

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO
(U.P.B.)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
(C.N.R.S.T.)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT
RURAL
(I.D.R.)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A.)

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

CENTRE DE RECHERCHES
ENVIRONNEMENTALES, AGRICOLES
ET DE FORMATION DE KAMBOINSE
(C.R.E.A.F. / KAMBOINSE)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT
RURAL

OPTION : AGRONOMIE

Thème:

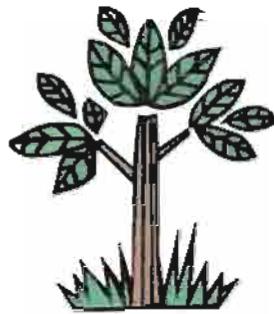
ETUDE DE L'EFFICACITE D' EXTRAITS VEGETAUX
CONTRE LES AGENTS PATHOGENES FONGIQUES
TRANSMIS PAR LES SEMENCES DE MIL ET
DE SORGHO

Directeur de mémoire : Dr. Irénée SOMDA

Maître de stage : Elisabeth P. ZOMA/ZIDA

Tobdem Gaston DABIRE

Juillet 2004



« Plantae sanae in terra sana »

Jean Semail (1989)

DEDICACES

- A L'oncle **Bèwala SOMDA**, ce vaillant homme à qui je dois mon éducation,
- A **Papa et Maman**, qui ont toujours eu foi en ma réussite scolaire mais qui hélas, m'ont prématurément quitté,
- A la mémoire de **Damien et Pascal** mes aînés, qui m'ont été affectueusement arrachés et qui trouvaient en moi l'espoir de la famille,
- A mon cousin **Gaoussou**, qui ne cesse de me répéter : « Vas, cours ! voles ! et venges nous. » ,
- A tous les **orphelins** de père et de mère,
- A tous ceux qui oeuvrent chaque jour pour l'épanouissement des populations rurales,
- A tous ceux qui ont foi en l'avenir radieux de notre chère patrie via le monde rural,
- A tous ceux qui aiment la vérité et qui aspirent à un monde plus juste,

Je leur dédie ce mémoire.

AVANT-PROPOS

L'Institut du Développement Rural (I.D.R) est l'un des instituts et écoles qui constituent l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B). Il a pour mission principale, la formation d'ingénieurs de conception sur une durée de trois ans, en Agronomie, Foresterie, Elevage et Sociologie et Economie rurales. Ainsi, l'IDR met chaque année sur le marché de l'emploi, des cadres nationaux et étrangers formés pour l'épanouissement des populations rurales.

Dans le souci d'une formation efficace et de haute qualité, la stratégie adoptée par l'institut consiste à « lier le bois au bois » en combinant phases théoriques, sorties de terrain et stages pratiques de façon continue pendant toute la durée de la formation. C'est ainsi que déjà au terme de la première année, les étudiants sont mis à la disposition de structures exerçant dans les domaines ci-dessus cités pour un stage pratique de quarante cinq (45) jours. Ce premier stage a pour objectifs :

- ✓ Une mise en application pratique des enseignements théoriques,
- ✓ Une initiation à la recherche scientifique,
- ✓ Une connaissance des réalités du terrain.

Ce stage sera immédiatement suivi de la deuxième année du cycle de formation. La troisième année est consacrée à un stage pratique dans une structure donnée. Ce stage a une durée de dix mois et s'achève par une soutenance publique de l'étudiant sur un thème précis traité pendant cette phase pratique.

C'est dans ce dernier cadre que nous avons été accueilli à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A), précisément au Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (C.R.E.A.F) de Kamboinsé. Pendant dix (10) mois, nous avons travaillé avec l'encadrement d'un chercheur dans le laboratoire de phytopathologie du CREAM sur le thème : *Etude de l'efficacité d'extraits végétaux contre les agents pathogènes fongiques transmis par les semences de mil et de sorgho*. Le présent mémoire en est l'aboutissement.

REMERCIEMENTS

Le présent travail a été réalisé, avec l'appui financier du projet CEP/Danemark, au laboratoire de phytopathologie du Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de Kamboinsé (CREAF/K), structure située à une dizaine de kilomètres au nord de Ouagadougou sur l'axe Ouaga - Kongoussi

Comme toute œuvre humaine, il a été rendu possible grâce au concours de personnes animées d'une volonté de soutien, d'aide et de partage.

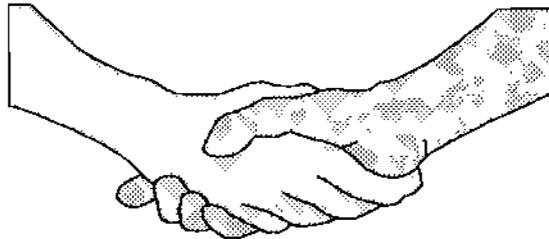
Avant de prendre la plume, qu'il nous soit permis de manifester notre profonde et sincère reconnaissance aux personnes qui, de manières diverses, nous ont fait montre de leur disponibilité, de leurs soutiens multiples et de leurs conseils pour que ce travail se réalise dans les meilleures conditions possibles.

Nous gardons en mémoire et remercions de vive voix :

- ⇒ **Dr. Jérémy OUEDRAOGO**, Chef du Centre de Kamboinsé pour l'accueil tant remarquable qu'il nous a réservé lors de notre arrivée dans "sa maison" ;
- ⇒ **Dr. Gnissa KONATE**, Ex-Chef du département "Productions Végétales" pour nous avoir accepté au sein du dit département ;
- ⇒ **Dr. Paco SEREME**, responsable du laboratoire de phytopathologie du CREAM/K et présentement en service à Dakar en qualité de Secrétaire Exécutif du CORAF ;
- ⇒ **Mme Elisabeth ZOMA née ZIDA**, notre maître de stage, qui a fait preuve d'une disponibilité, d'une attention toute particulière à notre travail, qui nous a fait fortement bénéficier de son expérience scientifique, de sa rigueur dans le travail et qui, par sa simplicité, a su créer un climat agréable de travail dans le laboratoire ;
- ⇒ **Dr. Irénée SOMDA** envers qui nous ne pourrions trouver les mots justes pour dire merci ; d'abord pour le savoir qu'il nous a inculqué à l'IDR, mais aussi pour les efforts qu'il a consenti et continue de déployer pour notre modeste personne. Nous pensons surtout à la documentation qu'il nous a fournie, aux conseils qu'il n'a cessé de nous formuler pour le déroulement du stage et à la supervision du présent mémoire ;
- ⇒ **M. Gabriel DIASSO**, chercheur au laboratoire, qui s'est toujours acharné à nous encourager et à s'enquérir de l'état d'avancement du stage tout en nous donnant les stratégies nécessaires pour contourner certaines difficultés qui se poseraient à nous.
- ⇒ **Nos enseignants** de depuis notre tendre enfance jusqu'à l'université pour ce savoir tant précieux reçu d'eux ;

- ⇒ **Nos camarades de classe** pour leur esprit de fraternité qui nous a permis à tous de tirer parti et de surmonter chaque fois les difficultés rencontrées pendant toute la durée de notre formation ;
- ⇒ **Ms. Séni BILGO, Romain SOALLA, Adama KANAZOE et Marcel BANGRE**, tous techniciens au laboratoire, pour le travail abattu et l'esprit de convivialité, de camaraderie et de "vole-moi au secours" dont ils nous ont témoigné pendant toute la durée du stage ;
- ⇒ **M/Mme Nicodème SOMDA** pour nous avoir hébergé et protégé pendant toutes nos études secondaires ;
- ⇒ **Ms. Nomwine DA, Gustave SOME et Bruno DABIRE** mes collègues amis qui sont toujours présents à mes moments de difficultés de tous genres ;
- ⇒ **Mes amis et collaborateurs** de tous les jours qui me rappellent toujours la nécessité de persévérer ;
- ⇒ **Mlle Lucie SOME** qui a toujours su être présente au moment de mes angoisses, disposant ainsi mon esprit au travail et rien que le travail. Elle a toujours voulu que je sois major de ma promotion.
- ⇒ **Mmes Léocadie et Caroline PODA** pour leurs encouragements et leurs aides diverses.

A tous les miens, je dis franchement merci.



RESUME

Dans l'optique d'apporter une contribution à la lutte contre les maladies cryptogamiques des cultures transmises par les semences au Burkina Faso, et pour une mise au point d'une méthode de lutte saine vis-à-vis de l'environnement, une étude a été conduite en laboratoire au Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de Kamboinsé (C.R.E.A.F/K).

A travers cette étude, huit (08) extraits végétaux ont été testés pour leur efficacité dans le traitement des semences de mil et de sorgho contre les agents pathogènes fongiques transmis ou portés par les semences de mil et de sorgho.

Au terme des travaux, l'extrait aqueux d'*Eclipta alba* et l'huile essentielle de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*) se sont révélés efficaces contre plusieurs champignons connus du mil et du sorgho comme *Phoma sorghina*, *Curvularia sp.* et *Fusarium sp.*

L'huile essentielle de Citronnelle et d'Eucalyptus ont affecté négativement le pouvoir germinatif des semences.

Mots clés : Agents pathogènes fongiques, extraits végétaux, sorgho, mil, efficacité, semences

ABSTRACT

In order to work out environmentally sound methods for the control of seed-borne diseases, a study has been performed at the research institute (INERA) of Kamboinsé, Burkina Faso.

Eight vegetables extracts were tested for their efficacy in controlling Pearl millet and Sorghum seed-borne and seed-transmitted fungi.

Aqueous extract of *Eclipta alba* and *Cymbopogon citratus* (lemon grass) essential oil were effective against seed-borne fungi of Pearl millet and Sorghum such as *Phoma sorghina*, *Curvularia spp.* and *Fusarium spp.*

Essential oils of *C. citratus* and *E. camaldulensis* exhibited an inhibitory effect on germination of Sorghum and Pearl millet seeds.

Key words: Fungal pathogens agents, plant extracts, seed-borne fungi, sorghum, millet, efficacy

SIGLES ET ABBREVIATIONS

CEP/Danemark : Capacity Enhancement Project / Danemark

CREAF/K : Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de Kamboinsé

CILSS : Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

CIRAD : Centre de coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

CTA : Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale

DGPSA : Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles

DGISP : Danish Government Institute of Seed Pathology for developing countries

FAO : Fonds des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

GRET : Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques

ICRISAT : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

IRSAT : Institut de Recherches en Sciences Appliquées et Technologiques

ISTA : International Seed Testing Association

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

MCD : Ministère Français de la Coopération et du Développement

SNS : Service National des Semences

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET PHOTOGRAPHIES

Liste des tableaux

Tableau I : Quelques normes de qualité des semences de mil et de sorgho au Burkina.....	13
Tableau II : Caractéristiques des échantillons de semences testés.....	25
Tableau III : Caractéristiques des extraits végétaux utilisés en traitement des semences.....	28
Tableau IV : Effets des extraits végétaux sur le taux de plantules infectées.....	54
Tableau V : Récapitulatif des résultats de l'analyse sanitaire des semences.....	55
Tableau VI : Récapitulatif des résultats des tests de germination et d'émergence.....	55
Tableau VII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe I
Tableau VIII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe I
Tableau IX : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'extrait aqueux des écorces de Balanites ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe II
Tableau X : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'extrait aqueux des écorces de Balanites ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe II
Tableau XI : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe III
Tableau XII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe III
Tableau XIII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'extrait aqueux d' <i>E. alba</i> ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe IV
Tableau XIV : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'extrait aqueux d' <i>E. alba</i> ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....	Annexe IV

Tableau XV : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata* ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées..... Annexe V

Tableau XVI : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata* ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....Annexe V

Tableau XVII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'extrait aqueux des feuilles de Calotropis ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées..... Annexe VI

Tableau XVIII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'extrait aqueux des feuilles de Calotropis ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées..... Annexe VI

Tableau XIX : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'huile essentielle de Citronnelle ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées..... Annexe VII

Tableau XX : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'huile essentielle de Citronnelle ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées..... Annexe VII

Tableau XXI : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de mil traitées à l'huile essentielle d'Eucalyptus ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées..... Annexe VIII

Tableau XXII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de sorgho traitées à l'huile essentielle d'Eucalyptus ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.....Annexe VIII

Liste des figures

Figure 1 : Proportions moyennes des productions céréalières au Burkina Faso de 1999 à 2003.....4

Figure 2 : Evolution des superficies emblavées en sorgho et en mil au Burkina Faso de 1999 à 2003..... 5

Figure 3 : Représentation schématique de certification des semences au Burkina Faso.....13

Figure 4 : Effet de l'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....38

Figure 5 : Effet de l'extrait aqueux des écorces de Balanites

sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....	39
Figure 6 : Effet de l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....	41
Figure 7 : Effet de l'extrait aqueux d' <i>E. alba</i> sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....	42
Figure 8 : Effet de l'extrait aqueux des racines de <i>Securidaca longepedunculata</i> sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....	44
Figure 9 : Effet de l'extrait aqueux des feuilles de Calotropis sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....	45
Figure 10 : Effet de l'huile essentielle de Citronnelle sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons.....	47
Figure 11 : Effet de l'huile essentielle d'Eucalyptus sur les indices d'infection des semences de mi (a)et de sorgho (b) par les champignons.....	48
Figure 12 : Effet des extraits végétaux sur le taux de germination des semences de mil (a) et de sorgho (b).....	50
Figure 13 : Effet des extraits végétaux sur le taux d'émergence des plantules de mil (a) et de sorgho (b).....	52

Liste des photographies

Planche I Espèces végétales testées.....	27
Photo 1 : <i>Cymbopogon citratus</i> (Citronnelle).....	27
Photo 2 : <i>Balanites aegyptiaca</i> (dattier du Sahel).....	27
Photo 3 : <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (Eucalyptus).....	27
Photo 4 : <i>Securidaca longepedunculata</i> (arbre à serpent).....	27
Photo 5 : <i>Calotropis procera</i> (arbre du cimetière).....	28
Photo 6 : Calthio DS.....	29

Planche II : Tests d'efficacité des produits.....	33
1) Analyse sanitaire des semences (Méthode du papier Buvard).....	33
Photo 7 : Chambre d'incubation des semences.....	33
Photo 8 : Semences incubées infectées par divers champignons.....	33
2) Tests d'émergence des plantules et de transmission des pathogènes.....	34
Photo 9 : Chambre de culture des plantules.....	34
Photo 10 : Plantules incubées.....	34
Planche III : Conidies de quelques champignons identifiés sur les semences (X 750).....	36
Photo 11: Conidies de <i>Phoma sorghina</i> (X750).....	36
Photo 12 : Conidies de <i>Fusarium moniliforme</i> (X750).....	36
Photo 13 : Conidies de <i>Curvularia lunata</i> (X750).....	36
Photo 14 : Conidies de <i>Exserohilum rostratum</i> (X750).....	36
Photo 15 : Effet de l'huile essentielle de Citronnelle sur l'émergence des plantules.....	51

TABLE DES MATIERES

	Pages
Dédicaces.....	I
Avant-propos.....	II
Remerciements.....	III
Résumé, Abstract.....	V
Sigles et Abréviations.....	VI
Liste des tableaux, figures et photographies.....	VII
Table des matières.....	XI

INTRODUCTION GENERALE.....1

PREMIERE PARTIE: Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : La culture du mil et du sorgho.....	3
1.1. Importance économique et utilisations.....	3
1.2. Les principales maladies fongiques transmises par les semences.....	5
1.3. La lutte contre les maladies fongiques du mil et du sorgho.....	8
1.3.1. Utilisation de semences saines.....	8
1.3.2. Pratiques culturales.....	9
1.3.3. Utilisation de variétés résistantes.....	10
1.3.4. Nécessité d’une lutte intégrée.....	10
Chapitre 2 : La Production de semences de céréales au Burkina.....	11
2.1. Problématique.....	11
2.2. Schéma de certification.....	12
2.3. Normes de qualité.....	12
Chapitre 3 : Le contrôle de la qualité sanitaire des semences.....	14
3 1. Principes et définitions.....	14
3 2 Echantillonnage.....	15
3.2.1. Définitions.....	15
3.2.2. Objectifs.....	16
3.2.3. Méthodes.....	16

3.3. Méthodes de contrôle sanitaire.....	17
3.3.1. Tri des semences sèches.....	17
3.3.2. Test de lavage.....	17
3.3.3. Méthode du papier buvard.....	18
3.3.4. Culture sur milieu gelosé.....	18
3.3.5. Méthode d'extraction des embryons.....	19
3.3.6 Test des symptômes sur jeunes plantes.....	19
Chapitre 4 : Amélioration de la qualité sanitaire des semences.....	21
4.1. Méthodes mécaniques et physiques.....	21
4.2. Certification.....	21
4.3. Quarantaine.....	22
4.4. Méthodes chimiques.....	23
4.5. Méthode biologique.....	23
4.6. Utilisation de substances naturelles.....	24

DEUXIEME PARTIE : Etude expérimentale

Chapitre 1 : Matériel et Méthodes	25
1.1. Matériel.....	25
1.1.1. Les échantillons de semences	25
1.1.2. Les extraits végétaux.....	25
1.1.3. Le Fongicide chimique.....	29
1.2. Méthodes	29
1.2.1. Procédure d'obtention des extraits végétaux et traitement des semences.....	29
1.2.1.1. Extraits aqueux.....	29
1.2.1.2. Huiles essentielles.....	30
1.2.2. Tests d'efficacité des produits.....	30
1.2.2.1. Analyse sanitaire des semences.....	31
1.2.2.2. Test de germination des semences.....	31
1.2.2.3. Test d'émergence des plantules.....	32
1.2.2.4. Test de transmission des agents pathogènes.....	32
1.2.2.5. Dispositif expérimental.....	32

1.2.2.6. Analyse des données recueillies.....	32
Chapitre 2 : Résultats et Discussion.....	35
2.1. Résultats.....	35
2.1.1. Effet des extraits végétaux sur les indices d'infection des semences.....	35
2.1.2. Effet des extraits végétaux sur le taux de germination des semences.....	49
2.1.3. Effet des extraits végétaux sur le taux d'émergence des plantules.....	51
2.1.4. Effet des extraits végétaux sur le taux de plantules infectées.....	53
2.2. Discussion.....	56
Conclusion générale et perspectives.....	59
Références bibliographiques.....	62
Annexes.....	66

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Benth.) et le mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) constituent les céréales de première importance produites au Burkina Faso. En effet, en termes de superficies emblavées et de volume de production, le sorgho et le mil occupent respectivement le premier et le deuxième rangs. Cultivées principalement pour leurs caryopses, ces deux céréales tiennent une place privilégiée dans l'alimentation des populations burkinabé.

La production nationale de céréales pour la campagne 2002/2003 s'élève à 3.119.100 tonnes dont 1.373.300 tonnes pour le sorgho soit 44,03 % sur une superficie totale de 1.478.359 ha et 994.700 tonnes pour le mil soit 31,89 % sur une superficie totale de 1.322.953 ha (MAHRH/DGPSA, 2003).

Outre les conditions climatiques peu favorables et la mauvaise qualité des sols cultivés, la pression exercée par les complexes parasitaires (champignons, bactéries, virus, nématodes, phanérogames parasites et insectes) constitue l'une des principales causes de baisse des rendements (pouvant aller de 876 kg/ha à 390 Kg/ha) du sorgho et du mil au Burkina Faso. En effet, une part importante de dépréciation des rendements en quantité et en qualité de ces cultures est imputable aux micro-organismes qui s'établissent dans la plante, s'y développent et perturbent fortement son développement. Ceci a pour corollaire, le développement anormal et/ou la mort des plantules, d'où la baisse des rendements.

Parmi les agents pathogènes incriminés, les champignons constituent les principaux agents causaux de la majorité des pathologies observées sur le mil et le sorgho. Des manques à la levée et fontes de semis jusqu'aux maladies des inflorescences (mildiou, charbon, ergot, etc.) en passant par celles des feuilles (anthracnose, helminthosporiose, taches zonées, taches grisées, etc.), les types de symptômes provoqués par les agents pathogènes fongiques sont nombreux et divers.

Par ailleurs, la voie privilégiée de transmission des maladies fongiques est le plus souvent la semence. Des semences, apparemment indemnes, hébergent souvent des champignons en conservation à la surface des grains, dans les téguments ou même dans l'embryon et qui attaquent la plantule dès la germination de la graine.

L'utilisation de semences saines permettrait alors une meilleure protection des cultures contre les maladies fongiques.

Plusieurs méthodes d'obtention et d'utilisation de semences saines existent ; mais les semences sont le plus souvent traitées avec des fongicides chimiques avant leur mise en terre afin d'éliminer les inocula ou de les inhiber.

Bien qu'efficaces, les produits chimiques demeurent cependant onéreux pour les producteurs burkinabé. En outre, leur utilisation présente souvent d'importants risques de perturbation de l'équilibre écologique (action sur la faune et la flore non cibles, pollution de l'eau et de l'air, etc.), d'affection de la santé humaine (intoxications, irritations de la peau et des yeux, cancers, etc.) (CILSS, 2002). Ces risques sont aggravés au Burkina du fait du niveau de connaissances limité des populations rurales (mauvais dosage, mauvaise conservation, etc.).

Aussi, l'identification de moyens de protection moins nocifs et facilement accessibles aux producteurs paraît indispensable. Des extraits de plantes locales, de par leurs utilisations traditionnelles, semblent avoir des propriétés fongicides. C'est le cas par exemple de l'utilisation traditionnelle de la sève de *Calotropis procera* (L.) R. Br. pour soigner la teigne causée par un champignon microscopique. L'extrait aqueux de neem (*Azadirachta indica* L.) semble avoir des propriétés insecticides et fongistatiques certaines (DABIRE, 2001). Un intérêt particulier est alors porté sur ces espèces locales dans l'optique de les utiliser comme produits de traitement des semences pour contrôler les maladies fongiques. Etant des produits naturels, l'emploi de ces espèces locales par les producteurs ne saurait être un danger pour leur biotope et le coût d'utilisation s'en trouverait amoindri (plantes accessibles sur place).

Le présent travail portant sur l'étude de l'efficacité d'extraits végétaux contre les agents pathogènes fongiques transmis par les semences de mil et de sorgho s'inscrit dans ce cadre. A travers cette étude, huit extraits végétaux sont testés afin d'évaluer leur efficacité dans le traitement des semences contre les agents pathogènes d'origine fongique transmis par les semences de mil et de sorgho et de mettre à la disposition des producteurs, des moyens de contrôles simples, adaptés et respectueux de l'environnement.

Une revue de la littérature touchant les divers aspects de l'étude, une description des matériel et méthodes utilisés, une analyse des résultats de l'expérimentation suivie de discussion et une conclusion constituent les principales parties du présent mémoire.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2000-2001

2002

2003

2004

2005

CHAPITRE 1 : LA CULTURE DU MIL ET DU SORGHO

Originnaire d'Afrique, le sorgho est actuellement répandu dans l'ensemble de la zone intertropicale et déborde largement dans les régions tempérées. Il appartient à la famille des *Poaceae*, au genre *Sorghum* et les différentes races cultivées en Afrique sont toutes de l'espèce *bicolor* (CIRAD-GRET, 2002). Le mil (mil à chandelle), aurait été domestiqué au sud du Sahara où existent les centres primaires de diversité (CIRAD-GRET, 2002). Il appartient aussi à la famille des *Poaceae* au genre *Pennisetum* et l'espèce considérée dans notre étude est *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.

1.1. Importance économique et utilisations

Le sorgho est la cinquième plus importante céréale cultivée dans le monde tant du point de vue du volume de la production que des superficies emblavées (FAO et ICRISAT, 1997). Les Etats Unis d'Amérique sont le premier pays producteur avec environ 25 % de la production mondiale. Environ 95% des superficies cultivées en sorgho dans le monde et 70% de la production mondiale se retrouvent dans les pays en voie de développement. L'Asie et l'Afrique produisent chacune 25 à 30% de la production mondiale (FAO et ICRISAT, 1997).

Parmi toutes les espèces de mil produites dans le monde, le mil à chandelle compte pour près de la moitié de la production mondiale (MCD, 1991). C'est l'espèce la plus importante du point de vue des superficies cultivées et de la sécurité alimentaire. Environ 94% de la production du mil provient des pays en développement surtout en Afrique où le mil est exclusivement utilisé pour l'alimentation humaine (FAO et ICRISAT, 1997). L'Afrique occidentale est la région milicole par excellence avec environ 70% des superficies emblavées en mil dans le monde (FAO et ICRISAT, 1997).

Au Burkina Faso, le sorgho occupe le premier rang des céréales produites (fig. 1 et 2). La production nationale du sorgho pour la campagne 2002-2003 était de 1.373.300 tonnes soit 44,03% de la production totale en céréale sur une superficie totale de 1.478.359 ha (MAHRH/DGSAP 2003). Il est suivi du mil dont la production pour cette campagne s'élève à 994.700 tonnes soit 31,89% de la production céréalière totale sur une superficie totale de 1.322.953 ha (MAHRH/ DGPSA, 2003).

Dans les régions tropicales et particulièrement en Afrique, le sorgho et le mil sont essentiellement cultivés pour leurs grains destinés à l'alimentation humaine et leurs tiges pour

l'alimentation du bétail. En général, ils sont consommés sous forme de grains entiers ou de farines utilisées dans la préparation de plats traditionnels.

Au Burkina Faso, FAO et ICRISAT (1997) estiment à près de 90 à 100 Kg de sorgho consommés annuellement par habitant. Outre la préparation des plats traditionnels (« tô », couscous, bouillie...), le sorgho est utilisé pour la fabrication d'une boisson alcoolisée locale : le « dolo » beaucoup apprécié par les collectivités locales. La valeur énergétique du mil, 780 cal/Kg, est l'une des plus élevées parmi les céréales (CIRAD-GRET, 2002). Le « Zoom-koom », boisson rafraîchissante faite de farine de mil, est beaucoup répandu dans le plateau Mossi et est même actuellement commercialisé dans plusieurs villes du pays. A cela s'ajoutent d'autres mets comme les galettes, le « déguè », le « foura », beaucoup consommés pendant le mois de Ramadan. Cela permet aux producteurs du pays de pouvoir écouler leur production à un prix acceptable, toute chose qui leur procure un revenu non négligeable.

En plus de la consommation humaine, le sorgho et le mil connaissent d'autres utilisations. Au Burkina Faso par exemple, les tiges et les pédoncules des panicules de ces deux céréales sont utilisés en vannerie et pour la fabrication de hangars, de clôtures, de nattes, de compost, comme bois de feux, etc. les grains sont aussi utilisés pour l'alimentation animale (la volaille au Burkina). Les tiges sèches servent à nourrir le bétail.

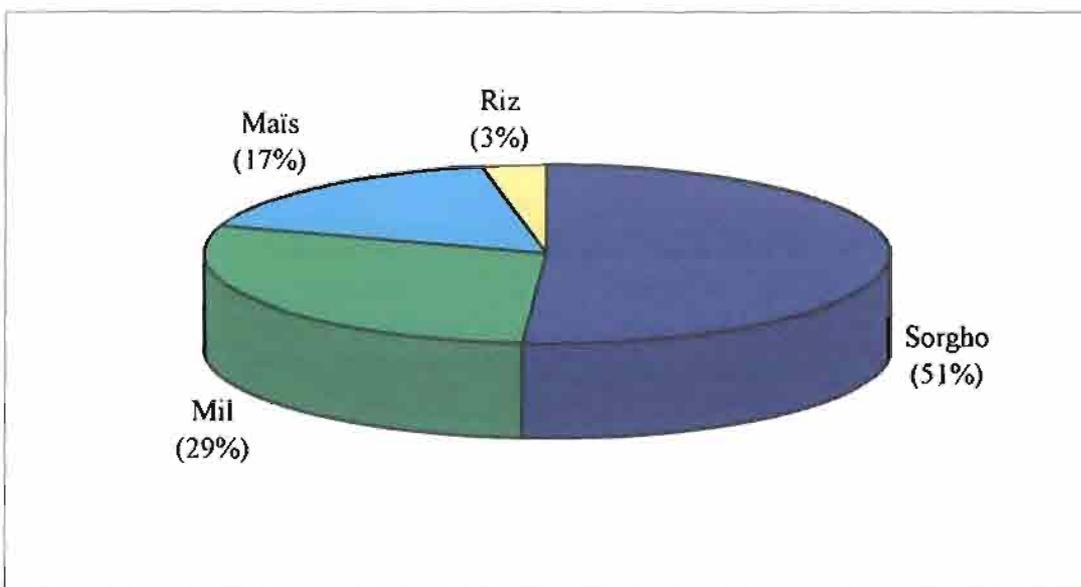


Figure1 : Proportions moyennes des productions céréalières (%) au Burkina Faso de 1999 à 2003 (MAHRH/ DGPSA)

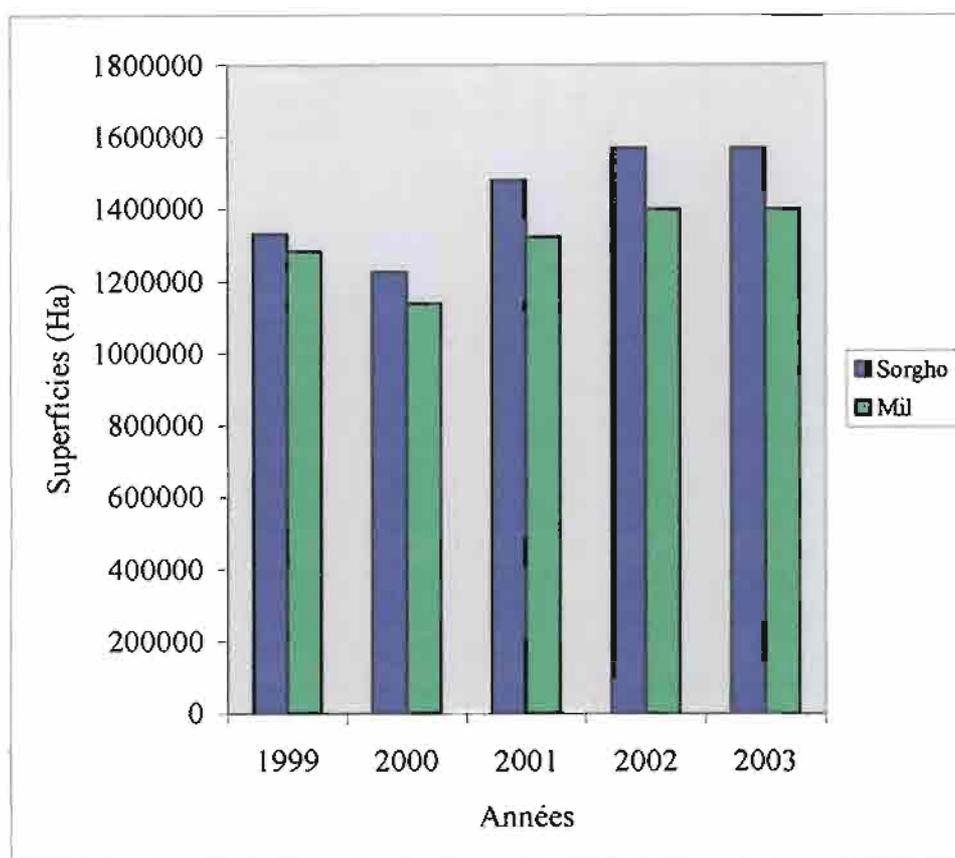


Figure 2 : Evolution des superficies emblavées en sorgho et en mil de 1999 à 2003 (MAHRH/DGPSA).

1.2. Les principales maladies fongiques transmises par les semences

Le sorgho et le mil sont des spéculations sujettes à un grand nombre de maladies d'origine fongique et toutes les parties de la plante peuvent être attaquées (feuilles, tiges, inflorescence, racines.). Les maladies fongiques les plus fréquentes transmises par les semences sont :

- **L'antracnose du sorgho**

L'antracnose, causé par *Colletotrichum graminicola* (Cesati) Wilson est une maladie du sorgho qui se manifeste aussi bien sur les feuilles, les tiges, les inflorescences que sur les grains. La phase antracnose foliaire est caractérisée par de petites taches circulaires à elliptiques sur les feuilles. Les taches, présentent un large pourtour de couleur pourpre à rouge. A la surface du centre des lésions, on peut voir de petits points noirs plus ou moins nombreux qui ne sont autres que les fructifications du champignon (WILLIAM *et al.*, 1978). La phase pourriture rouge se manifeste à l'intérieur de la tige et dans l'inflorescence. Les tiges infectées présentent des colorations rouges sombres et discontinues lorsqu'on les fend. Dans

l'inflorescence, on note des chancres circulaires. Les grains infectés sont complètement décolorés et germent mal (WILLIAM *et al.*, 1978). La transmission est essentiellement liée à l'utilisation de semences infectées par les spores.

- **Les charbons du mil et du sorgho**

Les charbons sont les maladies les plus courantes observées sur les inflorescences du sorgho et du mil. Il en existe plusieurs types causés par un groupe de champignons appartenant presque tous au genre *Sphacelotheca*.

⇒ **Le charbon couvert du sorgho**

L'agent responsable est *Sphacelotheca sorghi* (Link) Clinton. Au niveau de la panicule, les grains sont individuellement remplacés par des sores de charbon, soit localement soit sur l'ensemble de la panicule. Les sores, dont la paroi est appelée périidium, sont coniques et contiennent une poudre noire. La transmission de la maladie se fait principalement pendant le battage ou les téléospores du champignon sont libérées par cassure du périidium et adhèrent aux grains (WILLIAM *et al.*, 1978).

⇒ **Le charbon nu du sorgho**

Il est causé par *Sphacelotheca cruenta* (Kunh.) Potter. Les plantes infectées fleurissent deux semaines environ plus tôt que les plantes saines (WILLIAM *et al.*, 1978). Les inflorescences sont lâches avec un aspect buissonnant. Toutes les fleurs des panicules infectées sont charbonnées laissant apparaître des sores dont le périidium se brise avant la sortie de la panicule. Les spores du champignon adhèrent aux grains pendant le battage et constituent la source d'inoculum primaire. D'autres panicules peuvent également être contaminées par voie aérienne.

⇒ **Le charbon de la panicule du sorgho**

Ce type de charbon, causé par *Sphacelotheca reiliana* (Kunh) Clinton, se caractérise par une panicule complètement ou partiellement transformée en une grande galle blanchâtre dont la membrane se brise facilement. La rupture de la membrane libère une poudre noire-brune (spores du champignon) et de longs filaments sombres qui sont les faisceaux vasculaires de la panicule (WILLIAM *et al.*, 1978). La transmission est essentiellement par voie semencière, par le vent et la pluie.

⇒ **Le charbon du mil**

Provoqué par *Tolyposporium penicillariae* (Bref.), le charbon du mil est beaucoup répandu au Burkina Faso. Le champignon infecte les fleurs et les transforme en de sacs plus

gros que les grains appelés sores. Tous les grains peuvent être remplacés par ces gros sores, on obtient alors une "chandelle ou épi de sores". Les sores, d'une longueur de 3-4 mm et 2-3 mm de large, sont remplis de poudre noire (spores du champignon) (THAKUR et KING, 1997). Leur éclatement pendant le battage libère des téleutospores qui adhèrent aux grains et se conservent ainsi jusqu'à la saison prochaine. C'est la principale voie de transmission de la maladie.

- **L'helminthosporiose du sorgho**

L'agent pathogène de l'helminthosporiose est *Exserohilum turcicum* Leo & Sug. La maladie se caractérise par des lésions nécrotiques, elliptiques sans halo bien distinct. Le centre des lésions a une couleur paille. En conditions humides, on observe sur les lésions une discrète efflorescence grise ou brune qui n'est autre que les conidies et les conidiophores du champignon (WILLIAM *et al.*, 1978). Le champignon qui persiste sous forme de mycélium et de conidies sur les résidus de récoltes, sur les glumes des semences ou dans le sol est à l'origine des nouvelles infections.

- **Le mildiou du mil**

Le mildiou est une maladie largement répandue au Burkina Faso. Les pertes de production dues à cette maladie sont de l'ordre de 21 à 30% au Centre et 60% dans l'Est du pays (SEREME, 1995 cité par OUEDRAOGO, 2004). Il est dû à *Sclerospora graminicola* Sacc. (Schroet.). L'infection est principalement de type systémique. Les premiers symptômes apparaissent déjà sur les plantules au stade trois à quatre feuilles avec des feuilles chlorotiques dont les faces inférieures sont tapissées d'une efflorescence duveteuse blanche constituée par les sporangiophores du champignon qui sortent des stomates. (WILLIAM *et al.*, 1978). Les plantules infectées meurent généralement sans taller. Par la suite, les feuilles se dessèchent. Les inflorescences des plantes infectées deviennent complètement ou partiellement difformes, les fleurs ayant été transformées en organes foliacés d'aspects variés.

Le mildiou est le plus souvent transmis par les semences qui portent l'inoculum primaire sous forme d'oospores à leur surface ou sous forme de mycélium dans l'embryon (CHAHAL *et al.*, 1994).

- **L'ergot du mil**

Causé par *Claviceps fusiformis* Loveless., l'ergot du mil se manifeste par l'exsudation d'un liquide des ovaires (miellat) de couleur crème rose ou rouge sucré et collant. Il contient les conidies du champignon. Ultérieurement, de longs organes durs (les sclérotés) se

développent à partir des fleurs infectées. L'ergot induit des toxicités quand les grains contaminés par les sclérotés du champignon sont consommés. LOVELESS (1967) cité par THAKUR et KING (1997) affirme que le miellat contient un groupe d'alcaloïdes solubles et toxiques. La maladie se transmet par utilisation d'un lot de semences pollué ou d'un sol infesté par les sclérotés du champignon.

- **Les fontes de semis**

Les fontes de semis du sorgho et du mil, sont provoquées par un complexe de plusieurs champignons dont les plus fréquents sont des saprophytes. Parmi les agents des fontes de semis on peut retenir *Fusarium* spp, *Curvularia* spp, *Pythium* spp, *Macrophomina phaseolina*, etc. Quant aux moisissures des grains, elles sont essentiellement dues à *Aspergillus* spp, *Penicillium* spp, *Cladosporium* spp, etc. (THAKUR et KING, 1997).

1.3. La lutte contre les maladies fongiques du mil et du sorgho

Les moyens de contrôle des maladies fongiques sont nombreux et leur emploi dépend du niveau technologique du producteur. L'utilisation de procédés physiques et chimiques, la mise en culture de variétés résistantes peuvent être employées pour réduire ces maladies.

Au Burkina Faso, vu le niveau technologique très bas des producteurs et les moyens limités mis en œuvre, l'utilisation par exemple de facteurs physiques comme la solarisation, la stérilisation du sol, ne sont pas envisageables. Une lutte efficace et adaptée contre les maladies fongiques du mil et sorgho au Burkina pourrait être envisagée autour de l'utilisation de semences saines, l'adoption de pratiques culturales adéquates et l'utilisation de variétés résistantes.

1.3.1. Utilisation de semences saines

La semence est la principale source de contamination par laquelle transite la majorité des agents pathogènes fongiques pour atteindre la plante en cours de végétation. En effet, des semences bien qu'apparemment indemnes, peuvent héberger des champignons sur la surface, en profondeur dans les téguments ou même dans l'embryon (cas du mildiou).

Une utilisation de semences dépourvues d'inoculum permettrait un contrôle des maladies comme le mildiou du mil et les charbons.

Pour ce faire, des semences produites à cet usage devront être utilisées : les semences certifiées. La production de semences certifiées suit un schéma rigoureux de contrôle au champ et pendant les récoltes en vue de garantir au lot de semences, une qualité sanitaire

acceptable. A défaut de l'utilisation de semences certifiées, les semences devront être traitées avec des moyens physiques ou chimiques avant leur mise en terre pour éliminer ou diminuer l'inoculum. Comme moyen physique, la chaleur (utilisation de l'eau chaude) est possible bien que peu efficace. Les agents chimiques plus efficaces sont le plus souvent utilisés : ce sont les fongicides. Il existe un grand nombre de fongicides permettant le traitement des semences. L'Apron Plus DS permet de contrôler le mildiou du mil (ZIDA, 1996). Le Calthio DS est un fongicide systémique qui permet d'améliorer la qualité sanitaire des semences de plusieurs spéculations. Cependant les fongicides sont très onéreux pour les producteurs burkinabé et représentent de nos jours un danger pour l'environnement. Aussi, l'utilisation de bio-pesticides pour le traitement des semences est de plus en plus envisagée

1.3.2. Pratiques culturales

Certaines pratiques culturales influencent la relation plante-parasite. L'objectif du producteur sera donc d'adopter les pratiques qui réduisent au mieux les manifestations de maladies pendant ou après le processus de production.

- **Les modes de semis**

De nombreuses maladies du mil et du sorgho se développent préférentiellement lorsque la densité de semis est élevée car dans de telles situations, l'humidité relative est élevée à l'intérieur de la strate de végétation et favorise les maladies foliaires d'origine fongique : cas des mildious, rouille, anthracnose, etc. De plus les tissus des plantes deviennent sénescents et sont plus sensibles aux parasites facultatifs (SEMAL, 1989). Les densités de semis testées et recommandées par l'INERA au Burkina pour le mil et le sorgho sont de : 0,8 m entre les lignes et 0,4 m entre les poquets. Le respect des dates de semis recommandées permet également aux plantes d'échapper aux maladies en évitant la coïncidence entre les périodes de sensibilité de la culture et les périodes de virulence accrue des parasites. Pour le mil et le sorgho, la floraison et la maturation des grains sont des périodes critiques lorsqu'elles coïncident avec une humidité élevée (90 à 100%) (prédisposition aux charbons).

- **Rotations culturales**

Bien qu'économiquement avantageuse, la monoculture est une pratique potentiellement dangereuse sur le plan phytopathologique. Elle permet soit un accroissement progressif de la gravité de la maladie soit une augmentation des dégâts (SEMAL, 1989). Cela à cause du fait que la monoculture accroît inéluctablement le taux d'inoculum primaire dans le champ. Des rotations de cultures avec des plantes non-hôtes permettraient de réduire le taux

d'inoculum. Il faut par exemple utiliser en tête de rotation, les légumineuses qui ont un double avantage du point de vue agronomique.

- **Techniques d'entretien**

L'élimination progressive du champ des pieds malades ou épuration est une alternative de lutte efficace contre nombre de maladies du mil et du sorgho (mildiou, charbon, ergot) (SINGH et WILLIAMS, 1980 cités par ZIDA, 1996) Cette épuration devra être couplée avec la destruction des mauvaises herbes qui sont parfois les hôtes intermédiaires des agents pathogènes et qui exercent une compétition contre les cultures.

- **Fumure**

La nutrition minérale peut affecter la relation plante-parasite. Une fumure azotée trop élevée affecte la vitesse de croissance et la vigueur des plantes et les prédispose ainsi aux maladies (SEMAL, 1989). Un apport précoce d'azote peut induire une abondance du feuillage qui augmente l'humidité relative favorable aux agents pathogènes fongiques.

1.3.3. Utilisation de variétés résistantes

Elle est de loin la méthode la moins astreignante pour l'agriculture et la moins polluante. Elle consiste en la mise en culture de variétés mises au point suivant un cheminement complexe par le sélectionneur. Ces variétés présentent avec l'agent pathogène considéré, un rapport d'incompatibilité plus ou moins marqué (SEMAL, 1989). On parlera de variété résistante lorsque l'incompatibilité est marquée et de variété tolérante lorsqu'elle fournit une production adéquate nonobstant l'infection par l'agent pathogène considéré. Cette méthode présente cependant l'inconvénient d'être longue et les variétés qui en résultent ne répondent pas le plus souvent aux aspirations des producteurs (goût, cycle, etc.) (ZIDA, 1996).

1.3.4. Nécessité d'une combinaison de méthodes de lutte

Le mil et le sorgho doivent survivre face à un très grand nombre d'agents pathogènes fongiques de provenance, de virulence et de spécificité variées. Une combinaison intégrée, et peu coûteuse, de plusieurs méthodes de lutte est de loin la précaution la plus sûre pour une lutte véritable contre les maladies des plantes en général et celles d'origine fongique en particulier.

CHAPITRE 2 : LA PRODUCTION DE SEMENCES DE CEREALES AU BURKINA FASO

2.1. Problématique

Pays essentiellement agricole, les systèmes de cultures des principales spéculations burkinabé nécessitent toujours la mise en terre de semences sèches. Dans un tel système, l'utilisation de semences de bonne qualité apparaît plus que jamais primordiale. Cependant, force est de constater que, comme d'ailleurs dans beaucoup de pays d'Afrique sub-saharienne, les producteurs utilisent encore comme semences les graines qu'ils ont eux-mêmes retenues des récoltes antérieures ou des semences obtenues auprès d'autres producteurs voisins. La qualité sanitaire de ces semences est le plus souvent mauvaise en témoigne les nombreux resemis, les manifestations de faciès maladif en plein champ, les pourritures de denrées stockées, etc. Rares sont les producteurs burkinabé qui achètent leurs semences auprès des institutions comme l'INERA qui produit des semences améliorées.

Conscient du rôle central que joue la semence dans le système de production agricole, l'état burkinabé a mis en place depuis 1974 un Service National de Semences (SNS). Les objectifs du SNS à sa création étaient de programmer la production de semences, contrôler la qualité physique, spécifique et sanitaire des semences, former des producteurs de semences certifiées, promouvoir l'utilisation de semences certifiées par le financement des activités de production et de conditionnement des semences (KABORE, 2003 cité par SANON, 2004). Par la suite, ont été successivement créés un comité national de semence chargé de l'élaboration de la politique semencière nationale, un comité scientifique d'homologation des variétés. La dotation en moyens matériels et financiers à certaines institutions comme l'INERA pour la production de semences sont autant d'efforts consentis pour promouvoir l'utilisation des semences améliorées au Burkina mais la situation demeure toujours alarmante.

L'utilisation de semences améliorées est très faible mais connaît de plus en plus une certaine croissance (KABORE, 2003 cité par SANON, 2004). A titre illustratif, et pour la campagne 2002/2003, le SNS a enregistré 249 producteurs de semences certifiées toutes semences confondues dans un pays où 90% de la population s'investit dans l'agriculture (SANON, 2004).

2.2. Schéma de certification

La certification au Burkina a une double finalité : garantir la qualité des semences pour les agriculteurs et favoriser la diffusion des variétés améliorées de l'INERA. Le processus de certification du Burkina obéit aux normes prescrites par l'ISTA (SANON, 2004).

La certification est assurée par le Service National de Semences (SNS) du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (MAHRH) suivant le schéma décrit en figure 3.

Elle débute par le recensement des producteurs désireux de produire des semences certifiées, leur sensibilisation et la mise à leur disposition des semences de base. Ces semences de base sont produites par l'INERA. Il s'agit généralement de variétés améliorées sélectionnées en fonction des besoins des producteurs, des consommateurs et des conditions climatiques des zones de production.

La deuxième étape de la certification est le suivi/appui/conseil des producteurs. Elle consiste à un contrôle au champ des parcelles de multiplication pour s'assurer du respect des normes recommandées: isolement du champ semencier, vérification du taux de mauvaises herbes, conseil pour épuration et élimination des hors-types etc.

La troisième étape est l'analyse au laboratoire des semences après la multiplication. Cette analyse concerne le test d'humidité, la pureté spécifique, le test de germination. L'analyse sanitaire qui est pourtant indispensable dans le schéma de certification de l'ISTA, n'est pas effectuée par le SNS (SANON, 2004). Les raisons sont le manque de matériel de travail et de personnel qualifié. Après ce contrôle incomplet au laboratoire, le certificat de garantie de la qualité des semences est délivré aux producteurs.

2.3. Normes de qualité

Dans le processus de certification des semences au Burkina Faso, les qualités suivantes sont recherchées :

- ❖ **Une bonne pureté spécifique** : Le lot de semences devra être homogène et ne doit pas contenir dans une certaine proportion, les graines d'autres espèces ou d'autres variétés (KHARE, 1992).
- ❖ **Une bonne faculté germinative** : Un test de germination permet d'évaluer le taux de germination. Les semences de bonne qualité sont celles dont le pourcentage de germination est au dessus de 80% (SANON, 2004) (tableau I).

- ❖ **Un bon degré de siccité :** Le lot de semences devra être suffisamment sec pour éviter les pourritures et moisissures pendant le stockage. Un taux d'humidité très faible est donc recherché pour les lots de semences (11-12 %) (tableau I)
- ❖ **Une bonne qualité sanitaire :** Le lot de semences devra être indemne de germes (champignon, virus, bactéries) ou devra avoir un niveau d'infection acceptable. Ce niveau d'infection dépend des régions et de l'agent pathogène (KHARE, 1992). Au Burkina Faso, l'analyse sanitaire n'étant pas effectué, la qualité sanitaire des semences certifiées n'est pas contrôlée.

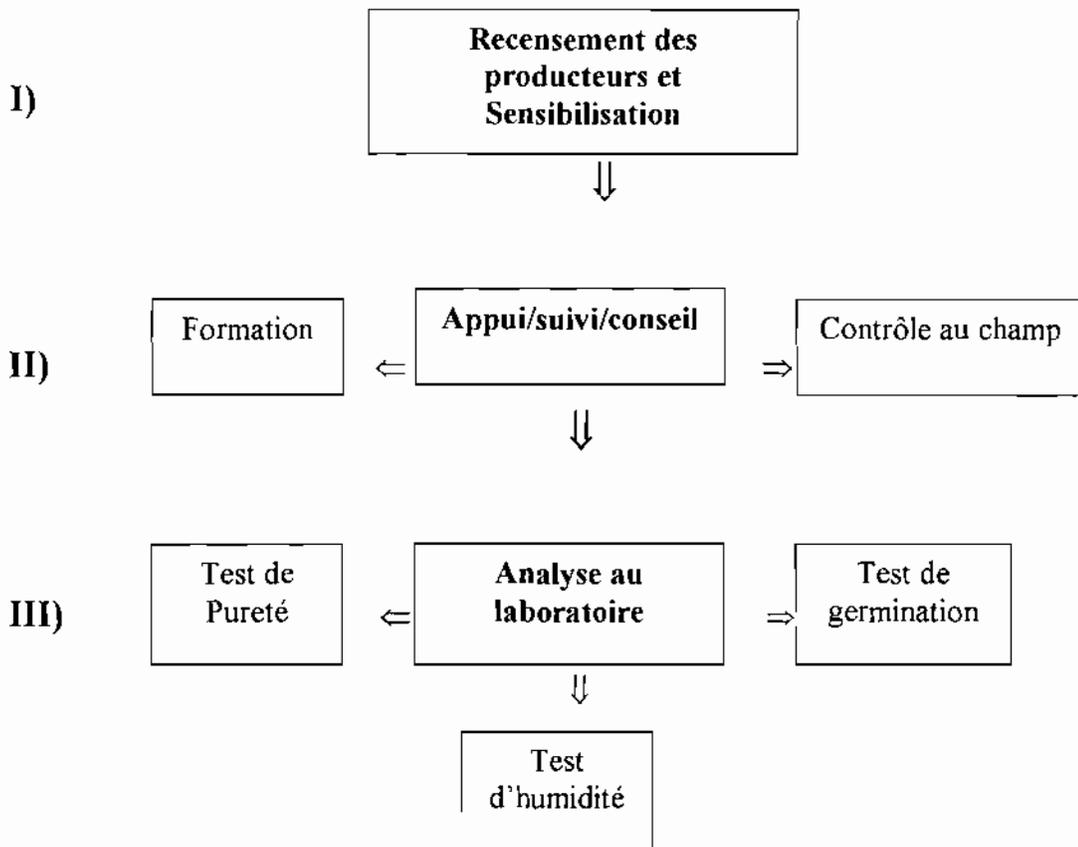


Figure 3 : Représentation schématique de la certification des semences au Burkina Faso

Tableau I : Quelques normes de qualité recherchées pour les semences de mil et de sorgho

Culture	Pureté spécifique	Taux de germination	Taux d'humidité
Sorgho	> 98 %	> 80%	11-12 %
Mil	> 98 %	> 80%	11-12 %

Source : Programme Céréales Traditionnelles, CREA/K

CHAPITRE 3 : LE CONTROLE SANITAIRE DES SEMENCES

3.1. Principes et définitions

Un lot de semences, comme tout autre organe végétal, peut véhiculer un nombre considérable d'organismes pathogènes et saprophytes. Dans certains cas, la semence peut être victime de ces agents qui affectent sa qualité physique (dommages, pourritures, décolorations, nécroses, flétrissement, réduction de taille, etc.) et les rendements. Les agents pathogènes peuvent être en mélange dans les lots de semences, à la surface de celles-ci, ou présents plus ou moins profondément dans les téguments ou dans l'embryon. Les lots sont dits pollués lorsque les organes de champignons (sclérotés), les débris végétaux malades et les particules de terre infestées sont mélangés aux semences. Les semences sont infectées lorsque l'agent pathogène est présent plus ou moins profondément dans les tissus.

Pour améliorer la qualité sanitaire des semences et des futures générations de plantes, il apparaît indispensable d'identifier correctement les agents pathogènes incriminés.

Le contrôle sanitaire des semences consiste à utiliser des méthodes appropriées pour vérifier la présence ou l'absence de micro-organismes pathogènes ou saprophytes dans les lots de semences. Selon NEERGAARD (1986), il vise à tester :

- la valeur culturale du lot de semences,
- pour la certification du lot de semences,
- pour la quarantaine des semences destinées au commerce international ou à la sélection,
- pour les recommandations des traitements du lot de semences,
- l'efficacité des fongicides utilisés en traitement du lot de semences,
- la qualité des conditions de stockage et pour l'alimentation.

Les méthodes de détection sont déterminées en fonction de la nature de l'agent pathogène et de sa localisation dans la semence.

3.2. L'échantillonnage

3.2.1. Définitions

Les semences produites et stockées dans les magasins ne peuvent être analysées telles du fait de la taille. Pour rendre compte de l'état sanitaire des lots de semences, des méthodes d'échantillonnage appropriées adaptées à l'espèce végétale et au volume du lot de semences sont employées (ISTA, 1999). L'échantillonnage consiste à prélever une quantité de semences plus réduite, homogène et aussi représentative que possible du grand lot de semences. Il obéit à des règles qui lui garantissent à terme, la représentativité recherchée. L'échantillonnage s'accompagne d'un certain nombre de termes qu'il serait bon de savoir :

Envoi cargaison : c'est la quantité de semences produite ou reçue à la fois, accompagnée d'un contrat particulier. Il est constitué de plusieurs lots de semences (ISTA, 1999).

Lot de semences : c'est une portion donnée de la cargaison. Elle est présumée raisonnablement uniforme. La taille maximale du lot de semences est limitée conformément aux règles de l'ISTA ou aux règles nationales. Pour les semences de mil ou de sorgho par exemple, la taille admise par ISTA est de 20.000 Kg.

Echantillon primaire : l'échantillon primaire est un échantillon individuel prélevé soit dans un sac, soit à différents endroits d'un même lot de semences si le stockage est fait en vrac (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Echantillon composite : la combinaison de plusieurs échantillons primaires prélevés constitue l'échantillon composite ou échantillon global (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Echantillon soumis : l'échantillon envoyé au laboratoire pour les analyses est appelé échantillon soumis. Il est une réduction de l'échantillon primaire. Sa taille doit être équivalente ou supérieure au poids minimum prescrit pour les différents tests à réaliser (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Echantillon de travail : c'est l'échantillon sur lequel sont effectués les tests au laboratoire. L'échantillon de travail est prélevé sur l'échantillon soumis suivant les mêmes techniques d'échantillonnage (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Echantillon officiel : C'est l'échantillon prélevé par les agents du service des semences pour tester la qualité des semences conformément à la réglementation semencière en vigueur (ISTA, 1999). Il concerne particulièrement les semences en provenance d'autres pays ou

régions. Le prélèvement de cet échantillon permet un contrôle des entrées de semences dans la zone pour éviter l'introduction de nouveaux germes dangereux. L'examen de l'échantillon officiel décidera du rejet ou de la circulation du lot de semences en arrivage.

3.2.2. Objectifs de l'échantillonnage

L'objectif principal de l'échantillonnage est d'obtenir un échantillon de travail le plus identique possible au grand lot de semences sur lequel il est difficile de travailler sans risque de biais de prélèvements (ISTA, 1986). On cherche à ce que l'échantillon à analyser comporte en proportions, les mêmes niveaux d'infection par les agents pathogènes, les mêmes niveaux de qualité des semences. Cela est nécessaire car les techniques de récolte et de stockage peuvent faire que d'un sac à un autre ou d'un endroit d'entreposage à un autre, les semences ne soient pas identiques du point de vue niveau d'infection et traumatismes physiques. Chaque sac pourrait par exemple contenir des semences provenant d'un même endroit du champ différent des autres du point de vue des attaques en cours de végétation.

Une technique appropriée d'échantillonnage permettra alors de rassembler au niveau d'un échantillon de travail, tous les qualités et défauts portés par les semences. Ainsi, les résultats d'analyses sont représentatifs du grand lot de semences.

3.2.3. Méthodes d'échantillonnage

De l'obtention du lot de semences à l'échantillon de travail, l'échantillonnage, pour être vraiment représentatif du lot, suit des règles et techniques mises en place par l'ISTA ou d'autres organisations locales. De façon générale, le nombre de prélèvements est fonction de la taille du lot de semences. Par exemple lorsque la taille du lot est supérieure à 120 sacs, il faut échantillonner 30 sacs (ISTA, 1986). Les sacs à échantillonner sont choisis au hasard dans le lot à divers endroits (de préférence prendre des sacs à tous les endroits d'entreposage). Chaque sac est ensuite échantillonné en haut, au milieu et au fond (ISTA, 1986). Pour l'entreposage en vrac, il y'a un risque de biais de prélever à des endroits accessibles du lot de semences. A ce sujet, l'ISTA propose un certain nombre de matériel comme par exemple la sonde de Nobbe pour les faibles profondeurs du lot (inférieur à 2 m) et les instruments d'échantillonnage de Neate, Cargo, Pélican et Nestenius (pour prélever les lots de semences d'une profondeur de plus de 2 m) (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Les méthodes d'échantillonnage varient avec la nature du lot, la morphologie des semences et le type d'échantillon à prélever (ISTA, 1986). C'est ainsi que l'on distingue l'échantillonnage manuel, l'échantillonnage à l'aide de sondes (exemple : Sonde de Nobbe), l'échantillonnage à l'aide de diviseur de gravité (exemple : le diviseur conique) (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

3.3. Les Méthodes de contrôle sanitaire

3.3.1. Le tri des semences sèches

L'examen direct ou inspection des semences sèches est une méthode d'analyse sanitaire utilisée lorsque les structures de fructification du champignon sont visibles ou lorsque les effets des agents pathogènes sur l'apparence physique des semences sont observables. Cette méthode permet de séparer par exemple du lot de semences, les sclérotés, les grains charbonneux, les pycnides (cas de *Phoma sorghina*), les semences flétries décolorées ou tachetées (MATHUR et SINGH, 1992).

Cette méthode consiste en un tri mécanique du lot de semences et est généralement associée au test de pureté. Pendant ce tri, le lot de semences est subdivisé en trois parties : semences pures, semences d'autres espèces et les impuretés (MATHUR et SINGH, 1992). Le lot des impuretés comporte les organes de champignons (sclérotés, ergot, grains charbonneux, etc.), les semences défectueuses, les particules de terres et les débris végétaux. La catégorie des semences pures, comporte les semences déformées, altérées, décolorées, nécrosées, flétries ou endommagées par les agents pathogènes. Une observation ultérieure au microscope permet de confirmer les sclérotés ainsi identifiés (MATHUR et SINGH, 1992).

Bien que les pourritures sèches et les décolorations soient causées par les champignons, les semences non décolorées, non pourries ne sont pas pour autant à qualifier de semences saines. L'inspection des semences sèches est seulement une indication du niveau d'infection. D'autres tests devront être utilisés pour l'analyse des semences apparemment indemnes.

3.3.2. Le test de lavage

Le test de lavage est une méthode utilisée pour détecter les champignons dont les spores sont présentes à la surface des semences. Il est appliqué généralement pour l'identification des téliospores de charbon et des oospores du mildiou. La méthode peut

également être utilisée pour détecter des spores de rouille (*Puccinia antirrhum*, *P. malvacearum* sur le cotonnier, etc.) (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Il s'agit d'un test simple et peu coûteux consistant à agiter énergiquement les semences dans de l'eau additionnée d'une goutte de détergent (Tween 20 ou 80) (MATHUR et SINGH, 1992). La suspension obtenue est ensuite centrifugée et le culot de centrifugation est observé au microscope. La centrifugation s'effectue pendant un temps nécessaire à l'obtention d'un maximum de spores dans le culot. Un comptage du nombre de spores à l'aide d'un hemacytomètre (cellule de comptage) est parfois réalisé pour évaluer les pourcentages d'infection (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

3.3.3. La Méthode du papier buvard

La méthode du papier buvard est de nos jours la méthode la plus utilisée et la moins coûteuse dans le contrôle sanitaire des semences. Elle consiste à placer les semences traitées ou non dans des boîtes de Pétri tapissées de papiers buvards humidifiés. Les semences ainsi disposées de façon équidistantes les unes des autres dans les boîtes, sont mises en incubation pendant 7 jours à 20°C sous un cycle alternatif de 12 heures de lumière proche ultra- violette et 12 heures d'obscurité (MATHUR et KONGSDAL, 2003). Ces conditions sont favorables à la croissance et au développement des champignons. Les semences sont ensuite retirées puis inspectées une à une d'abord à la loupe stéréoscopique pour identifier les champignons présents. Pour confirmer l'identification, un prélèvement à partir des formes observées sur la semence est examiné entre lame et lamelle au microscope optique. La comparaison de la forme des conidies avec celles inscrites dans un catalogue permet d'identifier le champignon (MATHUR et SINGH, 1992; MATHUR et KONGSDAL, 2003).

Selon les règles de l'ISTA, 400 grains (pour les céréales) doivent être testés par cette méthode en quatre répétitions de cent pour chaque échantillon (MATHUR et KONGSDAL, 2003). Le nombre de semences par boîte de Pétri dépend de la taille des semences (10 par exemple pour le maïs et le niébé, 25 pour le sorgho et le mil).

La méthode du papier buvard est certes économiquement avantageuse mais elle présente l'inconvénient de ne pas permettre l'identification des champignons parasites obligatoires comme *Sclerospora graminicola*, agent du mildiou du mil et d'autres champignons comme *Sphacelotheca* spp, responsables des charbons.

3.3.4. La culture sur milieu gelosé

Dans la méthode du milieu gelosé, les semences sont mises en incubation sur un milieu de culture synthétique. Plusieurs milieux de cultures peuvent être utilisés mais le plus communément utilisé est le PDA (Potato Dextrose Agar) (MATHUR et SINGH, 1992). Les semences sont mises en contact avec le milieu de culture réparti dans des boîtes de Pétri. Elles sont préalablement désinfectées à l'hypochlorite de sodium. Les conditions, le temps d'incubation et la procédure d'identification des champignons sur les semences sont identiques à ceux de la méthode du papier buvard décrite plus haut.

Cette méthode, très coûteuse, est dirigée vers un nombre restreint de champignons particuliers comme *Ascochyta fabae*, *Botrytis cinerea*, *Septoria nodorum*, *Phoma betae*, etc (MATHUR et KONGSDAL, 2003).

3.3.5. La méthode d'extraction des embryons

L'examen des embryons est une méthode d'analyse sanitaire utilisée pour détecter certains champignons présents dans l'embryon sous forme de mycélium. Sont de ces champignons : le charbon du blé (*Ustilago tritici*), les charbons du sorgho (*Sphacelotheca sp.*), le mildiou du mil (*Sclerospora graminicola*) (MATHUR et SINGH, 1992).

L'extraction des embryons consiste en une macération des semences dans une solution de soude caustique à 5% contenant du bleu de trypan à la température ordinaire pendant 22 à 24 heures. Les semences ainsi trempées sont ensuite lavées à l'eau tiède puis tamisées sur une colonne de trois tamis dont le diamètre des trous varie de 3,5mm à 1 mm du haut en bas. Les embryons, collectés dans le dernier, sont ensuite trempés dans une solution d'éthanol à 95% pendant 2 minutes puis dans un mélange d'acide lactique, de glycérol et d'eau (1:2:1) pour séparer les embryons des enveloppes. Après rinçage, les embryons sont purifiés en les faisant bouillir dans de l'acide lactique additionné de glycérol (1:2) (MATHUR et KONGSDAL, 2003). L'examen des embryons à la loupe et au microscope permet d'identifier les champignons présents à travers le mycélium qu'ils portent.

3.3.6. Le test basé sur les symptômes développés sur des jeunes plantes

Certains champignons phytopathogènes transmis par les semences sont capables de produire des symptômes sur les plantules au niveau des racines, du collet, de la jeune tige ou même de toute la plantule. Ces symptômes peuvent être observés si les grains sont semés sur

un substrat convenable et les plantules placées dans des conditions environnementales permettant l'expression des symptômes.

Le test basé sur les symptômes développés sur jeunes plantes, décrit par MATHUR et KONGSDAL (2003) consiste à placer les semences dans des tubes à essai contenant de l'eau gélosée à 1%. L'eau gélosée est obtenue en faisant dissoudre de l'Agar dans de l'eau tiède. Elle est ensuite répartie en quantité égale, dans des tubes à essai puis recouverts de papier aluminium et mis en stérilisation à 121°C pendant 15 minutes. Il est nécessaire de laisser l'eau gélosée se solidifier en présentant une surface inclinée d'à peu près 30° pour faciliter leur observation ultérieure sous la loupe. Un grain est ensuite introduit dans chaque tube par une ouverture temporaire du papier aluminium. Les semences ainsi préparées sont mises en incubation à 22 - 25°C pendant 14 jours sous un cycle alternatif de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité.

L'évaluation au terme de l'incubation consiste à inspecter les tubes en les séparant en trois groupes : les plantules saines, les plantules présentant des symptômes et les grains non germés. Des notes détaillées sur les différents types de symptômes produits sont établies. Les régions affectées des plantules sont observées à la loupe stéréoscopique pour identifier les champignons présents ou si nécessaire faire des préparations. Ainsi, le nombre de plantules portant chaque type de symptôme est exprimé en pourcentage d'infection. Les semences non germées sont également inspectées pour identifier les champignons présents.

CHAPITRE 4 : AMELIORATION DE LA QUALITE SANITAIRE DES SEMENCES

Pour maintenir, protéger ou améliorer la qualité sanitaire des lots de semences, plusieurs procédés sont disponibles. Le choix s'opère suivant la taille de l'exploitation, les moyens mis en œuvre dans le processus de production, l'objectif du producteur et son niveau d'information vis-à-vis des maladies transmises par les semences.

4.1. Méthodes mécaniques et physiques

En cas de pollution du lot de semences par les spores des agents pathogènes comme les sclérotés de l'ergot, un tri manuel des spores ou des semences visiblement attaquées peut être réalisé. Ce tri peut être également magnétique ou par flottaison dans des solutions appropriées (BESRI, 1992). Les sclérotés de l'ergot du mil peuvent être séparés par flottaison dans une solution à 10% de NaCl. Le tri peut enfin se faire par courant d'air dans le cas de certaines infections virales qui rendent les semences infectées plus légères.

Le traitement à la chaleur des semences est une technique communément utilisée pour contrôler certaines maladies des cultures. Il permet de lutter efficacement contre une série impressionnante de maladies cryptogamiques (BESRI, 1992). La thérapie peut être utilisée de plusieurs manières : eau chaude, air chaud, radiation, etc. Le trempage des semences de maïs dans de l'eau à 60°C pendant 5 mn permet de contrôler, de façon notoire, *Fusarium moniliforme*. La thérapie des semences dans des liquides non aqueux peut être également utilisée dans le cas de certaines semences comme le haricot ou le soja (BESRI, 1992).

4.2. La certification des semences

La certification est un outil, un procédé qui assure une qualité déterminée pour les lots de semences. Elle est réalisée par des agences que les lois sur les semences rendent obligatoires dans un pays (KHARE, 1992). Dans le processus de certification, le lot de semences devra avoir certaines qualités admises telles qu'un bon pouvoir germinatif, une pureté spécifique, une intégralité physique, un taux d'infection par les agents pathogènes acceptable. Les normes de certification dépendent souvent des pays.

La production de semences certifiées doit suivre les étapes suivantes (KHARE, 1992) :

1) le contrôle des semences avant semis,

- 2) la vérification du substrat (sol) devant recevoir les semences,
- 3) l'inspection au champ pendant la végétation,
- 4) l'analyse sanitaire des semences après récolte,
- 5) la délivrance du certificat.

Toutes ces étapes sont scrupuleusement suivies par le producteur de semences certifiées sous le contrôle des agences de certification qui garantissent au terme de la production, certaines qualités requises (sanitaire, spécifique, etc.). Pendant le processus de production de semences certifiées, l'isolement du champ semencier, la destruction des mauvaises herbes, des foyers de maladies, des pieds malades (épuration) sont indispensables. Ces mesures sont couronnées par un contrôle sanitaire du lot de semences au laboratoire. Il s'agit de l'étape ultime, importante qui permet enfin de se convaincre de la bonne qualité sanitaire du lot de semences pour délivrer le certificat (KHARE, 1992).

Des seuils de tolérance sont définis en fonction de l'agent pathogène, des espèces végétales, du mode de propagation et de l'agressivité de l'agent pathogène (KHARE, 1992).

Pour le contrôle des semences avant semis, l'échantillonnage pour l'analyse sanitaire est fait selon les normes de l'ISTA. Il inclut les tests de pureté, de germination du lot (KHARE, 1992).

4.3. La quarantaine

La quarantaine est une méthode d'amélioration qui permet d'empêcher l'introduction de germes dangereux dans une zone de production donnée via les échanges de semences.

Il s'agit d'une convention basée sur l'implantation de services adéquats de contrôle des semences et d'autres matériels de reproduction végétale au niveau des points d'entrées de marchandises internationales. Le service est chargé du contrôle des semences avant de permettre sa circulation. Si le contrôle révèle la présence d'agents pathogènes dans les semences ou s'il existe des doutes, le lot de semences est retiré de la circulation ou mis en quarantaine.

L'accroissement du commerce international des produits végétaux couplé à la facilité des moyens de transport, a créé des risques importants d'introduction des maladies des plantes dans de nouvelles zones. Au Burkina Faso par exemple, la plupart des semences des cultures maraîchères proviennent des pays industrialisés. Cette menace est particulièrement ressentie

au niveau des échanges des ressources génétiques car ils peuvent constituer des moyens d'introduction de parasites de plantes encore méconnues (FELIU, 1992).

La réglementation de quarantaine des plantes fournit la meilleure et la plus économique des garanties contre l'introduction de germes nouveaux (FELIU, 1992).

4.4. Méthode chimique

Elle consiste à l'utilisation de fongicides pour le traitement des semences. Elle est la méthode la plus employée. Le traitement vise soit :

- la désinfection des semences,
- La protection des semences ou des plantules contre les champignons telluriques,
- La désinfestation des semences pour l'inoculum externe ou passivement transporté par les semences.

L'utilisation des fongicides chimiques pour le traitement des semences en vue d'améliorer leur qualité sanitaire est le plus souvent efficace. Cependant, c'est une méthode qui n'est pas toujours accessible à la majorité des producteurs burkinabé parce qu'elle est onéreuse. En outre, l'emploi des molécules chimiques peut engendrer des effets secondaires néfastes à l'environnement et à la santé humaine. Aussi, la recherche d'alternatives aux pesticides chimiques (en recherchant des produits biodégradables, moins nocifs, moins onéreux) est de plus en plus envisagée.

4.5. Méthode biologique

Une lutte biologique contre les maladies transmises par les semences peut être réalisée par un enrobage des semences avec l'isolat d'autres micro-organismes non pathogènes antagonistes ou par protection croisée.

L'emploi de micro-organismes pour améliorer la qualité sanitaire des semences a été démontré par plusieurs auteurs (BESRI, 1992). En effet, SCHROTH et HANCOK (1981) et COOK et BAKER (1983) cités par BESRI (1992) rapportent que l'utilisation de *Chaetomium globosum* et *C. cochlioides* a permis de protéger l'avoine contre *Helminthosporium victoria* au Brésil. Une infestation de l'avoine avec un isolat de *C. cochlioides* a permis de contrôler *Fusarium nivale* en Angleterre (WOOD et TVEIT, 1985 cités par BESRI, 1992).

Le traitement des semences de sorgho avec des suspensions de *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma harzianum* et *Chaetomium globosum* a permis de réduire les taux d'infection par *Fusarium moniliforme* respectivement de 76, 67 et 65% (RAJU *et al.*, 1999).

4.6. Utilisation de substances naturelles

Dans l'optique d'utiliser les substances naturelles comme alternative aux pesticides chimiques, plusieurs travaux de recherche ont été entrepris. Ces travaux ont concerné l'utilisation d'extraits aqueux de plantes ayant des propriétés thérapeutiques connues.

Des savons à base de *Vitellaria paradoxa*, *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica*, ont été testés contre l'agent pathogène responsable de la maladie des taches brunes du niébé. Les résultats indiquent que ces savons ont un effet fongistatique et pourraient se substituer aux fongicides chimiques (SEREME, 1999).

L'extrait aqueux des feuilles de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) à la dose de 30 g de poudre dans 100 ml d'eau froide, utilisé en traitement de semences de sorgho a permis de réduire significativement les taux d'infection de plusieurs champignons (SOMDA I, comm. pers.). L'extrait aqueux de neem se révèle avoir des propriétés insecticides et fongistatiques (DABIRE, 2001). Les extraits à l'eau chaude de *Allium sativum*, *Zingiber officinale* et *Azadirachta indica* sont par ordre d'importance efficaces contre *Alternaria spp*, *Curvularia lunata*, *Bipolaris sorokiniana* (HOSSAIN *et al.*, 2001).

Les extraits aqueux des feuilles d'*Ocimum gratissimum*, *Acalypha ciliata*, *Mangifera indica* et *Azadirachta indica* ont été testés avec succès contre *Fusarium moniliforme* dans les semences de maïs au Nigeria (OWOLADE *et al.*, 2001).

Les huiles essentielles de plusieurs plantes aromatiques paraissent également intéressantes en traitement des semences. Les huiles essentielles sont le plus souvent utilisées en parfumerie, en pharmacie ou en industrie alimentaire. Celles de Cannelle, de Thym et de Girofle ont une action contre les bactéries pathogènes et les champignons (SAMATE, 2002).

**DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE**

CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES

1.1. Matériel

1.1.1. Les échantillons de semences

Quatre échantillons de semences dont deux de mil et deux de sorgho collectés dans différentes localités ont été utilisés pour l'étude (Tableau II). Ces échantillons ont été choisis suivant la couleur des grains et en fonction de leur niveau d'infection par les champignons.

Tableau II : Caractéristiques des échantillons de semences

Ech	Culture	Couleur	Poids de mille grains (g)	Lieu de collecte	Niveau moyen d'infection (en %) par quelques champignons				
					Ps	Fm	Cl	Er	Cg
S-22	Sorgho	Blanc	23,125	Kassou	25,25	15,75	21,75	0,75	4
S-91	Sorgho	Rouge	25	Tougan	16,25	7,75	18	3,75	0
M-80	Mil	jaune	10,625	Kamboinsé	32,25	9,25	2,50	0,75	-
M-53	Mil	Grise	11,250	Kamboinsé	25,25	13,5	5,75	2,5	-

Source : Laboratoire de Phytopathologie du CREAM/K

Ech : échantillon ; Ps : *Phoma sorghina* ; Fm : *Fusarium moniliforme* ; Cl : *Curvularia lunata* ; Er : *Exserohilum rostratum* ; Cg : *Colletotrichum graminicola*.

1.1.2. Les extraits végétaux

Huit extraits végétaux comprenant 6 extraits aqueux (extrait aqueux des feuilles de Citronnelle, d'écorces de Balanites, des feuilles d'Eucalyptus, des tiges et feuilles d'*Eclipta alba*, des racines de *Securidaca longepedunculata* et des feuilles de Calotropis) et 2 huiles essentielles (huile essentielle des feuilles de Citronnelle et d'Eucalyptus) (Tableau III), dérivant de six espèces végétales ci-après décrites ont été employés dans l'étude.

❖ *Cymbopogon citratus* (D.C.) STAFF. (La citronnelle)

De la famille des *Poaceae*, la citronnelle est une herbe vivace à feuilles linéaires rubanées aromatiques formant des touffes compactes et atteignant 1m de haut (Planche I, Photo 1). Les feuilles sont vert-clair et mesurent de 1,5 cm à 60 mm large. Sa floraison est bisannuelle (EDWARD, 1999).

❖ ***Balanites aegyptiaca* (L.) DEL. (Le dattier du désert)**

Petit arbre atteignant 6 à 9 m de haut, le dattier du désert appartient à la famille des *Balanitaceae*. Le fût est droit avec un tronc grisâtre et lisse chez les jeunes sujets. Les rameaux montrent des épines robustes, droites, longues d'environ 8 cm (Planche I, Photo 2). L'écorce du dattier est d'emploi courant dans plusieurs pathologies humaines. Il a également des propriétés insecticides (ARBONNIER, 2002)

❖ ***Eucalyptus camadulensis* DEHNH. (L'Eucalyptus)**

Il s'agit d'un arbre de la famille des *Myrtaceae*, au port élancé, atteignant 12 à 20 m de haut, à fût généralement droit et plus ou moins blanchâtre, à cime étroite avec des branches tombantes et peu fournies (Planche I, Photo 3). L'essence extraite de ses feuilles (Eucalyptol) est surtout réputée comme expectorant et béchique (toux, bronchite, asthme, rhume, rhinite, etc.) et entre aussi en parfumerie (ARBONNIER, 2002).

❖ ***Eclipta alba* (L.) HASSK.**

E. alba est une plante herbacée annuelle de la famille des *Asteraceae*, dressée ou parfois couchée, à feuilles opposées.

Cette petite plante se rencontre dans les lieux humides, les fossés, les marécages, etc. Elle est utilisée pour toutes les affections cryptogamiques de la peau en particulier la mycose des doigts et des pieds qu'elle guérirait presque instantanément (BERHAUT, 1974).

❖ ***Securidaca longepedunculata* L. (L'arbre à serpent)**

L'arbre à serpent est un arbuste de la famille des *Polygalaceae*. Les feuilles ont un limbe oblong d'un vert grisâtre, long de 12-15 cm et large de 3-4 cm (Planche I, Photo 4). Le fruit est une ailette longue de 5 cm environ et large de 15 mm. La graine est irrégulièrement ridée, plus ou moins plate, portant parfois l'amorce d'une seconde aile sur sa partie dorsale (ARBONNIER, 2002).

❖ ***Calotropis procera* (L.) R. BR. (L'arbre du cimetière)**

Le *Calotropis* est un arbuste sous ligneux de la famille des *Asclépiadaceae*. Il a une hauteur de 1 à 3 m. C'est un arbuste à latex blanc (Planche I, Photo 5).

Les fruits sont de gros follicules ovoïdes, mous remplis d'air et boules soyeuses de la grosseur d'une mangue. *Calotropis procera* est beaucoup utilisé dans la pharmacopée traditionnelle pour le traitement de plusieurs pathologies humaines. En quantité importante, son latex est un poison violent. Il est très dangereux pour les yeux (ARBONNIER, 2002).

Planche I : Espèces Végétales testées

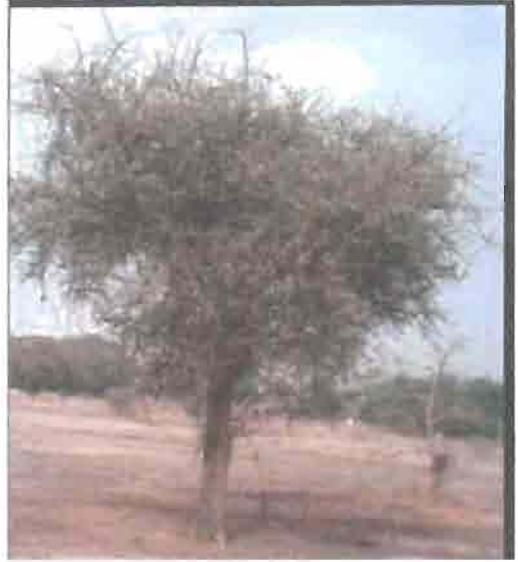
Photo 1 : *C. citratus* (Photo T. DABIRE)Photo 2 : *B. aegyptiaca* (Photo T. DABIRE)Photo 3 : *E. camaldulensis* (Photo T. DABIRE)Photo 4 : *S. longepedunculata* (Photo T. DABIRE)

Planche I (suite)

Photo 5 : *C. procera* (Photo T. DABIRE)

Tableau III : Caractéristiques des différents extraits végétaux utilisés pour le traitement des semences.

Espèce végétale	Nom courant	Partie utilisée	Forme d'utilisation
<i>Eclipta alba</i>	Mousofin	Feuilles, tiges	E. aq
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Balanites	Ecorces	E. aq
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalyptus	Feuilles	E. aq, HE*
<i>Cymbopogon citratus</i>	Citronnelle	Feuilles	E. aq, HE*
<i>Calotropis procera</i>	Arbre du cimetière	Feuilles	E. aq
<i>Securidaca longepedunculata</i>	Arbre à serpent	Racines	E. aq

HE* : Huile essentielle ; E. aq : Extrait aqueux

MENTION ASSEZ-BIEN

1.1.3. Le fongicide chimique : Le Calthio DS

Le Calthio DS est un fongicide systémique recommandé au Burkina Faso pour le traitement des semences de sorgho, mil, maïs, riz, coton, arachide, etc. Il a été utilisé au cours de l'étude comme témoin de référence. Il est sous forme poudreuse. La dose d'utilisation recommandée est de 25 g pour 10 Kg de semences par enrobage des semences. La formulation DS contient 20% de Lindane et 25% de Thirame. La DL50 orale (rat) est de 368 mg/kg .

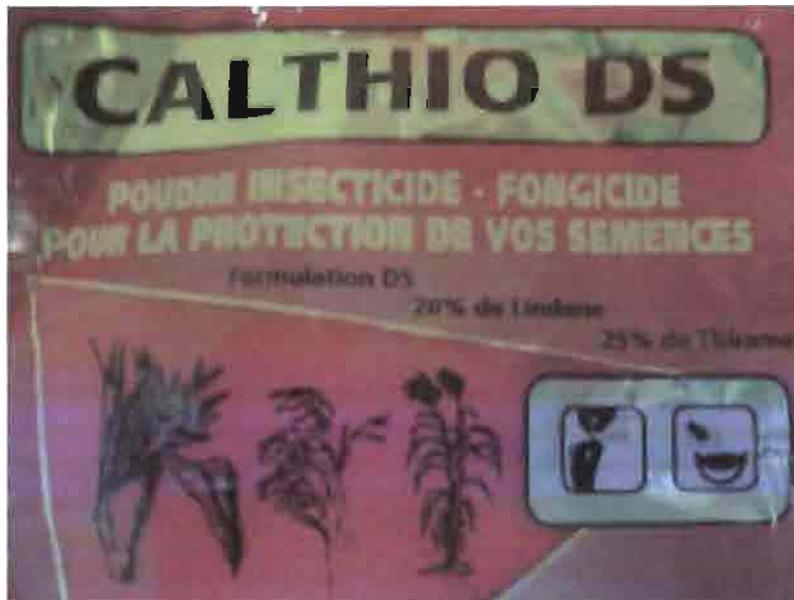


Photo 6 : Calthio DS (Photo T. DABIRE)

1.2. METHODES

1.2.1. Procédures d'obtention des extraits végétaux et traitement des semences

1.2.1.1. Les extraits aqueux

Les différentes parties des espèces végétales concernées sont d'abord séchées à l'étuve à une température comprise entre 40-45°C ou à l'ombre. Elles sont ensuite réduites en poudre à l'aide d'un mortier. Un tamisage ultérieur est réalisé si le broyat contient toujours des particules grossières.

Les extraits aqueux sont préparés à partir des poudres maintenues en macération dans l'eau froide (eau distillée) pendant environ 20 heures à la température ambiante du laboratoire (25°C environ).

Les doses testées sont de 20 g (D1) et 40 g (D2) de poudre pour 100 ml d'eau distillée exceptées les poudres d'Eucalyptus et de Citronnelle pour lesquelles les doses ont été respectivement de 30 g (D1) et 40 g (D2) , 20 g (D1) et 35 g (D2) pour 100 ml d'eau.

Au terme de la macération, le mélange est filtré à l'aide d'un tissu fin. Les semences sont ensuite immergées de façon complète dans le filtrat pendant une heure puis séchées sous une hotte.

Trois témoins ont été utilisés : un témoin absolu (TA) (semences sèches), un témoin « eau » (TE) (semences immergées dans l'eau distillée) et un témoin « fongicide » (TF) (semences traitées avec le Calthio DS).

1.2.1.2 Les Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont extraites des feuilles de citronnelle et d'eucalyptus par hydrodistillation. Ces huiles nous ont été fournies par l'I.R.S.A.T. Le mode d'extraction que nous avons pu suivre avec l'équipe de l'IRSAT consiste en un mélange de feuilles et d'eau dans un ballon en chauffage surmonté d'un tuyau qui communique avec une entrée d'eau. Les vapeurs du mélange se condensent au contact de l'eau froide puis sont recueillies dans un second ballon où la phase aqueuse et l'huile se séparent.

Au laboratoire, les huiles ont été utilisées sous forme d'émulsion dans l'eau gélosée (à 0,1%) . Les doses testées ont été suivantes :

Huiles essentielles de citronnelle : 4% (D1) et 6% (D2) ;

Huiles essentielles d'eucalyptus . 8% (D1) et 12% (D2).

Cent micro-litres (100µl) d'émulsion ont été employés pour 1 g de semences. Semences et émulsions sont mélangées énergiquement dans un bocal maintenu hermétiquement fermé pendant au moins 20 heures. Trois témoins ont été également utilisés : un témoin absolu, un témoin « eau » (semences traitées à l'eau gélosée simple) et un témoin « fongicide » (semences traitées au calthio DS).

1.2.2. Tests d'efficacité des extraits végétaux

Nous avons choisi d'évaluer l'efficacité des extraits végétaux sur :

- ⇒ les champignons portés par les semences en faisant une analyse sanitaire des semences traitées ;
- ⇒ le taux de germination des semences traitées ;

- ⇒ l'émergence des plantules pour apprécier l'effet du produit sur la levée des plantules ;
- ⇒ la transmission des agents pathogènes des semences aux plantules.

1.2.2.1. Analyse sanitaire des semences

La méthode du papier buvard décrite par MATHUR et KONGSDAL (2003), qui consiste à maintenir les semences dans un environnement favorable au développement des champignons a été utilisée. Les semences traitées sont disposées à équidistance les unes des autres dans des boîtes de Pétri (25 grains par boîte) contenant du papier buvard imbibé d'eau distillée stérile. Pour chaque traitement, 150 grains ont été utilisés en trois répétitions de 50 (soit deux boîtes par répétition et six boîtes par traitement). Pour stimuler la sporulation des champignons, les boîtes sont maintenues en incubation dans une chambre à une température de 20-25°C et un cycle alternatif de 12 heures d'obscurité et 12 heures de lumière proche ultra-violet pendant 7 jours (Photos 6 et 7). L'identification des champignons est basée sur l'observation des caractères macroscopiques (couleur du mycélium, pycnides, acervules, etc.) et des caractères microscopiques (forme des conidies, structure du mycélium, etc.) des champignons. Une fois un champignon identifié, le grain sur lequel celui-ci s'est développé est marqué en inscrivant le nom du champignon (en abrégé) sur le papier buvard. Un comptage du nombre total de fois qu'un champignon donné a été observé est réalisé et le résultat exprimé en pourcentage d'infection des semences par le champignon considéré

1.2.2.2. Test de germination des semences

La méthode utilisée pour évaluer le taux de germination des semences est celle du papier buvard de l'ISTA (1999) consistant à disposer 50 grains à équidistance les uns des autres entre deux feuilles de papier buvard préalablement imbibées d'eau distillée stérile puis à les placer en incubation à une température de 20-35°C et un cycle alternatif de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité par jour, pendant 7 jours. Cent cinquante grains ont été testés par traitement à raison de 50 grains par répétition. L'évaluation a consisté à dénombrer les plantules normales (plantules intactes, plantules présentant de légères déformations, plantules présentant une infection secondaire), les plantules anormales (plantules endommagées, plantules déformées et disproportionnées, plantules altérées, pourries, chlorotiques) et les semences non germées. Les résultats sont exprimés en pourcentage et le taux de germination de l'échantillon de semences correspond au pourcentage de plantules normales.

1.2.2.3 Test d'émergence des plantules

Cent cinquante grains par traitement à raison de cinquante grains par répétition ont été semés dans des pots contenant de la terre stérilisée (terre sableuse). Les pots ont été placés en incubation dans les mêmes conditions que pour le test de germination (Photo 8). Le nombre de plantules émergées a été évalué dix (10) jours après le semis. La détermination de la biomasse c'est-à-dire le poids frais et le poids sec des plantules est concomitamment réalisée. Le séchage des plantules a lieu à l'étuve à 50°C pendant 24 heures.

1.2.2.4. Test de transmission des agents pathogènes des semences aux plantules

Ce test est couplé avec le test d'émergence des plantules. Dix (10) jours après le semis, 10 plantes sont prises au hasard par traitement et désinfectées à l'alcool (éthanol 70%) pendant 30 secondes. Elles sont ensuite mises en incubation dans des bacs contenant du papier buvard humidifié à l'eau distillée stérile (Photo 9). L'évaluation du taux de plantules infectées a consisté à identifier les différents champignons développés sur les plantes incubées et à déterminer les proportions de plantules attaquées après 5 jours d'incubation.

1.2.2.5. Dispositif expérimental

Chaque extrait végétal a été testé sur chaque culture suivant un dispositif Split- Plot à trois répétitions à raison de 50 grains par répétition. Les traitements principaux sont représentées par les échantillons de semences et les traitements élémentaires par les doses des produits de traitement.

1.2.2.6 Analyse des données recueillies

Une analyse de variance et une comparaison des moyennes (test de Newman-Keuls au seuil de 5%) ont été effectuées sur les données recueillies en utilisant le logiciel STATITCF en vue de comparer les effets des traitements.

Planche II : Tests d'efficacité des produits

1) Analyse sanitaire des semences (Méthode du papier buvard)



Photo 7 : Chambre d'incubation des semences (Photo T. DABIRE)

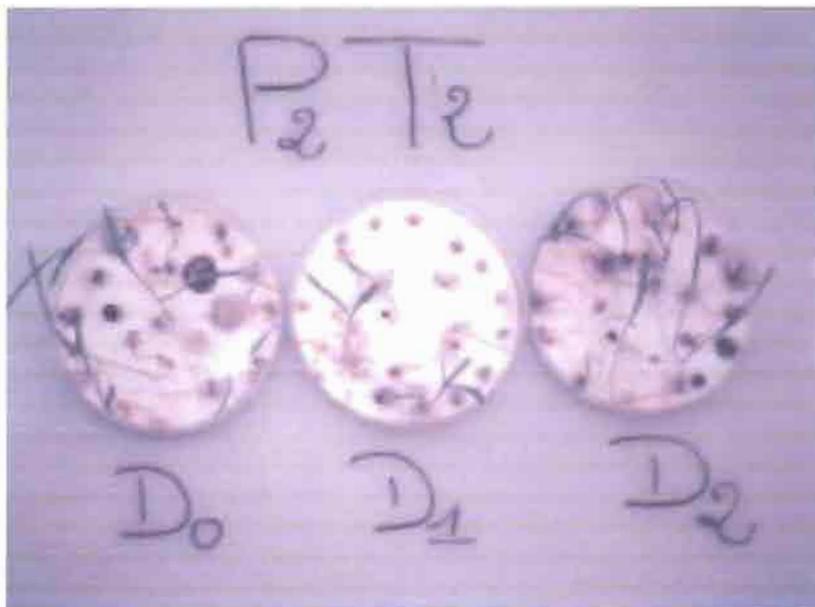


Photo 8 : Semences incubées infectées par divers champignons (Photo T. DABIRE)

Planche II (suite)

2) : Tests d'émergence des plantules et de transmission des pathogènes



Photo 9 : Chambre de culture des plantules (Photo T. DABIRE)



Photo 10 : Plantules incubées (Photo T. DABIRE)

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 . Résultats

2.1.1. Effets des extraits végétaux sur les taux d'infection des semences par les champignons

Une vingtaine d'espèces de champignons parasites et saprophytes ont été identifiées sur les échantillons de mil et de sorgho au terme de l'analyse sanitaire des semences. Les espèces de champignons saprophytes recensées sont : *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.* Les espèces parasites sur lesquelles ont été réalisées les analyses statistiques appartiennent à 6 genres qui sont : *Phoma*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Exserohilum*, *Colletotrichum* et *Bipolaris* (Planche III, photos 11 à 14). Il s'agit de champignons responsables des pourritures et fontes de semis et de quelques maladies foliaires. D'autres espèces ont également été identifiées mais à des fréquences faibles (< 5%). Les analyses ont été effectuées en regroupant les espèces de champignons par genre sauf les genres *Phoma*, *Colletotrichum* et *Exserohilum* représentés chacun par une seule espèce. Les échantillons M-53 de mil et S-22 de sorgho ont été en général les plus attaqués par les champignons.

Planche III : Conidies de quelques champignons identifiés sur les semences



Photo 11 : Conidies de *P. sorghina* (X750)
(Photo T. DABIRE)

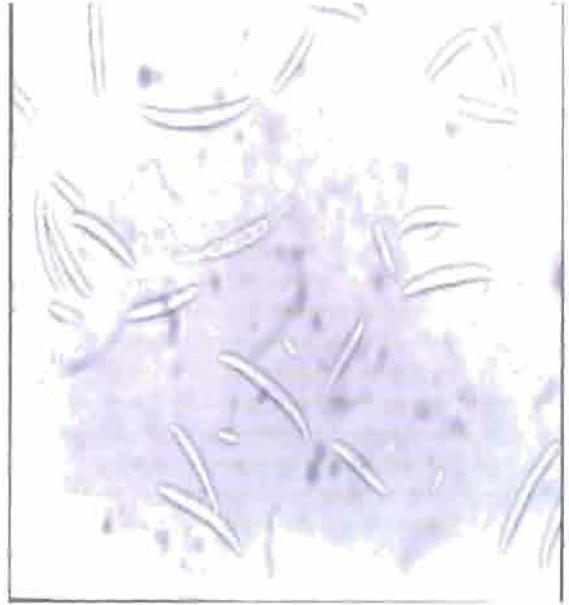


Photo 12 : Conidies de *F. moniliforme* (X750)
(Photo T. DABIRE)



Photo 13 : Conidies de *C. lunata* (X750)
(Photo T. DABIRE)

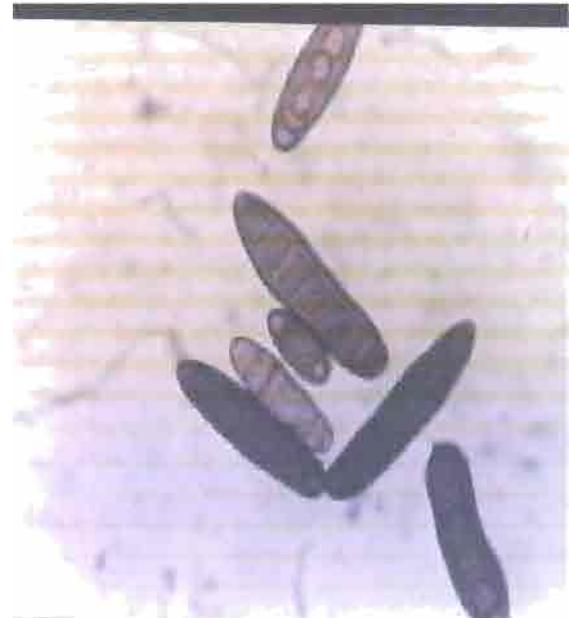


Photo 14 : Conidies de *E. rostratum* (X750)
(Photo T. DABIRE)

❖ **Effet de l'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle sur les taux d'infection des semences par les champignons.**

La figure 4 présente les pourcentages de semences infectées par les champignons en fonction du traitement subi par les semences. Les indices d'infection par *Phoma sorghina* les plus élevés sont notés au niveau des semences traitées à l'eau (TE). Les pourcentages d'infection les plus faibles sont enregistrés sur les semences traitées au Calthio (TF) excepté pour le genre *Fusarium* pour lequel les semences traitées aux deux doses (D1 et D2) de l'extrait aqueux sont les moins infectées.

En dehors des taux d'infection des semences par *P. sorghina*, les semences non traitées (TA) sont les plus infectées par les autres champignons.

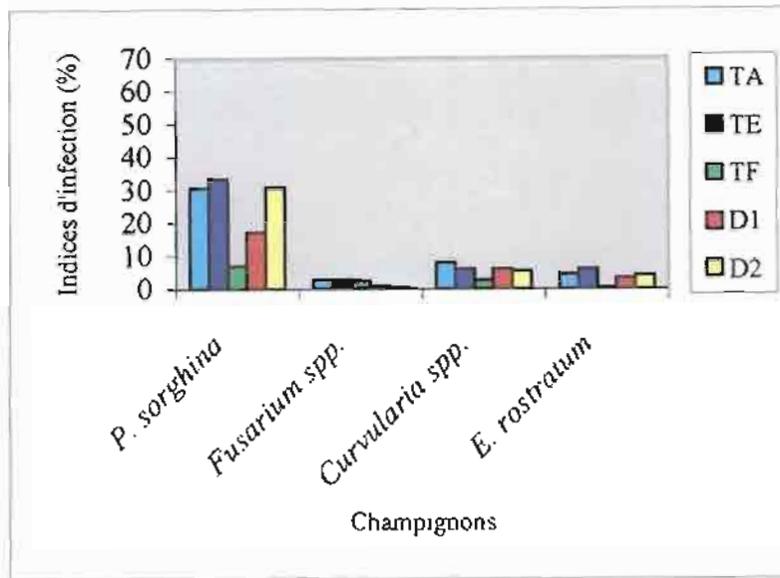
L'application de la dose faible D1 du produit (20 g de poudre pour 100 ml d'eau) a permis une réduction significative du taux de semences de mil infectées par *Phoma sorghina* (Fig.4 (a)). Au niveau des semences de sorgho, seul l'emploi du fongicide (TF) a entraîné une protection effective des semences contre *P. sorghina* (Fig. 4 (b)).

Pour les autres genres de champignons, l'analyse n'a pu déceler de différence statistiquement significative entre les différents traitements (Annexe I).

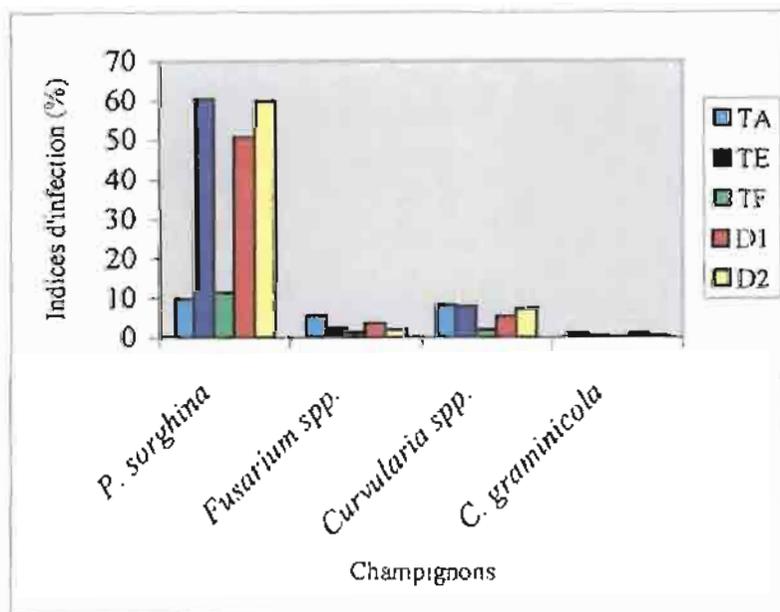
❖ **Effet de l'extrait aqueux des écorces de Balanites sur les indices d'infection des semences par les champignons**

La figure 5 présente les pourcentages de semences infectées en fonction des traitements. D'une manière générale, pour un champignon donné, les semences traitées au fongicide (TF) enregistrent les indices d'infection les plus faibles (0 à 10% pour le mil et inférieur à 5% pour le sorgho). L'emploi du fongicide a permis une protection effective des semences contre *P. sorghina* et *Curvularia* spp.

L'emploi de l'extrait aqueux (D1 et D2) a permis de réduire significativement les indices d'infection par *Curvularia* spp. comparativement aux semences non traitées (TA). La dose forte D2 (40 g de poudre pour 100 ml) semble plus intéressante sur les semences de mil car elle a permis une protection des semences contre *Curvularia* spp. et *P. sorghina* comparable au témoin fongicide (TF) (Fig. 5 (a)). Les semences de mil traitées aux deux doses, ont cependant présenté les taux d'infection par *Fusarium* spp. les plus élevés (fig. 5 (a)). Pour le sorgho, les indices d'infection par *P. sorghina* les plus élevés sont enregistrés sur les semences traitées à l'eau (50%) et les semences traitées aux doses D1 (40,33%) et D2 (39%). Pour les autres genres de champignons, l'analyse n'a pu déceler de différence statistiquement significative entre les différents traitements (Annexe II).



a) Mil

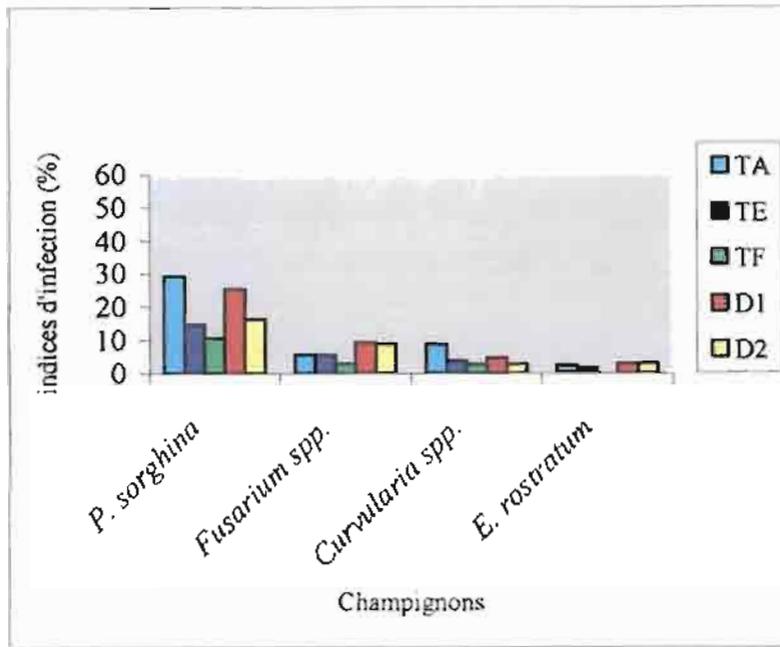


b) Sorgho

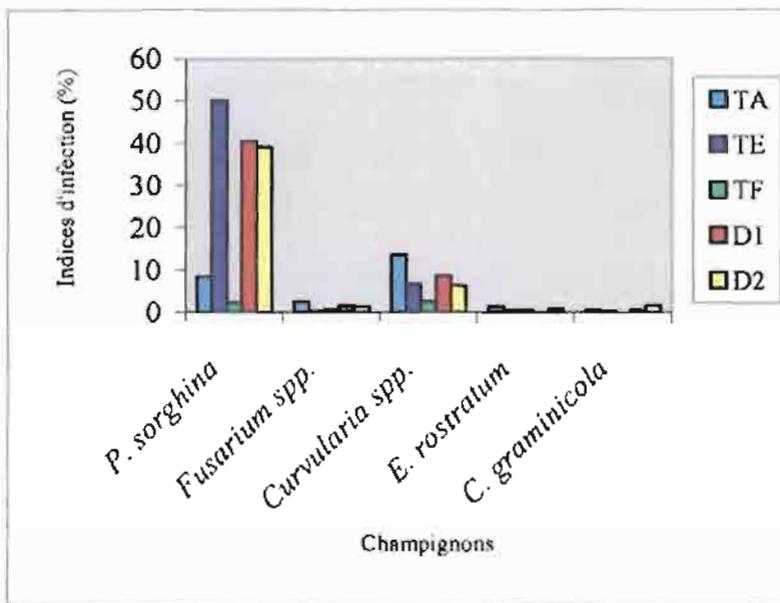
Figure 4 : Effet de l'extrait aqueux des feuilles de citronnelle sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 20 et 35% d'extrait aqueux





a) Mil



b) Sorgho

Figure 5 : Effet de l'extrait aqueux des écorces de *Balanites* sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; **TE** : témoin « eau » ; **TF** : témoin « fongicide » ; **D1** et **D2** : 20 et 40% d'extrait aqueux

❖ **Effet de l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus sur les taux d'infection des semences par les champignons.**

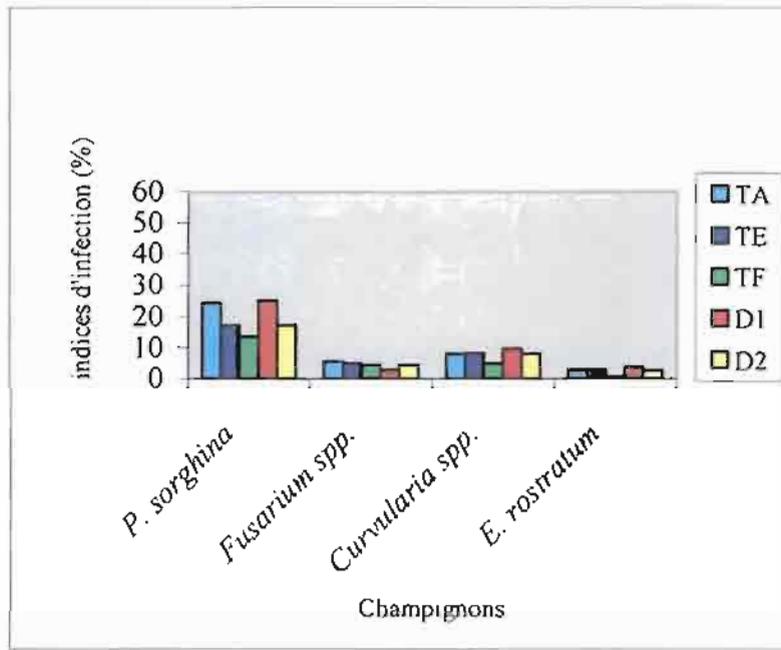
Les proportions de semences infectées par les champignons en fonction des traitements sont présentées par la figure 6. Les taux de semences infectées les moins élevés sont observés au niveau des semences traitées au Calthio (TF) exceptés les indices d'infection par *P. sorghina* des semences de sorgho pour lesquels le plus faible taux est enregistré sur les semences de sorgho non traitées (TA). L'indice d'infection le plus élevé correspond aux taux de semences de sorgho infectées par *P. sorghina*, enregistré sur les semences traitées à l'eau.

Pour ce qui concerne toujours le sorgho, l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus à la dose faible (D1) a permis une réduction significative de l'indice d'infection par *Curvularia spp.* par rapport au témoin non traité. Les doses D1 et D2 ont entraîné une réduction significative de l'indice d'infection par *P. sorghina* comparativement au témoin « eau ». Sur les échantillons de semences de mil, l'effet de l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus sur les indices d'infection des semences par les champignons n'a pas décelé de différence significative entre les traitements.

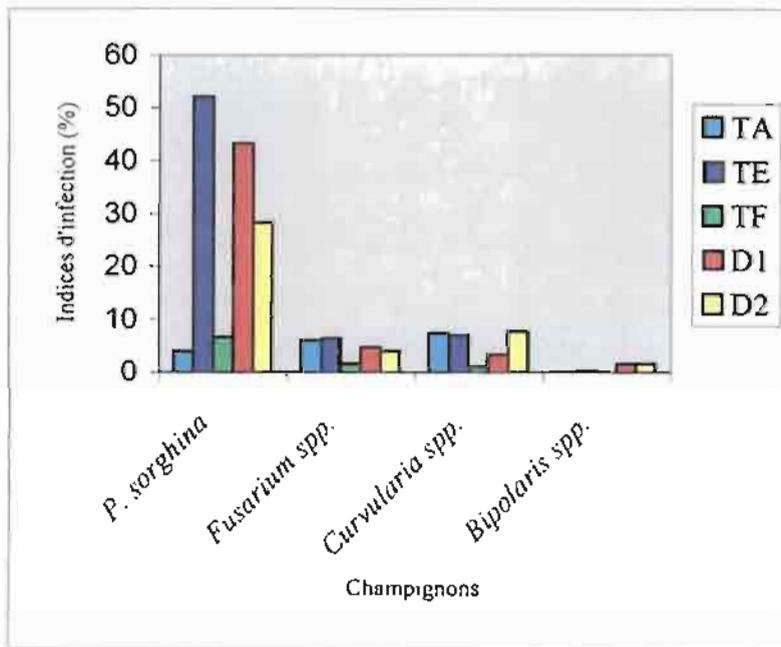
❖ **Effet de l'extrait aqueux d'*Eclipta alba* sur les taux d'infection des semences par les champignons.**

Les indices d'infection des semences par les différents champignons sont présentés par la figure 7. Les plus faibles pourcentages de semences infectées sont enregistrés sur les semences traitées au calthio (TF) tandis que les taux d'infection les plus élevés correspondent aux indices d'infection par *P. sorghina* enregistrés sur les semences traitées à l'eau (TE) et aux indices d'infection par *Curvularia spp.* sur les semences sèches (TA).

L'application des doses D1 et D2 de l'extrait aqueux d'*E. alba* a permis de réduire significativement les taux d'infection des semences de mil par *P. sorghina* comparativement aux semences non traitées (TA et TE). Elle a en outre permis une réduction significative des pourcentages d'infection des semences de sorgho par *P. sorghina*, *Fusarium spp.* et *Curvularia spp.* par rapport aux semences non traitées (TA et TE).



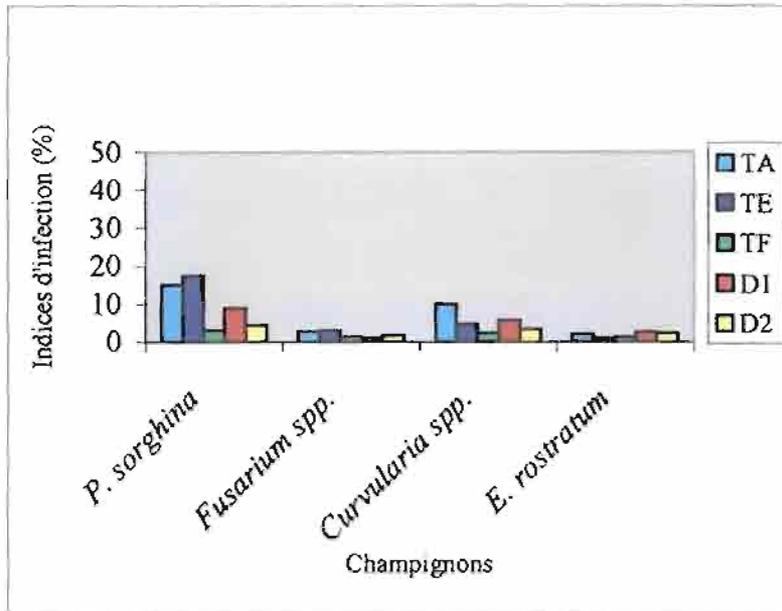
a) Mil



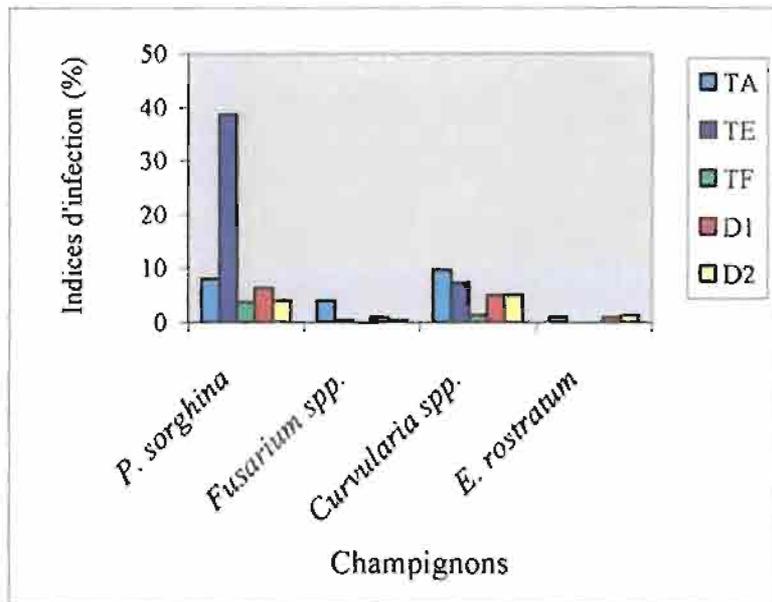
b) Sorgho

Figure 6 : Effet de l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 30 et 40% d'extrait aqueux



a) Mil



b) Sorgho

Figure 7 : Effet de l'extrait aqueux d'*Eclipta alba* sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 20 et 40% d'extrait aqueux

❖ **Effet de l'extrait aqueux des racines de *Securidaca longepedunculata* sur les taux d'infection des semences par les champignons.**

Les résultats de l'analyse sanitaire des semences traitées à l'extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata* en présence des différents témoins sont représentés par la figure 8. Les semences traitées au Calthio (TF) ont eu en général les niveaux d'infection les plus faibles à l'exception des semences de mil pour lesquelles les semences traitées à la dose forte (D2) de l'extrait sont les moins infectées par *Curvularia spp.* (fig. 8). Les semences traitées à l'eau (TE) ont eu les taux d'infection les plus élevés par *P. sorghina* (33% pour le sorgho et 24% pour le mil).

Le traitement des semences avec l'extrait aqueux à la dose D1 a entraîné une diminution significative de leur pourcentage d'infection par *P. sorghina*. La réduction des taux d'infection des semences par *Curvularia spp.* et *E. rostratum* observée au niveau du traitement D2 par rapport aux semences traitées à l'eau (TE) et aux semences non traitées (TA) n'est pas statistiquement significative (Annexe V).

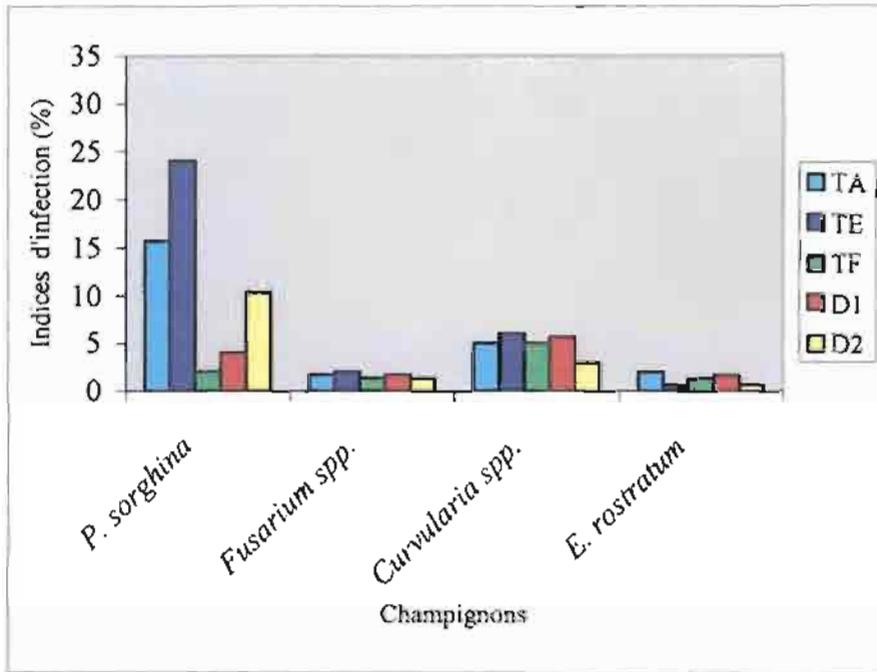
❖ **Effet de l'extrait aqueux des feuilles de *Calotropis procera* sur les taux d'infection des semences par les champignons.**

La figure 9 présente les pourcentages d'infection des semences de mil et de sorgho par les différents champignons en fonction des traitements employés.

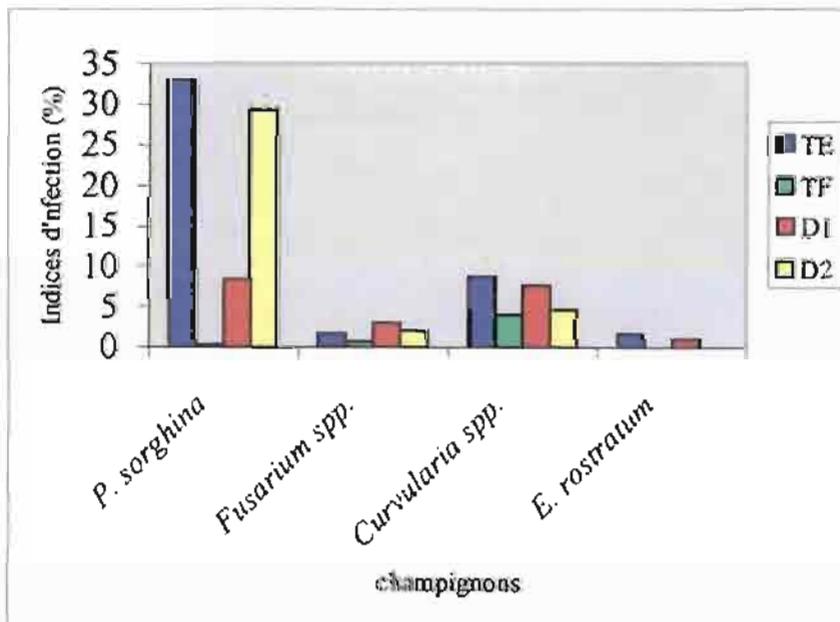
Les semences de mil et de sorgho traitées au produit chimique (TF) demeurent les moins infectées pendant que les indices d'infection les plus élevés s'observent toujours sur les semences non traitées (TA) et celles traitées à l'eau (TE).

L'emploi des deux doses D1 et D2 de l'extrait aqueux sur le mil et de la dose D2 sur le sorgho ont permis de réduire significativement les indices d'infection des semences par *P. sorghina* par rapport au témoin « eau » (TE).

Les différences observées entre les indices d'infection des semences (en fonction des traitements) par les autres champignons ne sont pas significatives (Annexe VI).



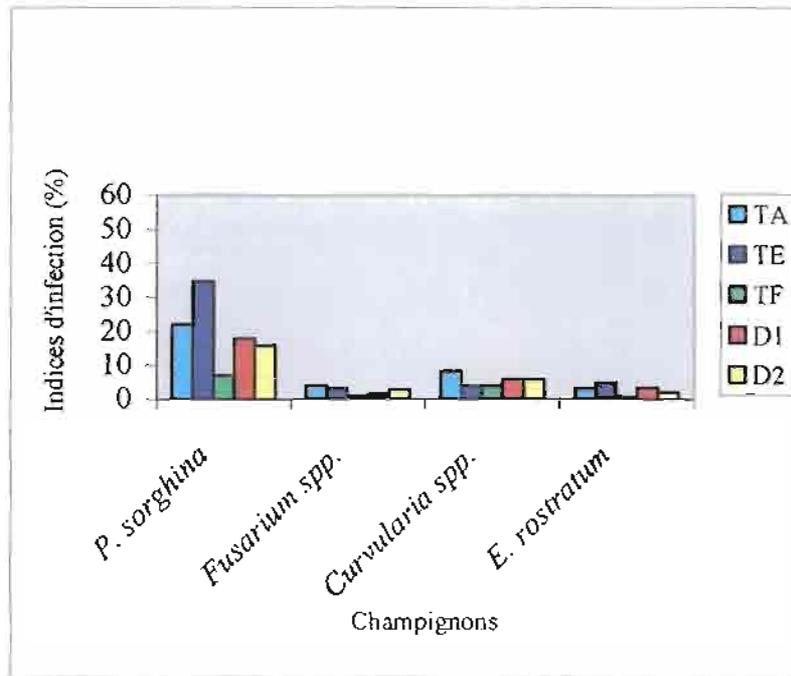
a) Mil



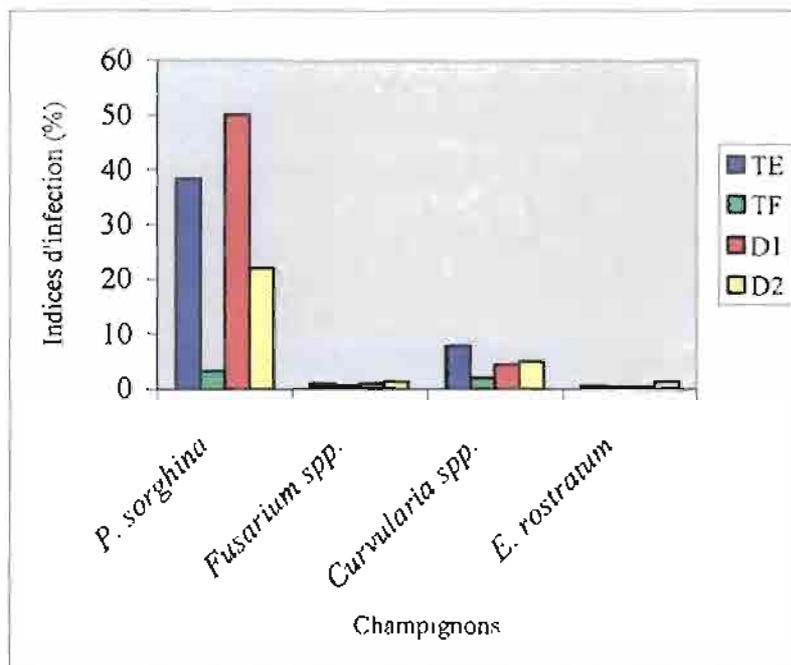
c) Sorgho

Figure 8 : Effet de l'extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata* sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 20 et 40% d'extrait aqueux



a) Mil



b) Sorgho

Figure 9 : Effet de l'extrait aqueux des feuilles de *Calotropis procera* sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 20 et 40% d'extrait aqueux

❖ **Effet des huiles essentielles sur les taux d'infection des semences par les champignons.**

1) Effet de l'huile essentielle de Citronnelle

Les résultats de l'analyse sanitaire des semences traitées aux deux doses de l'huile essentielle de Citronnelle en présence des témoins sont consignés dans la figure 10.

D'une manière générale, les plus faibles taux de semences infectées sont notés sur les semences traitées au produit chimique (TF) à l'exception de *P. sorghina* pour lequel les semences traitées aux deux doses de l'huile essentielle sont les moins attaquées. Pour tous les champignons, les semences traitées à l'eau gélosée sont les plus infectées sauf pour *Fusarium spp.* pour lequel les semences traitées à la dose D1(6%) de l'huile sont les plus attaquées.

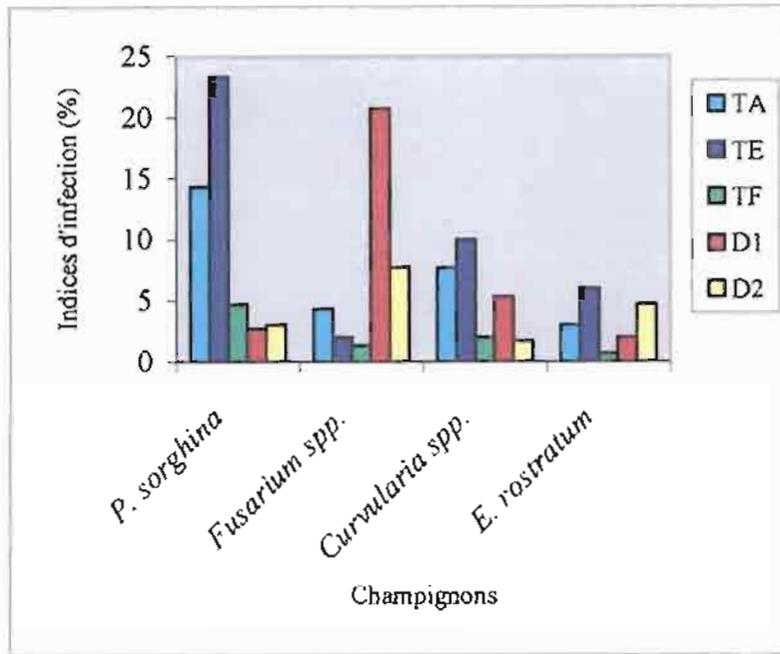
L'emploi de l'huile aux doses D1 et D2 (8%) a permis une protection significative des semences contre *P. sorghina* (fig. 10) en ramenant les taux d'infection de 23,33 % à 2,67 % pour le mil et de 21 % à 2,33 % pour le sorgho.

Le traitement des semences aux deux doses de l'huile essentielle a aussi entraîné une réduction significative des indices d'infection des semences par *Curvularia spp.*. Par contre, une augmentation significative des indices d'infection par *Fusarium spp.* est observée suite à l'application de l'huile sur les semences comparativement au témoin absolu (TA) (Fig. 10).

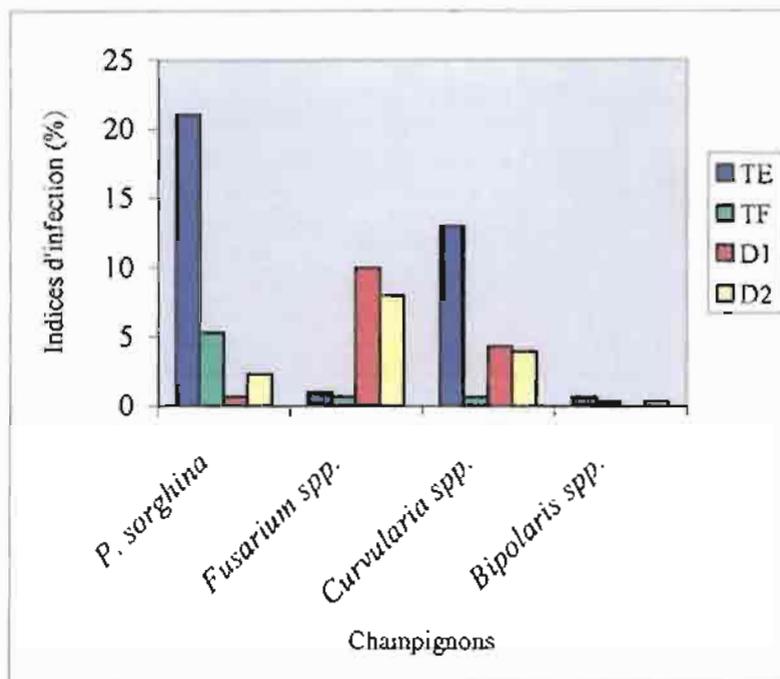
2) Effet de l'huile essentielle d'Eucalyptus

Les résultats de l'analyse sanitaire des semences traitées à l'huile essentielle d'Eucalyptus en présence des témoins sont consignés dans la figure 11. Cette figure indique que les taux de semences infectées les plus faibles sont notés sur les semences traitées au produit chimique (TF) et les plus élevés sur les semences traitées à l'eau gélosée (TE) à l'exception de *Fusarium spp.* pour lequel les semences traitées à l'huile sont les plus attaquées (fig. 11).

Le traitement des semences aux deux doses de cette huile a permis une réduction significative des indices d'infection par *P. sorghina*. L'emploi de la dose forte (D2) a permis en outre de réduire significativement le taux d'infection des semences de sorgho par *Curvularia spp.* par rapport au témoin « eau ». Pour *Colletrichum graminicola* et *Exserohilum rostratum*, les différences observées entre les traitements ne sont pas significatives (Annexe VIII).



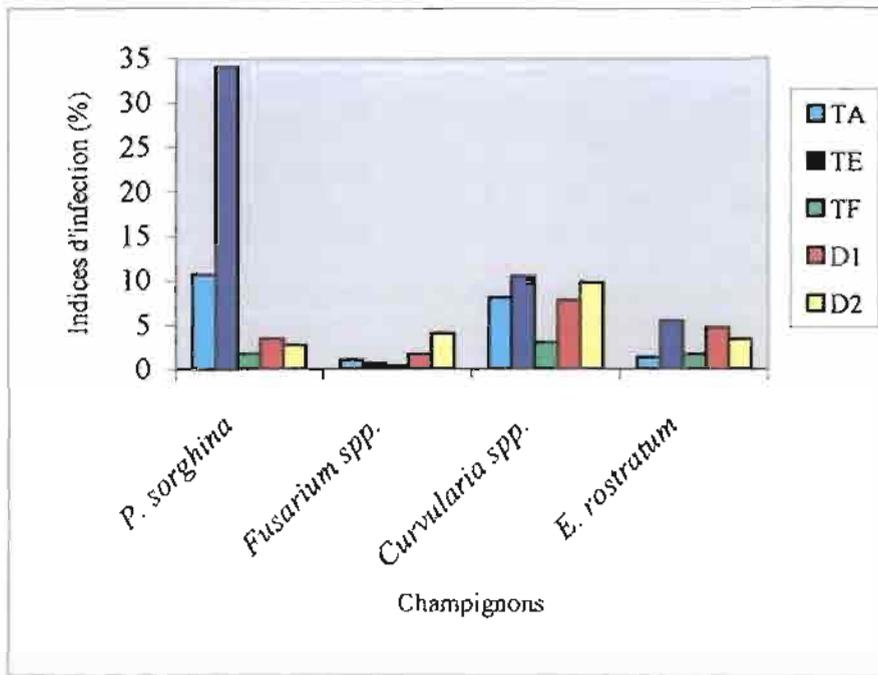
a) Mil



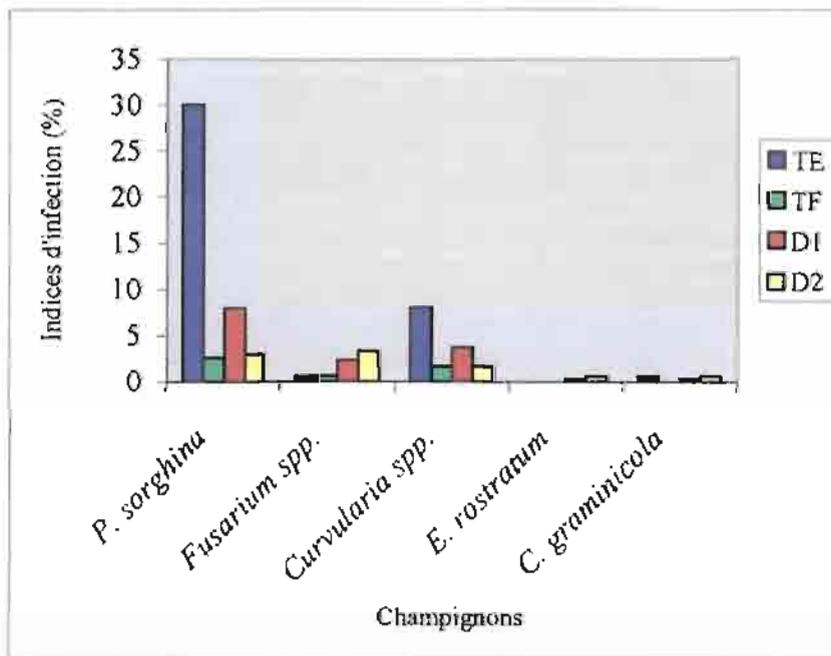
b) Sorgho

Figure 10 : Effet de l'huile essentielle de Citronnelle sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignons

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 6 et 8% d'émulsion



a) Mil



b) Sorgho

Figure 11 : Effet de l'huile essentielle d'Eucalyptus sur les indices d'infection des semences de mil (a) et de sorgho (b) par les champignon

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : 8 et 12% d'émulsion

2.1.2. Effet des extraits végétaux sur le taux de germination des semences

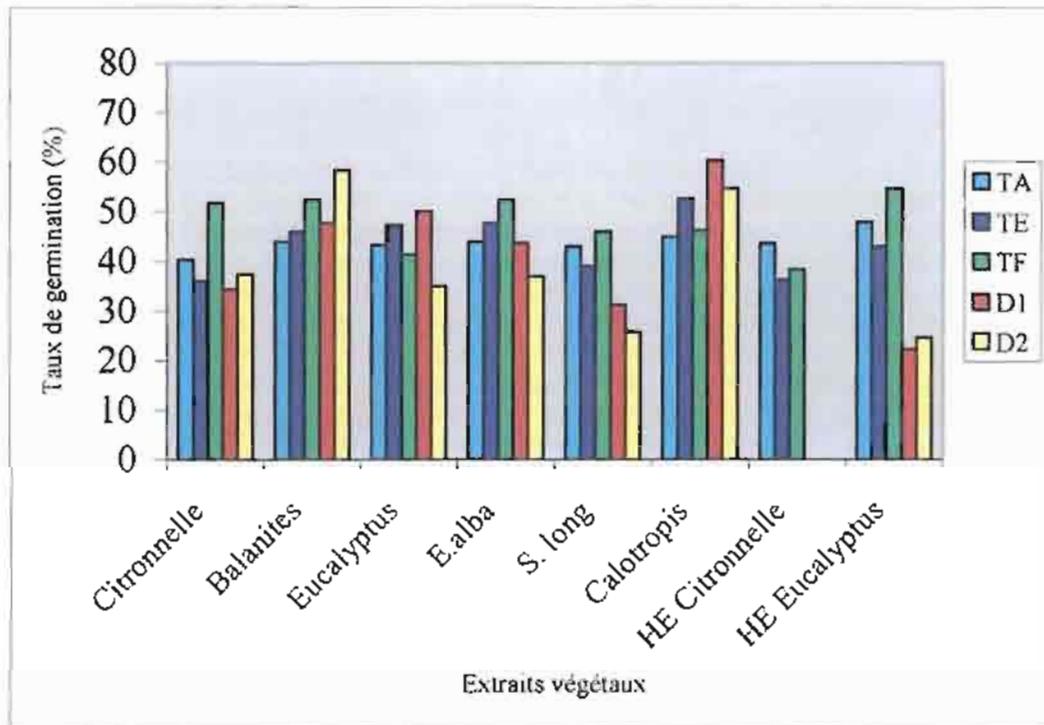
L'effet des huit produits comparés aux témoins sur le taux de germination est résumé dans la figure 12. D'une manière générale, les taux de germination ont varié entre 0 et 60 % pour le mil et entre 9 et 70 % pour le sorgho (Fig. 12).

Le traitement des semences à l'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle et d'Eucalyptus, n'a pas entraîné des effets significatifs sur leurs taux de germination comparativement aux témoins absolus.

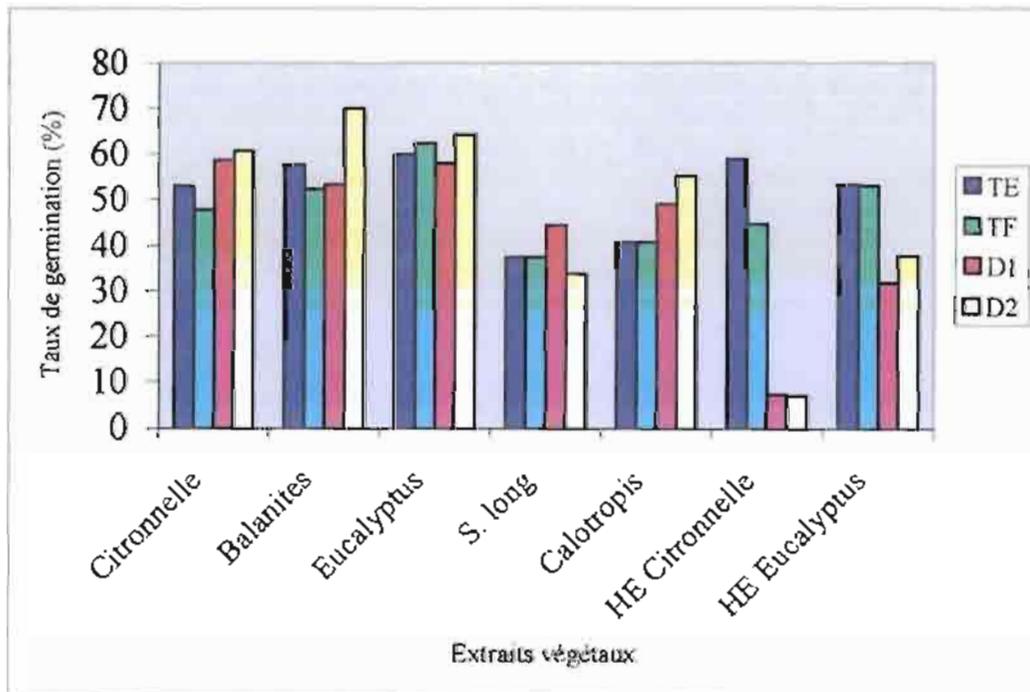
L'extrait aqueux des feuilles de *Calotropis procera*, aux doses D1 et D2 et des écorces de Balanites à la dose forte (D2) ont sensiblement augmenté le taux de germination des semences par rapport aux témoins non traités (TA et TE).

L'application de l'extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata* sur les semences de mil a fait baisser significativement leur taux de germination (Fig. 12). L'extrait aqueux d'*E. alba* à la dose forte (D2) a également entraîné une réduction significative du taux de germination des semences de mil comparativement aux témoins non traités (TA et TE).

Le traitement des semences à l'huile essentielle de Citronnelle a entraîné une inhibition complète de la germination des semences de mil (Fig. 12). La réduction du taux de germination des semences de sorgho suite à l'emploi de l'huile est également importante (Fig. 12). L'huile essentielle d'Eucalyptus a aussi affecté négativement le taux de germination des semences de mil et de sorgho de façon significative comparativement au témoin non traité mais à un degré moindre par rapport à celle de la Citronnelle (Fig. 12).



a) Mil



b) Sorgho

Figure 12 : Effet des extraits végétaux sur les taux de germination des semences de mil (a) et de sorgho (b) en fonction des produit

TA : témoin absolu ; TE : témoin « eau » ; TF : témoin « fongicide » ; D1 et D2 : première et deuxième dose des extraits végétaux ; HE : Huile essentielle

2.1.3. Effet des extraits végétaux sur le Taux d'émergence des plantules

La figure 13 présente les taux d'émergence des plantules en fonction du traitement subi par les semences avant semis.

Les échantillons de semences ont eu des taux d'émergence élevés dépassant souvent le taux normal de 80% contrairement aux taux de germination sur papier buvard (Fig. 13).

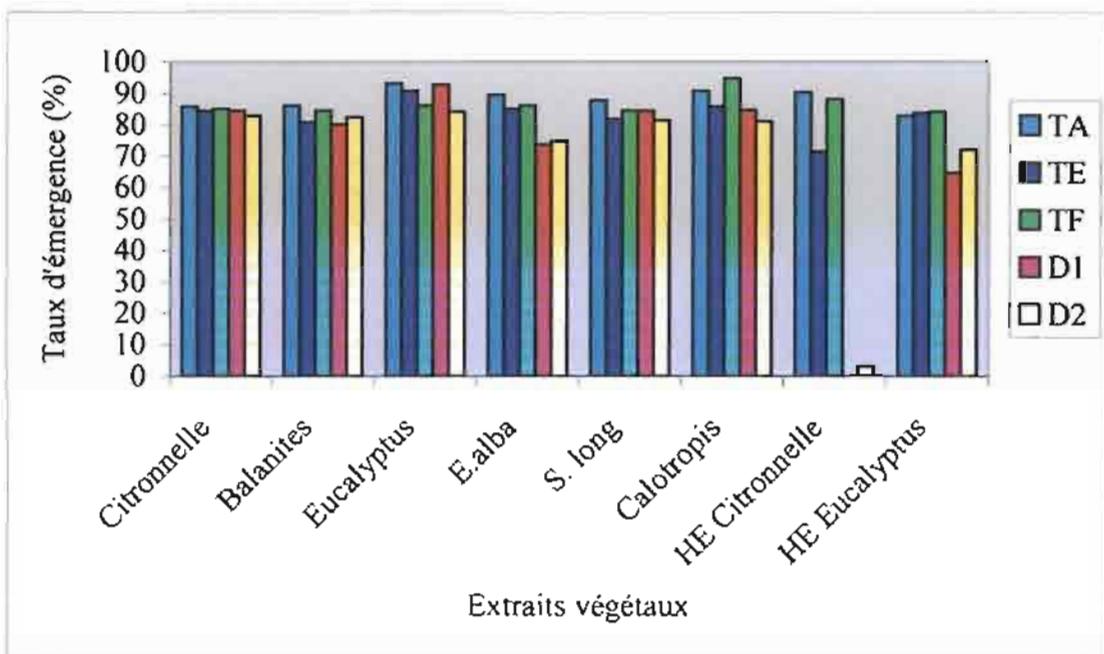
Les taux d'émergence les plus bas pour les six extraits aqueux sont enregistrés au niveau des semences de mil traitées tantôt à la dose faible (D1) tantôt à la dose forte (D2) à l'exception de la dose faible (D1) de l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus qui a enregistré le plus fort taux d'émergence (Fig.13). L'emploi des extraits aqueux des feuilles de *C. procera* et d'*E. alba* a entraîné une réduction significative du taux d'émergence des plantules de mil. Sur les échantillons de sorgho, les semences traitées au Calthio (TF) atteignent à peine le taux normal d'émergence (80%). Les extraits aqueux à D1 et D2 ainsi que les témoins « eau » (TE) ont eu les taux d'émergence les plus élevés.

Le traitement des semences de mil à l'huile essentielle de Citronnelle a engendré une forte inhibition de l'émergence des plantules (taux d'émergence <3%) (Fig. 13 ; photo 15). Pour les semences de sorgho, la réduction du taux d'émergence est également significative.

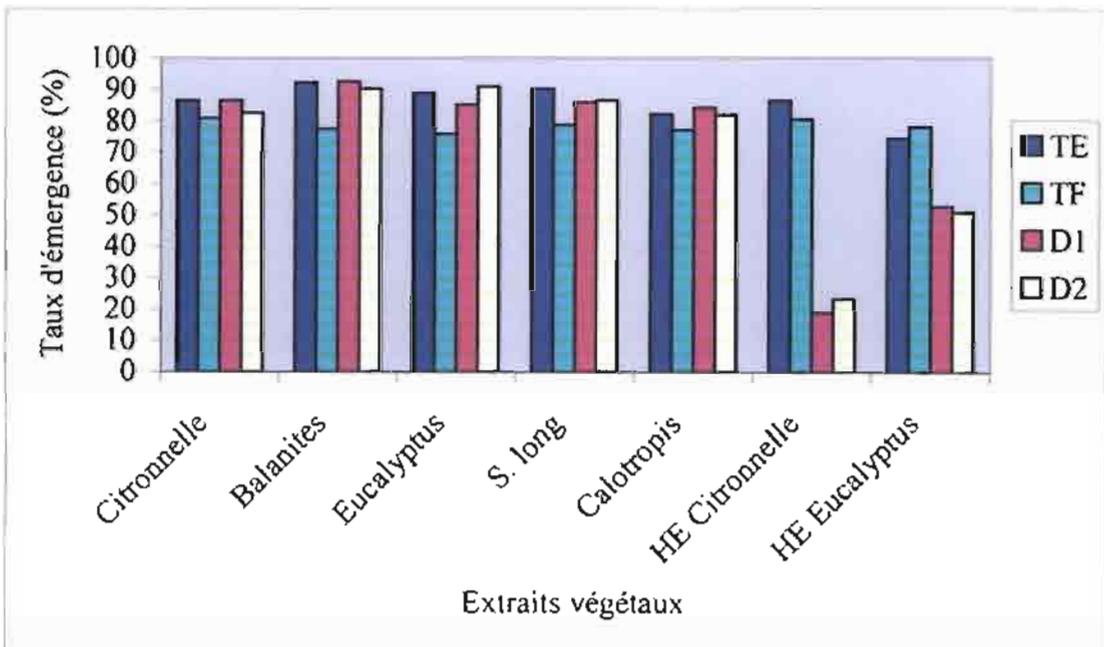
L'huile essentielle d'Eucalyptus a également entraîné une réduction du taux d'émergence des plantules de façon significative par rapport aux témoins non traités pour tous les échantillons de semences.



Photo 15 : Effet de HE Citronnelle sur l'émergence des plantules (Photo T. DABIRE)



a) Mil



c) Sorgho

Figure 13 : Effet des extraits végétaux sur les taux d'émergence des plantules de mil (a) et de sorgho (b)

TA : témoin absolu ; **TE** : témoin « eau » ; **TF** : témoin « fongicide » ; **D1** et **D2** : première et deuxième dose des extraits végétaux

2.1.4 Effet des extraits végétaux sur le taux de plantules infectées

Les résultats de l'incubation de 10 plantules par traitement pour noter le pourcentage des plantules attaquées par les champignons sont consignés dans le tableau IV. Les proportions de plantules attaquées sont en général supérieures à 50% pour tous les traitements et tous les produits à quelques exceptions près. Ce constat est identique pour tous les échantillons utilisés. Néanmoins, les plantules de sorgho ont enregistré les taux les plus élevés atteignant souvent 100% (Tableau IV). Le témoin de référence (TF) a enregistré des taux d'infection faibles pour certains échantillons.

Le traitement des semences aux extraits aqueux n'a pas entraîné des effets significatifs sur les taux de plantules infectées sauf l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus à la dose forte (D2) qui a permis une augmentation significative du taux de plantules de mil infectées par rapport au témoin absolu.

Les données manquantes pour certains extraits végétaux comme l'extrait aqueux d'*F. alba* et l'huile essentielle de Citronnelle sont dues à une mort des plantules pour le premier lors de la conduite de l'essai par suite de conditions défavorables de la chambre de culture des plantules et la non émergence des plantules pour le second (effet de l'huile essentielle).

Tableau IV: Effet des extraits végétaux sur le taux de plantules infectées

Extraits végétaux	<i>Cymbopogon citratus</i>		<i>Balanites aegyptiaca</i>		<i>Eucalyptus camaldulensis</i>		<i>Eclipta alba</i>		<i>Securidaca longepedunculata</i>		<i>Calotropis procera</i>		Huile essentielle d'Eucalyptus	
	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho
TA	95,63 a	-	83,33 a	-	55,2 ab	-	37,58 a	-	83,33 a	-	76,6 ab	-	38,94 b	-
TE	96,82 a	91,63 a	70,74 a	80,43 a	55,2 ab	53,33 a	35,37 a	-	75,00 a	82,08 a	70,0 ab	96,67 a	58,33 a	76,67 a
TF	72,42 b	80,00 a	55,00 a	52,67 b	35,91 b	58,33 a	32,89 a	-	60,00 a	57,27 a	61,67 b	93,33 a	28,33 b	73,33 a
D1	93,76 a	93,33 a	66,35 a	72,8 ab	52,7 ab	58,33 a	41,67 a	-	84,17 a	75,74 a	83,33 a	91,67 a	53,33 a	70,63 a
D2	89,81 a	88,57 a	55,17 a	65,6 ab	75,30 a	65,18 a	46,29 a	-	75,00 a	78,79 a	80,0 ab	100,0 a	58,33 a	76,48 a

NB: Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test de NEWMAN-K)

Récapitulatif des résultats

Tableau V: Récapitulatif des résultats de l'analyse sanitaire des semences

	Phoma sorghina	Curvularia spp	Fusarium spp
E. aq Citronnelle	+	*	*
E. aq Balanites	+	++	*
E. aq Eucalyptus	++	+	*
E. aq <i>E. alba</i>	++	++	+
E. aq <i>S. Longe</i>	+	*	*
E. aq Calotropis	++	*	*
HE Citronnelle	++	++	*
HE Eucalyptus	++	+	*

E. aq : Extrait aqueux ; **HE** : Huile essentielle + : efficace par une dose ; ++ : efficace par les deux doses ; * : sans efficacité apparente

Tableau VI . Récapitulatif des résultats des tests de germination / émergence des semences

	Test de germination	Test d'émergence
E. aq Citronnelle	*	*
E. aq Balanites	+	*
E. aq Eucalyptus	*	*
E. aq <i>E. alba</i>	-	-
E. aq <i>S. Longe</i>	-	*
E. aq Calotropis	+	*
HE Citronnelle	-	-
HE Eucalyptus	-	-

+ : stimule la germination/émergence; - : inhibe la germination/émergence ; * : sans action

2.2. Discussion

Pouvoir mettre à la disposition des producteurs Burkinabé des produits de traitement des semences de céréales contre les champignons phytopathogènes qui soient accessibles et biodégradables, tel a été l'objectif global poursuivi à travers le test d'efficacité des huit extraits végétaux.

Au terme des travaux, l'analyse de statistique des données collectées a permis de mettre en évidence des différences dans l'efficacité des produits utilisés.

Les échantillons de semences utilisés dans l'étude sont infectés par les champignons à des niveaux variables. En effet, en dehors de *P. sorghina* et *Curvularia spp.* pour lesquels les indices d'infection sont appréciables (4 – 50,67 % pour *P. sorghina* et 5 – 13,67 % pour *Curvularia spp.*), les autres champignons (*Fusarium spp.*, *E. rostratum*, *Colletotrichum graminicola* et *Bipolaris spp.*) sont représentés à des taux relativement bas (0 à 6%). Cette faible représentation de ces champignons n'a pas permis de percevoir de façon nette, l'effet des produits sur ces derniers. Pour les travaux futurs, il serait souhaitable d'utiliser des échantillons ayant des taux d'infection minimum de 10 %.

Les extraits aqueux

Les extraits aqueux des feuilles de *Calotropis procera*, des racines de *S. longepedunculata* et d'*E. alba* ont induit une réduction des taux d'infection des semences par *P. sorghina*. L'extrait aqueux d'*E. alba* a en outre permis une bonne protection des semences de sorgho contre *Fusarium spp.* et *Curvularia spp.* Cependant ces produits ont affecté négativement la germination des semences et/ou l'émergence des plantules.

Certains extraits aqueux ont permis des baisses significatives des taux d'infection des semences de mil ou de sorgho mais pas les deux à la fois. Il s'agit notamment de l'extrait aqueux des écorces de Balanites qui a réduit les taux d'infection des semences par *P. sorghina* et *Curvularia spp.* sur le mil et de l'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus qui a entraîné une légère baisse de l'indice d'infection par *P. sorghina* sur le sorgho.

L'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle a montré des résultats contradictoires en réduisant les taux d'infection des semences de mil par *P. sorghina* et en stimulant l'expression du même champignon sur les semences de sorgho, ceci par rapport au témoin absolu.

En récapitulant, les extraits aqueux ont, à des degrés divers, induit une réduction des taux d'infection des semences de mil et/ou de sorgho par *P. sorghina*. Cette situation semble intéressante car l'on sait que *P. sorghina* a été le champignon le plus fréquent rencontré sur

tous les échantillons de semences testés à des taux assez élevés (4 - 50,67 %). L'extrait aqueux d'*E. alba* a agit négativement sur trois genres de champignons (*Phoma*, *Fusarium* et *Curvularia*) montrant ainsi un spectre d'action plus large. *E. alba* est une herbe rencontrée dans nos marécages et bas-fonds. Une étude plus poussée sur l'extrait aqueux de cette plante précisément sur *P. sorghina* serait intéressante et permettrait de connaître ses effets anti-fongiques sur les autres espèces de champignons.

Des travaux plus approfondis méritent d'être poursuivis sur ces produits afin de confirmer les présents résultats et de déterminer des doses d'utilisation adéquates de ces produits au profit des utilisateurs.

Les huiles essentielles

Contrairement à l'extrait aqueux des feuilles, l'huile essentielle d'Eucalyptus a eu un effet moyen sur la réduction des indices d'infection des différents champignons répertoriés notamment *P. sorghina* et *Curvularia spp.*. Elle a cependant eu un effet négatif sur le taux de germination et d'émergence des plantules. Cette situation pousse à penser que les doses utilisées (8 et 12%) sont peut-être insuffisantes. Seulement, une fois les doses augmentées, l'effet inhibiteur de l'émergence pourrait s'affirmer davantage puisque déjà aux doses utilisées, un effet sensible sur la réduction du taux d'émergence et de germination a été observé. Il est préférable de mener des investigations à travers une étude plus poussée, pour trouver les causes de l'inhibition de la germination. Ce qui apportera de la lumière pour réorienter les dosages de ce produit.

L'huile essentielle de Citronnelle a aussi eu des effets très significatifs sur la réduction des indices d'infection des semences par *P. sorghina* et par *Curvularia spp.* Par contre elle a permis une augmentation significative de l'indice d'infection des semences par *Fusarium spp.* Elle a également entraîné une inhibition quasi totale de la germination et de l'émergence des plantules. Quelque peu embarrassante, cette situation indique qu'il est indispensable de revoir l'effet des huiles essentielles en général sur le pouvoir germinatif des semences avant de rechercher leur pouvoir fongicide. Les huiles essentielles pourraient probablement contenir un principe actif qui affecte négativement la physiologie de la semence. En remarque générale, les huiles essentielles provenant des espèces appartenant au genre *Cymbopogon* semblent avoir des effets plus marquants car ce résultat de l'inhibition de l'émergence de l'huile essentielle de Citronnelle (*Cymbopogon citratus*) confirme bien les travaux de OUEDRAOGO (2004) ayant porté sur cinq huiles essentielles et ayant aboutit à la conclusion que les huiles essentielles de *Cymbopogon schoenanthus* et *C. nardus* ont entraîné une forte

influence négative sur le pouvoir germinatif des semences. Il est à noter que l'effet inhibiteur est plus prononcé sur les semences de mil que sur les semences de sorgho.

Il a été constaté surtout pour les échantillons de semences de sorgho que les taux d'infection les plus élevés dus à *P. sorghina* s'observent toujours sur les semences traitées à l'eau (témoin « eau ») et les semences traitées à certains extraits aqueux. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le trempage des semences ait favorisé l'expression et le développement de ce champignon sur les semences incubées.

Parlant des taux de germination et d'émergence des plantules en pots, nous avons constaté que par la méthode du Papier buvard, les semences n'ont pas atteint le taux normal de germination recherché qui est de 80 %. Par contre, avec le test d'émergence en pots, la germination, correspondant au nombre de plantules émergées a atteint ce taux et même plus pour la plupart des traitements. Ces résultats confirment ceux de ZOMA (2002) qui a abouti au même constat en testant la qualité germinative des semences de mil dans du sable en pots et par la méthode du Papier buvard. Ce qui indique que la méthode du Papier buvard mérite d'être revue pour éviter de déclasser un lot de semences qui pousserait bien en champ. Cette méthode de germination nous semble bonne lorsqu'il s'agit de l'étude de la germination Physiologique des semences. Pour le producteur, la germination correspond à la levée des plantules. Son intérêt est alors porté sur l'émergence qui, dans le cas présent a été bonne pour tous les échantillons de semences.

Des variations importantes ont également été constatées dans les taux de germination, d'émergence et d'infection des plantules au niveau des traitements témoins d'un produit à un autre. Ces variations sont certainement imputables à la période et aux conditions d'incubation et de culture des plantules.

Au cours de cette étude, des problèmes de disponibilité en semences de sorgho, des mortalités de plantules en pots (semences traitées à l'extrait aqueux d'*E. alba*), ont expliqué les données manquantes constatées dans les figures et tableaux. Cette situation nous a conduit souvent à tirer nos conclusions à partir des comparaisons entre les doses des produits et les témoins « eau » parce qu'il n'y a plus de témoin absolu. De telles conclusions ne permettent pas une bonne compréhension de l'effet réel des produits par rapport aux semences non traitées.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Le travail réalisé dans le cadre du présent mémoire a eu pour objectif principal l'évaluation de l'efficacité de huit (08) extraits végétaux contre les agents pathogènes fongiques portés ou transmis par les semences de mil et de sorgho.

Au terme des travaux, les résultats auxquels nous sommes parvenus nous permettent d'affirmer que :

L'extrait aqueux des feuilles de Citronnelle a montré des résultats contradictoires en réduisant les taux d'infection des semences de mil par *P. sorghina* et en stimulant l'expression du même champignon sur les semences de sorgho, ceci par rapport au témoin absolu.

Les extraits aqueux des feuilles de Calotropis et celui des racines de *S. longepedunculata* ont affecté les pourcentages de semences infectées par *P. sorghina*. Il ont cependant eu un effet négatif sur les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

L'extrait aqueux des écorces de Balanites a eu un effet répressif sur *Curvularia spp.* et sa dose forte (D2) sur *P. sorghina*. Il n'a pas affecté négativement le pouvoir germinatif des semences.

L'extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus a affecté négativement l'indice d'infection des semences par *P. sorghina* et *Curvularia spp.* de manière variée tantôt sur le mil tantôt sur le sorgho pour le même champignon. Néanmoins, sur tous les échantillons de semences utilisés, il n'a pas eu d'effet négatif sur le pouvoir germinatif des semences.

L'extrait aqueux d'*E. alba* se révèle efficace contre *P. sorghina*, *Curvularia spp.* et *Fusarium spp.* mais à forte dose, il affecte négativement le pouvoir germinatif des semences.

L'huile essentielle d'Eucalyptus a entraîné une réduction significative des pourcentages de semences infectées par *Curvularia spp.* et *P. sorghina*. Mais, elle a légèrement réduit le taux d'émergence des plantules.

Sur tous les échantillons de semences de mil comme de sorgho utilisés, l'huile essentielle de Citronnelle s'est montrée efficace contre *P. sorghina*, et dans une moindre mesure contre les espèces de *Curvularia*. Elle a cependant entraîné une inhibition quasi totale de la germination des semences et de l'émergence des plantules.

En vue de poursuivre les investigations sur le sujet, les points suivants pourraient être pris en compte :

- ⇒ Tester l'efficacité de ces extraits végétaux sur d'autres spéculations (mais par exemple) pour évaluer leurs effets sur d'autres agents pathogènes fongiques.
- ⇒ Augmenter le spectre des plantes en testant d'autres espèces.
- ⇒ Multiplier les méthodes de détection des champignons afin d'évaluer l'effet des produits sur les autres champignons qui ne peuvent être identifiés avec la méthode du papier buvard (cas par exemple de *Sclerospora graminicola* agent responsable du mildiou du mil qui nécessite une méthode plus complexe). Un test de lavage des semences traitées suivi d'un test de viabilité des spores permettrait de vérifier l'efficacité de ces produits contre les spores de *Sphacelotheca spp.* responsables des différents charbons connus du mil et du sorgho.
- ⇒ Envisager d'autres formes d'utilisation des produits en préparant les extraits aqueux à partir d'organes végétaux frais car le séchage pourrait avoir un effet dénaturant sur les essences des plantes. L'emploi de la poudre sèche des organes végétaux concernés pourrait également être envisagé en mettant en conservation dans un récipient, les semences mélangées à la poudre.
- ⇒ Appliquer directement les extraits végétaux sur des cultures pures de champignons et suivre l'effet du produit sur l'évolution de la colonie en mesurant la croissance radiale.
- ⇒ Confirmer par une étude plus poussée, l'effet des huiles essentielles sur l'émergence des plantules.
- ⇒ En outre, ces produits naturels pourraient également être testés si possible sur les bactéries, virus et nématodes phytopathogènes portés par les semences.

Le présent stage d'une durée de dix mois nous a permis de nous familiariser avec les méthodes d'analyse sanitaire particulièrement la méthode du papier buvard. Il nous a en outre permis de connaître un certain nombre de champignons phytopathogènes portés par les semences de mil et de sorgho.

Cependant nous pensons que notre lancée à la découverte des champignons phytopathogènes ne pourra se consolider que si nous explorons les problèmes phytosanitaires

des semences d'autres spéculations et si nous nous familiarisons avec les autres méthodes de détection des champignons portés par les semences.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arbonnier M., 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 2^e ed. CIRAD et MNHM. 573 p.

Berhaut J., 1974. Flore illustrée du Sénégal. Tome 2. Gouvernement du Sénégal. Ministère du Développement Rural et de l'hydraulique. Direction des Eaux et Forêts. pp 501-502.

Besri M., 1992. New trends in the control of seed-borne fungal diseases. *In: Seed Pathology. Proceedings of the CTA seminar held at Copenhagen, Denmark, on 20-25 June 1988.* (Ed): S.B. Mathur & J. Jorgensen. pp 303-311.

Chahal S.S., Thakur R.P. and Mathur S.B., 1994. Seed- borne diseases and seed health testing of pearl millet. DGISP and ICRISAT. Kandrups Bogtrykeri; Fredericksberg. 72 p .

CILSS, 2002. La gestion concertée des pesticides, un moyen de protéger la santé humaine, animale et l'environnement au sahel. *In : 17^{ème} journée du CILSS ; 12 Septembre 2002.* Ouagadougou, BF. 7 p.

CIRAD- GRET ; Ministère Français des Affaires Etrangères, 2002. Mémento de l'Agronome. Editions du GRET et du CIRAD Paris, France. 1691p.

Dabiré L.C., 2001. Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de Clavigralla tomentosicollis STÄL., 1855 (Hemiptera : Coreidae), punaise suceuse de gousses de niébé [Vigna unguiculata (L.) WALP.] dans une perspective de lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences, Université de Cocody, RCI. 179 p.

Feliu E., 1992. Basis for fixing quarantine regulations for seed. *In: Seed Pathology Proceedings of the CTA seminar held at Copenhagen, Denmark, on 20-25 June 1988.* (Ed): S.B. Mathur & J. Jorgensen. pp 351-359.

Gilman Edward F., 1999. *Cymbopogon citratus*. Fact sheet FPS-164. University of Florida. In: Molay@privat. Dk or kit@kvl. DK. 3 p.

FAO et ICRISAT, 1997. L'économie mondiale du mil et du sorgho. Faits, tendances et perspectives, Andhra Pradesh, Inde ; Rome, Italie. 68 p.

Hossain I., Suratuzzaman M. and Khalil M.I., 2001. Seed health of soybean and control of seed borne fungi with botanicals. Bangladesh journal of training and development (1999) 12(1/2) PP 99-105 Dept of plant pathology, BAU Mymensingh Bangladesh. CAB International. 21 p.

ISTA , 1986. Seed Sampling. ISTA Handbook . A. Bould. 1st éd . Zürich, Switzerland 61 p.

ISTA, 1999. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, Zürich, Switzerland. 23 : 269 p.

Khare M.N., 1992. Seed certification. In: *Seed Pathology*. Proceedings of the CTA seminar held at Copenhagen, Denmark, on 20-25 June 1988. (Ed): S.B. Mathur & J. Jorgensen. pp 295-301.

MAHRH/DGPSA, 2003. Campagne agricole 2002 – 2003 : Résultats définitifs et perspectives alimentaires. BF. 22 p.

Mathur S.B. and Singh K., 1992. Seed health testing for field fungi. In: *Seed Pathology*. Proceedings of the CTA seminar held at Copenhagen, Denmark, on 20-25 June 1988. (Ed): S.B. Mathur & J. Jorgensen. pp 161-171.

Mathur S.B. and Kongsdal O., 2003. Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi. First edition, Kandrup Bogtrykkeri Publication. 425 p.

Ministère de la Coopération et du Développement (MCD), 1991. Mémento de l'Agronome. Collection techniques rurales en Afrique. 4è édition . Paris, France. 1635 p.

Neergaard P., 1986. Detection of seed-Borne pathogens by Culture tests. Reprint from Seed Science and Technology. 1: 217 –254.

Ouédraogo R., 2004. Etude de l'efficacité de cinq (5) huiles essentielles contre les champignons transmis par les semences de mil et de sorgho. Rapport de stage de fin de cycle de Technicien supérieur spécialisé en Technologie des semences. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, BF. 58 p.

Owalade O.F., Amusa A.N. and Osikanlu Y.O.K., 2001. Efficacy of certain indigenous plants extracts against seed-borne infection of *Fusarium moniliforme* on maize (*Zea mays* L.) in south western Nigeria. *In: Cereal Research communication* (2000) 28(3) pp 323-327. Institute of Agricultural Research and Training. Ed. CAB International 22 p.

Raju N.S., Niranjana G.R., Prakash H.S., Shetty and Mathur S.B., 1999. Improvement of seed quality and field emergence of *Fusarium moniliforme* infected sorghum seeds using biological agents. *Seed Science and Technology*. pp 206-212.

Samaté D., 2002. Composition d'huiles essentielles extraites des plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso : Valorisation. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences Physiques, Option chimie organique, Université de Ouagadougou, BF. 162 p.

Sanon P., 2004. Les champignons transmis par les semences de maïs : Détection, identification et méthodes de lutte. Rapport de stage de fin de cycle de Technicien Supérieur Spécialisé en Technologie des semences. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, BF. 41p.

Semal J., 1989. Les méthodes générales de lutte contre les champignons phytopathogènes. *In: Traité de pathologie végétale. Ouvrage collectif sous la direction de J. Semal.* Ed Les Presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L. pp 381-387.

Séréme P., 1999. La maladie des taches brunes du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) au Burkina Faso : connaissance des agents pathogènes impliqués et développement de méthodes de lutte. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université de Cocody, RCI. 213 p.

Thakur R.P. and King S.B., 1988. Ergot disease of pearl millet. Information bulletin n°24. ICRISAT, Andhra Pradesh, Inde. 24 p.

Thakur R.P. et King S.B.,1997.Charbon du mil. Bulletin d'information n°25 ICRISAT, Andhra Pradesh, Inde . 15p.

Williams R.J., Frederiksen R.A. et Girard J.C., 1978. Manuel d'identification des maladies du sorgho et du mil. Bulletin d'information N°2, ICRISAT, Andhra Pradesh, Inde. 88p.

Zida E., 1996. Etude de l'efficacité de trois substances naturelles contre le mildiou (*Sclerospora graminicola* (SACC.) SCHROET.) du mil. Caractérisation biochimique des relations hôte-pathogène. Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur du Développement Rural. Option :Agronomie. Université de Ouagadougou, BF 87 p.

Zoma E., 2002. Testing pearl millet seed from Burkina Faso for fungi and quality. Training report. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries/ Capacity Enhancement Project CEP/ Burkina Faso. 19 p.

ANNEXES

ANNEXE I

Tableau VII: Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**extrait aqueux des feuilles de Citronnelle** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	3055,47	763,87	9,95	0,0003**
<i>F.sp.</i>	4	31,20	7,80	4,98	0,0085*
<i>C.sp.</i>	4	88,53	22,13	4,64	0,0112*
<i>E.r</i>	4	103,20	25,80	5,65	0,0051*
TG	4	1148,53	287,13	1,74	0,1893ns
TE	4	29,87	7,47	0,33	0,8565ns
TPI	4	2404,58	601,15	14,59	0,0000**

Tableau VIII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**extrait aqueux des feuilles de Citronnelle** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	15852,00	3963,00	21,80	0,0000**
<i>F.sp.</i>	4	60,53	15,13	1,62	0,2168ns
<i>C.sp.</i>	4	164,80	41,20	1,87	0,1643ns
<i>C.g</i>	4	4,80	1,20	1,50	0,2486ns
TG	4	684,53	171,13	1,93	0,1540ns
TE	4	280,80	70,20	1,83	0,1718ns
TPI	4	961,56	240,39	1,95	0,1510ns

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

Tableau IX : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**extrait aqueux des écorces de Balanites** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	1451,20	362,80	7,32	0,0016**
<i>F.sp.</i>	4	158,13	39,53	4,19	0,0165*
<i>C.sp.</i>	4	146,13	36,53	4,38	0,0140*
<i>E.r</i>	4	37,33	9,33	2,72	0,0665ns
TG	4	790,67	197,67	2,67	0,0701ns
TE	4	150,67	37,67	0,35	0,8437ns
TPI	4	3367,94	841,98	3,26	0,0389*

Tableau X: Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**extrait aqueux des écorces de Balanites** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	10816,00	2704,00	24,69	0,0000**
<i>F.sp.</i>	4	20,00	5,00	0,86	0,5091ns
<i>C.sp.</i>	4	388,53	97,13	4,09	0,0180*
<i>E.r</i>	4	5,87	1,47	0,64	0,6454ns
<i>C.g</i>	4	9,33	2,33	2,50	0,0833ns
TG	4	1185,33	395,11	2,23	0,1361ns
TE	4	915,17	305,06	8,24	0,0031**
TPI	4	2510,20	836,73	4,00	0,0345*

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

Tableau XI: Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	583,47	145,87	1,53	0,2396ns
<i>F.sp.</i>	4	23,47	5,87	0,70	0,6063ns
<i>C.sp.</i>	4	70,13	17,53	1,61	0,2200ns
<i>E.r</i>	4	31,20	7,80	1,03	0,4224ns
TG	4	803,20	200,80	1,92	0,1556ns
TE	4	395,20	98,80	2,28	0,1052ns
TPI	4	4691,19	1172,80	3,85	0,0224*

Tableau XII: Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**extrait aqueux des feuilles d'Eucalyptus** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	3	10982	2745,67	14,25	0,0000**
<i>F.sp.</i>	3	83,47	20,87	1,33	0,2997ns
<i>C.sp.</i>	3	209,87	52,47	5,83	0,0044**
<i>B.sp</i>	3	17,87	4,47	2,16	0,1195ns
TG	3	136,67	45,56	0,44	0,7311ns
TE	3	796,00	265,33	10,66	0,0011**
TPI	3	211,05	70,35	0,85	0,4972ns

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

Tableau XIII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**extrait aqueux d'*E.alba*** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	963,20	240,80	5,50	0,0057*
<i>F.sp.</i>	4	17,87	4,47	0,62	0,6567ns
<i>C.sp.</i>	4	211,47	52,87	2,41	0,0912ns
<i>E.r</i>	4	11,47	2,87	0,56	0,6958ns
TG	4	765,87	191,47	4,81	0,0097*
TE	4	1209,87	302,47	6,36	0,0030**
TPI	4	675,23	168,81	0,38	0,8229ns

Tableau XIV: Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**extrait aqueux d'*E.alba*** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	5355,47	1338,87	15,50	0,0000**
<i>F.sp.</i>	4	64,80	16,20	10,80	0,0002**
<i>C.sp.</i>	4	230,67	57,67	12,91	0,0001**
<i>E.r</i>	4	9,33	2,33	2,69	0,0683ns

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

Tableau XV : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata*** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	1926,13	481,53	2,36	0,0963ns
<i>F.sp.</i>	4	1,87	0,47	0,17	0,9468ns
<i>C.sp.</i>	4	32,53	8,13	0,75	0,5766ns
<i>E.r</i>	4	8,53	2,13	0,89	0,4944ns
TG	4	1689,33	422,33	6,56	0,0026**
TE	4	156,80	39,20	0,93	0,4738ns
TPI	4	2263,33	565,83	2,78	0,0623ns

Tableau XVI : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**extrait aqueux des racines de *S. longepedunculata*** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	3	4552,50	1517,50	9,18	0,0021**
<i>F.sp.</i>	3	16,67	5,56	1,69	0,22049ns
<i>C.sp.</i>	3	92,50	30,83	1,40	0,2902ns
<i>E.r</i>	3	12,00	4,00	2,00	0,1671ns
TG	3	358,00	119,33	1,33	0,3114ns
TE	3	403,33	134,44	2,87	0,0803ns
TPI	3	2219,97	739,99	2,49	0,1098ns

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

Tableau XVII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**extrait aqueux des feuilles de Calotropis** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	2463,20	615,80	4,58	0,0118*
<i>F.sp.</i>	4	36,53	9,13	1,85	0,1677ns
<i>C.sp.</i>	4	71,20	17,80	1,64	0,2116ns
<i>E.r</i>	4	53,87	13,47	1,08	0,3983ns
TG	4	947,47	236,87	2,08	0,1309ns
TE	4	689,33	172,33	6,56	0,0026**
TPI	4	1786,67	446,67	3,39	0,0342*

Tableau XVIII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**extrait aqueux des feuilles de Calotropis** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	3	7407,17	2469,06	17,73	0,0001**
<i>F.sp.</i>	3	1,33	0,44	0,31	0,8209ns
<i>C.sp.</i>	3	97,83	32,61	2,99	0,0726ns
<i>E.r</i>	3	4,00	1,33	1,09	0,3913ns
TG	3	913,83	304,61	2,30	0,1289ns
TE	3	158,00	52,67	1,37	0,2985ns
TPI	3	245,83	81,94	0,80	0,5210ns

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

ANNEXE VII

Tableau XIX : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à **l'huile essentielle de Citronnelle** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	1961,87	490,47	11,80	0,0001**
<i>F.sp.</i>	4	1507,47	376,87	4,57	0,0119*
<i>C.sp.</i>	4	310,67	77,67	5,68	0,0049**
<i>E.r</i>	4	107,20	26,80	5,83	0,0044**
TG	4	11374,67	2843,67	46,59	0,0000**
TE	4	49400,79	12350,20	252,39	0,0000**

Tableau XX : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à **l'huile essentielle de Citronnelle** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	3	1561,33	520,44	8,21	0,0032**
<i>F.sp.</i>	3	412,50	137,50	11,46	0,0009**
<i>C.sp.</i>	3	499,33	166,44	73,07	0,0000**
<i>E.r</i>	3	1,33	0,44	0,67	0,5912ns
TG	3	12587,33	4195,78	86,71	0,0000**
TE	3	23352,50	7784,17	117,45	0,0000**

* : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

ANNEXE VIII

Tableau XXI : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **mil** traitées à l'**huile essentielle d'Eucalyptus** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	4	4458,13	1114,53	38,30	0,0000**
<i>F.sp.</i>	4	51,47	12,87	2,76	0,0639ns
<i>C.sp.</i>	4	197,87	49,47	5,82	0,0044**
<i>E.r</i>	4	75,20	18,80	1,81	0,1760ns
TG	4	4947,47	1236,87	12,62	0,0001**
TE	4	1811,20	452,80	6,46	0,0028**
TPI	4	4256,42	1064,10	9,07	0,0005*

Tableau XXII : Analyses de variance portant sur les indices d'infection des semences de **sorgho** traitées à l'**huile essentielle d'Eucalyptus** ainsi que les taux de germination, d'émergence et de plantules infectées.

Source de variation	dl	SCE	Variance	F	P>F
<i>Ps</i>	3	3020,50	1006,83	7,44	0,0046**
<i>F.sp.</i>	3	31,17	10,39	3,98	0,0350*
<i>C.sp.</i>	3	160,50	53,50	11,46	0,0008**
<i>E.r</i>	3	1,83	0,61	2,20	0,1401ns
<i>C.g</i>	3	1,83	0,61	0,55	0,6606ns
TG	3	2161,83	720,61	13,89	0,0004**
TE	3	3653,83	1217,94	27,40	0,0000**
TPI	3	148,38	49,46	0,19	0,8989ns

- : significatif ; ** : très significatif ; ns : non significatif ; *P. s* : *Phoma sorghina* ; *F.sp* : *Fusarium sp* ; *C.sp* : *Curvularia sp* ; *E.r* : *Exserohilum rostratum* ; *C.g* : *Colletotrichum graminicola* ; *B.sp* : *Bipolaris sp* ; TG : taux de germination ; TE : taux d'émergence ; TPI : taux de plantules infectées

LABORATOIRE DE PHYTOPATHOLOGIE DU CREAF DE KAMBOINSE

Fiche d'évaluation : Analyse sanitaire de semences

N° Accession : _____

Date d'incubation : _____

N° Analyste : _____

Culture : _____

Date d'évaluation : _____

Méthode : _____

	Répétition I			Répétition II			Répétition III		
	1	2	% infection	1	2	% infection	1	2	% infection
Champignons									

REMARQUES :

LABORATOIRE DE PHYTOPATHOLOGIE DU CREAM DE KAMBOINSE

Fiche d'évaluation : Test de germination

N° Accession : _____

Culture : _____

Date d'incubation : _____

Date d'évaluation : _____

N° Analyste : _____

Méthode : _____

Résultats	50 semences			50 semences			50 semences			Remarques
	PN	PA	SNG	PN	PA	SNG	PN	PA	SNG	
En nombre										
En %										

PN : Plantules Normales

PA : Plantules Anormales

SNG : Semences Non Germées

LABORATOIRE DE PHYTOPATHOLOGIE DU CREAM DE KAMBOINSE

Fiche d'évaluation : Test d'émergence des plantules en pots

N° Accession : _____

Culture : _____

Date de semis : _____

Date d'évaluation : _____

N° Analyste : _____

Méthode : _____

Traitements	Répétition I				Répétition II				Répétition III			
	Nbe plantules émérgées	% plantules émérgées	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Nbe plantules émérgées	% plantules émérgées	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Nbe plantules émérgées	% plantules émérgées	Poids frais (g)	Poids sec (g)

REMARQUES