marqués ont montré que ce transfert est possible grâce à un gradient existant entre les hyphes enchevêtrés appartenant aux deux plantes (Tomm *et al.*, 1994) et que grâce à ce phénomène est né un mécanisme lié aux MA qui favorise une disponibilité de l'azote pour la plante receveuse ici le maïs (Ames *et al.*, 1984 ; Hamel *et al.*, 1991 ; Ibidjen *et al.*, 1996).

#### **4.4- Les champignons MA et la protection phytosanitaire des plantes**

Beaucoup d'études ont montré l'effet protecteur des champignons mycorhiziens arbusculaires vis-à-vis des plantes contre certains microorganismes pathogènes. En effet les champignons arbusculaires ont la particularité de réduire considérablement les populations de microorganismes associées à la rhizosphère de la plante et par conséquent leur influence sur le développement de la plante. Cette réduction peut être liée à une modification de l'exsudation racinaire par les champignons symbiotiques entraînant une insensibilité de la plante à l'égard des microorganismes pathogènes. Ainsi beaucoup d'auteurs ont montré une amélioration chez des plantes mycorhizées (Schönebeck, 1979 ; Dehne, 1982 ; Garcia et Garrido et Ocampo, 1987) face aux maladies causées par *Phytophthora spp.* agent de pourritures racinaires. Chez *Cassia tora* et *Albizia procera* par exemple Chakravarty et Mishra (1986) ont démontré que l'association avec *Glomus fasciculatum* et *G. tenuis* a permis une réduction nette des populations de *Fusarium oxysporum* agent de flétrissement racinaire. D'autres travaux menés ont montré également une réduction significative des maladies causées par *Meloidogyne spp.* nématode phytoparasite. En effet les travaux de Sikora et Schonbeck (1975) sur différentes plantes cultivées comme le tabac, la tomate, la carotte et l'avoine attestent qu'une association avec *Glomus mosseae* atténuent considérablement l'effet de *Meloidogyne incognita*. En outre les développements larvaires sont également réduits (Schonbek, 1979).

Bien que la symbiose mycorhizienne peut dans certain cas aggraver la maladie comme certaines viroses et les maladies liées à la partie aérienne des plantes, il est établi que les mycorhizes à vésicules et arbuscules jouent un rôle important dans la protection phytosanitaire des plantes à l'égard de certaines populations pathogènes.

## **5- Avantages et bénéfices des champignons mycorhiziens en agriculture**

Il est établi que la majorité des plantes cultivées servant à l'alimentation humaine et animale, sont mycorhizées, on peut envisager d'exploiter cette symbiose au profit de l'agriculture en sélectionnant les meilleurs couples plante-champignon (Abbott & Robson, 1991). Il devient ainsi possible de favoriser des systèmes culturaux plus sains, de réduire l'usage d'intrants chimiques (pesticides, fertilisants) tout en assurant la rentabilité des cultures et la qualité de l'environnement.

La performance élevée des plantes mycorhizées à puiser leur nourriture dans le sol et à résister aux stress environnementaux confère aux symbiotes fongiques un rôle de biofertilisant et d'agent

de protection des cultures. 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 tout en maintenant des rendements de culture équivalents ou même supérieurs (Abbott & Robson, 1991). Ainsi l'utilisation des mycorhizes en agriculture permet de maintenir la qualité et le potentiel agricole des sols tout en protégeant à long terme l'environnement et en réduisant les coûts de production.

L'amélioration de la productivité des plantes par les champignons endomycorhiziens a été largement étudiée et démontrée. L'association des plantes avec les champignons MA confère à ces dernières une meilleure absorption de l'eau et des éléments nutritifs (Smith et Gianinazzi-Pearson, 1988), une protection contre certaines maladies (Dehne, 1982; St-Arnaud et al. 1995, un maintien au déficit hydrique et à d'autres stress environnementaux comme le froid, la salinité et la pollution (Sylvia et William, 1992, Subramanian et al. 1995 ; Charest et al. 1993; Paradis et al. 1995 ; Davis ;Young, 1985 ; Leyval et al. 1994; Shetty et al. 1995) ; à une stabilisation et à une amélioration du potentiel agricole des sols par formation d'agrégats (Bethlenfalvay, 1992a ; Miller et Jastrow, 1992).

En outre une gestion appropriée des mycorhizes en agriculture permet une réduction substantielle de l'apport d'intrants chimiques réduisant ainsi le degré de pollution des eaux de surface, les travaux d'entretien et d'exploitation, les coûts de production tout en maintenant les rendements à leur meilleur. Le maintien et le développement d'une banque de souches de haute qualité vise à soutenir et accélérer l'implantation des mycorhizes comme agents biofertilisants dans les activités agricoles et contribuer ainsi au développement d'un environnement sain et durable. Les avantages et bénéfices relatifs à l'adoption des mycorhizes en milieu agricole permettent de mieux visualiser toute l'ampleur du phénomène au niveau végétal et par ricochet l'impact de son adoption à long terme sur la qualité de vie. Ces avantages et bénéfices sont mentionnés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Avantages et bénéfices des champignons MA (Y. Dalpé, ([http://res2.agr.ca/ecorc/mycor/bio\\_sols\\_f.htm](http://res2.agr.ca/ecorc/mycor/bio_sols_f.htm)))

DOMAINE	AVANTAGES	BÉNÉFICES
Physiologie végétale	Amélioration de la nutrition	Réduction d'apport de fertilisants au sol (15-25% et +)
	Tolérance aux stress hydriques	Culture de sols arides ou impropres à l'agriculture
	Résistance aux basses températures	Diversité de culture en zones inhospitalière
Morphologie végétale	Transformation de l'architecture racinaire	Adaptation aux stress, résistance accrue à l'érosion, fixation des sols
		Production améliorée pour certaines plantes racine
Communauté végétale	Diversité du sous-sol en micro organismes	Rétablissement de la microflore des sols
		Assainissement de la qualité des sols, qualité des composts
	Survie des partenaires	Amélioration des rendements
		Meilleure acclimatation à la transplantation
		Diversité du partenaire végétal
Agriculture	Production végétale	Augmentation de la biomasse aérienne et/ou racinaire
	Résistance aux stress	Sécheresse
		Froid
		Pollution
	Résistance envers les pathogènes	Protection des cultures
		Diminution de l'usage de pesticides
		Augmentation de la qualité des produits agricoles
		Amélioration de la santé animale, végétale et humaine
	Valeur ajoutée aux produits	Synthèse accrue de métabolites primaires ou secondaires
		Précocité des récoltes

6. Mycorhization du sésame (*Sesamum indicum* L.).

L'association mycorhizienne et son influence sur l'absorption des éléments minéraux et sur la croissance est peu étudiée dans le cas du sésame (Selvaraj et Subramanian, 1988 ; Vijayalkshmi et Rao, 1988 ; Sulochana et *al.*, 1989 ; Shukla et Vanjare, 1992). Cependant ces travaux montrent tous une augmentation de la croissance avec une amélioration de la nutrition hydrominérale chez le sésame.

L'inoculation avec *G. fasciculatum* a permis d'obtenir une augmentation significative de la biomasse de plantes de sésame cultivées en pots sur sol stérile et à une importante infection mycorhizienne des racines (Selvaraj et Subramanian, 1990). En outre une production importante de phénols est observée dans les racines mycorhizées sur sol non stérile synonyme de résistance aux pathogènes.

La mycorhization de variétés de sésame avec des souches de champignons mycorhiziens arbusculaires a permis à Sulochana et *al.*, (1989) de sélectionner des couples répondant à une bonne amélioration de la croissance et à un plus grand pourcentage d'infection racinaire (**Tableau 4**).

**Tableau 4.** Colonisation de quatre variétés de sésame par des souches de champignons MA (Sulochana et *al.*, 1989)

Souches MA	Gowri				JE X Phule Til				E-8				E-4			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
<i>A. morrowae</i>	70	35	15	20	30	20	5	5	50	30	10	10	45	20	15	10
<i>G. fasciculatum</i>	80	35	15	30	35	25	5	5	60	30	10	20	40	15	15	10
<i>G. mosseae</i>	20	15	5	-	5	5	-	-	15	10	5	-	10	5	5	-
<i>G. epigaeum</i>	60	30	20	10	20	10	5	5	40	20	15	5	40	20	10	5
<i>G. monosporum</i>	90	40	20	30	30	20	5	5	70	30	25	15	60	30	15	15
<i>G. constrictum</i>	30	20	10	-	5	5	-	-	10	10		-	5	-	-	-
<i>G. margarita</i>	90	30	25	35	30	15	10	5	40	25	10	5	50	30	10	10

A, pourcentage de colonisation ; B, pourcentage de racines avec des hyphes ; C, pourcentage de racines avec des arbuscules ; D, pourcentage racines avec des vésicules.

Parmi les variétés testées, « Gowri » a donné les meilleures réponses avec toutes les souches de champignons. L'expérience montre que les souches *G. margarita*, *G. monosporum* et *G. fasciculatum* colonisent mieux les racines de sésame que les autres souches et sont plus recommandable pour les quatre variétés.

Sampath Kumar G. et *al.*, (2002) travaillant également sur le sésame ont montré que l'association avec différents genres de champignons mycorhiziens arbusculaires (*Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* et *Scutellospora*) a permis d'avoir une biomasse plus grande aussi bien au niveau des racines que des parties aériennes ; en plus une concentration élevée en éléments minéraux (NPK) au niveau des plants inoculés comparés aux témoins non inoculés est observée. Ces résultats sont corrélés à une importante infection mycorhizienne au niveau des plants. Cette étude démontre également que le genre *Glomus* est la plus infective (97%) et le genre *Acaulospora* la moins infective (68%).

Récemment des cultures réalisées en serre dans des pots par Anil Prakash et *al.* (2004) ont montré une bonne assimilation du phosphate naturel et indirectement une intense absorption de nutriments azotés avec une amélioration de la biomasse des plantes de sésame mycorhizées couplées à un apport de phosphate naturel. En effet, les résultats ont permis d'obtenir une biomasse totale chez toutes les plantes mycorhizées supérieure aux témoins non mycorhizés. Cependant, la dose de 22,55 mg/kg a permis d'avoir les meilleures valeurs et par contre avec les doses supérieures (37,5 mg/kg) une réduction importante de la biomasse totale et du nombre de capsules est observée.

# **Matériel**

## **et**

# **Méthodes**

## 1. Matériel végétal

Les variétés de sésame testées appartiennent à la collection de l'ISRA. Il s'agit de :

Six variétés moyennement ramifiées : **PI 179 033, SN 98-86, Jaalgon 128, 32-15, SN 98-80 et PI 278 160;**

Une variété très ramifiée: **Primoca** et

Une variété monotige: **CERAAS 1-98.**

Les caractéristiques et les performances en station des variétés étudiées sont mentionnées dans le tableau 6.

**Tableau 6:** Performances des variétés en station (Fofana, 2005)

Variétés	Origine	Rendement (kg/ha)	Cycle semis-florais. (j)	Hauteur plantes (cm)	Hauteur Inserti. 1 <sup>er</sup> capsule (cm)	Nbre rameau x /plante	Nbre pltes réc/pc	Nbre capsule/plte	Longueur capsule (cm)	PMG* (g)
PI 179 033	USA	43	40	77	22,1	4	52	32	2	1,9
SN 98-86	Niger	190	50	91	49,3	3	80	39	2,5	3,8
Jaalgon 128	Niger	193	49	117	39,3	4	61	26	2,5	3,1
32-15	B. Faso	45	48	83	17,4	4	23	27	2,5	3,7
SN 98-80	Niger	269	48	93	26,6	3	81	52	2,8	3,1
PI 179 033	USA	240	50	101	42	5	71	48	2,4	2,9
PRIMOCA	Mexique	181	70	132	90,1	5	77	40	2,6	3,1
CERAAS 1-98	Japon	150	33	83	27,2	**	83	37	2,4	1,8

Les graines de ces variétés ont été désinfectées à l'eau de javel (NaOCl) pendant 5 mn puis rincées abondamment à l'eau distillée stérilisée avant d'être imbibées dans de l'eau distillée stérilisée pendant 30 mn pour faciliter la germination. Elles ont été ensuite prégermées dans des boîtes de Petri contenant de l'eau gélosée (5 %) et puis incubées à l'obscurité pendant 48 h à 30°C. Les graines ayant germé ont été repiquées dans des gaines contenant 1.5kg de substrat de culture.

## 2. Matériel fongique

Le matériel fongique utilisé est constitué de 6 champignons mycorhiziens arbusculaires appartenant à la collection du Laboratoire de Biotechnologies des champignons (LBC) du Département de Biologie Végétale (Dakar, Sénégal).

Les caractéristiques qui permettent de distinguer ces souches sont les suivantes :

*Glomus mosseae* (Nicholson & Gerd. Gerd. & Trappe) (DAOM 227 131). Isolé à Diokoul au Sénégal.

*Glomus aggregatum* (Schenke & Smith emend. Koske) (DAOM 227 128). Isolé à Djignaki au Sénégal.

*Glomus fasciculatum* (Thaxter *sensu* Gerdemann Gerd.) (DAOM 227 130). Isolé à Louga au Sénégal.

*Glomus manihotis* (Howeler, Sieverding & Schenk) (IR. 15). Isolé au Dindéresso au Burkina Faso.

*Glomus intraradices* (Schenk et Smith) (DAOM 197 198). Isolé au Québec au Canada.

*Glomus verruculosum* (Blaszkowski et Tadych) (DAOM 227 115).

## 2.1- Production de l'inoculum

Les souches MA utilisées comme source d'inoculum sont multipliées séparément en serre dans des pots de capacité, 1.5 kg. Le maïs (*Zea mays* L.) a été utilisé comme plante piège et le substrat de culture est du sable grossier de plage pauvre en phosphore. Le substrat a été préalablement lavé à l'eau courante pour le désaliniser et puis stérilisé à 120°C pendant 2 h. Les caractéristiques physico chimiques de ce substrat sont représentées au niveau du tableau 7.

**Tableau 7 :** Caractéristiques physico-chimiques du sable de plage (Diop, 2003)

Eléments composants	Teneur (%)
Argile	0.0
Limon fin	0.0
Limon grossier	0.0
Sable fin	0.16
Sable grossier	98.2
Matière organique	0.0
C	< 0.08
P assimilable	16.00 ppm
N	0.073 ‰
C/N	presque nul
PH	8.5

Les plants sont régulièrement arrosés avec de l'eau de robinet stérilisée. De la solution nutritive Long Ashton (Hewitt, 1966) (tableau 8) leur est apportée tous les quinze de jours à raison de 100 ml par plant. Chaque inoculum mère est constitué du substrat de culture et de fragments racinaires de maïs infectés par la souche fongique appropriée. Après trois mois de culture, le substrat de culture et la partie racinaire sont minutieusement récoltés et gardés au frais à 4° C jusqu'à utilisation.

**Tableau 8** : Solution minérale De Long Ashton (HEWITT, 1966)

	<b>L.A</b>
<b>Macroéléments</b>	<b>mg/l</b>
KNO <sub>3</sub>	400
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	350
Ca (NO <sub>3</sub> ).4H <sub>2</sub> O	900
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	200
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	500
<b>Oligoéléments</b>	<b>mg/l</b>
MnSO <sub>4</sub>	2,5
CuSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,25
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,3
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,0
NaCl	5,0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	5 ml/100L
EDTA-Fe (13%) (11g/l)	4 ml

## 2.2- Inoculation des cultures

L'inoculation est effectuée au cours de la transplantation en gaine des graines prégermées. Les plantules ont été inoculées avec les souches de *Glomus* sp en apportant 20g d'inoculum, (avec une fréquence de mycorhization d'au moins 85% et une densité sporale d'environ 40 pour chaque isolat fongique) dans un trou de 2 à 3 cm de profondeur creusé au contact du système racinaire puis recouvert avec le même sol.

## 2.3- Coloration des racines

A la fin de chaque expérience, les plants sont récoltés et leurs racines sont délicatement débarrassées du sol. Elles ont été colorées au bleu de Trypan à 0.05 % selon la méthode proposée par Philips et Haymans (1970). Les racines séparées de leurs parties aériennes sont soigneusement rincées à l'eau de robinet pour éliminer les particules de sable adhérentes. Elles ont ensuite été mises dans des tubes à essai contenant du KOH 10% afin de les éclaircir et de les vider de leur contenu cytoplasmique. Les tubes portant les racines ont été portées à ébullition pendant 1h au bain marie 95°C. Le taux de mycorhization est ensuite évalué par la méthode de Gridline intersect method (Giovannetti and Mosse, 1980) (Annexe 2). La méthode consiste à déposer une solution de lactoglycérol contenant les fragments racinaires dans une boîte de pétri dont le fond est quadrillé. Les racines sont dispersées et homogénéisées dans le milieu. L'état de la colonisation mycorhizienne est évalué

sous une loupe. Le comptage se fait horizontalement et verticalement suivant le critère d'intersection entre la racine et les traits de la grille. Si par cette intersection il y'a présence d'une structure mycorhizienne (vésicule, spore, arbuscule), on reporte la valeur. Sur une ligne horizontale ou verticale, nous obtenons le nombre de fragments de racine mycorhizée sur le nombre total de fragments racinaires qui traverse la ligne. Les fractions obtenues sur toutes les lignes verticales et horizontales sont additionnées et la valeur obtenue évaluée en pourcentage, nous donne le taux de mycorhization de la racine.

### 3- Potentiel mycorhizogène (MPN) des sols des sites d'étude

#### 3.1- Préparation des sols et conduite de la culture

La richesse des propagules mycorhiziennes arbusculaires du sol de Sangalkam sur lequel les expérimentations ont été faites, a été déterminée. Dix prélèvements de sol ont été faits au niveau de l'horizon 0-15 cm de la rhizosphère. Les prélèvements ont été mélangés et l'échantillon de sol obtenu a servi à la détermination du potentiel mycorhizogène du site. La détermination du MPN a été faite par cultures de Maïs pendant six semaines sur une gamme de dilutions du sol allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-6}$  (figure 5). La gamme de dilutions a été effectuée à partir de sol stérilisé et de sol non stérilisé. La stérilisation du sol a été faite par un autoclavage à  $120^{\circ}\text{C}$  pendant 2 h renouvelé 48 h après. Les séries de dilution ont été faites en homogénéisant du sol stérilisé et du sol non stérilisé d'un même échantillon dans un bêcher à l'aide d'une spatule.

Les étapes suivantes ont été réalisées :

- 1) Dilution  $10^{-1}$  : 3 \* Poids mille graines ; \*\* Variété monotige  
0 g de sol non stérilisé + 270 g de sol stérilisé soit 300 g
- 2) Dilution  $10^{-2}$  : 30 g du sol 1) +270 g de sol stérilisé
- 3) Dilution  $10^{-3}$  : 30 g du sol 2) +270 g de sol stérilisé
- 4) Dilution  $10^{-4}$  : 30 g du sol 3) +270 g de sol stérilisé
- 5) Dilution  $10^{-5}$  : 30 g du sol 4) + 270 g de sol stérilisé
- 6) Dilution  $10^{-6}$  : 30 g du sol 5) + 270 g de sol stérilisé

Pour chaque dilution, 250g ont été répartis pour cinq répétitions à raison de 50 g par pot ; les 50 g restants ont servi pour la dilution suivante.

Pour la mise en culture, des graines de Maïs ont été désinfectées pendant 4 mn à l'eau de javel (90 %) puis rincées abondamment à l'eau stérilisée. Elles ont été imbibées pendant 20 mn dans de l'eau distillée stérilisée avant d'être prégermées dans des boites de Pétri contenant de l'eau gélosée (1%). Les boites ont été incubées à l'obscurité pendant 24 h à 30°C. Les plants ayant prégermé ont été repiqués dans les multipots contenant la gamme de dilution de sol et transférés en serre. La durée de l'expérience est de 6 semaines au cours desquelles les plants étaient régulièrement arrosés à la capacité au champ.

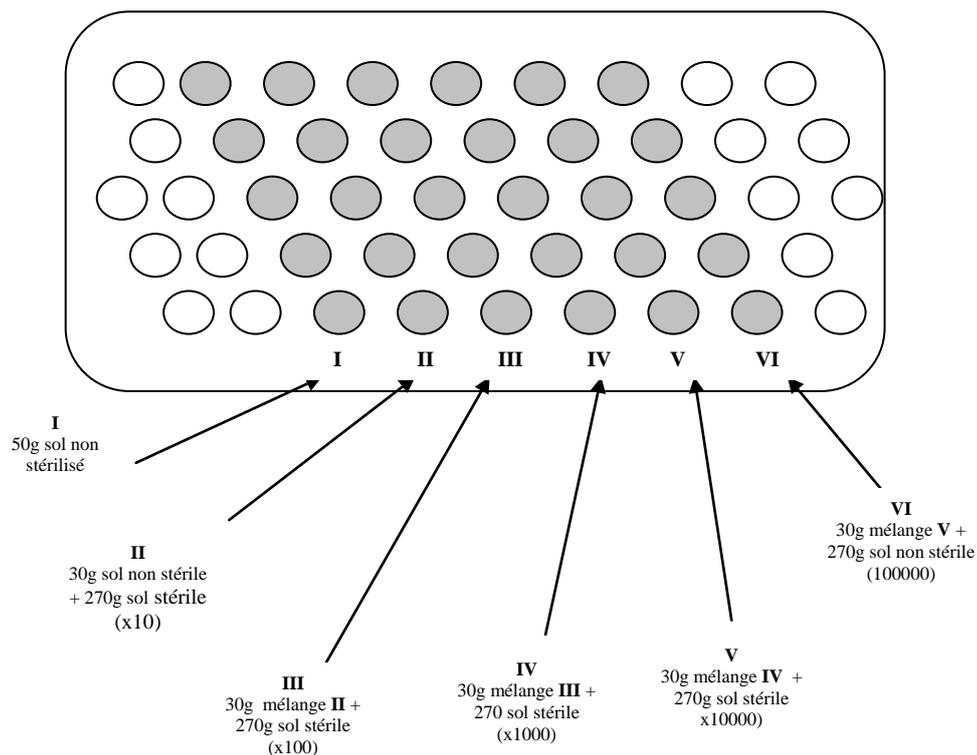


Figure 5 : Dispositif expérimental adopté pour la détermination du MPN

### 3.2- Observation et estimation du MPN

Après 6 semaines de culture, les plants de maïs ont été récoltés et les racines débarrassées du sol ont été colorées par la méthode de Philips et Haymans (1970) décrite en (3.3). Le système racinaire de chaque plant a été observé à la loupe binoculaire et le comptage a été fait suivant l'absence ou la présence d'au moins un point d'infection ou une figure de colonisation.

La détermination du MPN (nombre le plus probable) s'est faite à l'aide de la table 1 de Cochran (1950) (Annexe 2) à partir des résultats d'observation (mycorhizé ou

non) obtenus pour les cinq répétitions de chaque dilution de sol. La lecture de la table se fait en prenant la dernière dilution pour laquelle la mycorhization est observée au niveau des 5 répétitions. Si ce cas ne se présente pas, la dernière dilution présentant le plus grand nombre plants mycorhizés est considérée. On reporte le nombre de plants mycorhizés de cette dilution et des 2 dilutions suivantes (p2 et p3), on obtient un nombre de trois chiffres que l'on reporte sur la table. Cette dernière nous fournit un coefficient et on obtient le MPN pour 50 g de sol initial en multipliant ce coefficient par le facteur de dilution de p2. L'écart type correspondant est obtenu en utilisant la table 2 de Cochran (Annexe 3).

#### 4. Dispositifs expérimentaux

##### 4.1 Détermination du degré de dépendance des différentes variétés de sésame à l'inoculation mycorhizienne arbusculaire

La réponse à l'inoculation de 6 souches de champignons MA : *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus manihotis* et *Glomus verruculosum* a été évaluée sur les 8 variétés de sésame suivantes : PI 179 033, SN 98-86, Jaalgon 128, 32-15, SN 98-80 et PI 278 160, Primoca et CERAAS 1-98.

Pour chaque variété, le dispositif expérimental était totalement randomisé avec 5 répétitions (figure 6). Le substrat de culture est du sol stérilisé de Sangalkam. La durée de l'expérience était de 2 mois et les paramètres suivants ont été étudiés pour chaque variété:

- croissance en hauteur mesurée hebdomadairement avec un décimètre.
- biomasse sèche aérienne mesurée à la récolte avec une balance de précision.
- dépendance mycorhizienne mesurée selon la formule de Plenchette et *al.* (1983)
- gain de poids mesuré par la formule de Hetrick et *al.* (1972)

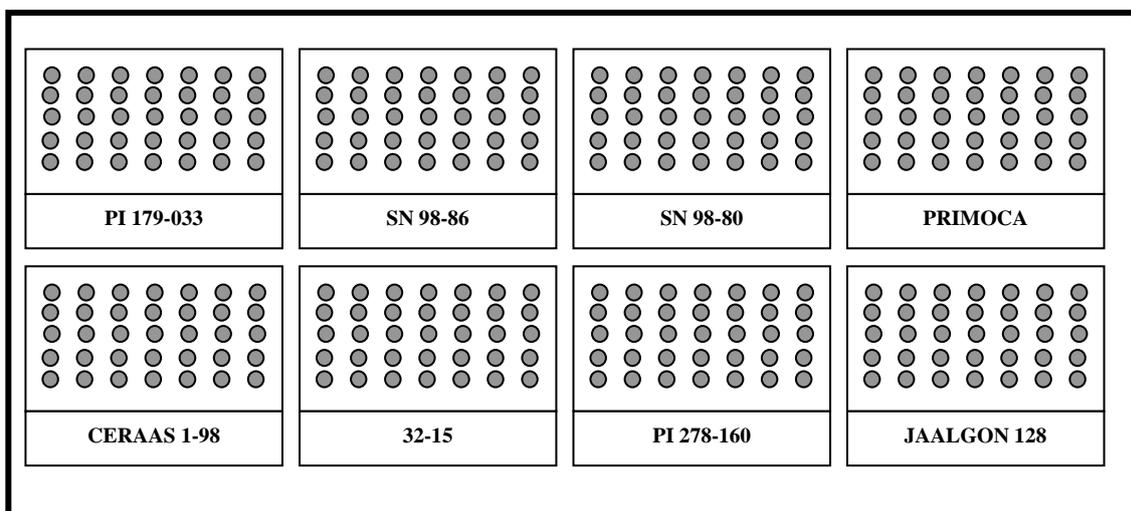


Figure 6 : Dispositif expérimental pour la détermination du degré de dépendance des différentes variétés de sésame.

#### 4.2- Etude du comportement des couples sélectionnés sur sol non stérilisé

Au terme de la détermination du degré de dépendance, pour chaque variété, l'effet des souches ayant induit le plus élevé et le plus faible degré de dépendance a été suivi sur sol non stérilisé. Ces couples sont consignés dans le tableau 8.

**Tableau 8** : meilleurs couples symbiotique et couples moins performants des 8 variétés de sésame

Variétés	Champignons plus performants	Champignons moins performants
Ceraas 1-98	<i>Glomus mosseae</i>	<i>Glomus intraradice</i>
32-15	<i>Glomus verruculosum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
PI 278 160	<i>Glomus aggregatum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
Jaalgon 128	<i>Glomus aggregatum-</i>	<i>Glomus verruculosum</i>
PI 179-033	<i>Glomus manihotis</i>	<i>Glomus verruculosum</i>
SN 98-86	<i>Glomus manihotis</i>	<i>Glomus verruculosum</i>
SN 98-80	<i>Glomus aggregatum</i>	<i>Glomus intraradices</i>
Primoca	<i>Glomus mosseae</i>	<i>Glomus verruculosum</i>

Ainsi, le comportement des couples ci-dessus a été suivi pendant 60 jours en serre. Le dispositif expérimental était de type randomisé (figure 7) et le sol de Sangalkam servait de substrat de culture.

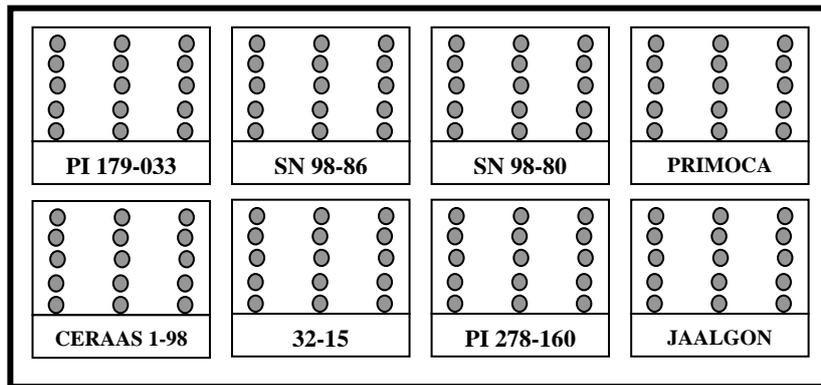


Figure 7: Dispositif expérimental pour la réponse des couples sélectionnés sur sol non stérilisé

## 5- Paramètres mesurés

- **Les paramètres de croissance** étudiés ont été la hauteur et le poids sec de l'appareil aérien. Pour apprécier le poids sec des parties aériennes, les plantes ont été récoltées, débarrassées de la partie racinaire et séchées pendant 7 jours à 60°C à l'étuve.

- **Les paramètres de rendement** étudiés ont été :

- *le gain de poids* selon la formule de Hetrick *et al.* (1992) : Gain de poids = [(Poids sec partie aérienne inoculés - Poids sec partie aérienne témoins) / Poids sec partie aérienne témoins] X 100.

- **Les paramètres de mycorhization** étudiés ont été :

- *la taux de mycorhization* a été calculé selon la méthode de Gridline. (Annexe).

- *la dépendance mycorhizienne* selon la méthode de Plenchette *et al.* (1983).

DM = [(Poids sec partie aérienne inoculés - Poids sec partie aérienne témoins) / Poids sec partie aérienne inoculés] X 100.

## 5- Analyses statistiques

L'analyse statistique des résultats a été réalisée en utilisant le logiciel STATITCF. Le test de Newman-Keuls a permis de comparer les moyennes des variables mesurées au seuil de probabilité de 5%.

Les données en pourcentage ont été transformées en arc sinus racine carré avant l'analyse de variance.

# Résultats

### 1- Détermination du degré de dépendance des différentes variétés de sésame à l'inoculation mycorhizienne arbusculaire

Après deux mois de culture, les variétés de sésame se sont révélées très mycotrophes. Les observations faites sur les racines après 2 mois de culture montrent la présence d'hyphes et de vésicules caractéristiques de l'infection mycorhizienne (figure 8). Toutes les phases de développement des champignons MA sont observées à l'extérieur et à l'intérieur des cellules corticales des racines. D'autre part, chez toutes les variétés de sésame, les racines des plants non inoculés n'ont hébergé aucune propagule mycorhizienne arbusculaire.



**Figure 8 :** Partie d'une racine mycorhizée de sésame (Source: M. Leye, 2005)

Les plants de sésame ont montré un développement végétatif satisfaisant tout au long de leur culture. Aucun signe de nécrose ni de perte de feuilles n'a été constaté. La figure 9 montre l'aspect des plants de sésame après 2 mois de culture.



Figure 8 : Aspect des plants de sésame à 50 jours après repiquage (Source : M. Leye, 2005)

## 1.1- Mycorhization

### 1.1.1- Taux de mycorhization

Au bout de 2 mois de culture, l'observation des racines colorées a révélé la présence de structures caractéristiques de l'infection mycorhizienne arbusculaire au niveau de tous les traitements où des souches de champignons MA ont été apportées (Tableau 10). Cependant aucune infection caractéristique de la symbiose MA n'a été constatée dans les racines des plants non inoculés.

Avec la variété Ceraas 1-98, les taux les plus élevés ont été obtenus avec les plants inoculés avec *Glomus fasciculatum* et *G. intraradices* et sont respectivement de 25,08 et 27,85%.

Le taux de mycorhization des plants de 32-15 le plus élevé a été observé avec l'inoculation par les souches *G. aggregatum* et *G. intraradices* (+40 %). Les souches *G. fasciculatum*, *G. mosseae* et *G. manihotis* ont induit des infections moindres au niveau des racines des plants de 32-15. Le taux de mycorhization obtenu avec ces champignons MA est respectivement de 27,37 %, 28,34% et 13,22 %.

Concernant la variété PI 278-160, *G. intraradices* s'est montrée plus agressive ; le pourcentage de mycorhization obtenu avec cette souche est de plus de 60 % alors qu'il est de moins de 20 % avec les autres souches.

Avec la variété Jaalgon 128, les infections les plus importantes ont été révélées avec les souches *G. intraradices*, *G. aggregatum* et *G. mosseae* avec un taux de plus de 40 % alors que les autres souches ont induit des taux de moins de 25 %.

Pour toutes ces variétés, Ceraas 1-98, 32-15, PI 278-160 et Jaalgon 128, *G. verruculosum* s'est montrée relativement la moins agressive avec des taux de mycorhization de moins de 7 %. Cependant, l'infection la plus importante (plus de 44 %) observée chez la variété PI 179-033 est obtenue avec *G. verruculosum* et *G. fasciculatum* bien que le taux obtenu avec les autres souches soit aussi relativement élevé (plus de 15 %).

Quant aux plants de la variété SN 98-86, l'infection mycorhizienne observée a été relativement importante. Elle est de plus de 34 % avec toutes les souches sauf *G. verruculosum* dont l'inoculation n'a induit un taux de mycorhization que de 18,79 %.

Pour la variété SN 98-80 le taux le plus élevé a été enregistré avec les plants inoculés avec *G. aggregatum* (47,60 %). La plus faible valeur du taux de mycorhization est obtenue avec *G. mosseae* et *G. verruculosum* et est respectivement 13,88 et 12,31 %.

Concernant la variété Primoca, les plus grandes valeurs du taux de mycorhization sont observées avec *G. aggregatum* et *G. intraradices* (plus de 47 %) alors le taux que le plus faible est noté avec l'inoculation par *G. verruculosum* (10,90 %).

**Tableau 10** : Taux de mycorhization (%) des différentes variétés de sésame après deux mois de culture

Variétés	Champignons MA					
	<i>Glomus mosseae</i> %	<i>Glomus aggregatum</i> %	<i>Glomus fasciculatum</i> %	<i>Glomus manihotis</i> %	<i>Glomus intraradices</i> %	<i>Glomus verruculosum</i> %
<b>Ceraas 1-98</b>	17,57 c	22,05 b	25,08 a	20,49 b	27,85 a	04,32 d
<b>32-15</b>	28,34 b	44,04 a	27,31 b	13,22 c	40,88 a	04,66 d
<b>PI 278-160</b>	10,66 c	19,97 b	13,66 c	12,35 c	63,58 a	06,10 d
<b>Jaalgon 128</b>	42,44 b	40,07 b	23,48 c	13,37 d	48,51 a	05,70 e
<b>PI 179-033</b>	30,35 b	29,88 b	44,55 a	18,94 d	25,66 c	45,41 a
<b>SN 98-86</b>	39,43 b	34,90 c	41,58 ab	38,13 b	44,23 a	18,79 d
<b>SN 98-80</b>	13,88 d	47,60 a	33,65 c	39,47 b	28,72 c	12,31 d
<b>Primoca</b>	21,52 c	51,94 a	37,74 b	23,48 c	47,17 a	10,90 d

Pour une même ligne, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité  $p < 0.05$  (test de Newman-Keuls).

### 1.1.2- Dépendance mycorhizienne

Cette dépendance mycorhizienne varie cependant selon la variété mais aussi selon le traitement de 38 à 98 % (tableau 8).

Le degré de dépendance de la variété **Ceraas 1-98** vis-à-vis des différentes souches MA testées est relativement élevé ; il est supérieur à 87 % quel que soit le champignon inoculé.

Avec **32-15**, nous avons obtenu une dépendance mycorhizienne plus grande avec *Glomus intraradices* (73 %) et *Glomus verruculosum* (75 %) ; les plus faibles valeurs ont été enregistrées chez les inoculés avec *Glomus aggregatum* (60,78 %) et *Glomus fasciculatum* (58,72 %). Cependant d'une manière générale on note un degré

de dépendance mycorhizienne de cette variété envers toutes les souches testées assez élevé.

L'inoculation des plants de **PI 278-160** a révélé une dépendance mycorhizienne élevée envers *Glomus mosseae* (90,93 %) et *Glomus aggregatum* (91,14 %). Les dépendances avec les autres souches (*Glomus fasciculatum*, *Glomus manihotis*, *Glomus intraradices* et *Glomus verruculosum*) sont sensiblement les mêmes et varient entre 85 et 86 %.

La variété **Jaalgon 128** s'est montrée plus dépendante de *G. aggregatum* (76 %), de *G. mosseae* (71%) et *G. fasciculatum* (70%) que des autres champignons MA testés. Le degré de dépendance le plus faible (38 %) a été obtenu avec *G. verruculosum*.

La variété **PI 179-033** présente des dépendances mycorhiziennes élevées pour l'ensemble des champignons MA. Son degré de dépendance vis-à-vis des souches MA étudiées est de plus de 89 %.

Le degré de dépendance de la variété **SN 98-86** par rapport à *G. mosseae* et *G. verruculosum* est relativement plus élevé. Cependant elle reste fortement dépendante des autres souches vis-à-vis desquelles elle a révélé des dépendances mycorhiziennes de plus de 70 %.

**SN 98-80** quant à elle présente un degré de dépendance plus élevée avec *Glomus aggregatum* (85,23 %). Cependant les dépendances envers *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Glomus manihotis* et *Glomus verruculosum* restent supérieures à 79 %.

Pour la variété **Primoca**, les dépendances les plus élevées sont obtenues avec *Glomus aggregatum* (77,02 %) et *Glomus mosseae* (76,74 %), suivies des champignons *Glomus fasciculatum* (67,23 %) et *Glomus manihotis* (69,19 %). La plus faible valeur de la dépendance est obtenue avec *Glomus verruculosum* (48,89 %).

**Tableau 11** : Dépendance mycorhizienne (%) de différentes variétés de sésame après deux mois de culture.

Champignons	Variétés de sésame					
	<i>Glomus mosseae</i>	<i>Glomus aggregatum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	<i>Glomus manihotis</i>	<i>Glomus intraradices</i>	<i>Glomus verruculosum</i>
Ceraas 1-98	95,14 a	94,33 a	92,69 a	90,13 a	87,35 c	92,06 b
32-15	65,71 b	60,78 c	58,72 c	65,91 b	73,39 a	75,49 a
PI 278-160	90,93 a	91,14 a	85,26 b	85,74 b	85,55 b	86,94 b
Jaalgon 128	71,44 b	76,65 a	70,63 b	57,72 c	57,46 c	38,27 d
PI 179-033	97,37 a	96,86 a	96,83 a	97,60 a	96,29 a	89,98 b
SN 98-86	84,77 a	80,73 b	76,75 c	81,88 b	77,88 c	82,06 ab
SN 98-80	82,03 b	85,23 a	81,01 b	83,08 b	79,35 c	83,25 b
Primoca	77,02 a	76,74 a	67,23 b	69,19 b	58,24 c	48,89 d

Pour chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont significativement différentes à  $P < 0,05$  (Test de Newman Keuls)

## 1.2- Développement végétatif

### 1.2.1-Biomasse aérienne

Pour chaque variété, le poids de biomasse des parties aériennes varie en fonction de la souche inoculée. Le poids sec des plants inoculés est généralement supérieur au témoin pour toutes les variétés.

La souche qui a le plus stimulé la production de biomasse au niveau des plants de **Ceraas 1-98** est *G. mosseae*. Le poids sec aérien des plants inoculés avec ce champignon MA est de plus de 2.5 g soit plus de 20 fois le poids sec des non inoculés. L'inoculation des autres souches a également induit de fortes augmentations de matière. Quelle soit la souche inoculée, une augmentation au moins de plus de 5 fois du poids sec moyen des témoins est obtenue.

Au niveau des plants de **32-15**, une stimulation de la biomasse aérienne avec l'inoculation a été également observée. Les souches les plus efficaces sur la production de biomasse à travers le poids sec ont été *G. verruculosum* et *G. intraradices* qui ont induit une augmentation de plus de 3 fois celui des témoins.

Chez les plants de **PI 278-160**, les souches *G. mosseae* et *G. aggregatum* ont plus stimulé la production de biomasse avec des poids secs aériens qui sont sensiblement les mêmes (1,51 g).

La biomasse aérienne la plus importante est obtenue avec *G. aggregatum* avec 2,23 g. La souche qui a le moins induit la production de biomasse est *G. verruculosum* et est de 0,84 g.

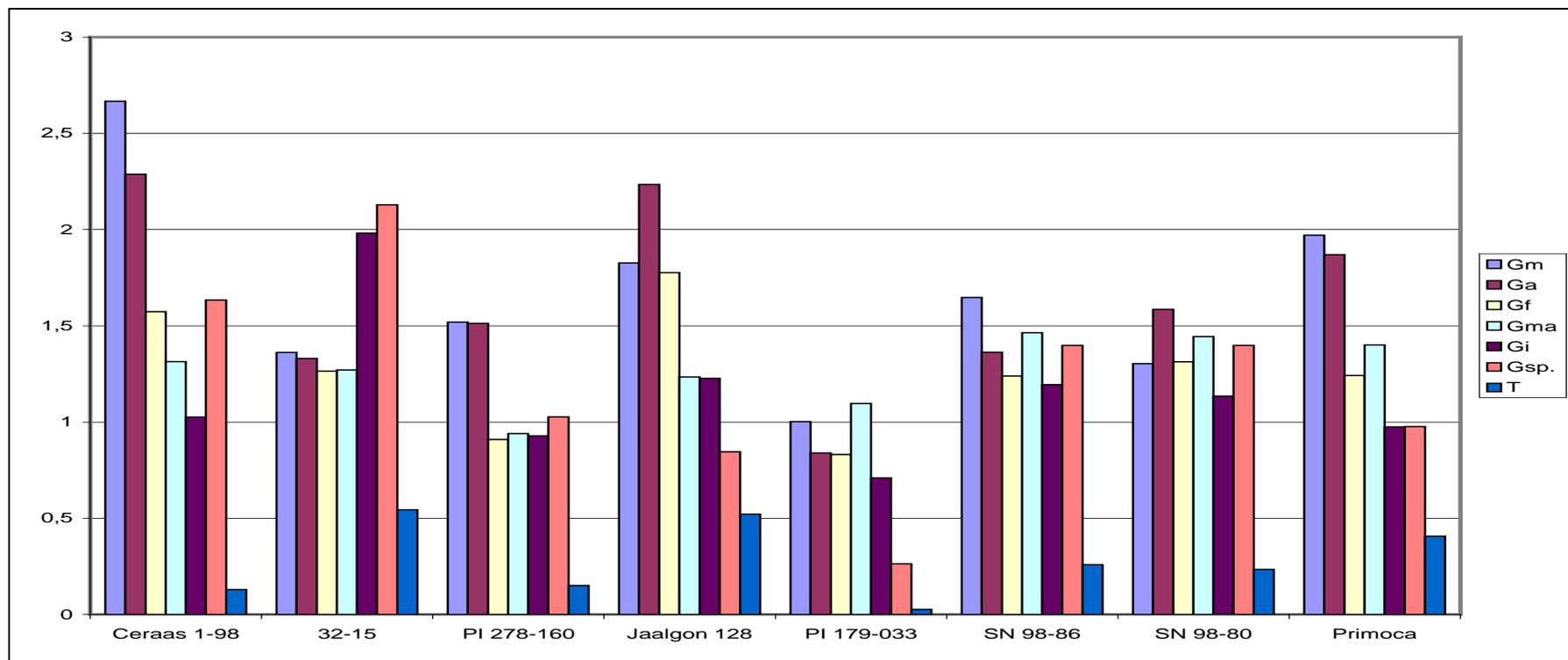
Chez **PI 179-033**, les biomasses obtenues avec les plants inoculés avec *G. mosseae* et *G. manohitis* sont les plus importantes et sont respectivement de 1,00 et 1,09 g. Cependant à part les plants traités avec *G. verruculosum* (0,26 g) et les témoins (0,026 g), les matières aériennes produites par les plants traités avec les autres champignons sont sensiblement égales (entre 0,70 g et 0,84 g).

Avec **SN 98-86**, *G. mosseae* a induit la production de biomasse la plus importante avec 1,65 g. Les lots témoins ont produit les biomasses les plus faibles. Les biomasses obtenues avec les autres traitements (*G. aggregatum*, *G. fasciculatum*, *G. manihotis* et *G. verruculosum*) ne sont très différentes et sont comprises entre 1,19 et 1,46 g.

Pour **SN 98-80** la biomasse produite par les plants inoculés avec *G. aggregatum* est la plus importante (1,58 g) et celle produite par les plants inoculés avec *G. intraradices* est la plus faible.

Concernant **Primoca**, les souches de *G. mosseae* et *G. aggregatum* ont plus stimulé la production de matière aérienne avec respectivement 1,97 et 1,87 g. les plants témoins ont donné la biomasse la plus faible (0,41 g).

Poids (g)



Variétés de sésame

**Figure 10 :** Biomasse aérienne sèche des plants de sésame en fonction de la variété et du champignon MA inoculé avec *Glomus mosseae* (Gm), *G. aggregatum* (Ga), *G. fasciculatum* (Gf), *G. manihotis* (Gma), *G. intrardices* (Gi), *G. verruculosum* (Gv), et le Témoin (T) non inoculé après 2 mois de culture

### 1.2.2- Gain de poids

Après deux mois de culture, les gains de croissance obtenus avec les souches testées sont représentés dans le tableau 12. De fortes augmentations de matières ont été obtenues avec l'inoculation par les différents champignons MA étudiés.

D'importants gains de poids chez les plants de la variété **Ceraas1-98** ont été enregistrés avec l'inoculation par les différentes souches testées. Une augmentation de plus de 1500 % de matière a été observée avec l'inoculation par les souches *G. mosseae* et *G. aggregatum*. La variété **32-15** n'a pas été très sensible à l'inoculation mycorhizienne arbusculaire. Le gain de poids le plus important a été observé avec l'inoculation par *G. verruculosum* et n'est que de 308 %.

Concernant la variété **PI 278-160**, des gains de poids de plus de 1000 % ont été induits par l'inoculation par *Glomus mosseae* et *Glomus aggregatum*. Même avec les autres souches de *Glomus* sp. inoculées, ce gain est relativement élevé (supérieur à 500 %).

La réponse de la variété **Jaalgon 128** à l'inoculation des champignons MA à travers la stimulation de la production de biomasse a révélé des gains de poids relativement moindres. Comparativement aux plants des autres variétés, ceux de la variété **Jaalgon 128** ont enregistré des gains de poids moins importants. Le gain le plus élevé obtenu avec l'inoculation par *G. aggregatum* n'est que de 328 % alors que *G. verruculosum* n'a permis qu'une augmentation de poids de 62 %.

La meilleure réponse à l'inoculation mycorhizienne arbusculaire a été observée au niveau des plants de **PI 179-033**. Toutes les souches inoculées ont induit de fortes stimulations de la production de biomasse aérienne des plants de **PI 179-033**. En effet des gains de poids même de plus de 2500 % ont été obtenus ; *G. mosseae* (3704 %), *G. aggregatum* (3084 %), *G. fasciculatum* (3055 %) et *G. manihotis* (4061 %). Le gain le plus faible est noté avec *Glomus verruculosum* (898,48 %).

Pour la variété **SN 98-86**, le gain de croissance le plus élevé est enregistré avec *Glomus mosseae* 556,51 % suivis des souches *Glomus intraradices* (352,06 %) et *Glomus fasciculatum* (330,12 %). Le plus faible gain de poids est observé chez les inoculés avec *Glomus fasciculatum* (330,12 %).

En ce qui concerne la variété **SN 98-80**, le gain de poids le plus important est obtenu avec *Glomus aggregatum* (576,87 %) suivi des champignons *Glomus manihotis* (491,01 %) et *Glomus verruculosum* (497,00 %). Le gain le plus faible est noté avec *Glomus intraradices* (384,17 %).

Avec la variété **Primoca** nous avons obtenu des gains de poids similaires et plus élevés avec les champignons *Glomus mosseae* et *Glomus aggregatum* avec une moyenne sensiblement égale à 332,975 %. Le gain de poids le plus faible est obtenu avec *Glomus verruculosum* (95,81 %).

**Tableau 12 :** Gain de poids (%) en fonction du champignon de différentes variétés après deux mois de culture.

Champignons	Variétés de sésame					
	<i>Glomus mosseae</i>	<i>Glomus aggregatum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	<i>Glomus manihotis</i>	<i>Glomus intraradices</i>	<i>Glomus verruculosum</i>
Ceraas 1-98	1955,82	1663,55	1267,26	912,84	690,76	1160,03
32-15	191,61	154,97	142,27	193,31	275,77	308,01
PI 278-160	1003,09	1028,05	578,28	601,19	591,93	665,68
Jaalgon 128	250,11	328,23	240,50	136,50	135,08	62,00
PI 179-033	3704,46	3084,90	3055,22	4061,06	2594,12	898,48
SN 98-86	556,51	419,05	330,12	451,81	352,06	457,38
SN 98-80	456,38	576,87	426,53	491,01	384,17	497,00
Primoca	335,58	330,37	205,46	224,90	139,69	95,81

### 1.2.3- Croissance en hauteur

Le suivi régulier de la croissance des plants des différentes variétés étudiées a permis de constater des différences de développement selon le champignon MA inoculé. Les effets de l'inoculation des différents champignons de MA sur la croissance des plants des différentes variétés ont été représentés au niveau des figures 11a et 11 b.

Jusqu'à la fin de la 2<sup>ème</sup> semaine aucune différence significative sur la croissance des plants de **Ceraas 1-98** n'a été décelée en fonction de la souche inoculée (figure 11 a). L'effet de l'inoculation est net à partir de la 5<sup>ème</sup> semaine. En effet, la taille des plants inoculés quelle que soit la souche est plus importante que ceux des témoins. A la 9<sup>ème</sup> semaine la taille des inoculés est au moins supérieure à 30 cm alors que la

croissance en hauteur des non inoculés n'est que de 15 cm. Cependant, une différence dans la réponse à l'inoculation en fonction du champignon MA inoculé a été constaté. En fait, les plants inoculés avec *G. mosseae* ont montré une croissance en hauteur relativement plus marquée ; à la 9<sup>ème</sup> semaine, leur taille est de 50 cm alors que celle des autres inoculés est de moins de 43 cm.

Avec la variété **32-15** (figure 11 a), une différence dans le développement en hauteur des plants en fonction de la souche inoculée n'a été constatée qu'à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine après repiquage. Les plants inoculés avec *G. verruculosum* accusant au début un léger retard ont à partir de la 5<sup>ème</sup> semaine connu une stimulation de leur croissance en hauteur. Le meilleur développement en hauteur des plants a été obtenu avec l'inoculation. A la 9<sup>ème</sup> semaine, la taille moyenne des témoins est de 25 cm alors que tous les inoculés ont une taille supérieure à 35 cm. Les tailles les plus élevées ont été observées au niveau des inoculés avec *G. verruculosum*, *G. intraradices* et *G. mosseae*.

La même tendance a été observée avec les plants de la **PI 278-160** (figure 10 a). A partir de la 5<sup>ème</sup> semaine, l'inoculation a stimulé d'une manière considérable la croissance en hauteur des plants. La taille la plus faible qui est observée chez les plants inoculés avec *G. verruculosum* est de 35 cm alors que la taille moyenne des témoins est moins de 20 cm. Une bonne tendance de la croissance en hauteur est maintenue à partir de la 5<sup>ème</sup> semaine chez les plants inoculés avec *G. aggregatum*. La souche *G. mosseae* a également stimulé d'une manière remarquable le développement en hauteur des plants de la variété **PI 278-160**.

Les souches qui ont le plus stimulé la croissance en hauteur des plants de Jaalgon sont *G. aggregatum* et *G. mosseae* (figure 11 a). Un effet très significatif de l'inoculation quelle que soit la souche a été obtenu au niveau du développement en hauteur des plants. Les plants témoins ont connu une croissance en hauteur relativement très faible comparativement aux inoculés. A la 9<sup>ème</sup> semaine après repiquage, la taille des non inoculés est de moins de 15 cm alors que celle des inoculés dépassent largement 25 cm. Chez les inoculés avec *G. aggregatum* et *G. mosseae*, elle est même supérieure à 40 cm.

Chez les plants de la variété **PI 179-033**, l'effet de l'inoculation sur la croissance en hauteur a été perceptible à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine (figure 11 b). Seuls les plants inoculés avec *G. verruculosum* ont accusé un retard de développement jusqu'à la 6<sup>ème</sup> semaine à partir de laquelle leur croissance est légèrement stimulée. La stimulation de la croissance en hauteur par les autres souches MA inoculées a été très nette. A la 9<sup>ème</sup> semaine, la taille des plants témoins est de moins de 7 cm alors que les inoculés avec *G. manihotis* et *G. mosseae* ont une taille supérieure à 25 cm, soit plus de 3 fois celle des témoins.

L'effet de l'inoculation sur la taille des plants **SN 98-86** est manifeste à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine (figure 11 b). La souche *G. intraradices* a plus stimulé le développement en hauteur des plants de **SN 98-86**, son inoculation a permis une augmentation du double de la taille des non inoculés. De la 4<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine, les plants inoculés avec *G. manihotis* ont révélé un bon développement en hauteur ; cependant cette tendance s'estompe jusqu'à la 9<sup>ème</sup> semaine. Quelle soit la souche considérée, l'inoculation a permis une augmentation de la taille des plants.

Pour **SN 98-80**, nous constatons une croissance en hauteur exponentielle des plants inoculés avec les champignons MA à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine. Et la croissance en hauteur la plus importante a été observée chez les inoculés avec *Glomus manihotis* et *Glomus aggregatum* avec des tailles supérieures à 30 cm alors que celle des témoins est légèrement supérieure à 15 cm.

Au niveau des plants de **Primoca**, la stimulation du développement en hauteur par l'inoculation se manifeste à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine de culture. La souche *G. aggregatum* a été la plus efficace ; les plants inoculés avec cette souche ont connu un développement relativement plus important tout au cours de la culture. Leur taille moyenne est de près de 60 cm alors que celle des non inoculés est moins de 25 cm. Par ailleurs, les autres champignons MA montrent également une efficacité considérable sur la stimulation du développement en hauteur des plants ; tous les plants inoculés ont une taille plus importante que celle des témoins.

## **2- Etude de la mycorhization sur la croissance et la biomasse aérienne des couples choisis cultivés sur sol non stérilisé**

Après deux mois de culture sur sol non stérilisé, les plantes de sésame ont présenté des différences de développement avec dans certains cas des pertes notées et dans d'autres cas des développements végétatifs. Le taux de mycorhization des racines de sésame varie de 6 à 28 % (Tableau 13). La biomasse aérienne varie aussi suivant la variété mais aussi suivant le traitement de 0,60 à 2,04 g ; quant aux tailles obtenues, elles sont comprises entre 27,00 et 65 cm (Tableau 13)

### **2.1- Mycorhization**

#### **2.1.1-Taux de mycorhization**

Les racines de **Ceraas 1-98** ont révélé un taux de mycorhization relativement plus élevé avec *G. intraradices*. Il est de 26 % avec ce champignon alors qu'il est de 18 % avec *G. manihotis*. L'infection MA induite par les souches endogènes estimée à travers les racines des témoins est de 7,72%.

Chez la variété **32-15**, aucune différence significative n'a été notée entre le taux de mycorhization des inoculés avec *G. verruculosum* et avec *G. fasciculatum*. Cependant le taux de mycorhization observé chez les témoins reste faible et est en moyenne de 6,33%.

Pour **PI 278-160**, les taux de mycorhization sont significativement les mêmes chez les racines des plants inoculés avec les deux champignons MA, *G. aggregatum* et *G. fasciculatum*. Les racines des non inoculés ont montré un taux de mycorhization de 6,3 %

Avec la variété **Jaalgon 128**, la mycorhization la plus importante est notée avec les plants inoculés avec *G. aggregatum*. Le taux obtenu dans ce cas est de 23.70%. Par ailleurs, la détermination du taux de mycorhization des inoculés avec *G. verruculosum* et des témoins ne révèle aucune différence significative.

Avec **PI 179-033**, le taux de mycorhization le plus important est observé avec les racines des plants inoculés avec *G. aggregatum* avec une moyenne de près de 26% ;

le taux obtenu avec *G. verruculosum* étant de 20 %. Les lots témoins ont montré des niveaux d'infection faibles (1.57%).

Chez les plants de **SN 98-86**, le taux de mycorhization le plus élevé est observé avec l'inoculation par *G. mosseae* et est en moyenne 28,10 %. Le taux de mycorhization obtenu avec *G. fasciculatum* est sensiblement égal à 13%. La mycorhization a été observée chez les lots témoins avec un taux de près de 9%.

Les racines des plants de **SN 98-80** inoculés par *G. aggregatum* et *G. intraradices* ne présentent aucune différence significative dans leur taux de mycorhization.

La mycorhization obtenue avec les racines des plants témoins est de près de 6,5 %.

Les plants de **Primoca** inoculés ont sensiblement montré les même taux de mycorhization qui sont respectivement 18.94 et 15.00 % pour *G. mosseae* et *G. verruculosum*. Les plants témoins ont montré une mycorhization faible avec un taux moyen de 6.58%.

## **2.2- Développement végétatif**

### **2.2.1- Biomasse aérienne**

Les développements végétatifs les plus importants sont observés chez les plants inoculés avec *G. mosseae*. En effet, la biomasse sèche obtenue est de 0.79g avec un gain de poids de 29%, contre 0.71 g de matière sèche obtenue pour les plants inoculés avec *G. intraradices*.

Les biomasses aériennes sèches des plants de **32-15** les plus importantes sont observées sur les plants inoculés avec *Glomus fasciculatum* avec une moyenne de 0,99g et des gains de poids de 46%. Cependant, les poids secs aériens des plants inoculés avec *G. verruculosum* sont de 0.86g avec un gain de poids 26%. Les poids des lots témoins sont moins importants (0.68g).

Chez les plants de **PI 278-160** la biomasse sèche est plus importante avec les plants inoculés avec *G. fasciculatum* avec une moyenne de 1.57g et un gain de poids de 54%. Les plants inoculés avec *G. aggregatum* ont un poids de matière sèche

moyen de 1.35g et le gain de poids obtenu est 32%. Les lots témoins ont présenté les plus faibles poids de matière sèche (0.68g).

En ce qui concerne la biomasse aérienne sèche des plants de **Jaalgon 128**, les poids secs aériens les plus importants ont été enregistrés avec l'inoculation avec *G. aggregatum*

Au niveau des plants de **PI 179-033**, la même tendance pour la mycorhization s'est observée avec le développement végétatif. En effet la biomasse la plus importante est enregistrée avec les plants en présence de *G. aggregatum* (2.04g) et le gain de croissance mesuré est de 30% par rapport aux témoins. La biomasse des plants de sésame inoculés avec *G. verruculosum* est égale à 1.70g avec un gain de croissance peu élevé (8%).

La biomasse aérienne la plus importante des plants de **SN 98-86** a été enregistrée avec le champignon *G. fasciculatum* avec un poids moyen de 1.84 g couplé à un gain de 56%. Pour les plants traités avec *G. mosseae*, la biomasse obtenue est en moyenne de 1.67g et le gain de poids noté dans ce cas est de 39%. Les témoins ont montré la plus faible biomasse aérienne (1.20g) et leur taille moyenne est de 54.60 cm

La biomasse aérienne sèche est de 1.09g en moyenne pour les plants de **SN 98-80** inoculés avec *G. aggregatum* avec un gain de 114%. La biomasse reste inférieure avec les plants inoculés avec *G. intraradices* (0.84g) avec un gain de 65%. Les plants témoin ont montré la moyenne la plus faible de la biomasse avec un poids de 1.20g.

Au niveau des plants de **Primoca**, l'inoculation avec *G. mosseae* a permis d'obtenir la biomasse la plus importante sur les plants de sésame avec une moyenne de 1.42g et un gain de poids de 137%. La matière sèche obtenue sur le traitement avec *G. verruculosum* est de 1.00g et le gain déterminé est de 67%. Les lots témoins ont donné le plus faible poids de matière sèche (0.60g).

### **2.2.2- La croissance en hauteur**

La meilleure croissance en hauteur des plants de **Ceraas 1-98** a été obtenue avec la souche *G. mosseae*. Une augmentation de taille de plus de 10 cm par rapport à

celle des témoins a été observée. Cependant aucune différence significative n'est notée entre la taille des inoculés avec *G. intraradices* et celle non inoculés. Une légère augmentation de la taille des inoculés est observée sur sol non stérilisé ; la même tendance entre les inoculés avec *G. intraradices* et *G. mosseae* sur sol stérilisé se maintient sur sol non stérilisé.

La stimulation **de la croissance des plants de 32-15** par l'inoculation avec *G. verruculosum* et *G. fasciculatum*

Quant à la hauteur des plants de **PI 278-160**, elle reste plus élevée chez les plants inoculés avec *G. aggregatum* avec une moyenne de 65.80 cm ; celle obtenue avec le traitement avec *G. fasciculatum* est de 56.20 cm. Cette dernière est de 5 cm de moins chez les plants témoins.

Pour la croissance des plants de **Jaalgon 128**, la même tendance pour la biomasse est observée avec la croissance des plantes ; avec respectivement 71,40 cm et 50,20 cm pour les traitements témoins et les traitements avec *G. aggregatum*.

La hauteur des plants de **PI 179-033** est en moyenne de 55.20 cm. La taille des plants traités avec *G. aggregatum* est la plus importante avec une moyenne de plus de 45 cm. Les hauteurs des plants inoculés avec *G. intraradices* et les lots témoins non inoculés sont sensiblement les mêmes et les tailles moyennes varient entre 38.20 et 40.40 cm.

La taille des plants de **Primoca** est plus importante sur les traitements avec *G. mosseae*. Les plants traités avec cette souche ont montré une hauteur moyenne de 51.33 cm. Le traitement avec *G. verruculosum* a donné une taille moyenne des plants de plus de 40 cm. Les témoins ont montré les tailles les moins importantes avec une moyenne de 27 cm.

**Tableau 13 :** Taux de mycorhization, biomasse aérienne sèche, gain de poids et hauteur des plants des couples sélectionnés sur sol stérilisé.

Variétés	Champignons	Taux mycorhization (%)	Biomasse aérienne	Gains de poids (%)	Hauteur (cm)
<b>Ceraas 1-98</b>	Gm	18.20 b	0.79 a	29	46.00 a
	Gi	26.08 a	0.71 b	16	36.00 b
	T	7.72 c	0.61 c		31.60 b
<b>32-15</b>	Gv	10.25 a	0.86 b	26	49.40 a
	Gf	14.60 a	0.99 a	46	48.60 a
	T	6.33 b	0.68 c		42.20 b
<b>PI 278-160</b>	Ga	11.09 a	1.35 b	32	65.80 a
	Gf	13.88 a	1.57 a	54 a	56.20 b
	T	6.43 b	1.02 c		51.20 c
<b>Jaalgon 128</b>	Ga	23.70 a	1.07 b	8	50.20 b
	Gv	11.36 b	1.56 a	56	59.60 a
	T	10.34 b	0.99 b		44.40 c
<b>PI 179-033</b>	Ga	25.94 a	2.04 a	30	58.80 a
	Gv	20.92 b	1.70 b	8	55.20 ab
	T	7.36 c	1.57 c		51.20 b
<b>SN 98-86</b>	Gm	28.10 a	1.67 b	39	65,80 a
	Gf	12.95 b	1.84 a	56	66,80 a
	T	8.94 c	1.20 c		54,60 b
<b>SN 98-80</b>	Ga	19,13 a	1,09 a	114	45.25 a
	Gi	16,22 a	0,84 b	65	40.40 b
	T	6,46 b	0,51 c		38.20 b
<b>Primoca</b>	Gm	18,94 a	1,42 a	137	51.33 a
	Gv	15,00 a	1,00 b	67	40.40 b
	T	6.58 b	0,60 c		27.00 c

Pour chaque colonne et pour une même variété, les valeurs suivies de la même lettre ne sont significativement différentes à  $P < 0,05$  (Test de Newman Keuls)

# Discussions

### **Potentiel mycorhizogène (MPN) du sol d'étude**

Le résultat obtenu avec le MPN a permis de montrer la présence de propagules mycorhiziens dans le sol de Sangalkam capable de favoriser une infection mycorhizienne. Ainsi, il existe des souches natives dans le sol de Sangalkam comme dans la plupart des sols tropicaux (auteur, 19 ??). La présence en propagules du sol de Sangalkam est lié au faible pourcentage du taux de phosphore comme l'ont montré plusieurs auteurs (Plenchette et *al.*, 1983 ; Sieverding, 1991 et Diop, 1996).

Sélection des meilleurs couples symbiotiques

### **Mycorhization**

Toutes les variétés testées ont montré la présence de structures de la mycorhization dans les racines donc le sésame à l'instar des plantes tropicales (Béreau et Garbaye, 1994 ; De Alwis et Abeynayake, 1980 ; Lodge, 1987 ; Moyersoan, 1993 ; Newbery et *al.*, 1988) est associé fréquemment aux champignons. En outre le sésame ne manifeste pas de spécificité d'hôte vis-à-vis du champignon et est justifié par les dires de Harley, (1991).

Cependant la variabilité observée dans la réponse du végétal vis-à-vis des six souches de champignons testés sont en conformité avec les dires de Vasanthakrisna et Bagyaraj (1993) et est due à une préférence d'hôte manifestée par la plante envers certaines souches champignons MA. En outre la différence de la dépendance observée au sein de la même variété ont été décrites par plusieurs études (Koide et *al.*, 1988 ; Bryla et Koide, 1990 ; Khalil et *al.*, 1994 ; Sampath Kumar et *al.*, 2002 et Diop et *al.*, 2003).

La colonisation relativement élevée des variétés par les différentes souches se justifie par la mycotrophie élevée du sésame comme l'ont montré les travaux d'Anil Prakash et *al.* (2004); Selvaraj et Subramanian, (1988 ; 1990) Shukla et Vanjare, (1992)

Plusieurs travaux ont été effectués sur la croissance de plantes d'espèces tropicales inoculées ou non avec des champignons MA (Alexander et al , 1992 ; McHargue, 1981 ; Janos, 1977, 1980 ; Redhead, 1975), cependant peu d'études ont été réalisés sur le sésame (Anil Prakash et *al.* 2004).

Le sol pauvre en phosphore justifie aussi l'efficacité de la symbiose. En effet, les teneurs élevées de phosphore peuvent inhiber la colonisation arbusculaire des racines

(Amirjee et *al.*, 1989 ; Abbott et *al.*, 1984 ; Koide and Li, 1990) et par conséquent diminuer les bénéfices tirés de la symbiose.

L'utilisation de souches de champignons MA du genre *Glomus* est justifié par les travaux de Sampath Kumar G. et *al.*, (2002) qui obtiennent une biomasse plus grande du sésame associé à des champignons mycorhiziens du genre *Glomus* aussi bien au niveau des racines que des parties aériennes des plants associées à différents genre de champignons MA.

La différence de dépendance observée entre les variétés vis-à-vis des souches est en parfaite conformité avec les travaux de Lambert et *al.*, (1980) sur le luzerne, de Carling et Brown, (1982) sur le soja, de Kesavo-Rao et *al.*, (1990) sur l'arachide et de Kumar et *al.*, (1998) sur le sésame.

### **Développement végétatif**

L'effet bénéfique des champignons MA dans la nutrition hydrominérale et le développement de cultures à graines oléagineuses ont montré par plusieurs études (Manoharachary et Prakash, 1991).

Les meilleurs résultats sur la croissance en hauteur et en production de biomasse obtenus avec les plants de sésame à l'inoculation mycorhizienne avec des souches de *Glomus sp.* testées sont semblables aux travaux de plusieurs auteurs dont Mosse (1973), Tinker (1978), Harley et Smith (1983) et Gianinazzi-Pearson (1986).

L'inoculation a permis une bonne amélioration de la nutrition hydrominérale des plants et ceci grâce à la capacité des racines mycorhizées d'exploiter plus efficacement le sol (Sanders and Tinker, 1971, Hayman and Mosse, 1972 ; Vestberg M. (1992).

Daft et El-Giahmi (1976) Mosse B. (1981), Parvathi et *al.* (1985) rapportèrent très tôt que l'inoculation de plants d'arachide avec des champignons MA entraîne une amélioration de la nutrition hydrominérale associé à un important développement végétatif. Dodd et *al.* (1983) travaillant sur le soja ont obtenu également les mêmes effets de l'inoculation avec des champignons arbusculaires. Hayman D. S. (1982) a également observé une meilleure exploitation du sol chez des plants de soja mycorhizés.

Les meilleurs résultats obtenus avec *G. aggregatum* et *Glomus mosseae* sur la croissance en hauteur et sur la production de biomasse de la plupart des variétés (PI 278-160, SN 98-80, Primoca, PI 179-033, SN 98-86) sont liés à une effectivité différentielle des souches pour les plants des différentes variétés. Ces résultats sont similaires à ceux de Caris *et al.* (1998) sur l'arachide et le sorgho et de Sulochana *et al.* (1989) sur le sésame. Par ailleurs les plants non inoculés ont montré un retard de croissance chez toutes les variétés testées.

### **Etude de la mycorhization des variétés choisies sur sol non stérilisé**

#### **Mycorhization**

Les nouvelles conditions de travail nous ont permis d'obtenir des résultats à l'inoculation des plants de sésame différents de ceux cultivé sur sol non stérile. En effet les souches introduites sont soumises à plusieurs propriétés dont celles microbiennes comme l'ont montré les études de Garbaye (1983) et de De Olivera (1988). La présence de la mycorhization dans les racines des plants témoins montre l'infektivité des souches endogènes vis-à-vis des plants des différents couples que nous avons choisis. Cependant par rapport à notre première expérimentation, la mycorhization s'est confirmée dans certains cas et ceci peut être lié à une synergie dans les interactions avec les souches endogènes. Pour certains couples par contre, les résultats ne se confirment pas et serait lié à une compétition négative entre les microorganismes endogènes et les souches introduites. Ces différentes observations sont similaires aux travaux de De Olivera et Garbaye, 1989 et de Duponnois et Garbaye, 1990.

#### **Développement végétatif**

Nous avons vu que notre sol non stérilisé a permis l'installation de la mycorhization par des souches endogènes qui sont aussi efficaces que les souches introduites. Le développement végétal de nos plants varie beaucoup suivant les traitements et est largement tributaire des conditions des traitements mais aussi celles de notre sol d'étude. Cela a permis d'obtenir des résultats différents aussi bien pour la croissance en hauteur que pour la biomasse aérienne par rapport à notre première étude.

Ainsi nous constatons que sur sol non stérile, certaines variétés (Ceraas 1-98, PI 278-160, PI 179-033, SN 98-80, Primoca) ont maintenu leurs effets et montre une réceptivité positive de notre sol aux couples testés comme l'ont montré les travaux de Duvert, (1987). Les souches introduites sont donc compétitives et ces résultats sont similaires à ceux de Garbaye et Wilhelm (1984), de McAfee et Fortin (1986) et de Garbaye (1990).

Cependant, chez les autres variétés (32-15, Jaalgon 128, SN 98-86) les souches sont aussi compétitives entre elles et ont montré des résultats aussi bien importants chez les couples performants et non performants choisis (32-15, SN 98-86). Chez Jaalgon 128, les couples moins performants ont montré les biomasses aériennes sèches et les croissances en hauteur les plus importantes. Ces cas sont illustrés par les résultats de Le Tacon et *al.*, (1988).

# **Conclusion et Perspectives**

Les effets néfastes de la sécheresse sur les potentialités agricoles des sols mais aussi sur les cultures sont plus à démontrer. La diversification avec le sésame (*Sesamum indicum* L.) peut être un recours pour une alternative aux cultures de rente et aux cultures vivrières qui connaissent de plus en plus un recul. En outre l'exploitation de la technologie de l'inoculation par des champignons mycorhiziens est une solution pour améliorer la culture du sésame dans les zones à pluviométrie aléatoire et généralement faible et à une pauvreté des sols en élément minéraux. L'étude que nous avons menée, a montré que l'exploitation de cette voie biologique pourrait être une satisfaction pour remédier aux problèmes posés par la pauvreté des sols en éléments minéraux mais satisfaire les besoins de qualité du marché international.

Nos travaux montrent que notre sol d'étude montre sa réceptivité aux souches apportées et leur expression positive aussi bien sur sol stérilisé que sur sol non stérilisé. Cependant il serait intéressant de mener d'autres expériences avec d'autres types de sols afin de mieux évaluer l'efficacité de nos souches.

Les souches introduites ont toutes induit l'amélioration de la nutrition minérale et hydriques sur les plants de sésame et par conséquent leur production de biomasses aérienne et de leur rendement. Toutefois il serait intéressant d'envisager l'étude en condition de stress hydrique afin de voir le comportement de nos souches en condition de déficit hydrique sur la culture du sésame. Ces études méritent d'être poursuivies en station ou au champs afin d'étayer nos différentes assertions sur l'amélioration de la nutrition hydrominérale du sésame par les champignons mycorhiziens arbusculaires.

# Références bibliographiques

- Abbott L. K. and Robson A. D. (1984).** The effect of root density, inoculum placement and infectivity of inoculum on the development of vesicular arbuscular mycorrhizas. *New Phytol* **97**: 285-299
- Abbott LK & Robson AD. (1991).** Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **35**: 121-150.
- Acland J.D., (1971).**- East African crops (Chapter 27. Simsim: *Sesamum indicum*, 170-172). FAO, Longman Group Ltd, London, 252 p.
- Alexander I. J. Norani Ahmad and Lee S. S. (1992).** The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. B 335: 379-388. Amazonica del Sur de Venezuela. *Scientia Guaianae* 3, Caracas. 82 pp.
- Al-Karaki G. N. and Clark R. B. (1998).** Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *J. Plant. Nutr.* **21**: 263-276.
- Ames R. N., Reid C. P., Porter L. K., and Cambardella C. (1983).** Hyphal uptake and transport of nitrogen from two <sup>15</sup>N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytol* **95**: 381-396.
- Ames RN, Reid CPP & Ingham ER. (1984).** Rhizosphere bacterial population responses to root colonization by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytologist* **96**: 555-563.
- Amirjee F., Tinker P. B. Stribley D. P. (1989).** The development of endomycorrhizal root systems. VII. A detailed study of the effects of soil phosphorus on colonisation. *New Phytol* **111**: 435-446.
- Anil Prakash, Vandana Tandon, and Sharma N.C (2004).** Effect of rock phosphate and VAM inoculation on growth and nutrient uptake in *Sesamum indicum* L. *Physiol. Mol. Biol Plants* **10**(1):137-141.
- Anonyme, (1989).** Arachide et autres plantes annuelles. *Oléagineux*, **44** (4), 9-26.
- Ashley J. (1993).** Oilseed (Chapter 12), 240-243. In: "Dryland farming in Africa", Rowland J.R.J. (ed.) CTA & Macmillan Press Ltd, Hong Kong, 336p.
- Ashri, A. (1987).** Report on FAO/IAEA expert consultation on breeding improved sesame cultivars. Hebrew University, Israel.
- Baylis G. T. S. (1975).** The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In : Endomycorrhizas, Sanders F. E., Mosse B., Tinker P. B., eds. Academic Press, New York and London, 495-509.

- Bécard G. and Piché Y. (1992).** Establishment of VA mycorrhizae in root organ culture: Review and proposed methodology. In Varma A. and Norris D.J. (eds.), *Methods in Microbiology*, vol **24**: *Experiments with Mycorrhizae*: Academic Press, New Yrk, USA. pp. 35-43.
- Béreau M. et Garbaye J. (1994).** First observations on the root morphology and symbioses of 21 major tree species in the primary tropical rain forest of French Guyana. *Annales de Sciences Forestières* **51** : 407-416.
- Bethlenfalvay G. J., Reyes-Solis, M. G., Camel S. C. and Ferrera-Cerrato R. (1991).** Nutrient transfer between the roots zones of soybean and maize plants connected by a common mycorrhizal mycelium. *Physiology Plantarum* **82**: 423-432.
- Bolan, N.S. & Robson, D. (1987).** Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the availability of iron phosphates to plants. *Plant Soil*, **99**: 401-410.
- Boucher A. Dalpé, Y. & Charest, C., (1997).** Effets des symbioses mycorrhiziennes sur la croissance du maïs. *Mycorhizes 97*, McGill Univ. Juin 1997
- Boudreault, C., Charest, C. & Dalpé, Y., (1997).** Effets des mycorhizes à arbuscules sur la croissance de deux graminées de pelouse. *Mycorhizes 97*, McGill Univ. Juin 1997
- Bouillard B. (1968).** Les mycorhizes (monographie 2). Masson et Cie Eds. *Saint-Germain, Paris*.
- Bowen G. D., Skinner M. F., Bevege D. I. (1974).** Zinc uptake by mycorrhizal and uninfected roots of *Pinus radiata* and *Araucaria cunninghami*. *Soil Biol. Biochem.* **6**: 141-144.
- Bowen G.D. et Théodorou C. (1967).** Studies on phosphate uptake by mycorrhizas. *14 th IUFRO. Cong.* **5**: 116-138.
- Bowen G.D., Bevege D.I., Mosse B. (1975).** Phosphat physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: *Endomycorrhizas*, Sanders F.E., Mosse B., Tinker P.B., eds. Academic Press. London, 241-260.
- Brétaudeau A. (1998).** Les effets de différentes dates de semis de deux variétés de sésame dans l'association arachide-sésame, 295-304. In: *Les Légumineuses à graines*, Démarly Y. éd., Actes de séminaire, Madagascar 22-27 février, FIS, Stockholm.
- Brigham, R.D. (1985).** Status of sesame research and production in Texas and the USA, p. 73-74. In: A. Ashri (Ed.). *Sesame and sallower: status and potentials*. Publ. 66. FAO, Rome.

- Brundrett, M.C. (2002).** Co-evolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phyt.* **154**: 275-304.
- Bryla D.R. and Koide R.T. (1990).** Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. Cultivated plants: II Eight wild accessions and two cultivars of *Lycopersicum esculatum* Mill. *Oecologia* **84**: 82-92.
- Carel, M. (1988)** L'autosuffisance alimentaire en Afrique. *In Agriculture*. Automne 1988. ISSN 0002-1687. Pages 38-43.
- Caris, C., W. Hordt, H.J. Hawkins, V. Romheld and E. George. (1998).** Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. *Mycorrhiza*, **8**: 35-39.
- Carling D.E et Brown M.F. (1980).** Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal roots. *Phytopathology*, **72**, 1108-1114.
- Carrodus B. B. (1967).** Absorption of nitrogen by mycorrhizal roots of beeh. II. Ammonium and nitrate as sources of nitrogen. *New Phytol.* **66**: 1-4.
- Chakravarty P. et Mishra R. R. (1986).** Effect of phosphorus concentration and *Glomus intraradices* on *Fusarium* crown and root rot of tomatoes. *Phytopathology* **76**: 942-946.
- Charest C., Dalpé Y. and Brown A. (1993).** The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae chilling on two hybrids of *Zea mays* L. *Mycorrhiza*, **4**: 89-92.
- Cobley L.S., Steele W.M., (1976).** An introduction to the botany of tropical crops. Second edition. *The English Language Book Society & Longman Group Ltd*, London, 371 p.
- Cochran W. G. (1950).** Estimation of bacterial densities by means of the "Most Probable number". *Biometrics* **6**: 105-116.
- Cooper K. M. et Tinker P. B. (1978).** Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. II. Uptake and translocation of phosphorus zinc and sulphur. *New Phytologist* **81**: 43-52.
- CRS, (1999).** Actes du forum des acteurs de la filière sésame du 15 au 18 juin, Faoune, 53p.
- Daft M. et El-Giahmi A.A. (1976).** *Ann. Appl. Biol.* **83**: 405.
- Dalpé Y. (1998).** Biodiversity of mycorrhizal fungi. Electronic publication prepared for the 'Review of biodiversity in the Canadian agricultural soils'. ([http://res2.agr.ca/ecorc/mycor/bio\\_sols\\_f.htm](http://res2.agr.ca/ecorc/mycor/bio_sols_f.htm))

- De Alwis D. P. and Abeynayake R. (1980).** A survey of mycorrhizae in some forest trees of Sri Lanka. Pp. 146-153 in Mikola P. (ed). *Tropical mycorrhiza research*. Clarendon Press, Oxford.
- De Félice P. (1967).** Guide pour l'étude de quelques plantes tropicales. *Gauthier-Villars*, Paris, 127 p
- De Olivera V. L. (1988).** Interaction entre les microorganismes du sol et l'établissement de la symbiose ectomycorhizienne chez le hêtre avec *Hebeloma crustuliniforme* et *Paxillus involutus*. Thèse de l'Université de Nancy, 118p.
- De Olivera V.L. et Garbaya J. (1989).** Les microorganismes auxiliaires de l'établissement des symbioses. *Euro. J. For. Path.* **19** : 54-64.
- Declerck S., Devos B., Devaux B. et Plenchette C. (1994).** Growth response of micropapagated banana plants to VAM inoculation. *Fruits* **49**: 103-109.
- Dehne H. W. (1982).** Interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathologische Zeitung* **72**: 115-1119.
- Diop T. (1996).** Les mycorhizes à vésicules et arbuscules. *J. fac. Sci. Dakar, Univ. Cheikh Anta Diop*, **2** :49-64.
- Diop T. A., Bécard G., Piché Y. (1992).** Long-Term *in vitro* Culture of an Endomycorrhizal Fungus, *Gigaspora margarita*, on Ri T-DNA Transformed Roots of Carrot. *Symbiosis* **12**: 249-259.
- Diop T. A., Plenchette C., Strullu D. G. (1994).** Dual axenic culture of sheared-root inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with tomato roots. *Mycorrhiza* **5**: 17-22.
- Diop T., Wade T. K., Diallo A., Diouf M. And Gueye M. (2003).** *Solanum* cultivar responses to arbuscular mycorrhizal fungi: growth and mineral status. *African Journal of Biotechnology*, vol 2 (11), 429-443.
- Diouf M., (2001a).** Rapport final de la campagne 2000 : « Recherche pour la promotion de la culture du sésame au Sénégal », Projet 678-00-08 Ceraas/CRS/Organisations paysannes, Ceraas-Isra, Thiès, 61p.
- Diouf M., (2001b).** Besoins en eau, croissance et productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal. Mémoire de titularisation, ISRA-CERAAS, Thiès, 63p. + 7 ann.
- Diouf M., Roy-Macauley H., Colleuille A., (2000).** Le Sénégal s'ouvre au sésame (*Sesamum indicum* L.). *CORAF ACTION* **16**, 6-7.

- Djigma A., (1984).** Conditionnement génétique des caractères liés au rendement chez le sésame (*Sesamum indicum* L.). *Oléagineux*, 39 (4), 217-222.
- Dodd J., Krikun J. Et Hass J. (1983).** Relative effectiveness of indigenous population of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from four sites in Negev, Israel. *Isr. J. Bot.* 32 : 10-21.
- Dommergues Y. et Mangenot F. (1970).** Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie (eds.) Paris, 477p.
- DSDIA/DAPS/MAE** (Division de la Statistique, de la Documentation et de l'Information Agricole/ Division de l'Analyse et de la Prévision des Statistiques/ Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage) (2003). Résultats définitifs de la campagne agricole 2002/03, DSDIA/DAPS, Dakar, 4p.
- Duponnois R. et Garbaye J. (1990).** Some mechanisms involved in growth stimulation of ectomycorrhizal fungi by bacteria. *Can. J. Bot.* (sous presse).
- Duvert P. (1987).** Réceptivité des sols aux associations mycorrhiziennes et aptitude prophylactiques des mycorrhizes. Thèse de l'Université de Dijon, 195 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization) (1999).** Annuaire FAO de la production 1998. FAO, *Coll. Statistiques*, 52 (148), Rome, 233p.
- Fawzi F.G., El-Wakil A.A., El-Deed A.A. (1991).** Association of *Pseudomonas syringae* p.v. *sesami* with some sesame seed lots in Egypt. *Egypt. J. Agric. Res.* 69(3), 685-693.
- Fofana A. (2005).** Amélioration de la productivité et valorisation du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal : Evaluation variétale. Isra 12p.
- Francis R., Finlay R. D. et Read D. J. (1986).** Vesicular-arbuscular in natural vegetation systems. IV. Transfer of nutrient in inter and intra-specific combinations of host plants. *New Phytologist* 102: 103-111.
- Frank A.B. (1885).** Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 3, 128-145.
- Frey B. and Schuepp H. (1992).** Transfer of symbiotically fixed nitrogen from berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) to maize via vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae. *New Phytol* 122: 447-454.
- Frossard, E., Brossard, M., Hedley, M.J. & Metherell, A. (1995).** Reactions controlling the cycling of P in soils. In H. Tiessen, ed. *Phosphorus in the global environment*, p. 104-141. New York, USA, John Wiley & Sons.

- Garbaye J. (1990).** Les problèmes posés par la mycorhization contrôlée du chêne. *Revue forestière française* **42(2)** : 233-239.
- Garbaye J. (1983).** Premiers résultats de recherches sur la compétitivité des champignons ectomycorhiziens. *Plant and soil* **71** : 303-308.
- Garbaye J. et Wilhelm M.E. (1985).** Facteurs limitants et aspect dynamiques de la mycorhization contrôlée de *Fagus sylvatica* Lin. par *Hebeloma crustuliniforme* (Bull. ex Saint-Amans) Qué. sur tourbe fertilisée. *Ann. Sci. For.* **42(1)** 53-68.
- Garcia Garrido J. M. et Ocampo J. A. (1987).** Interaccion entre micorrizas VA y organismos patogenos de plantas. *An. Edafol. Agrobiolog.* **56**: 1233-1245.
- George, L., V.A. Bapat, and P.S. Rao. (1987).** *In vitro* multiplication of sesame (*Sesamum indicum* L.) through tissue culture. *Ann. Bot.* **60**:17-21.
- Gerdemann J. W. & Trappe J. M. (1974).** *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. *Mycologia Mem.* **5**: 1-76.
- Gerdemann J. W. (1975).** Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In *Torrey J. G. Torrey et Clarckson ed., The Development and function of roots. Academic Press, New York,* pp 575-591
- Gianinazzi-Pearson V. (1986).** Mycorrhizae: A potential for better use of phosphate fertilizer. *Fert Agric* **92**: 1-10.
- Gilmore A. H. (1974).** The influence of endotrophic mycorrhizae on the growth of peach seed-lings. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* **95**: 55-58.
- Giovannetti M. & Mosse B. (1980).** An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* **84**: 489-500.
- Göhl B. (1982).** Les aliments du bétail sous les tropiques : Données sommaires et valeurs nutritives. *FAO, Coll. Production et santé animales* **12**, Rome, 543 p.
- Guèye M. (2000).** Evaluation des besoins en eau, de la croissance et de la productivité de sept variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal. Mémoire d'ingénieur agronome, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, 74p. + 5 annexes.
- Guèye M. (2002).** Réponse morpho-physiologique au déficit hydrique du sésame (*Sesamum indicum* L.) au jeune âge. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), 45p. + 3 annexes.
- Hamel C., Nesser C., Barantes-Cartin U. and Smith D. L. (1991).** Endomycorrhizal fungal species mediate <sup>15</sup>N from soybean to maize in non-fumigated soil. *Plant Soil*, **138**: 41-47.

- Hardie K. and Leyton L. (1981).** The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth and water relations of red clover. I. In phosphate deficient in soil. *New Phytol* **89**: 599-608.
- Harley J. L. and Smith S. E., (1983).** Mycorrhizal symbiosis. *Academic Press*, New York and London, UK.
- Harley J.L. (1991).** Introduction to the state of art, in methods in Microbiology, Vol. 23, Techniques for studies of Mycorrhiza, J.R. Norris, D.J. Read and A.K. Varma (eds), Academic Press, London, pp. 1-23.
- Harley JL & Smith SE. (1983).** Mycorrhizal Symbiosis. *Academic Press, London*.
- Hayman D. S. (1982).** Practical aspects of vesicular arbuscular mycorrhiza. *Advances in Agriculture Microbiology*. (Ed. N.S.C. Rao), Oxford & TBH, Pub Co. New Delhi, Bombay Calcutta. pp. 325-499.
- Hayman D. S. and Mosse B. (1971).** Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. I. Growth of Endogone-inoculated plants in phosphate deficient soils. *New Phytol*. **70**: 19-27.
- Hayman D.S. and Mosse B. (1972).** Plant and growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza: III, Increased uptake of labile pool from soil. *New Phytol* **71**: 41-47.
- Hepper C. M. (1987).** VAM spore germination and hyphal growth *in vitro*-prospects for axenic culture. In 7th NACOM, mycorrhizae in the next decade, practical application and research priorities (ED. by Sylvia D. M. and L. L. Hung).
- I. T. C. F.(1991).** Stat-I.T.C.F.. Manuel d'utilisation (Editions I.T.C.F, Céréalières de France).
- Ibidjen J., Urquiaga S., Ismaili M., Alves B. J. R. and Boddey R. M. (1996).** Effect of arbuscular mycorrhizas on uptake of nitrogen by *Brachiria arrecta* and *Sorghum vulgare* from soils labelled for several years with <sup>15</sup>N. *New Phytol*, **133**: 487-494.
- ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) (1998).** Plan stratégique de l'ISRA (1998-2003) : Synthèse des activités scientifiques et chiffrages. Isra, Dakar, 169p.
- Janos D. P. (1977).** Vesicular arbuscular mycorrhizae affect the growth of *Bactris gaspaes*. *Principes* **21**: 12-18.
- Janos D. P. (1980).** Vesicular arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. *Ecology*, **61**: 151-162.
- Johnson H.R., Raymond D.R. (1964).** The chemical composition of some tropical food plant. III-Sesame seed. *Trop. Sci.*, **6** (4), 173-179.

- Jones, M.D., Duraqll, D.M. & Tinker, P.B. (1998).** A comparison of arbuscular and ectomycorrhizal *Eucalyptus coccifera*: growth response, phosphorus uptake efficiency, and external hyphal production. *New Phyt.* **140**: 125-134.
- Karleskind, A. :** Manuel des corps gras, Lavoisier 1992, Tome II ISBN: 2 - 85 206 - 662 - 9
- Kesava-Rao P. S., Tilak K. V. B. R. and Arunachalam V. (1990).** Genetic variation for VA mycorrhiza-dependent phosphate mobilisation in groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Plant and soil* **122**: 137-142.
- Khalil S., Loynachan T.E. and Tabatabai M.A. (1994).** Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agronomy Journal*, **86**: 949-958.
- Khan A. G. (1972).** The effect of VA mycorrhizal associations on growth of cereals. I. effects on maize growth. *New Phytol.* **72**: 613-619.
- Koide R, Li M, Lewis J & Irby C. (1988).** Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. I. Wild vs. cultivated oats. *Oecologia* **77**: 537-543.
- Koide R.T. and Li M. (1990).** On host regulation of vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytol.*, **114**: 59-65.
- Kumar P.P., Shailja K.M., Rao M.S. and Ram Reddy S. (1998).** Genotype dependent variation in VAM infection and growth response of tendre cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.) *J. Indian Bot. Soc.* **77**: 71-74.
- Lamar R. T. and Davey C. B. (1988).** Comparative effectivity of three *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a high-phosphorus nursery soil. *New Phytol* **109**: 170-181.
- Lambert D. H., Cloe H, Baker D. E. (1980).** Variation in the response of Alfalfa clones and cultivars of mycorrhiza and phosphorus. *Crop. Sci.* **20**: 615-618.
- Lambert D.H., Baker D.E. and Cole H. Jr. (1979).** The role of mycorrhizae in the interactions of phosphorus with zinc, copper, and other elements. *Soil Science Society of America Journal* **43**, 976-980.
- Lange Ness, R. & Vlek, P.L.G. (2000).** Mechanism of calcium and phosphate release from hydroxy-apatite by mycorrhizal hyphae. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **64**: 949-955.
- Lapeyrie F. C., Picatto C., Gerard J. and Dexheimer (1990).** T.E.M. study of intracellular and extracellular calcium oxalate accumulation by ectomycorrhizal

- fungi in pure culture or in association with *Eucalyptus* seedlings. *Symbiosis* **2**: 163-166.
- Lawrynowicz M. (1979).** Endogonales, klebiankowate. In: Skirgiello A., Zadara M., Lawrynowicz M. Gryrzyby X. Warszawa-Kraków, 273-295.
- Le Tacon F. Garbaye J., Bouchard D., Chevalier G., Olivier J.M., Guimberteau J., Poitou N., Frochot H. (1988).** Field result from ectomycorrhizal inoculation in France. Canadian workshop on Mycorrhizae in forestry. LALONE AND PICHE edit. Université Laval (Quebec). 51-74.
- Lebrun J.-P. & Stork A. L. (1997).** Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Volume 4, Gamopétales : *Clethraceae* à *Lamiaceae*. Editions des conservatoires et jardin botanique, Genève, 712p.
- Lodge D. J. (1987).** Resurvey of mycorrhizal associations in the EL Verde rain forest in Puerto Rico. p. 127 in Sylvia D. M., Hung L. L. and Graham J. H. (eds). *Proceedings of the 7 th North American Conference on Mycorrhizae*. Institute of Food and Agriculture Science, University of California, Gainesville.
- MAE (Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage) (2003). **Programme d'appui au développement de la filière sésame au Sénégal, MAE, Dakar.**
- Maliwal P.L., Arthur S.S. (1994).** Weed management in groundnut (*Arachis hypogaea*) -sesame (*Sesamum indicum*) intercropping system. *Indian J. Agric. Sci.* **64** (6), 394-396.
- Manoharachary, C. and P. Prakash.(1991).** Vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis and its role in nutrition of oil seed crop of semi-arid tropics. *J. Soil Biol. Ecol.*, **11**: 84 - 89.
- Mazzani B. (1964).** Aspectos del mejoramiento del ajonjolí en Venezuela. *Oléagineux*, **19** (12), 775-782.
- Mbow M., (1996).** Contribution à l'étude comparative de la valeur du tourteau d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) et du tourteau de sésame (*Sesamum indicum* L.) dans la ration du poulet de chair en zone tropicale. Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaires (EISMV), Dakar, 55 p. + annexes.
- Mcafee B.J. and Fortin J.A. (1986).** Competitive interactions of ectomycorrhizal mycobionts under field conditions. *Can. J.Bot.* **64**: 842-848.
- McHargue L. A. (1981).** VA mycorrhizae improve growth and nodulation of two tropical leguminous trees. P. 52 in Program and Abstracts of 5th North American Conference of Mycorrhizae. University Laval, Quebec.

- Mémento de l'agronome. (1991).**- Mémento de l'agronome 4<sup>ème</sup> édition. Ministère de la coopération et du développement, *Coll. Technique rurales en Afrique*, Paris, 1635p.
- Mémento de l'agronome. (2002).** Mémento de l'agronome. Ministère des affaires étrangères, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), Groupe de recherche et d'échange technologique (GRET), Paris, 1690p.
- Menge J. A., Johnson E. L. V., Platt R. G. (1978).** Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrients regimes. *New Phytol.* **81**: 553-559.
- Miller R.M. and Jastrow J.D. (1992).** The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation (p. 438-467). In M. F. Allan (ed) *Mycorrhiza Ifunctioning Routledge*, Chapman and Hall, New York.
- Morton J. B. and Benny G. L. (1990).** Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycètes). : a new order, Glomales, two new suborders, *Glomineae* and *Gigasporineae*, and two new families, *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae*, with an emendation of *Glomaceae*. *Mycotaxon* **37** : 471-491.
- Mosse B. (1956).** Fructifications of an Endogone species causing endotrophic mycorrhiza in fruit plants. *Ann. Bot.*, **20**, 349-362.
- Mosse B. (1972a).** Effects of different Endogone strains on the growth of *Paspalum notatum*. *Nature* **229**: 221-223.
- Mosse B. (1972b).** The influence of soil type and Endogone strains on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soil. *Rev. Ecol. Biol. Sol* **9**: 529-537.
- Mosse B. (1973).** Advances in the study of vesicular arbuscular mycorrhiza. *Ann Rev Phytopathol* **11**: 171-196.
- Mosse B. (1981).** Vesicular arbuscular mycorrhizal research, Research Bulletin 194, Hawaiï, p. 81.
- Mosse, B., Stribley, D.P. & Le Tacon, F. (1981).** Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Adv. Micro. Ecol.*, **5**: 137-210.
- Mouton G., (1995).** Le point sur la culture du sésame en Casamance. Aajac/ Colufifa & Oxfam-Belgique (Projet SEN CE 15), 47p. +Annexes.
- Mulkey J.R.Jr., Drawe H.J., Elledge R.E.J. (1987).**- Planting date effects on plant growth and development in sesame. *Agron. J.* **79**, 701-703.
- Narayanan A., Balakrishna Reddy K. (1982).** Growth, development and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *Field Crops Research*, **5 (3)**, 217-224.

- Nelson C. E., and Safir G. R. (1982).** The water relations of well-watered, mycorrhizal and non-mycorrhizal onion plants. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* **107**: 271 – 274.
- Newbery D. M., Alexandre I. J., Thomas D. W. and Gartlan J. S. (1988).** Ectomycorrhizal rain-forest legumes and soil phosphorus in Korup National Park, Cameroon. *New Phytologist*, **109**: 433-450.
- Niang M. (2004).** Effet de la date de semis sur le développement, la croissance et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal. Mémoire d'ingénieur agronome, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, 60p. + 3 annexes.
- Nyeck P. (1997).** Les plantes médicinales et leurs vertus. *Le guide de la famille* **200**, 31p.
- OMM (Organisation Météorologique Mondiale) (1991).** Agrométéorologie opérationnelle : Recueil de notices phénologiques, OMM, Genève, 258p. + annexes.
- ONUDI (1985).** Formulation des pesticides dans les pays en développement. Publication des Nations Unies. 232 p.
- Oplinger, E.S., D.H. Putnam, A.R. Kaminski, C.V. Hanson, E.A. Oelke, E.E. Schulte, and J.D. Doll. (1990)** Sesame. *Univ. Wisconsin Ext. Univ. Minnesota Ext., Madison, WI and St. Paul, MN.*
- Owusu-Bennoah E. and Mosse B. (1979).** Plant growth response to VA mycorrhiza. XI. Field inoculation responses in barley, lucerne and onion. *New Phytol* **83**: 671-679.
- Paradis, R., Dalpé, Y. & Charest, C. 1995.** The combined effect of arbuscular mycorrhizas and short-term cold exposure on wheat. *New Phytol.* **129**: 637-642
- Parvathi K. R., Venkateswarlu K. Rao A.S. (1985).** Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.) **95**: 35.
- Philips and Hayman (1970).** Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycological Society* **55** : pp 93-130.
- Pirozynski, K.A. & Dalpé, (1989).** The geological history of the Glomaceae with particular reference to mycorrhizal symbiosis. *Symbiosis* **7**:1-36.
- Plenchette C. (1982).** Recherches sur les Endomycorhizes à vésicules et arbuscules. Influence de la plante-hôte, du champignon et du phosphore sur l'expression de la symbiose endomycorhizienne. Ph. D. Thesis, Université Laval, Québec, Canada.

- Plenchette C. Fortin J.A., Furlan V. (1983).** Growth response of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil* **70**: 199-209.
- Plenchette C., Fortin J. A., Furlan V. (1983b).** Growth response of several plant species in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant and Soil*. **70**: 199-209.
- Plenchette C., Furlan V., Fortin J. A. (1982).** Effects of different Endomycorrhizae fungi on five host plants grown on calcined montmorillonite clay. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **107**: 535-538.
- Plenchette C., Furlan V., Fortin J. A. (1983a).** Responses of Endomycorrhizae plants grown in calcined montmorillonite clay to different levels of soluble phosphorus. Effect on growth and mycorrhizal development. *Can. J. Bot.* **61**: 1377-1383.
- Plenchette C., Furlan V., Fortin J. A. (1983c).** Responses of Endomycorrhizae plants grown in calcined montmorillonite clay to different levels of soluble phosphorus. II. Effect on nutrient uptake. *Can. J. Bot.* **61**: 1384-1391.
- Pnud, (2001).** Rapport national sur le développement humain 2001 du Sénégal du Programme des Nations Unies pour le développement
- Poswal M. A. T., Misari S.M, (1994).** Field resistance of sesame cultivars to *Cercospora* leaf spot induced by *Cercospora sesami*. *Trop. Agric.* **71(2)**, 150-152.
- Price N. S., Roncadori R. W., Hussey R. S. (1989).** Cotton growth as influenced by phosphorus nutrition and vesicular-arbuscular mycorrhizals. *New Phytol.* **111**: 61-66.
- Purseglove J. W. (1984).** -Tropical crops: Dicotyledons. *Longman group Ltd. ed.*, Singapour, 719p.
- Redhead J. F. (1975).** Endotrophic mycorrhizas in Nigeria: some aspects of the ecology of the endotrophic mycorrhizal association of *Khaya grandifoliola* C. DC. Pp. 447-459 in Sanders, F. E. Mosse B. and Tinker P. B. (eds). *Endomycorrhizas*. Academic Press, London.
- Rhodes L. H. and Gerdemann J. W. (1978).** Hyphal translocation and uptake of sulfur by vesicular-arbuscular mycorrhizae of onion. *Soil Biol Biochem* **10** : 355-360.
- Roy-Macauley H. (1993).** Activités endoprotéolytiques : Mise en évidence et variations en réponse au déficit hydrique chez *Phaseolus* et *Vigna* : Etude

préliminaire de la réponse du système ubiquitine à la contrainte hydrique. Thèse Université Paris VII, 143 p.

**Safir G. R., Boyer J. S. Gerdmann J. W. (1971).** Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science* **172**: 581-583.

**Safir G. R., Boyer J. S. Gerdmann J. W. (1972).** Nutrients status of mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiol.* **49**: 700-703.

**Saif S. R. and Khan A. G. (1977).** The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals. III. Effect on barley growth. *Plant and Soil* **47**: 17-26.

**Sampath Kumar, G., S. Muruges, A. Rajendran, B. Madhumathi and A. Ganesh Kumar. (2002).** Association of VAM fungi with sesame and its influence on growth. *Sesame and Safflower Newsletter* No. **17**.

**Sanders F. E. and Tinker P. B. (1973).** Phosphate flow into mycorrhizal roots. *Pestic. Sci.* **4**: 385-395.

**Sanders F.E. and Tinker P.B. (1971).** Mechanism of absorption of phosphate from soil by Endogone mycorrhizas. *Nature (London)* **232**: 278-279.

**Schilling R. & Cattan Ph. (1991).** La culture du sésame en Afrique tropicale. *Oléagineux*, **46 (3)**, 125-133.

**Schoenbeck F. (1979).** Endomycorrhiza in relation to plant diseases. *In: Soil-borne plant pathogens*, eds. SCHIPPERS B., GAMS W., Academic Press, New York, 271-280.

**Schüßler, A., Schwarzott, D., and Walker, C. (2001).** A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* (105):1413-1421.

**Selvaraj T. and Subramanian G. (1988).** Light and scanning electron microscopic studies of VAM in *Sesamum indicum* L. roots. *Mycorrhizae for Green Asia: Proceedings of the first Asian Conference on Mycorrhizae* pp. 106-110.

**Selvaraj, T. and G. Subramanian (1990).** Phenols and lipids in mycorrhizal and non-mycorrhizal roots of *Sesamum indicum*. *Current Science* **59(9)**: 471-473.

**Shukla B.N. and Vanjare N. (1992).** Effect of available NPK on VAM spore population in oilseeds cropped soil. *Indian J. Mycol. Plant Patho.*, **22**: 187-1189.

**Sieverding E. (1991).** Vesicular arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn, Germany, 371pp.

- Sikora R. A. and Schonbeck F. (1975).** Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza (*Endogone mosseae*) on population dynamics of the root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne hapla*). *VIII Int. Congr. Plant. Protect. Moscow* **5**: 158.
- Simon L., Bousquet J., Levesque F. C. and Lalonde M. (1993).** Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature* **363**: 67-69.
- Simon, J.E., A.F. Chadwick, and L.E. Craker. 1984.** Herbs: An indexed bibliography. 1971-1980. The scientific literature on selected herbs, and aromatic and medicinal plants of the temperate zone. Archon Books, Hamden, CT.
- Smith E. and Gianinazzi-Pearson V. (1998).** Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plants Physiol. Plant Mol. Biol.*, **39**: 221-244.
- Strullu D. G., Diop T., Plenchette C. (1997).** Réalisation de collections *in vitro* de *Glomus intraradices* (Schenck et Smith) et de *Glomus versiforme* (Karsten et Berch) et proposition d'un cycle de développement. *C.R. Acad. Sci. Paris Sciences de la vie* **320** : 41-47.
- Strullu D. G., Diop T., Plenchette C. (1997).** Réalisation de collections *in vitro* de *Glomus intraradices* (Schenck et Smith) et de *Glomus versiforme* (Karsten et Berch) et proposition d'un cycle de développement. *C.R. Acad. Sci. Paris Sciences de la vie* **320** : 41-47.
- Strullu D.G., Gourret J.P., Garrec. J.P. (1981).** Microanalyse des granules vacuolaires des Ectomycorhizes, Endomycorhizes et Endomycorhizes. *Physiol. Vég.* **19**. 367-378.
- Sulochana, T., C. Manoharachary and T. Rama Rao. (1989).** Growth response and root colonization in cultivars of sesame to VAM fungi. *Curr. Sci.*, **58**(9): 519-520.
- Su-Noh Ryu, Kwan-Su Kim, Jin-Ki Bang, Bong-Ho Lee (1998).** Quantitative determination of sesaminol glucosides in sesame seed. *Korean J. Crop. Sci.*, **43**(4), 209-213.
- Sylvia, D.M. & Williams, S.E., (1992).** Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. G.J. Bethlenfalvay & R.G. Linderman Eds ASA Special Publication Number 54, Madison Wisconsin 101-124
- Sylvia, D.M. (1992).** Demonstration and mechanism of improved phosphorus uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In F.J. Sikora, ed. *Future*

*directions for agricultural phosphorus research*, pp. 31-34. Muscle Shoals, USA, National Fertilizer and Environmental Research Centre, TVA.

**Tinker P.B.H (1978).** Effects of vesicular arbuscular mycorrhizas on plant nutrition and growth. *Physiol Vég* **16**: 743-751.

**Tomm G. O., van Kessel C., and Slinkard A. E. (1994).** Bi-directional transfer of nitrogen between alfalfa and bromegrass: short-and long-term evidence. *Plant Soil* **164**: 77-86.

**Toro, M., Azcon, R. & Barea, J.M. (1997).** Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilising rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (<sup>32</sup>P) and nutrient cycling. *App. Env. Microbiol.*, **63**: 4408-4412.

**Traoré S. (1993).** Insectes du sésame au Burkina Faso: Impact des deux principaux ravageurs sur quelques variétés. *SAHEL PV INFO* **59**, 10-18.

**Van Den Abeele M., Vandenput R. (1956).** Les principales cultures du Congo Belge, 3<sup>e</sup> édition, Royaume de Belgique, Ministères des Colonies, Bruxelles, 932 p.

**Varma K.R. (1958).** L'huile de sésame. *Oléagineux*, 13 (**11**), 793-801.

**Vestberg M. (1992).** The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth and root colonization of ten strawberry cultivars. *Agric.Sci.Finl.* **1** : 527-535.

**Vijayalakshmi, M. and A. S. Rao (1988).** Vesicular-arbuscular mycorrhizal associations of *Sesamum*. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences Plant Sciences* **98**(1): 55-60

**Walker C. and Sanders F. E. (1986).** Taxonomic concepts in the Endogonaceae: III. The separation of *Scutellospora* gen nov. From *Gigaspora* Gerd. & Trappe. *Mycotaxon* **27**: 169-182.

**Walker C. and Trappe J.M. (1993).** Names and epithets in the Glomales and Endogonales. *Mycological Research*, **97**: 339-344.

**Weiss E. A. (1971).** Castor, sesame and safflower. *Leonard Hill Books ed.*, London, 901p.

**Westphal E., Ferwerda J.D. (1985).** Les oléagineux, 190-259. In: "*Cultures vivrières tropicales, avec référence spéciale au Cameroun*", Westphal E. et al. (Éds). Pudoc, Wageningen, 514 p.

**Yahya A. (1998).** Responses to salinity of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Agaria* 122, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, Swedish University of Agricultural Sciences, 87p

# **Annexes**

Table 1 de Cochran

MOST-PROBABLE-NUMBER METHOD FOR MICROBIAL COUNT

Table 100-1. Table of most probable numbers for use with 10-fold dilutions and 5 tubes per dilution (Cochran. 1950).

P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Most probable number for indicated values of P <sub>3</sub>					
		0	1	2	3	4	5
0	0	-	0.019	0.036	0.054	0.072	0.090
0	1	0.019	0.036	0.055	0.073	0.091	0.11
0	2	0.037	0.055	0.074	0.092	0.11	0.10
0	3	0.056	0.074	0.093	0.11	0.13	0.15
0	4	0.075	0.094	0.11	0.13	0.15	0.17
0	5	0.094	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
1	0	0.020	0.040	0.060	0.090	0.10	0.12
1	1	0.040	0.061	0.081	0.10	0.12	0.14
1	2	0.061	0.082	0.10	0.12	0.15	0.17
1	3	0.093	0.10	0.13	0.15	0.17	0.19
1	4	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22
1	5	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24
2	0	0.045	0.068	0.091	0.12	0.14	0.16
2	1	0.068	0.092	0.12	0.14	0.17	0.19
2	2	0.093	0.12	0.14	0.17	0.19	0.22
2	3	0.12	0.14	0.17	0.20	0.22	0.25
2	4	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.29
2	5	0.17	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32
3	0	0.078	0.11	0.13	0.16	0.20	0.23
3	1	0.11	0.14	0.17	0.20	0.23	0.27
3	2	0.14	0.17	0.20	0.24	0.27	0.31
3	3	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31	0.35
3	4	0.21	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40
3	5	0.25	0.29	0.32	0.37	0.41	0.45
4	0	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.36
4	1	0.17	0.21	0.26	0.31	0.36	0.42
4	2	0.22	0.26	0.32	0.38	0.44	0.50
4	3	0.27	0.33	0.39	0.45	0.52	0.59
4	4	0.34	0.40	0.47	0.54	0.62	0.69
4	5	0.41	0.48	0.56	0.64	0.72	0.81
5	0	0.23	0.31	0.43	0.58	0.76	0.95
5	1	0.33	0.46	0.64	0.84	1.1	1.3
5	2	0.49	0.70	0.95	1.2	1.5	1.8
5	3	0.79	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5
5	4	1.3	1.7	2.2	2.8	3.5	4.3
5	5	2.4	3.5	5.4	9.2	16	-

Table 100-2. Factors for calculating the confidence limits for the most-probable number count (Cochran. 1950).

N° of tubes per dilution (n)	Factor for 95 % confidence limits with indicated dilution ratios			
	2	4	5	10
1	4.00	7.14	5.32	14.45
2	2.57	4.20	4.47	5.81
3	2.23	2.10	3.39	4.88
4	2.00	2.89	2.38	3.80
5	1.85	2.41	2.59	3.30
6	1.76	2.23	2.39	2.93
7	1.59	2.10	2.23	2.74
8	1.54	2.00	2.12	2.57
9	1.53	1.92	2.02	2.43
10	1.53	1.96	1.95	2.32