



LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

Institut d'Economie Rurale – Revue Semestrielle – n° 23 – Juillet - Décembre 2016 – ISSN 1987 - 0000

P255



Utilisation du malt de mil et de riz d _____ de la
viscosité et de la densité énergétique des bouillies de
complément

1

Productivité agropastorale et rentabilité économique de
l'association mil/*Stylosanthes hamata* dans la zone du Séno,
région de Mopti au Mali

9

Méthodes de lutte culturale et biologique contre *Striga*
hermonthica en milieu paysan

21

Performances laitières de la chèvre métisse anglo-nubienne
et de la chèvre du Sahel en Station en zone sahélienne
au Mali

31

Effets de l'inoculation de *Fusarium thapsinum* et de *Curvularia*
lunata sur la mycoflore des grains de sorgho (*Sorghum bicolor*
(L.) Moench) et le pouvoir germinatif des semences

39

Contribution à l'identification des insectes visiteurs des
fleurs de *Detarium microcarpum*

49





LES CAHIERS DE L'ÉCONOMIE RURALE

N° 23 – Juillet – Décembre 2016

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax: (223) 20 23 37 75 – Tél.: (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali



LES CAHIERS DE L'ÉCONOMIE RURALE

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali

Directeur de publication :	Dr Ibrahima N'Diaye
Éditeur Scientifique :	Dr Amadou Gakou
Secrétaire de rédaction :	Dr Modibo Sylla

Comité de rédaction

Pr Daniel Dansonko, Bamako
Dr Tiéma Niaré, Liberté A, Bamako
Dr Kalifa Sanogo, Bamako
Dr Mamadou D. Coulibaly, Bamako
Dr Mike Bertelsen, Virginia Tech
Dr Peter White, Washington State University
Dr Oumar Niangado, Bamako
Pr Siaka Sidibé, Hôpital du Point G, Bamako
Pr N'Golo Diarra, Bamako
Pr Alhousseini Bretaudeau, Académie des Sciences, Bamako
Pr Aly Yéro Maïga, Bamako
Dr Niamoye Yaro, IER, Bamako
Dr Abdoul Karim Traoré, Bamako
Dr Abdoulaye Hamadoun, Bamako
Dr Amadou Kodio, IER, Bamako

Comité scientifique

Dr Aly Kouriba, CNRA, Bamako
Dr Modibo Sidibé, Bamako
Dr Bara Ouologuem, IER, Bamako
Dr Ibrahima N'Diaye, IER, Bamako
Dr Gaoussou Traoré, Bamako
Dr Zana Sanogo, Bamako

INFORMATIONS ET INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Créée en 2003 au sein de l'Institut d'Économie Rurale, la revue « *LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE* » est une revue scientifique qui publie deux fois par an, en français et en anglais, les résultats de travaux originaux de recherche effectués par les chercheurs de l'IER ou en collaboration avec divers partenaires. Les propositions doivent relever des domaines suivants : productions végétales, productions animales, productions forestières, productions halieutiques, systèmes de production et économie des filières, etc. Les articles proposés par d'autres chercheurs sont également admis lorsque leur qualité scientifique est reconnue. Le Comité éditorial, en collaboration avec un réseau de lecteurs, assure la sélection des articles.

I. Généralités

1. Manuscrit

Le manuscrit est saisi sur ordinateurs (en interligne 1,5) et imprimé sur papier de format 21 cm x 29,7 cm avec une marge de 4 cm à droite comme à gauche, sans rature ni surcharge. Sa longueur ne doit pas dépasser 15 pages, y compris les illustrations et les tableaux.

Le manuscrit soumis en trois exemplaires, ainsi que la version électronique, doivent être envoyés à l'adresse suivante: Dr Amadou Gakou, Éditeur scientifique, BDIP IER, B.P. 258, Bamako, Mali - Courriel: amadougakou@gmail.com

2. Style

Le style doit être simple et concis, avec des phrases courtes, du type : sujet, verbe, complément. Les noms scientifiques de genres et d'espèces, doivent être écrits en italique et seront suivis du nom du descripteur, à la première apparition dans le texte. Par la suite, le nom du descripteur sera occulté.

Lorsque dans une citation, la référence des auteurs comporte plus de deux noms, seul le nom du premier auteur est mentionné et il est suivi de « et al. » écrit en italique.

3. Notes en bas de page

Excepté les adresses des auteurs à la première page, les notes en bas de pages ne sont pas admises.

4. Pagination

Les numéros de pages, en chiffres arabes, seront portés en haut et au centre de la page.

5. Unités de mesure

Elles seront du système international et devront être cohérentes dans le texte.

6. Procédure d'évaluation des manuscrits

Les manuscrits seront évalués, dans le cadre d'un réseau de lecteurs, par au moins trois lecteurs. En cas de litige, l'avis d'un quatrième lecteur sera sollicité.

Au besoin, les auteurs reçoivent les commentaires écrits des référés, donc le texte à corriger. Le document corrigé doit être retourné à l'Éditeur scientifique dans un délai d'un mois, à partir de la date d'expédition par l'expéditeur.

Les manuscrits refusés seront retournés à leurs auteurs et la raison sera signifiée par écrit.

7. Corrections des mises en page

Les premières mises en page faites par l'éditeur vous seront envoyées et vous devrez consulter cette réalisation avec beaucoup de soins, de façon à relever toutes les corrections et rectifications à y apporter. Il n'est pas question de modifier le document. Le manuscrit devra ensuite être retourné, dans les meilleurs délais au Secrétariat de rédaction de la revue.

8. Tirés à part

Un seul tiré à part sera transmis gracieusement à chaque auteur ou coauteur. D'autres tirés à part pourront être obtenus contre paiement d'un montant qui sera fixé lors de l'expédition de l'exemplaire gratuit.

II. Organisation du manuscrit

1. Première page

La première page doit comporter le titre en français et en anglais de l'article, le nom et le prénom du ou des auteurs, les adresses complètes de leurs institutions d'affiliation. En bas de page, on précisera les adresses postale et électronique si possible, les numéros de téléphone et le fax de l'auteur à qui doivent être envoyées les correspondances.

Cette page contiendra également un résumé en français et un résumé en anglais plus substantiel dans le cas d'un manuscrit en français et inversement. Aucun résumé ne devra dépasser 200 mots et il sera suivi de 3 à 6 mots clés; il permettra de comprendre la justification, la méthodologie, les résultats et les conclusions. Dans le corps du texte, la numérotation des titres et sous titres se fera selon la norme internationale (1., 1.1., 1.1.1, etc.).

2. Introduction

Elle doit situer le contexte de l'étude par rapport aux travaux antérieurs effectués dans le domaine.

3. Matériel et méthodes

Seul le matériel original sera décrit. Évitez les longues listes de matériels communément utilisés tels que sécateur, bottes, etc.

Si les méthodes habituellement utilisées doivent être succinctement décrites, les méthodes nouvelles, par contre, doivent être détaillées.

4. Résultats

Ils seront rendus sous forme de texte, de tableaux et/ou de figures. Le même résultat ne doit pas être présenté de façon répétitive, par exemple sous forme de tableau et de figure.

5. Discussion

Elle doit être une analyse des résultats expérimentaux par rapport à d'autres travaux similaires, et non une reprise de la description des résultats.

6. Conclusion

La conclusion devra faire ressortir l'importance des résultats acquis pour les recherches futures. Elle doit être différente du résumé, de la description des résultats et de la discussion.

7. Remerciement

S'ils s'imposent, ils devront être concis et ne pas dépasser cinq lignes.

8. Références

Les références concernent uniquement les auteurs cités dans le texte. Elles sont classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre d'ancienneté pour un même auteur.

- Articles

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de l'article, nom complet du périodique, numéro et volume, les numéros de la première et de la dernière page.

Exemple: TRAORE D., 1981 – La formation du grain de pollen chez les Cypéracées de la tribu des Cypérées, étudiées en Côte d'Ivoire. *Candollea* 36 (2): 431-444.

- Livres

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet du livre, éditeur, maison et lieu de publication, nombre de pages.

Exemple: BERHAUT J., 1988 – Flore illustrée du Sénégal, Tome IX. Edition Clairafrique, Dakar, Sénégal, 523 pages

- Thèses

Noms et initiales de prénoms de l'auteur, année de publication, titre complet de la thèse, spécialité, Université, ville et pays, nombre de pages.

Exemple: TRAORE N'G., 1998. Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore du Baoulé. Thèse de Doctorat du 3^{ème} cycle. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 150 pages.

- Communications

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de la communication, éditeurs, titre du forum scientifique (congrès, séminaire, symposium) date et lieu, les numéros

de la première et de la dernière page. Exemple: CISSE M., 1982. Évaluation du potentiel fourrage de la zone d'étude du projet CIPEA. In Actes du Colloque sur les ligneux fourragers. Addis-Abeba, Éthiopie. 154–169.

9. Liste des taxons végétaux cités

À la fin de chaque article, une liste des taxons végétaux cités sera donnée, en suivant l'ordre alphabétique des noms actualisés des espèces. Le nom du descripteur sera obligatoirement mentionné. La famille de chaque espèce doit être précisée.

10. Illustrations

Elles seront toutes appelées dans le texte. Les figures (dessin, courbes, histogrammes, cartes, photographies) seront numérotées en chiffres arabes (1, 2, 3...) en suivant l'ordre d'appel dans le texte. Toutes les illustrations doivent être sur disquette.

11. Tableaux

Ils seront tous appelés dans le texte et numérotés en chiffre romains (I, II, III, etc.) selon l'ordre d'appel dans le texte. Ils doivent être présentés, chacun sur une feuille séparée. Les légendes des tableaux, des figures, des photos et en général de toutes les illustrations seront rassemblées sur une même feuille et placées en fin de manuscrit.

Utilisation du malt de mil et de riz dans l'amélioration de la viscosité et de la densité énergétique des bouillies de complément

Utilization of millet and rice malt in improving viscosity and energy of complementary porridge

Sidibé S.^{1*}, Cissé F.¹ et Coulibaly A.¹

¹Institut d'Économie Rurale, Rue Mohamed V, BP 258 Bamako, Mali

*Tél. : + 223 66 04 68 25 - Courriel : salimatas3@gmail.com

Résumé

L'aliment de complément de la majorité des enfants maliens est la bouillie des céréales qui présente des déficiences nutritionnelles notoires en protéines, en lipides et en énergie. Afin d'améliorer la densité énergétique de ces bouillies, il est nécessaire de réduire leur viscosité en utilisant les amylases contenues dans le malt (farine de céréale germée).

Les bouillies ont été préparées à partir de la farine composée riz-niébé, riz-arachide-pain de singe. Les grains de mil entier et le riz paddy ont été pré-germés séparément pendant 4 jours dans un panier en osier. Au 5^e jour, les grains ont été séchés au soleil, puis réduits en farine (malt) après élimination des gemmules. Les farines composées maltées ont été obtenues en mélangeant 5 % de malt de mil ou de riz aux différentes farines composées. La composition chimique des farines, la viscosité et la densité énergétique des bouillies ont été déterminées.

Les résultats ont montré une amélioration de la teneur en protéines des farines composées par rapport à celle de la farine de riz (5,56%). La farine contenant à la fois l'arachide (10%) et le soja (15%) a montré la plus forte teneur en lipides. La densité énergétique de toutes les bouillies était supérieure à celle des bouillies locales (35 kcal/100 ml). Les bouillies contenant 25 % de farine de soja et 5 % de malt de mil ou de riz ont présenté les plus fortes densités énergétiques. L'objectif de l'étude est de contribuer à la réduction de la malnutrition infantile.

Mots clés : malnutrition, malt, bouillies, viscosité et densité énergétique des bouillies.

Abstract

Complementary food of most Malian infants is cereal porridge which has nutrients deficiency mainly in proteins, lipids and energy. To improve the energy density of the porridge, it is necessary to reduce its viscosity by using amylases contained in malted flours.

Porridges were prepared from composite rice-cowpea, rice-soybean and rice-peanut-baobab fruit flour. Whole millet and rice paddy were germinated separately during 4 days. At the 5th day, grains were sun dried, cleaned and transformed into flour (malt). Malted composite flours were obtained by mixing 5% of millet or rice malt with the different composite flours. The proximate composition of flours, the porridge viscosity and their energetic density were determined.

The results showed an improvement in proteins content of composite flours (11.77 to 16.8%) compared to that of rice flour (5.56%). Flour containing 15% soybean and 10% peanut gave the highest lipids content. The energetic density of all porridge was higher than that of local porridge (35 kcal/100 ml). Porridges containing 25% soybean and 5% millet or rice malt showed the highest energy density. The main objective of the study is to contribute to diminish infant malnutrition.

Key words: malnutrition, malt, porridge, viscosity and energetic density of porridges.

I. Introduction

L'aliment de base de la majorité des enfants maliens est la bouillie de céréales présentant des insuffisances nutritionnelles notoires pour chacun des cinq nutriments essentiels que sont les protéines, les lipides, les minéraux, les vitamines et l'énergie (Sidibé *et al.*, 2001). Ces nutriments sont essentiels pour une alimentation équilibrée. Ainsi, pour les enfants de plus de 6 mois, l'aliment de complément doit être utilisé pour pallier les insuffisances des apports journaliers du régime alimentaire à base de céréales. Au Mali, 15% des enfants souffrent de malnutrition aiguë et 31,7% présentent une insuffisance pondérale (OMD, 2009).

La valeur nutritionnelle d'une bouillie dépend de sa densité énergétique, autrement dit, de l'énergie contenue dans un volume donné de bouillie, exprimée généralement en kilocalorie pour 100 g de bouillie; elle dépend aussi de sa composition en nutriments essentiels et de la biodisponibilité de ces nutriments, c'est-à-dire de leur aptitude à être libérés au cours des processus digestifs, à être absorbés correctement et à être utilisés efficacement au niveau métabolique (Bulletin réseau TPA, 1998). Les bouillies de céréales ont une densité énergétique variant entre 35 et 45 kcal/100 ml (Bauer *et al.*, 1997). Elles ont une viscosité très élevée pour les enfants âgés de 6 à 9 mois. Pour faciliter leur déglutition, il est indispensable de les liquéfier par l'addition d'amylase permettant de réduire leur viscosité sans pour autant utiliser assez d'eau de cuisson (Trèche *et al.*, 1995; WHO/NUT/1998).

Parmi les méthodes utilisées pour réduire la viscosité des bouillies, les amylases des grains germés ont la plus grande propriété de réduire la viscosité des bouillies de céréales. La présente étude a été conduite afin d'améliorer la densité énergétique des bouillies utilisées dans l'alimentation des enfants et des personnes âgées.

II. Matériel et méthodes

2.1. Maltage du mil et du riz paddy

2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de grains non décortiqués de mil et de riz paddy.

2.1.2. Méthodes

Les grains non décortiqués de mil et de riz paddy ont été trempés dans l'eau tiède pendant 7 h pour le mil et 12 heures pour le riz paddy. Après élimination de l'excès d'eau par égouttage, ils ont été mis chacun dans un panier en osier et couverts avec un sac en plastique pour la germination. Au 1^{er} jour de la germination, les grains des deux céréales ont été lavés le matin et le soir sans frottement, puis égouttés et remis dans les paniers de germination (Photo 1). Au cours des 2^e, 3^e et 4^e jours, les grains ont été arrosés dans le panier sans les inonder, matin et soir. Au 5^e jour, la germination a été interrompue par un séchage solaire. Les grains germés ont été légèrement pilés pour éliminer les radicules et les gemmules, puis réduits en farine pour obtenir le malt de mil et de riz.



Photo 1. Grains de mil germés

2.2. Production de farines et d'ingrédients

➤ Préparation de la farine de niébé

▪ Matériel

Le niébé a été payé au marché local.

▪ Méthodes

Les graines de niébé ont été triées pour enlever les immatures, puis décortiquées. Elles ont été ensuite lavées à l'eau pour éliminer les pellicules puis étalées au soleil pour le séchage. La mouture sèche a été faite à l'aide d'un moulin à meule de type Engelberg. La farine a été torréfiée afin de réduire l'humidité.

➤ Préparation de la farine de soja et d'arachide

▪ Matériel

Les graines de soja et d'arachide ont été payées au marché local.

▪ Méthodes

Les graines de soja ont été triées, torréfiées et trempées dans l'eau tiède pendant 20 minutes. Les pellicules ont été ensuite éliminées par lavage à l'eau puis séchées au soleil. La farine a été obtenue après la mouture.

Les graines d'arachide ont été triées et torréfiées jusqu'à l'obtention d'une coloration marron clair. Les pellicules ont été éliminées après frottement et vannage des graines. Les graines ont été concassées et mélangées à la farine de riz avant la mouture du mélange.

➤ Préparation de la farine de riz

Le riz blanchi a été lavé et laissé reposer pendant 25 minutes (jusqu'à absorption de l'eau de lavage), il a été ensuite moulu pour

obtenir la farine. Cette farine a été mélangée à différents ingrédients suivant la formule d'aliment de complément utilisée.

➤ Utilisation du pain de singe

Le pain de singe (farine de fruit du baobab) a été payé au marché et tamisé à l'aide du tamis de maille 0,5 mm « nylon tème » afin d'obtenir une texture très fine. Son rôle est surtout d'assurer une meilleure conservation de la farine par son apport en vitamine C et de stabiliser la bouillie.

2.3. Préparation des bouillies de farine composées à base de riz

Les bouillies ont été préparées à partir de farines composées à base de riz NERICA 4 et de légumineuses (arachide, niébé, soja), de pain de singe, de malt de riz et de mil (Tableau I). La préparation de la bouillie a consisté à délayer 25 grammes de farines composées dans de l'eau contenue dans une casserole, puis à ajouter 1,3 g de malt de mil ou de riz selon le type de bouillie. La quantité d'eau est variable en fonction de la formule utilisée (Tableau I). Le mélange a été remué et cuit pendant 7 minutes. Cinq millilitres (5 ml) de jus de citron ont été ajoutés à la bouillie 2 minutes avant la fin de la cuisson. Les différentes formules ont des caractéristiques physiques différentes, ce qui explique la nécessité d'utiliser la quantité d'eau de cuisson adaptée pour chaque formule.

2.4. Caractérisation chimique des farines

Les teneurs en eau, en protéines, en lipides, en cendres et en énergie des farines composées ont été déterminées au Laboratoire de Nutrition Animale. Les différents résultats sont exprimés en pourcentage (%) par rapport à la matière sèche à 105°C. Le coefficient de transformation 6,25 a été utilisé pour exprimer le taux de protéines brutes.

Tableau I. Évaluation de la quantité d'eau de cuisson des bouillies préparées avec différentes matières premières

Farines composées	Quantité d'eau (ml)
25 g du mélange (75 % riz - 25 % niébé) + 1,3 g malt de mil	90
25 g du mélange (75 % riz - 25 % soja) + 1,3 g malt de mil	60
25 g du mélange (75 % riz + 10 % arachide + 15 % pain de singe) + 1,3 g de malt de mil	170
25 g du mélange (75 % riz + 10 % niébé + 5 % arachide + 10 % pain de singe) + 1,3 g de malt de mil	140
25 g du mélange (75 % riz + 25 % niébé) + 1,3 g de malt de riz	80
25 g du mélange (75 % riz + 25 % soja) + 1,3 g de malt de riz	60
25 g du mélange (75 % riz + 10 % arachide + 15 % pain de singe) + 1,3 g de malt de riz	160
25 g du mélange (75 % riz + 10 % niébé + 5 % arachide + 10 % pain de singe) + 1,3 g de malt de riz	110

2.5. Détermination de la viscosité et de la densité énergétique des bouillies

Les bouillies ont été refroidies à 45°C puis écoulées dans le viscosimètre de Bostwich pendant 30 secondes. La distance parcourue par la bouillie représente la viscosité (fluidité) notée en centimètre (cm). La densité énergétique, exprimée en kcal/100 ml de bouillie a été évaluée en déterminant le taux de matière sèche de 5 g de bouillie par un séchage à l'étuve pendant 18 heures à 106°C. La densité énergétique a été obtenue en multipliant la matière sèche par 4, qui est le coefficient énergétique des glucides.

2.6. Analyses statistiques

Le bloc complètement randomisé en trois répétitions a été utilisé dans l'évaluation de la viscosité et de la densité énergétique des bouillies. L'analyse de variance a été effectuée à l'aide du SAS (Système d'Analyse Statistique).

III. Résultats

3.1. Caractérisation des farines

Les résultats ont montré que toutes les farines avaient une teneur en eau inférieure à 12%. Leurs teneurs en cendres étaient inférieures à 2%, norme recommandée pour les farines de compléments (codex alimentarius). Les teneurs en protéines des farines composées ont varié de 9 à 16,8%. Elles ont été améliorées grâce aux apports de légumineuses (arachide, soja et niébé) comparées à celles de la farine de riz (5,56%). Les farines composées contenant le niébé et l'arachide ou le soja et l'arachide ont montré des teneurs en protéines similaires aux normes recommandées (15-16%) par le codex alimentarius (Tableau II). Les taux de lipides des farines composées sont faibles, excepté ceux de la farine contenant 10% d'arachide et 15% de soja (11,78%). Au moment de la préparation des bouillies, du beurre de karité ou de la pâte d'arachide doit être ajouté(e) à ces farines pour améliorer la teneur en matière grasse et l'énergie. La composition chimique des farines composées est indiquée dans le Tableau II.

Tableau II. Composition chimique des farines composées

Farines composées	Humidité (%)	Cendres (%)	Protéines (%)	Lipides (%)
75 % riz + 25 % niébé	10,25	0,8	11,77	0,70
75 % riz + 25 % soja	10,00	1,31	13,48	6,78
75 % farine de riz + 10 % arachide + 15 % soja	9,20	1,10	15,12	11,78
75 % riz + 10 % arachide + 15 % pain de singe	5,05	1,02	14,18	2,4
75 % riz + 5 % arachide + 10 % niébé + 10 % pain de singe	11,38	1,1	9,07	2,04
75 % riz + 15 % niébé + 10 % arachide	6,65	0,88	16,8	5,6
95 % (riz + niébé) + 5 % malt de mil	6,04	0,95	13,46	2,4
Farine de riz	7,35	0,45	5,56	4



3.2. Amélioration de la viscosité et de la densité énergétique des bouillies contenant le malt de mil ou de riz

Les résultats ont montré une différence hautement significative entre les moyennes des viscosités et celles des densités énergétiques des bouillies (Tableau III). La viscosité de toutes les bouillies était acceptable car supérieure à 5 cm. Les densités énergétiques

des bouillies ont varié de 117 kcal/100 ml à 52,19 kcal/100 ml. Les densités énergétiques des bouillies contenant le riz-soja-malt de riz et le riz-soja-malt de mil ont été statistiquement identiques. Cependant, la viscosité de la bouillie contenant le malt de riz a été plus fluide avec 13 cm que celle contenant le malt de mil (11 cm). Les bouillies contenant le soja ont enregistré la plus forte teneur en énergie aussi bien pour le malt de mil que pour celui de riz.

Tableau III. Viscosité et densité énergétique des bouillies contenant le malt de mil ou de riz

Bouillies améliorées	Viscosité (cm)	Densité énergétique (kcal/100 ml)
70 % riz + 25 % niébé + 5 % malt de mil	12a	92,29b
70 % riz + 25 % soja + 5 % malt de mil	11ab	114,17a
65 % riz + 10 % arachide + 15 % pain de singe + 5 % malt de mil	9bc	53,67e
55 % riz + 25 % niébé + 10 % pain de singe + 5 % arachide + 5 % malt de mil	8c	65,29d
70 % riz + 25 % niébé + 5 % malt de riz	12a	89,26b
70 % riz + 25 % soja + 5 % malt de riz	13a	117,39a
70 % riz + 10 % arachide + 15 % pain de singe + 5 % malt de riz	8c	52,19e
55 % riz + 25 % niébé + 10 % pain de singe + 5 % arachide + 5 % malt de riz	9bc	76,26c
Moyenne	10	82,57
CV (%)	10	5,69
Signification	HS	HS
PPDS (5 %)	2	6,75

Les moyennes suivies par les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes.

HS : Hautement significatif

CV : Coefficient de Variation

PPDS : Plus Petite Différence Significative

IV. Discussion

4.1. Maltage du mil ou du riz

L'amidon naturel des farines de céréale, sans traitement spécifique tel que la fermentation, donne une pâte très visqueuse au moment de la préparation des bouillies (Briend, 1985). Pour faciliter la déglutition de la bouillie par les enfants, leurs mamans ajoutent plus d'eau à la cuisson. Cela provoque alors la liquéfaction de la bouillie et la réduction de la densité énergétique de celle-ci. Les mêmes effets sont obtenus par l'utilisation des enzymes α et β amylases contenues dans les grains germés avec une augmentation de la matière sèche et de la densité énergétique.

L'activité des enzymes est influencée par le pH, la température, la concentration du substrat et la présence des agents activateurs ou inhibiteurs (Dicko *et al.*, 2001). C'est pendant la germination que les amylases sont produites par les enzymes protéinases de l'albumen (Evans *et al.*, 1997; King et Burgess, 1993). L'augmentation de l'activité enzymatique est la plus importante des transformations du grain pendant la germination. Cette augmentation permet la synthèse des sucres fermentescibles dans le cadre de la fabrication de la bière et permet la diminution de la viscosité des bouillies dans le cadre de la fabrication des farines infantiles (Trèche, 1985).

4.2. Caractérisation de la farine composée

Les teneurs en protéines des farines composées 75% riz + 15% niébé + 10% arachide et 75% farine de riz + 10% arachide + 15% soja sont similaires aux normes minimales recommandées (15 g pour 100 grammes de matière sèche) en protéines par le codex alimentarius pour couvrir les besoins en protéines et en acides aminés de l'enfant (Trèche, 1985). La consommation de farines composées comme aliment de complément est très bénéfique pour l'enfant à cause de la qualité des protéines apportées par le niébé dans la combinaison céréale-légumineuse (Singh et Rachie, 1985).

Les farines composées maltées sont plus riches en protéines que la farine de riz pure. Le maltage favorise l'activation des nutriments dans la graine et permet de réduire les phytates qui inhibent les protéines des grains de céréales (WHO, 1998). La teneur en matières grasses de la majorité des farines composées est inférieure à 8,2%, norme recommandée pour les aliments de complément (Trèche, 1985). Il serait nécessaire d'ajouter à la bouillie au moment de la cuisson, du beurre ou de la pâte d'arachide afin d'atteindre ces normes recommandées. La consommation de lipides par les nourrissons avec les aliments de complément leur procure des acides aminés essentiels, de l'énergie et des vitamines, améliore la palatabilité (WHO, 1998; Sidibé *et al.*, 2001) et facilite l'absorption de la vitamine A (Sidibé *et al.*, 2001).

4.3. Amélioration de la viscosité et de la densité énergétique des bouillies contenant le malt de mil ou de riz

Les résultats ont montré que l'addition de 5% de farine de malt de riz ou de mil à la bouillie a permis de réduire la viscosité et d'améliorer la densité énergétique de celle-ci. Cette amélioration de la densité énergétique et la réduction de la viscosité sont réalisées par une méthode adéquate de préparation de la bouillie. Le bon rapport farine/eau de cuisson et un contrôle de la température (65 à 68°C) de la bouillie au moment de l'addition du malt sont nécessaires pour une meilleure réduction de la viscosité. Cet intervalle de température favorise l'action des amylases qui hydrolysent les chaînes d'amidon (Trèche *et al.*, 1995). Le degré de réduction de la viscosité dépend d'une part de la quantité d'amylases présente dans la farine et d'autre part de la température de la bouillie au moment de l'addition du malt.

Les résultats ont montré que le malt de riz et celui du mil ont le même effet dans la réduction de la viscosité et l'amélioration de la densité énergétique. L'obtention d'une meilleure densité énergétique avec l'utilisation du malt de riz pourrait s'expliquer par un bon taux de germination du riz, provoquant une activité enzymatique plus élevée.

V. Conclusion

L'amélioration de l'état nutritionnel des enfants passe par la nécessité d'adopter des technologies de transformation appropriées. La qualité nutritionnelle des aliments est affectée par la qualité des matières premières qui les composent. Les teneurs en matières grasses des farines composées étaient faibles. Dans ces conditions, une addition de lipide à la bouillie au moment de la cuisson permettra d'améliorer l'énergie et la palatabilité de l'aliment de complément. La farine de complément dont la teneur en matières grasses est inférieure aux normes recommandées, peut être enrichie en ajoutant de la matière grasse telle que la farine d'arachide, le beurre de karité à la bouillie au moment de la préparation.

Le niébé et l'arachide sont produits dans nos différentes écologies. Le soja est aussi cultivé dans certaines régions du Mali (Sikasso et Ségou). Ils sont très nutritifs et en association avec les céréales, ils permettent de contribuer à la réduction de la malnutrition protéino-énergétique des enfants. Les mesures d'hygiène doivent être respectées au moment de la transformation et de la préparation des bouillies.

VI. Remerciements

Les remerciements des auteurs vont aux bailleurs du Projet WAAPP 1A/PPAAO (Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest), à l'Institut d'Economie Rurale et au Personnel du Laboratoire de Technologie Alimentaire.

VII. Références

- BAUER ANNETTE, ASSA KANTÉ BORÉ and SALIMATA SIDIBÉ COULIBALY, 1997. Weaning Food Improvement and Constraints on its Acceptance by Rural Women. Consultation report to NOVARTIS Foundation for Sustainable Development, Basel, Switzerland. P25-29.
- BULLETIN DU RÉSEAU TPA, 1998. Caractéristiques d'une bonne farine infantile. Site Gret. org/tpa
- BRIEND ANDRE, 1985. Prévention et traitement de la malnutrition. Collection Initiations Documentations Techniques (62): 21. Editions ORSTOM Paris.
- DICKO MAMOUDOU H., MARJO J.F. SEARLE VAN LEEWIN, ALFRED S. TRAORÉ, RIET HILHORST and GERRIT BELMAN, 2001. Polysaccharide hydrolases from leaves of *Boscia senegalensis*. Applied Biochemistry and biotechnology, 94: (3): 234.
- EVANS, D.E. W. WALLACE, R.C. LANCE and L.C. MACLEOD, 1997. Measurement of Beta-amylase in Malting Barley (*Hordeum vulgare* L.). The Effect of Germination and Kilning. Journal of Cereal Sciences, 26:241.
- KING SAVAGE and ANN BURGESS. Second edition, 1993. Nutrition for the Developing Countries. Oxford Medical Publication. ISBN 0 19 262233 1, New York.
- OMD : Deuxième rapport sur la Mise en Œuvre des objectifs du Millénaire pour le développement du Mali : en route vers l'horizon 2015, 2009. République du Mali et Système des Nations Unies. P 56. Bamako.
- SIDIBE SALIMATA, C. MOHAMED DIARRA, BARRY ALY, J. F. SCHEURING, O. NIANGADO et M. DIAWARA, 2001. Solutions locales pour une nutrition infantile améliorée. Institut d'Economie Rurale, Fondations Novartis/Syngenta, Centre Scientifique Suisse, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- SINGH, S.R. and RACHIE K.O., 1985. Cowpea Research, Production and Utilization. Invited paper from the World Conference, IITA, Ibadan, Nigeria. JOHN WILEY & SONS Ltd. ISBN 0471 90 80 29 (U.S.). P 353-359
- TRÈCHE SERGE, BRUON J.F. DE BENQIST, DJAMIL BENBOUZID, FRANCIS DELPEUCH, 1995. L'alimentation du jeune enfant. Actes d'un atelier OMS/ORSTOM inter pays du 20 au 24 novembre, Université Senghor, Alexandrie. ORSTOM éditions, Paris.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO/NUT1), 1998. Complementary Feeding of young children in developing countries: A review of current scientific knowledge. P 129-227.

Productivité agropastorale et rentabilité économique de l'association mil/*Stylosanthes hamata* dans la zone du Séno, région de Mopti au Mali

Agropastoral productivity and economic profitability of intercropping millet/*Stylosanthes hamata* in the Seno zone, region of Mopti in Mali

Coulibaly K.^{1*}, Samaké O.², Synaba F.¹, Djouara H.³, Zéromé M.¹

¹Institut Économie Rurale (IER)/Centre Régional de la Recherche Agronomique (CRRA) de Mopti, BP 205, Mopti, Mali.

²Institut Économie Rurale (IER)/Centre Régional de la Recherche Agronomique (CRRA) de Sikasso, BP 16, Sikasso, Mali.

³Direction Nationale de l'Agriculture, Bamako, Mali.

*Tél. : +223 21 430 357 / +223 76 01 45 84 - Courriel : coulibalykantougoudiou@yahoo.fr

Résumé

L'amélioration de la performance du système de production agropastorale du Sahel ouest-africain suscite de plus en plus l'attention de la recherche agricole. L'association mil/*Stylosanthes hamata* a été évaluée de 2010 à 2012 dans des champs de brousse du Séno au Mali. Un total de dix paysans du cercle de Bankass a participé au test. Un dispositif bloc de Fisher dispersé en champs paysans a été utilisé. Trois traitements furent comparés : la culture pure du mil comme pratique paysanne, l'association mil/*S. hamata* sans fertilisation et l'association avec complexe céréale. Celle-ci a permis d'accroître la productivité du système. L'analyse pluriannuelle des données n'a montré aucune différence significative au seuil de 5% entre les traitements par rapport aux rendements grain, épis et tige de mil. Elle s'est révélée hautement significative pour la biomasse de stylo à cause éventuellement du séchage à l'air ambiant. Il est apparu une réduction du ratio grain/paille dans l'association mil/*S. hamata* non fertilisée comparée au ratio de l'association fertilisée et à celui de la pratique paysanne à cause de la compétition entre mil et *S. hamata*. Le Taux Marginal de Rentabilité montre que l'association mil/*S. hamata* sans complexe céréale est économiquement rentable.

Mots clés : *Stylosanthes hamata*, mil, association, paysan, fertilisation, rentabilité économique.

Abstract

Improving the performance of the agro pastoral production system of the West African Sahel is attracting more and more attention to agricultural research. The intercropping of millet/*Stylosanthes hamata* was assessed from 2010 to 2012 in bush fields of Seno in Mali. Ten farmers have participated to the trial. A Fisher Bloc scattered in farmers' fields was used. Three treatments were compared: the pure cultivation of millet as farmer's practice, the intercropping millet/*S. hamata* without fertilization and the intercropping millet/*S. hamata* with fertilization by mineral phosphate (complex cereal). This has increased the productivity of the system. The multiyear analysis of the data showed no significant difference at the 5% threshold between treatments in relation to grain yield, ear and millet stem. It has proved highly significant for the *S. hamata* because of biomass optimally drying in ambient air. It appeared a reduced ratio of grain/straw millet in the intercropping millet/*S. hamata* without fertilization comparatively to the intercropping millet/*S. hamata* with fertilization and farmer practice because

of the competition between millet and *S. hamata*. The marginal rate of profit shows that the intercropping millet/*S. hamata* without fertilization is economically viable.

Keywords: *Stylosanthes hamata*, millet, intercropping, farmers, fertilization, economic profitability.

I. Introduction

La faible performance des modes de culture traditionnels de la zone sahélienne de l'Afrique de l'Ouest nécessite l'introduction de techniques innovantes, productives et rentables. Au Mali, dans la zone du Séno, le principal système traditionnel de production agropastorale est l'association de cultures à base de mil caractérisée par de faibles productions fourragères et céréalières (Traoré, 2006 ; Samaké, 2003).

Plusieurs contraintes sont à la base des faibles productions, notamment l'insuffisance et la mauvaise répartition des pluies, les pratiques culturelles inadaptées se traduisant essentiellement par l'apport insuffisant de fertilisants aux cultures (Samaké *et al.*, 2005). Cette situation est préjudiciable à l'amélioration des rendements compromettant du coup la rentabilité économique du système.

Dans le Séno les bas rendements de mil de l'ordre de 450 kg/ha, voire 250 kg/ha, proviennent généralement des champs de brousse qui ne sont pas fertilisés à cause de l'insuffisance de la fumure organique, de la faible disponibilité et du coût élevé de l'engrais minéral (Samaké, 2003 ; Samaké *et al.*, 2006). Selon les mêmes auteurs, le peu de fumure organique disponible est utilisé dans les champs de case qui représentent 1% de la superficie du terroir villageois contre 99% pour les champs de brousse. D'après Karembé *et al.* (1999), la satisfaction des besoins en fourrage des populations du terroir de Lagassagou dans le Séno est préoccupante et nécessite le développement d'autres sources de revenus et la culture de légumineuses fourragères comme *S. hamata* et *Pennisetum pedicellatum*. Les arrières effets

de l'intégration de *S. hamata* dans les systèmes de production agropastorale se sont révélés positifs pour l'amélioration de la productivité de certaines cultures céréalières (Coulibaly, 1996 ; Lesturgez *et al.*, 2004).

L'objectif de cette étude était d'évaluer la productivité céréalière et fourragère du système d'association de culture mil/*S. hamata* avec ou sans engrais et sa rentabilité économique. Pour y parvenir, l'analyse pluriannuelle de l'effet de l'association sur les rendements de mil et de *S. hamata* et celle de la rentabilité économique du système ont été faites.

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Le matériel végétal utilisé comprend :

- la semence de *Pennisetum glaucum* (cv Toroniou) qui est la variété locale de mil ;
- la semence de *S. hamata* cv Verano ;
- l'engrais utilisé est le complexe céréale (15-15-15).

2.2. Méthodes

2.2.1. Sites de l'étude

Les tests ont été conduits en 2010, 2011 et 2012 dans les terroirs des villages de Tori (3°71'O ; 13°62'N) et de Lagassagou (3°63'O ; 13°84'N), tous situés dans le Séno. Celui-ci est une vaste plaine sablonneuse localisée dans la bande sahélienne. Il représente l'une des trois régions naturelles de la région de Mopti (PIRT, 1986). La pluviométrie moyenne de la zone est de 500 mm d'eau par an. Les principales activités de production sont l'agriculture et l'élevage. Le mil, uniquement pluvial, constitue la principale culture céréalière. Dans chaque terroir, le test a été installé sur sol sableux dans des champs cultivés de brousse qui ne reçoivent pas d'apport de fumure.

Le tableau I donne un aperçu de la quantité et du nombre de jours de pluies relevés au

Tableau I. Les cumuls pluviométriques en mm et le nombre de jours de pluies dans les sites en 2010, 2011 et 2012.

Mois	2010		2011		2012	
	Diallassagou	Tori	Diallassagou	Tori	Diallassagou	Tori
Février	0	0	0	2,2	0	0
Mars	0	0	0	2	0	0
Avril	0	0,2	0	6,4	0	1,7
Mai	8,5	37	6,3	16,8	0	22,8
Juin	90	100,1	10,3	24,5	167,8	174,1
Juillet	84,7	128	124,1	98,1	224,5	209,7
Août	214,6	226,4	158	292,3	284	230,7
Septembre	229,7	205,1	23,7	22,6	142,9	91,5
Octobre	19,8	68,8	6,7	11,1	23,8	26,6
Moyenne annuelle cumulée des 2 terroirs	706,5		402,6		800,1	
Nombre moyen de jours relevés	39		39		44	

cours des trois années de test dans les villages de recherche. Vu l'absence constatée d'un pluviomètre à Lagassagou, la pluviométrie du village de Diallassagou (3°62'O ; 13°74'N) station la plus proche, distante d'environ 15 km et située plus au sud, a été prise en compte. Samaké (2003) rapporte une moyenne décennale (1992-2001) de 570 mm à Lagassagou.

La moyenne triennale (2010 à 2012) calculée pour l'ensemble des sites est de 636 mm de pluie. Cette quantité est supérieure à la moyenne annuelle de 500 mm donnée auparavant et reconnue pour la zone. Les trois moyennes annuelles des deux sites montrent de grandes variations allant parfois du simple au double. Les années 2010 et 2012 avec plus de 700 mm, voire 800 respectivement ont été de loin les plus favorables. En 2011, le déroulement de la campagne s'est heurté à l'installation tardive des pluies et leur retrait précoce aux dires des producteurs. La présence

d'oiseaux granivores a été aussi signalée dans les champs.

2.2.2. Choix des exploitations

Après les entretiens sur le terrain avec le secteur de l'agriculture de Bankass, l'antenne ESPGRN (Équipe Système de Production et Gestion des Ressources Naturelles) de Bankass, la CRU (Commission Régionale des Utilisateurs) de Mopti et les personnes ressources, les paysans collaborateurs ont été choisis. Le premier critère de choix était le volontariat. À ce critère s'ajoutait celui de la disponibilité de terres cultivables. Ces collaborateurs étaient aussi informés de la capacité de *S. hamata*, qui est une légumineuse herbacée, à améliorer la fertilité du sol et à produire du fourrage. Dix producteurs ont accepté volontiers de conduire l'expérimentation par la mise à disposition de parcelles situées dans leurs champs de brousse.

2.2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif était en bloc de Fisher complet randomisé et dispersé en champ paysan où chaque paysan constituait une répétition. La superficie de la parcelle élémentaire était de 144 m², soit 12 m x 12 m.

Chaque répétition comportait trois parcelles élémentaires ou traitements notés T1, T2 et T3 :

- T1 = pratique paysanne de culture pure de mil.
- T2 = association de mil et *S. hamata* : une ligne de mil alternée avec une ligne de *S. hamata*.
- T3 = association de mil et *S. hamata* avec apport d'engrais : une ligne de mil alternée avec une ligne de *S. hamata* + complexe céréale à la dose de 100 kg/ha.

La variété de mil utilisée était *P. glaucum* (cv Toroniou) appelée toroniou par tous les paysans.

2.2.4. Conditions de réalisation de l'association mil/*S. hamata*

- **Acquisition des semences de *S. hamata*** : les semences ont été obtenues au Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRRA) de Sikasso.
- **Acquisition et application du complexe céréale** : il a été obtenu par achat sur le marché de Mopti. Cet engrais minéral de formule 15-15-15 a été apporté à la dose de 1,44 kg/144 m², soit 100 kg/ha. Son application a été faite au semis du mil.
- **Semis** : le semis de mil a eu lieu, comme à l'accoutumée, dès que les conditions d'humidité au sol étaient jugées satisfaisantes. Il a été effectué sur billons, par poquet, en ligne et à l'écartement de 1 m x 1 m conformément à la pratique en vigueur. La dose de semence de mil était de 5 kg à l'hectare. Quant au *S. hamata*, il a été semé en ligne continue alternée avec le mil à l'écartement de 1 mètre soit 0,5 m

entre une ligne de *S. hamata* et une ligne de mil. Son semis, fait une semaine après celui du mil, a été réalisé à la dose de 60 g par parcelle élémentaire de 144 m². Les mêmes parcelles de 2010 ont été utilisées en 2011 et 2012.

- **Sarclage** : il a été fait manuellement à la daba. Le premier sarclage a été réalisé 15 jours après la levée du mil, le deuxième, 15 jours après le premier et le reste des sarclages a été fait à la demande.
- **Récolte** : cette opération, en ce qui concerne le mil, a été réalisée lorsque celui-ci est arrivé à maturité. Le produit séché (les épis de mil à maturité) a été battu et le poids des graines évalué. Afin d'assurer la repousse (à travers la dissémination de graines) du *S. hamata* la campagne suivante, celui-ci a été fauché à maturité en fin novembre. Après fauche, la biomasse de *Stylosanthes* a été pesée parcelle par parcelle, puis séchée au soleil et repesée.

Pour la conduite des tests, l'approche participative a été privilégiée. Les paysans ont été chargés des travaux d'installation, d'entretien des parcelles et de récolte des cultures. Toutes ces opérations ont été facilitées par l'équipe de chercheurs en rapport avec les agents de terrain. La recherche a eu à apporter les intrants. Pour éviter les dégâts que peuvent causer les animaux, le *Stylosanthes* a été toujours semé lorsque ceux-ci étaient mis au piquet.

2.2.5. Évaluation de la rentabilité économique de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais

Afin d'évaluer la performance économique du système d'association mil/*S. hamata* avec ou sans fertilisation, six paramètres ont été pris en compte à savoir les rendements, le produit brut, les charges variables, la main-d'œuvre, les coûts totaux, la marge brute totale. Par rapport aux rendements, dans les traitements où le mil et le *S. hamata* sont alternés (une ligne de mil succédant à une ligne de *S. hamata*), le coefficient 0,5 a été adopté pour corriger les superficies (Nkougourou-Ebongué, 1993).

Le produit brut a été obtenu à partir des rendements moyens des productions (grain mil, tige mil, biomasse de *S. hamata*) et leurs prix de vente. Le prix du grain de 163 FCFA/kg est la moyenne pour le cercle de Bankass sur la période 2009 – 2013 contenue dans le bulletin SAP (Système d'Alerte Précoce) n° 327 (Commissariat à la Sécurité Alimentaire, 2014). Le prix de vente du kg de matière sèche de *Stylosanthes* à l'instar de celui du niébé a été fixé à 50 FCFA; celui des tiges de mil, à un peu moins du tiers du niébé, soit 15 FCFA. Les résidus issus des épis de mil, bien qu'utilisés dans la fabrication de compost et la maçonnerie, n'ont pas été pris en compte, par manque d'un produit de comparaison comme le cas du *Stylosanthes* par rapport au niébé.

Les coûts totaux ont été obtenus en additionnant les charges variables ou intrants et les frais de la main-d'œuvre salariée. Les charges ont été calculées en tenant compte des quantités moyennes de 5 kg/ha de semence de mil (valorisées à 500 FCFA/kg), de la semence de *S. hamata* (2 160 FCFA/ha) et du complexe céréale (36 000 FCFA/ha). La main-d'œuvre utilisée pour les travaux de semis, d'entretiens, de récoltes, de battage, etc., a été évaluée à 1500 FCFA par jour de travail.

La marge brute totale (produit brut réduit des coûts totaux) exprimée en FCFA/ha et le Taux Marginal de Rentabilité (TMR) exprimé en pourcentage ont été pris en compte.

Le TMR a été obtenu à partir de la formule suivante :

$$\text{TMR} = (B2 - B1) / (C2 - C1) * 100 \text{ où :}$$

- B2 = bénéfice ou marge brute totale provenant de l'application de la nouvelle technologie;
- B1 = bénéfice obtenu à partir de l'application de l'ancienne technologie;
- C2 = coûts totaux engagés en appliquant la nouvelle technologie;
- C1 = coûts totaux engagés en appliquant l'ancienne technologie;

2.2.6. Collecte des données

Les données suivantes ont été collectées :

- le poids grain de mil ;
- le poids des tiges et épis de mil ;
- le poids de la biomasse de *S. hamata* ;
- les charges relatives aux intrants et opérations culturales.

2.2.7. Analyse des données

L'analyse de variance a été utilisée pour comparer les moyennes des traitements. L'analyse par le budget partiel a servi à connaître la rentabilité économique du système.

III. Résultats

3.1. Les productions annuelles de mil associé au *S. hamata* avec ou sans engrais

Le tableau II donne, pour chaque élément constituant la composante mil, les rendements obtenus au cours de chacune des trois années de test.

À l'examen du tableau II, les meilleurs rendements de grain mil ont été plus fréquemment observés en 2012 et 2010 qu'en 2011. Le plus fort rendement 0,5 tonne/ha a été obtenu en 2010 avec l'association fertilisée au complexe 15-15-15. Celle-ci a été généralement la meilleure chaque année. L'année 2011 a été la moins performante en rendement grain.

Par rapport aux épis, les rendements obtenus en 2010 ont été en général les meilleurs, suivis de ceux de 2012. En 2010, le rendement le plus élevé, 0,8 t/ha, a été obtenu toujours avec l'association fertilisée au complexe 15-15-15 (Tableau II). À l'instar du grain, en 2011, les rendements en épis ont été les plus bas. Les mêmes tendances ont été observées pour les tiges; le rendement le plus élevé (6 t/ha) a été observé en 2010 encore avec l'association mil/*S. hamata* fertilisée au complexe 15-15-15 (T3).

Tableau II. Les rendements moyens de grain, épis et tige de mil en 2010, 2011 et 2012 dans le système d'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais dans le Séno.

Traitement	Rendement grain (kg/ha)			Rendement épis (kg/ha)			Rendement tige (kg/ha)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
T1 = Pratique paysanne*	314,4	259,5	486	581,7	432,8	701,2	3816,4	1612,5	4997,5
T2 = Association mil/ <i>S. hamata</i> sans fertilisation	244	247,3	284	502,1	336,8	442,6	2939,2	2377,7	3479,5
T3 = Association mil/ <i>S. hamata</i> avec fertilisation	504,6	260,3	358	809,4	456,5	552,5	6086,1	1616,6	4015,6

* = mil en culture pure sans fertilisation

3.2. Les productions annuelles de *S. hamata* associé au mil avec ou sans engrais

Les rendements de la biomasse de *S. hamata* obtenus au cours de chacune des trois années consécutives de test figurent dans le tableau III.

Au vu du tableau III, les meilleurs rendements de biomasse fraîche et sèche de *S. hamata* ont été obtenus en 2012. Leurs valeurs équivalent parfois le quintuple de celles de 2011 et 2010.

3.3. Effet de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais sur les rendements du mil

Le tableau IV montre les résultats pluriannuels de l'effet de l'association sur les rendements des éléments de la composante mil.

L'analyse multi annuelle des rendements des constituants de la composante mil n'a révélé aucune différence significative entre les traitements au seuil de 5% (Tableau IV). On note un accroissement de 21 kg/ha de grain mil de T3 (association de mil et *S.*

hamata avec apport d'engrais) par rapport à T1 (pratique paysanne de culture pure de mil), ce qui représente un taux de 6% par rapport à la pratique paysanne. À l'examen des ratios grain/paille, il apparaît une légère réduction du ratio dans le système de l'association mil/*S. hamata* non fertilisée par rapport à l'association mil/*S. hamata* fertilisée et à la pratique paysanne. Les coefficients de variation paraissent élevés.

3.4. Effet de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais sur le rendement de la biomasse de *S. hamata*

Le tableau V montre les résultats pluriannuels de l'effet de l'association sur les rendements de la composante *S. hamata*.

En l'absence de la pratique paysanne T1, l'analyse multi annuelle des données a révélé une différence significative au seuil de 5% entre les traitements T2 et T3 par rapport à la biomasse fraîche de *S. hamata* (Tableau V). Quant à la biomasse sèche, l'analyse fait ressortir une différence hautement significative.

Tableau III. Rendements de biomasse de *S. hamata* en 2010, 2011 et 2012 dans le système d'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais dans le Séno.

Traitement	Biomasse fraîche (kg/ha)			Biomasse sèche (kg/ha)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
T1 = Pratique paysanne*	-	-	-	-	-	-
T2 = Association mil/ <i>S. hamata</i> sans fertilisation	400,3	404,3	2180,1	224	214,2	1140,5
T3 = Association mil/ <i>S. hamata</i> avec fertilisation	534,1	532,3	2348,5	313	326,3	1315,1

* = mil en culture pure sans fertilisation

Tableau IV. Effet de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais sur les rendements moyens de grain, d'épis et de tige de mil dans le Séno.

Traitements	Rendement grain (kg/ha)	Rendement épis (kg/ha)	Rendement tige (kg/ha)	Ratio grain/paille
T1 = Pratique paysanne*	353,3	571,9	3475,5	0,101
T2 = Association mil/ <i>S. hamata</i> sans fertilisation	258,4	427,2	2932,1	0,088
T3 = Association mil/ <i>S. hamata</i> avec fertilisation	374,3	606,1	3906,1	0,095
Erreur standard	72,96	124,92	555,69	
Signification	0,421	0,371	0,735	
CV (%)	48,40	47,28	33,86	

* = mil en culture pure sans fertilisation

Tableau V. Effet de l'association mil/*S. hamata* sur les rendements de biomasse de *S. hamata* dans le Séno.

Traitements	Biomasse fraîche (kg/ha)	Biomasse sèche (kg/ha)
T1 = Pratique paysanne*	-	-
T2 = Association mil/ <i>S. hamata</i> sans fertilisation	994,9	526,2
T3 = Association mil/ <i>S. hamata</i> avec fertilisation	1138,3	651,5
Erreur standard	36,931	21,413
Signification	0,01	0,00
CV (%)	16,93	17,82

* = mil en culture pure sans fertilisation

3.5. Analyse de la rentabilité économique de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais

Le tableau VI donne les résultats d'analyse pluriannuelle de la performance économique du système d'association mil/*S. hamata* avec ou sans fertilisation.

La valeur du produit brut total de 224 821 FCFA pour l'association sans complexe céréale vaut le double de celle de la pratique paysanne de culture pure de mil. Sa valeur, de 304 355 FCFA pour l'association fertilisée

avec le complexe céréale, avoisine le triple de celle de la culture pure.

- Parmi les coûts totaux de production, celui de T3 a été de loin le plus élevé. Il connaît un accroissement de 109% par rapport à la pratique paysanne tandis qu'avec T2 (une ligne de mil alternée avec une ligne de *S. hamata*), l'accroissement n'a été que de 44% par rapport à la même pratique. Les marges brutes de T3 et T2 sont positives et supérieures au moins 3 et 2 fois respectivement à la marge brute de la pratique paysanne (Tableau VI).

Tableau VI. Rentabilité économique de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais réalisée de 2010 à 2012 dans le Séno.

Désignation	Pratique paysanne (T1)	Association mil/ Stylosanthes (T2)	Association mil/ Stylosanthes fertilisée (T3)
Rendement moyen grain mil (kg/ha)	353,3	516,8	748,6
Rendement Stylosanthes (kg/ha)		1 052,4	1 303
Rendement tige mil (kg/ha)	3 475,5	5 864,2	7 812,2
Produit brut total (FCFA/ha)	109 720	224 821	304 355
Charges variables			
Semence mil (FCFA/ha)	2500	2500	2500
Semence Stylosanthes (FCFA/ha)		2 160	2 160
Complexe céréale (FCFA/ha)			36 000
Charges variables totales (FCFA/ha)	2500	4660	40660
Main d'œuvre (FCFA/ha)	57 300	81 300	84 300
Coûts totaux de production (FCFA/ha)	59 800	85 960	124 960
Marge brute totale (FCFA/ha)	49 920	138 861	179 395
Taux Marginal de Rentabilité (%)		340	199

IV. Discussions

4.1. Les productions annuelles de mil associé au *S. hamata* avec ou sans engrais

Les meilleurs rendements de grain mil, plus fréquemment observés en 2012 et 2010 qu'en 2011 (Tableau II), seraient dus aux bonnes conditions pluviométriques. En effet, les moyennes des deux terroirs tests ont été de 700 et 800 mm de pluies respectivement en 2010 et 2012 contre 400 mm en 2011 (Tableau I). Le plus fort rendement 0,5 t/ha de grain de mil obtenu en 2010 (Tableau II) avec l'association mil/*S. hamata* fertilisée pourrait être mis au compte du complexe céréale, mais aussi de la bonne pluviométrie et surtout de l'absence de concurrence entre le mil et la légumineuse en cette première année de test. Ce rendement reste cependant inférieur à 1,1 tonne/ha obtenu avec le même type d'association mais en présence de Phosphate Naturel de Tilemsi dans les mêmes terroirs de Tori et de Lagassagou (Ballo, 2000). Cette situation pourrait s'expliquer par la différence de fertilité entre les parcelles de 2000 et celles du présent test installé strictement dans les champs de brousse reconnus non fertiles.

La même explication prévaudrait pour le rendement de 0,8 t/ha d'épis de mil le plus élevé (Tableau II), mais qui reste en deçà de 1,7 t/ha atteint avec le PNT dans les mêmes terroirs tel que rapporté par le même auteur. Quant au rendement le plus élevé (6 t/ha) de tige de mil obtenu après usage du complexe céréale (Tableau II), il est comparable à 5,4 t/ha réalisés avec le PNT dans lesdits terroirs selon Ballo (2000).

4.2. Les productions annuelles de *S. hamata* associé au mil avec ou sans engrais

Les quantités de biomasse fraîche et sèche de *S. hamata* obtenues en 2012 atteignant cinq fois celles de 2010 et 2011 (Tableau III) s'expliqueraient par la bonne pluviométrie mais aussi et surtout par la prolifération de cette légumineuse. En effet, la légumineuse a été

fauchée en 2010 et 2011 après fructification. Cela a donc eu pour conséquence la germination en 2012 d'importantes quantités de semences de l'espèce restées en dormance dans le sol. Selon Coulibaly (1996), la fauche de *S. hamata* après fructification est favorable à une meilleure persistance de cette légumineuse. Kouamé *et al.* (1992) font aussi cas de forts rendements de matière sèche de *S. hamata* après son établissement.

4.3. Effet de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais sur le rendement du mil

La réduction du ratio grain/paille de T2 (l'association sans engrais) par rapport à T1 (pratique paysanne de culture pure de mil) et T3 (association de mil et *S. hamata* avec apport d'engrais) pourrait s'expliquer d'une part, par l'effet de la fertilisation minérale à base du complexe 15-15-15 qui a favorisé le remplissage des épis de mil dans le traitement T3 et, d'autre part, l'effet de la compétition dans le T2 pour les éléments nutritifs entre le mil et *S. hamata* (Tableau IV). Cette compétition dans le T2 en l'absence de fertilisation aurait aussi provoqué la diminution de ce même ratio grain sur paille par rapport à celui de la culture pure du mil qui est la pratique paysanne T1. Kouamé *et al.* (1992) ont noté, en seconde année de test, une baisse de rendement en grains mil sous l'effet de *S. hamata*. On note cependant un accroissement en grain de 6% dans T3 par rapport à T1 (Tableau IV) qui serait dû à l'effet de l'engrais. Les coefficients de variation élevés (bien qu'inférieurs à 50%) seraient en rapport avec les difficultés généralement rencontrées avec les tests en milieu paysan. Cette situation nécessite une plus grande attention de la part des paysans mais aussi et surtout des agents de terrain, notamment dans le suivi.

4.4. Effet de l'association mil/*S. hamata* sur le rendement de la biomasse de *S. hamata*

La différence significative, pour la biomasse fraîche, qui apparaît entre l'association mil/*S. hamata* sans fertilisation et celle fertilisée

au complexe 15-15-15 est liée à cet engrais (Tableau V). Dans le même tableau, la différence hautement significative entre les deux traitements par rapport à la biomasse sèche s'expliquerait en partie par le mode de séchage. Celui-ci est le séchage traditionnel au soleil au cours duquel *S. hamata* est susceptible d'être emporté.

4.5. La rentabilité économique de l'association mil/*S. hamata* avec ou sans engrais

La prédominance des produits bruts de l'association sans engrais (T2) et de celle avec engrais (T3) dans les proportions respectives du double et triple du produit brut de la pratique paysanne (T1) s'explique par la présence du *S. hamata* dans les deux traitements mais aussi par celle du complexe céréale qui a stimulé les rendements dans T3 (Tableau IV). Cette situation indique un accroissement de la productivité du système grâce à l'association du *S. hamata* dans les deux traitements mais aussi l'action du complexe céréale dans le T3. Toutefois, le prix très élevé, 36 000 FCFA/ha, de cet engrais parmi les intrants, grève les coûts de production de T3. Cela, comme on le verra, n'est pas sans conséquence sur la rentabilité économique de T3. D'ailleurs, Samaké (2003), Traoré (2005), Samaké *et al.* (2006) ont mentionné le coût élevé de l'engrais minéral pour les producteurs de la zone du Séno.

La supériorité des marges brutes de l'association sans fertilisation et de celle fertilisée par rapport à la marge brute de la pratique paysanne (Tableau VI) suggère la rentabilité des deux premiers. Cependant, le Taux Marginal de Rentabilité (TMR) exprimant mieux la rentabilité donne 340 % et 199 % respectivement pour l'association sans complexe céréale et pour celle avec complexe. Ainsi, pour chaque 100 FCFA investis dans le processus de production de l'association mil/*S. hamata* sans fertilisation, le producteur obtient un bénéfice net de 340 F CFA qui est au dessus de 200 FCFA représentant la norme de la FAO selon Nkougourou-Ebongué (1993).

V. Conclusion

Le séchage de *S. hamata* doit être fait à l'abri du vent, des animaux, dans un endroit sec et ombragé pendant quelques jours. L'association mil/*S. hamata* avec complexe céréale s'avère plus productive que celle sans cet engrais et la pratique paysanne. L'association mil/*S. hamata* sans complexe céréale est économiquement rentable avec un TMR supérieur à la norme de 200 %, le minimum acceptable selon la FAO. Son adoption dépendra de l'importance que le paysan accordera à la production de fourrage de *S. hamata* par rapport à celle du grain de mil. La concurrence entre *S. hamata* et le mil nécessite des efforts pour élaborer des méthodes de gestion permettant de tirer entièrement parti des avantages agronomiques de l'introduction de cette légumineuse fourragère dans le système d'association des cultures dans le Séno.

VI. Remerciements

Nous remercions d'abord les populations des villages de Lagassagou et de Tori, leurs chefs de villages et les services de développement de Bankass. Merci aussi aux agents de terrain, Yossi Dembélé et Karim Diarra. Ces remerciements sont également adressés au Programme WAAPP pour son soutien financier à travers l'Institut d'Économie Rurale.

VII. Références

- BALLO M., 2000. Rapport annuel de synthèse des activités du site de Lagassagou. Institut d'Économie Rurale. CRRA- Mopti. 35 pages.
- COMMISSARIAT À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE, 2014. Bulletin SAP. N°327. Evaluation définitive situation alimentaire 2013 – 2014. Bamako, Mali. 40 pages.
- COULIBALY D., 1996. Recherche d'un modèle d'exploitation de *Stylosanthes hamata* en banque fourragère et en pâturage amélioré : Thèse pour obtenir le titre de Docteur de Spécialité, Option: Nutrition Animale à l'Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée. ISFRA, Bamako, Mali. 111 p.

- KAREMBÉ M., YOSSEI H. et DIAKITE C. H., 1999. Evolution de l'occupation et de l'utilisation actuelle des terres en zone soudanienne nord du Mali. Cas du terroir villageois de Lagassagou pp 57 - 66. In : la jachère en Afrique tropicale : Rôles, Aménagement, Alternatives. CORAF/IRD, Dakar, Sénégal.
- KOUAME C., HOEFS S., POWELL M.J., ROXAS D. et RENARD C., 1992. Intercrop *Stylosanthes* effects on millet yields and animal performance in the Sahel. In: *The complementarity of feed resources for animal production in Africa*. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa. Ethiopia. 430 p.
- LESTURGEZ G., POSS R., HARTMANN C., BOURDON E., NOBLE A., et RATANA-ANUPAP S., 2004. Roots of *Stylosanthes hamata* create macropores in the compact layer of a sandy soil. *Plant and Soil* 260: 101 - 109. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- NKOUNGOUROU-EBONGUÉ A., 1993. Estimation de la superficie par culture et de la production des cultures associées dans les enquêtes agricoles dans les pays en développement. pp. 25 - 48. In : STATECO N°73. Département des relations internationales et de la coopération. Division des Etudes et Méthodes Statistiques pour le Développement, Paris, France.
- PIRT, 1986. Zonage agroécologique du Mali. Volume I, II, III. Projet Inventaire des Ressources Terrestres (PIRT), Direction Nationale des Eaux et Forêts (DNEF), Bamako, Mali.
- SAMAKÉ O., 2003. Integrated crop management strategies in Sahelian land use systems to improve agricultural productivity and sustainability: a case study in Mali. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands. 131 pp.
- SAMAKÉ O., KODIO A., Cissé S. et KANÉ M., 2005. Gestion intégrée de la fertilité pour améliorer la productivité des pâturages : effet des jachères, des légumineuses et du phosphate naturel de Tilemsi sur le rendement du mil et le *Striga hermonthica*. Cahier de l'Economie Rurale No 2, P. 29 - 42.
- SAMAKÉ O., STOMPH T.J., KROPFF M.J., et SMALING E.M.A., 2006. Integrated pearl millet management in the Sahel: Effects of legume rotation and fallow management on productivity and *Striga hermonthica* infestation. *Plant soil* 286: 245 - 257.
- TRAORE O.A., 2006. Effet de l'association mil-*Pergularia daemia* sur la fertilité du sol et le rendement du mil dans le Séno-Bankass en zone sahélienne du Mali. Thèse de doctorat, Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée ISFRA, Bamako, Mali, 78 p.



Parcelles de sorgho infestées de *Striga hermonthica*



Méthodes de lutte culturale et biologique contre *Striga hermonthica* en milieu paysan

Biological and cropping control methods of *Striga hermonthica* in farmers' field

Traoré L.*, Kayentao M., Goita O.

Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Institut d'Économie Rurale (IER)
BP. 262, Bamako, Mali

*Tél.: +223 66 72 43 26 - Courriel: ltraore68@gmail.com

Résumé

Striga hermonthica est une mauvaise herbe parasite qui cause des dégâts énormes aux cultures alimentaires. Les pertes de rendement en grains sont estimées en moyenne à 40 % et en cas d'infestation sévère, elles peuvent atteindre 100 %. L'espèce la plus nuisible sur le maïs est *S. hermonthica* (Del.) Benth. La recherche est constamment interpellée sur ce problème dans toutes les réunions avec l'encadrement technique et le Comité National des Utilisateurs des résultats de recherche (CNU) du Mali. Face à cette situation, des recherches ont été entreprises depuis quelques années par l'Institut d'Économie Rurale (IER) et ses partenaires afin de trouver des solutions au problème du *Striga* et autres plantes parasites des cultures. De nos jours, il n'existe aucune méthode de lutte simple, efficace et économique pour éradiquer ce fléau. Au Mali, le maïs est apparu dans les dix dernières années comme la céréale indispensable pour asseoir de façon durable la sécurité alimentaire. Il est devenu une céréale importante aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain à cause de sa rentabilité économique et de son utilisation dans l'alimentation humaine et animale. Cependant, la production du maïs est fortement menacée par cette plante parasite par laquelle 80 % des champs qui le portent en sont infestés. Une meilleure production de la culture du maïs passe par la vulgarisation de méthodes de lutte efficaces contre le parasite et une utilisation de ces méthodes de lutte adaptée aux paysans. Pour ce faire, des activités de recherche menées à Kébila en zone Sud du Mali ont abouti à la

mise au point de méthodes d'association et de rotation maïs/niébé permettant une réduction du niveau d'infestation du *Striga* de 64 % et 46 % respectivement et une augmentation de rendement du maïs de 59 % pour la rotation.

Mots clés: Maïs, *Striga hermonthica*, plantes parasites, nuisible, association, rotation, niébé, résistance/tolérance

Abstract

Striga hermonthica is a parasitic weed that causes enormous damage to food crops. The grain yield losses are estimated, on average, at 40% and in case of severe infestation, they can reach 100%. The most harmful species on maize is *S. hermonthica* (Del.) Benth. Research is constantly challenged on this issue in all meetings by the technical staff and the national committee of the research results users (CNU) in Mali. In response to this situation, research work has been undertaken in recent years by the Institut d'Économie Rurale (IER) and its partners to find solutions to *Striga* and other crop parasitic plants problems. Nowadays there is no simple, effective and economical control method to eradicate this plague. In Mali, maize appeared in the last ten years as the compulsory cereal crop for a sustainable food security. It has become an important cereal in both rural and urban areas because of its economic viability and its use in both human and animal food. However, maize production is seriously challenged by parasitic plants, wherever 80% of the fields are infested. A good maize production is obtained through the diffusion of effective

control methods and use, adapted to farmers. For that purpose, research activities carried out at Kébila, in the southern zone of Mali, led to the development of combination of crops association and rotation systems which reduced the level of *Striga* infestation to 64% and 46% respectively and increased yield by 59% for crops rotation.

Keywords: maize, *Striga hermonthica*, parasitic plants, harmful, association, rotation, cowpea, resistant/tolerant.

I. Introduction

Quinze (15) des trente-six (36) espèces de *Striga* sont présentes au Mali. Les espèces qui s'attaquent aux cultures sont *S. hermonthica*, *S. aspera* et *S. passargei* pour le sorgho, le mil, le maïs et le riz pluvial et *S. gesnerioides* pour le niébé. D'autres plantes parasites comme *Rhaphicarpa fistulosa* sont rencontrées dans les bas-fonds sur le riz et *Alectra vogelii* dans les champs de niébé et d'arachide. Les deux espèces de *Striga* les plus importantes sur le système d'association traditionnel céréales/niébé sont *S. hermonthica* sur les céréales et *S. gesnerioides* sur le niébé. Ces deux espèces de *Striga* sont présentes sur près de 82% des champs cultivés à travers le pays, avec des pertes de rendement pouvant aller jusqu'à 100% (Dembélé, 2009). Les études sur la répartition du *Striga* et son importance ont montré que partout où on cultive le mil ou le sorgho, on retrouve le *Striga*. Le mil est la culture la plus infestée dans la bande sahéenne tandis que le sorgho et le maïs sont plus infestés au sud du pays. Environ 5 à 10% des champs ont une infestation de plus de 25 pieds/m². Ce pourcentage qui semble augmenter de plus en plus est à l'origine des craintes suscitées par le *Striga* (Dembélé, 2009). L'une des difficultés majeures de l'agriculture dans la zone sahéenne est la faiblesse de la pluviométrie et la pauvreté des sols en éléments fertilisants. Ces difficultés sont aggravées par les attaques des plantes parasites, notamment *S. hermonthica* qui constitue un véritable fléau chez les paysans à faible revenu (Carson, 1988). La fertilité du sol joue un rôle important sur le cycle

biologique du *Striga*. Trois composantes, à savoir : les engrais organiques, la production *in situ* de matière organique et l'apport de faux hôtes du *Striga* jouent un rôle déterminant dans la fertilité du sol pour la lutte contre le *Striga* (Gbèhounou, 1998). Le rôle de NH₄, du C/N, de la capacité de rétention en eau du sol et l'éthylène ont été mis en exergue. Des variétés d'arachide, de niébé et de soja ont été identifiées comme étant de bons faux hôtes de *S. hermonthica* (Carsky *et al.*, 1994; Gbèhounou, 1998; Carson *et al.*, 1989). L'importance des dégâts causés par le *Striga* a été signalée par de nombreux chercheurs (Parker *et al.*, 1984; Ransom *et al.*, 1991). Des résultats de recherche ont montré qu'environ 40% des terres arables des savanes africaines sont infestées par le *Striga* (Mboob, 1986). Selon les expertises de l'ICRISAT au Mali (2012), *S. hermonthica* constitue aujourd'hui une contrainte biologique majeure à la production des céréales (sorgho, mil et maïs) en Afrique de l'Ouest. Les superficies cultivées en céréales infestées par le *Striga* en Afrique sont estimées à 21 millions d'hectares et les pertes de production ont été estimées à 4,1 millions de tonnes (Sauerborn, 1991). Les enquêtes menées par Konaté (1986) ont montré que 75 à 100% des champs au Mali sont infestés par *S. hermonthica* et les pertes se situent entre 20 et 100%. Les pertes de production de grains de sorgho, maïs et mil sont estimées entre 10 et 90% (Sallé et Konaté, 1988; Gbèhounou *et al.*, 1991). Les implications socio-économiques de *S. hermonthica* sont énormes : changement de cultures, abandon des champs ou changements de pratiques culturales. Les résultats obtenus avec les associations de cultures ont montré que l'association du sorgho et du niébé résistant au *S. gesnerioides* a permis de réduire *S. hermonthica* de 83% à 92% (Ransom *et al.*, 1999; Dembélé, 2000). L'utilisation de variétés de céréales (sorgho, maïs) et de niébé résistantes ou tolérantes peut être considérée comme la base de la lutte intégrée contre le *Striga* en Afrique de l'Ouest (Dembélé et Kayentao, 1996; 1999). La culture mixte étant une pratique courante au Mali (Dembélé, 2006; Diarra, 1998; Diarra *et al.*, 2000), la présente étude a pour objectif de tester

en milieu paysan l'efficacité des méthodes d'association et de rotation maïs/niébé dans la lutte contre *S. hermonthica* en utilisant des variétés résistantes/tolérantes de maïs et de niébé.

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Sites d'expérimentation

Les expérimentations ont été conduites dans des champs paysans pendant 3 ans dans la commune de Kébila, cercle de Kolondiéba en zone CMDT, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1008 mm. Les champs paysans choisis présentaient une forte infestation de *S. hermonthica*.

2.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de : la variété de maïs Across 94 TZL W de l'IITA Ibadan, résistante/tolérante au *S. hermonthica*, la variété locale de maïs, le Tiémantié de Zamblara sensible au *S. hermonthica* et le niébé K VX1850-01F de l'IITA Ibadan, résistante/tolérante au *S. gesneroides* et qui constitue un faux hôte pour *S. hermonthica*.

2.2. Méthodes

2.2.1. Dispositif expérimental

Douze (12) tests ont été implantés en milieu paysan dans un dispositif de Blocs de Fisher dispersés à 4 traitements où chacun des 12 paysans constituait une répétition retenue pour 3 ans pour permettre la rotation des cultures, comme indiqué au tableau I. Chaque parcelle

élémentaire ou traitement mesurait 10 m x 10 m, soit 100 m².

Dans l'association, l'arrangement des cultures était de 1 : 1 (une ligne de maïs pour une ligne de niébé). Les parcelles élémentaires étaient de 10 m x 10 m, séparées d'une allée de 1 m.

Le semis a été fait aux écartements de 0,80 m x 0,50 m pour les deux cultures avec un démariage à deux plants par poquet soit 50 000 plants/ha. La fertilisation du maïs a consisté à un apport de 100 kg de complexe céréales (NPK 15 15 15) plus 50 kg d'urée (23 N) au semis et 100 kg d'urée (46 N) à la montaison (30 jours après le premier apport). Quant au niébé, il a reçu 100 kg de complexe céréale (NPK 15 15 15) au semis. Les entretiens ont porté sur un sarclage à la daba au 15^e jour après semis et un désherbage manuel au 30^e jour après semis pour éviter de détruire les pieds de *Striga*.

2.2.2. Collecte des données

Les observations ont porté sur le rendement et les composantes de rendement du maïs et du niébé à savoir : le nombre de poquets levés et de plants après démariage; le nombre de plants et d'épis récoltés; le poids des épis et le rendement des grains à l'hectare; le nombre de pieds de *Striga* aux 60^e, 75^e et 90^e jours après semis et à la récolte; les facteurs biotiques et abiotiques.

2.2.3. Analyse statistique

L'analyse de variance a été faite en utilisant le logiciel MSTATC pour dégager la différence entre les traitements et le test de Duncan a été utilisé pour le classement des moyennes au seuil de 5%.

Tableau I. Plan d'expérimentation

1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année
T1 = Niébé (K VX1850-01F)	Maïs (Across 94 TZL W)	Maïs (Across 94 TZL W)
T2 = Maïs (Across 94 TZL W)	Niébé (K VX1850-01F)	Maïs (Across 94 TZL W)
T3 = Maïs/Niébé	Maïs/Niébé	Maïs (Across 94 TZL W)
T4 = Maïs local (Tiémantié)	Maïs local (Tiémantié)	Maïs local (Tiémantié)

III. Résultats

3.1. Dénombrement de *S. hermonthica*

L'analyse statistique du nombre de *S. hermonthica* de la 3^e année dans les parcelles (Tableau II) a montré des différences hautement significatives entre les traitements maïs, niébé, l'association maïs/niébé et la variété locale pendant les quatre périodes d'évaluation de l'infestation du *Striga* (60, 75, 90 jours après le semis et à la récolte). Les différences étaient à la faveur du Tiémantié où le plus grand nombre de *Striga* a été observé. À la récolte, le nombre moyen de *Striga* compté était de 11 *Striga*/m² dans les parcelles tandis que celui des autres traitements était de 4 à 6 *Striga*/m². Cela pourrait s'expliquer par la sensibilité de cette variété de maïs local au *S. hermonthica*. Ce faible niveau d'infestation dans les autres traitements serait dû à l'effet cumulatif des 2 années d'association maïs/niébé et de la rotation niébé-maïs qui est une suite logique de la combinaison des effets résistance/tolérance variétale du maïs et la germination suicidaire des graines du *Striga*

de la part du niébé considéré comme faux hôte de *S. hermonthica* (Tableau II).

3.2. Effet de *S. hermonthica* sur le rendement et les composantes de rendement

Le niveau du rendement du maïs a été faible dans l'ensemble dû au semis tardif causé par le retard de l'installation des pluies de la campagne. L'analyse statistique du rendement et les composantes de rendement du maïs a montré des différences significatives pour le rendement des grains (kg/ha), les poids épis et grains de maïs/parcelle, avec des coefficients de variation de 15,32 % à 19,65 %. Les meilleurs rendements ont été obtenus par les traitements niébé, maïs et maïs/niébé (1087 kg/ha, 1105 kg/ha, 1043 kg/ha, respectivement). Ceci peut être expliqué par l'effet de la résistance/tolérance de la variété de maïs Across 94 TZL W au *Striga* par rapport à la variété locale et par l'effet bénéfique de la rotation niébé-maïs et de l'association maïs/niébé d'une part, et d'autre part à l'effet de faux hôte du niébé (Tableau III).

Tableau II. Nombre moyen de *S. hermonthica*/parcelle, 3^e année

Traitements	Nombre de <i>Striga</i> 60 JAS	Nombre de <i>Striga</i> 75 JAS	Nombre de <i>Striga</i> 90 JAS	Nombre de <i>Striga</i> à la récolte
Niébé*	4 b	6 b	6 b	6 b
Maïs**	2 c	5 b	5 bc	5 bc
Maïs/Niébé	2 c	4 b	4 c	4 c
Tiémantié	9 a	13 a	11 a	11 a
Signification	HS	HS	HS	HS
CV%	28	27,06	18,71	18,71
ppds	1,40	2,33	1,49	1,49

l = résultats transformés $= \sqrt{x+1}$; NS = non significatif; HS = hautement significatif; CV = coefficient de variation; ppds = plus petite différence significative; les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents. JAS = Jour après semis

* = K VX1850-01F

** = Across 94 TZL W

Tableau III. Effet moyen de l'infestation de *S. hermonthica* sur le rendement et les composantes de rendement du maïs en 3^e année

Traitements	Poquets levés	Plants demariés	Plants récoltés	Épis récoltés	Poids épis (kg)	Poids grains (kg)	Rendement (kg/ha)
Niébé*	229	396	330	186	14,08 a	10,86 a	1087 a
Maïs**	246	444	375	148	13,90 a	11,05 a	1105 a
Maïs/Niébé	240	414	344	175	13,51 a	10,43 a	1043 a
Tiémantié	232	398	346	103	10,36 b	7,08 b	708 b
Signification	NS	NS	NS	NS	S	S	S
CV %	5,24	9,84	10,99	35,28	15,32	19,65	19,65
ppds	-	-	-	-	2,46	2,38	238,4

NS = non significatif ; S = significatif ; CV = coefficient de variation ; ppds = plus petite différence significative ; les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents

* = K VX 1850-01 F

** = Across 94 TZL W

3.3. Effet de l'association et de la rotation maïs/niébé sur le rendement du niébé

La variété de niébé utilisée dans les tests en milieu paysan a été la K VX 1850-01 F résistante/tolérante au *S. gesneroides*. La production grainière du niébé a été variable. Elle a été faible dans l'association (221 kg/ha) ; sensiblement meilleure dans la rotation (315 kg/ha, 592 kg/ha) et en culture pure avec 490 kg/ha (Tableau IV).

3.4. Effet de l'association et de la rotation sur la poussée du *S. hermonthica*

Le traitement 1 (T₁) a reçu la première année le niébé où il n'y a pas eu de comptage de *S. hermonthica* donc pas de pourcentage de réduction. En deuxième année, le maïs qui est venu après, il y a eu un comptage du *Striga* de l'ordre de 3 pieds par m² soit un pourcentage de réduction de 83 % par rapport à la parcelle témoin (variété locale du paysan sensible au *Striga*). La troisième année, le maïs qui a suivi

Tableau IV. Rendements grain moyen du niébé (kg/ha), Années 1 et 2

Traitements	Année 1	Année 2	Moyenne
Niébé (K VX 1850-01 F)	490	-	490
Maïs (Across 94 TZL W)	-	592	592
Maïs/Niébé	221	315	268

encore a eu 6 pieds/m² soit 46 % de réduction par rapport à la parcelle témoin (Tableau V). Pour ce qui concerne le traitement 2 (T₂) qui a reçu le maïs la première année, il y a eu 12 pieds de *Striga* par m² soit un taux de réduction de 20 % par rapport au témoin (Tableau V). Le niébé est venu en deuxième année, il n'y a pas eu de comptage de *Striga*. En troisième année, avec le maïs, il y a eu 4 pieds par m² soit 64 % de réduction par rapport à la parcelle témoin (Tableau V). Quant au traitement 3 (T₃), il a toujours eu l'association maïs/niébé pendant les trois années. Les taux de réduction de l'infestation du *Striga* obtenus par rapport à la parcelle témoin sont de l'ordre de 40 %, la première année, 78 % la deuxième année, et 64 % la troisième année (Tableau V). Le traitement 4 (T₄) ou parcelle témoin constituée par la monoculture de la variété locale de maïs (Tiémantié), sensible à la plante parasite, pendant les 3 années, a toujours eu le nombre de *Striga* le plus élevé (Tableau V).

3.5. Effet de la réduction de l'infestation de *S. hermonthica* sur le rendement du maïs

Le traitement 1 (T₁) ayant reçu le niébé la première année, a été semé en maïs la 2^e année. Le maïs qui a suivi le niébé a bénéficié des arrières effets de cette légumineuse comme l'enrichissement du sol en azote et une réduction du stock de graines de *Striga* dans le sol dû à l'effet de germination suicidaire induit par le

niébé occasionnant une production de maïs grain de 1223 kg/ha, soit une augmentation de 59 % par rapport au témoin avec une moyenne de deux ans de 1155 kg/ha (Tableau VI). Le traitement 2 (T₂) a reçu le maïs résistant/tolérant au *Striga* en première année et a donné 421 kg/ha soit 32 % d'augmentation par rapport au témoin. Ici, l'influence sur le *Striga* se limite à la résistance/tolérance du maïs à la plante parasite. En troisième année, une production de 1105 kg/ha et une augmentation de 56 % par rapport au témoin ont été obtenues après un précédent niébé en deuxième année (Tableau VI). Pendant deux années successives, le traitement 3 (T₃) a reçu l'association maïs/niébé avec des niveaux de rendement en maïs grain de 160 à 646 kg/ha. En troisième année, le rendement a été de 1043 kg/ha avec un pourcentage d'augmentation de 47 % par rapport au témoin. En effet, cela peut expliquer la contribution de l'association maïs/niébé en terme d'enrichissement du sol en éléments fertilisants comme l'azote d'une part, la diminution du stock de graines de *Striga* dans le sol par le phénomène de germination suicidaire du niébé d'autre part (Tableau VI). Quant au traitement 4 (T₄) témoin qui a reçu la variété locale pendant les trois années successives, les rendements ont varié de 275 kg à 708 kg/ha avec une moyenne annuelle de 584 kg/ha. Ceci a mis en relief l'effet non dépressif de la variété locale vis-à-vis de *S. hermonthica* comparé aux autres traitements (Tableau VI).

Tableau V. Pourcentage de réduction du nombre de *S. hermonthica*/m²

Traitements	Année 1		Année 2		Année 3	
	Nombre de <i>Striga</i>	% réduction	Nombre de <i>Striga</i>	% réduction	Nombre de <i>Striga</i>	% réduction
T ₁ (Niébé)	-	-	3	83	6	46
T ₂ (Maïs)	12	20	-	-	4	64
T ₃ (Maïs/Niébé)	9	40	4	78	4	64
T ₄ (Tiémantié)	15	-	18	-	11	-

Tableau VI. Rendements moyen (kg/ha) de grains de maïs Across 94 TZL W, Années 1, 2, 3 et % d'augmentation par rapport au maïs local

Traitements	Année 1		Année 2		Année 3		Moyenne (kg/ha)
	Rdt/ha	% aug.	Rdt/ha.	% aug	Rdt/ha	% aug.	
T ₁ (Niébé)	-	-	1223 a	59	1087 a	54	1155
T ₂ (Maïs)	421 a	32	-	-	1105 a	56	763
T3 (Maïs/Niébé)	160 b	-	646 b	-	1043 a	47	616
T4 (Tiémantié)	275 ab	-	69 b	-	708 b	-	584

Les chiffres portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents; % aug. = % augmentation de rendement; Rdt/ha = rendement par hectare

IV. Discussion

Les résultats ont révélé que l'utilisation des variétés résistantes/tolérantes de maïs, l'association et la rotation maïs/niébé ont un effet dépressif sur la poussée de *S. hermonthica* dans les champs (4 à 6 *Striga*/m² contre 11 *Striga*/m² pour la variété sensible). Ceci est concordant avec les travaux de Gbèhounou *et al.*, 1991; Dembélé et Kayentao, 1996 et Dembélé, 2009. Cette résistance/tolérance et l'effet de l'association ou de rotation maïs/niébé peuvent avoir un effet bénéfique sur le rendement des cultures de l'ordre de 47 à 59% par rapport à la variété locale sensible (Parker *et al.*, 1984; Ranson *et al.*, 1991). Les résultats des tests menés en milieu paysan dans la zone de Kébila ont montré que les techniques culturales de lutte contre le *S. hermonthica* comme l'association et la rotation maïs-niébé ont entraîné une diminution du nombre de *Striga*/m² dans le champ de l'ordre 46 à 78% par rapport à la monoculture du maïs. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Dembélé (2009) selon lesquels la diminution du *Striga* peut se situer de 83 à 92%. La variété de niébé utilisée dans le système est une variété résistante au *S. gesnerioides* mais constitue également un faux hôte pour *S. hermonthica*. Elle provoque la germination suicidaire des graines de ce parasite dans le sol et peut contribuer énormément à la réduction du stock de graines de *Striga* dans le sol. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Carson *et al.*,

1989; Carsky *et al.*, 1994; Gbèhounou, 1998; Dembélé et Kayentao, 1999; Diarra, 1999 et Diarra *et al.*, 1999. En effet, il reste entendu que les conséquences socio-économiques de *S. hermonthica* sont énormes : changement de cultures, abandon des champs ou changements de pratiques culturales. De plus, il a été la principale raison de migration des populations de Mafeya à Bobougou au Mali (Hoffmann et Diarra, 1994). L'infestation du *Striga* est en premier lieu un problème affectant les revenus des paysans pauvres. Il est plus problématique sur des sols intensivement cultivés et dépourvus d'éléments nutritifs clés et de matières organiques (Ransom *et al.*, 1999). Les techniques inappropriées de préparation du sol ou de récolte et surtout les semences contaminées sont des voies de dissémination des graines de *Striga*. L'association céréale/légumineuse en lignes alternées se présente comme une technique de lutte assez efficace dans la maîtrise de l'infestation du *Striga*. Pour cela, la variété de légumineuse à utiliser doit être une variété rampante pour assurer une bonne couverture du sol, résistante au *S. gesnerioides* et à l'*Alectra vogelii*. L'ICRISAT (2012) aussi a préconisé plusieurs options pour contrôler le *Striga* et le garder au-dessous du niveau de nuisance; il s'agit notamment de l'application de différents types de fertilisants organiques, de l'application localisée de différents types d'engrais minéraux, de la rotation de cultures céréalières avec des cultures légumineuses

telles que le niébé, l'arachide, le soja, ou de cultures non céréalières telles que le coton, le sésame, de l'association de cultures céréalières à des cultures légumineuses et non céréalières. Ces options couvrent également l'utilisation de variétés de céréales qui résistent ou tolèrent le *Striga* et/ou la pauvreté du sol, le sarclage fréquent ou en temps opportun et l'arrachage à la main du *Striga* à la floraison précoce (avant qu'il ne répande ses graines), le binage et le buttage autour des pieds de céréales pour enfouir les pousses de *Striga* et, enfin, la jachère.

V. Conclusion

De ces résultats, il a été retenu que la rotation maïs-niébé et l'association maïs/niébé sont deux pratiques culturales qui ont concouru à la réduction sensible du niveau d'infestation du *Striga* dans les champs. Cette réduction pendant ces trois années de tests en milieu paysan a été en moyenne de 46 à 64 % pour les deux systèmes. Ces deux techniques culturales peuvent être conseillées aux paysans dans le cadre de la lutte contre *S. hermonthica*.

Dans les deux systèmes, la place de la variété de niébé utilisée est prépondérante à cause de son caractère de faux hôte sur *S. hermonthica*. Il provoque la germination suicidaire et contribue ainsi à la diminution du stock de graines de *Striga* dans le sol. Il en est de même de la variété de maïs Across 94 TZL W pour sa résistance/tolérance au même parasite. L'utilisation des pratiques d'association et de rotation maïs/niébé par un nombre important de producteurs conduira à une augmentation de la production de maïs. Cette situation contribuera à assurer la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté au Mali.

VI. Remerciements

Les auteurs sont reconnaissants à l'Institut d'Économie Rurale (IER) du Mali et l'Institut International d'Agronomie Tropicale (IITA) à Ibadan au Nigeria pour leur appui technique et financier. Ils sont également reconnaissants aux douze (12) paysans de la commune de Kébila, aux techniciens de terrain, Messieurs Sidaty Mahamane, Oumar Goïta et Saïdou Bamadio qui ont contribué aux travaux de conduite des parcelles d'essais.

VII. Références

- CARSKY R. J., SINGH L. and NDIKAWA R., 1994. Suppression of *Striga hermonthica* on sorghum using a cowpea intercrop. *Expl. Agric.*, vol. 30, 349-358.
- CARSON A. G., 1988. Development and testing of a control package for *Striga hermonthica* on small-scale holdings in the Gambia Trop. *Pest Management* 34, 97101.
- CARSON A. G., 1989. Research and Development strategies for the control of *Striga hermonthica* in the Gambia. In: Robon, T.O and Broad, H.R. (eds) *Striga Improved management in Africa. Proceedings, FAO/OAU All-Africa Government Consultation on Striga Control, Maroua 1986. FAO Plant Production and Protection Paper* 96 pp. 100-118.
- DEMBÉLÉ B., 2009. Guide de formation en lutte participative contre le *Striga* dans le système de culture à base de sorgho dans 'Projet de Promotion des variétés de sorgho résistantes au *Striga* pour réduire les crises alimentaires dans la zone sahélienne (Burkina Faso, Mali, Sénégal)'.
- DEMBÉLÉ B., 2006. Atelier sous-régional sur la gestion intégrée durable en agriculture des espèces du genre *Striga* du 26 au 27 Avril à Cotonou, Benin.
- DEMBÉLÉ B. et KAYENTAO M., 1999. Etude de l'association sorgho/niébé comme moyen de lutte contre le *Striga hermonthica* dans *Striga management technologies : from research to farmers in sub-Saharan Africa. Proceedings 4th General Workshop of PASCON. Lagoké et al (eds) 28 oct. 1 Nov. 1996. Bamako, Mali.*

- DEMBÉLÉ B. et KAYENTAO M., 1996. Etude de l'association sorgho-niébé comme moyen de lutte contre le *Striga hermonthica*. In: S. T. O. Lagoké, L. E. van der Straten et S. S. M'boob (eds.). Proceedings of the Fourth General Workshop of the Pan-African Striga Control Network. October 28 - November 1, 1996, Bamako, Mali.
- DIARRA C., KEMPENAR C., KROPFF M.J., STRUIK P.C. & VAN AST A., 2000. Control of *Striga hermonthica* by nonhost trap plants in cropping systems of sorghum and millet in Mali. *Weed Research*.
- DIARRA C., 1999. Biological control of *Striga hermonthica* in the Sahel. In: J. Kroschel, H. Mercer-Quarshie, J. Sauerborn (eds.), *Advances in Parasitic Weed Control at On-farm Level. Vol. I. Joint Action to Control Striga in Africa*. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany, 103-115.
- DIARRA C., 1998. La combinaison de l'association sorgho-niébé et de l'inoculation avec *Fusarium oxysporum* pour la lutte intégrée contre le *Striga hermonthica* (Del.) Benth. au Mali. In: *Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre, Sorghum improvement in Western & Central Africa*, pp. 141-144. A. Ratnadass, J. Chantereau & J. Gigou (eds.). Atelier de Restitution du Programme Conjoint sur le Sorgho, 17-20 Mars 1997, Bamako, Mali.
- DIARRA C. & WATSON A.K., 1999. La lutte biologique : une opportunité pour neutraliser le *Striga* au Sahel, *Sahel IPM No. 14*, Juillet 1999, pp. 4-7.
- ICRISAT, 2012. Lutte contre les herbes nuisibles dans les champs, la guerre engagée contre le *Striga*; Films vidéos publiés le 11 juin 2012.
- GBÈHOUNOU G., 1998. Seed ecology of *Striga hermonthica* in the Republic of Benin: host specificity and control potentials. Doctorate thesis, Amsterdam, The Netherlands, Vrije Universiteit.
- GBÈHOUNOU G., EGBERS W. S., VERKLEIJ J.A.C., and PIETERSE A., 1991. A survey on *Striga* infestation in Borgou and Atacora Provinces in Benin. In: J.K. Ransom, L. J. Musselman, A. D. Worsham et C. Parker (eds.). Proceedings of the Fifth International Symposium of Parasitic Weeds. Nairobi, Kenya, CIMMYT, p. 484.
- HOFFMANN G. et DIARRA C., 1994. Présentation d'une méthodologie d'étude des plantes parasites herbacées des cultures. In: *Etat d'avancement de la recherche de la production de cultures vivrières en Afrique semi-aride*, Niamey 7-14 Mars 1991. J.M. Menyonga, Taye Benzunch JY Yayoc & Idrissa Soumana (eds).
- KONATÉ A., 1986. *Striga* au Mali In: Proceedings of the FAO/OAU African Government Consultation on Striga Control, 20-24 October 1986, Maroua Cameroon, pages 58-61.
- MBOOB S.S., 1986. A regional programme for Western and Central Africa. In Proc. FAO/OAU - All African Government Consultation on *Striga* Control. October 1986, Maroua, Cameroon, pp 190-194.
- PARKER C., MUSSELMAN L.J., POLHILL R.M., and WILSON A.K., 1984. Proceedings of the Third International Symposium on Parasitic Weeds, 7-9 May, Aleppo (Syria).
- RANSOM J.K., MUSSELMAN L.J., WORSHAM A.D. and PARKER C., 1991. Proceeding of The 5th International Symposium on Parasitic Weeds, 24-30 June, Nairobi (Kenya).
- RANSOM J.K., OSWALD A., ABAYO G., KROSCHER J. et SAUERBORN J., 1999. Intercropping an option for *Striga* control in J Kroschel, H Mercer-Quarshie, J Sauerborn (eds). *Advances in parasitic weed control at on farm level. Vol 1. Joint action to control Striga in Africa*. Margraf Verlag. Weikersheim. 171-179.
- SALLÉ G. et KONATÉ A., 1988. Combatting *Striga* in Africa. Opportunities for research collaboration. IITA Meeting Report series 4 Ibadan, Nigeria 5p.
- SAUERBORN J., 1991. The economic importance of the phytoparasites Orobanche and *Striga*. In Ransom J.K., Musselman L.J., Worshman D & Parker C. (eds). Proceedings of the 5th International Symposium on Parasitic Weeds. Nairobi, Kenya, pp. 137-143.



**Chèvre
du Sahel**



**Bouc métis
anglo-nubien**



**Chèvre métisse
anglo-nubienne**

Performances laitières de la chèvre métisse anglo-nubienne et de la chèvre du Sahel en Station en zone sahélienne au Mali

Milk production performances of the crossbred Anglo-Nubian goat and the Sahelian goat in a Sahelian zone in Mali

Dao M.^{1*}, Sanogo S.¹, Nantoumé H.², Traoré D.³, Coulibaly D.¹, Ndiaye M.⁴

¹Centre Régional de Recherche Agronomique de Kayes – B.P. 281 Kayes, Mali
Tél : (223) 21 52 63 62 E-mail : crrakayes@ier.gouv.ml

²Laboratoire de Nutrition Animale/CRRRA-Sotuba – B.P. 262 – Bamako, Mali

³Faculté des Sciences et Techniques – B.P. 3206 – Bamako, Mali

⁴Direction scientifique Institut d'Économie Rurale – B.P. 258, Rue Mohamed V – Bamako, Mali

*Tél. +223 76 18 10 09 – Courriel : madoudaoml@yahoo.fr

Résumé

Au Mali, la production laitière des races de chèvres locales demeure faible. Pour améliorer cette performance et répondre à la demande de plus en plus croissante de la population en protéine d'origine animale, cinq boucs anglo-nubiens furent introduits dans la Station de Recherche Agronomique de Samé à Kayes, en 2005. Le bouc anglo-nubien a été croisé avec la chèvre du Sahel. Les métis demi-sang obtenus ont fait l'objet de contrôle notamment pour leur production de lait. Les animaux étaient conduits aux pâturages sans contact avec d'autres animaux et recevaient un complément alimentaire. La production de lait a été évaluée sur la base du contrôle laitier (méthode de Fleishman).

Les productions laitières journalières ont été respectivement de $1,51 \pm 0,56$ litres pour la métisse et de $1,07 \pm 0,43$ litres pour la chèvre locale ($P < 0,05$). Les moyennes obtenues sur la production totale sont de 159 litres pour une durée de lactation de 103 jours pour la métisse et de 111 litres de lait et 98 jours de lactation pour la chèvre locale. L'analyse de la courbe de lactation des demi-sang a démontré que la

lactation débute avec un niveau de production journalière de 1,2 litres, pour atteindre son pic à la 4^e semaine qui est de 1,35 litres. La production baisse progressivement jusqu'à 0,8 litre à la 15^e semaine.

Les productions moyennes obtenues chez les métisses en fonction du rang de lactation, ont montré une meilleure production de lait à la troisième et à la quatrième lactation, soit respectivement $1,65 \pm 0,65$ litres et $1,95 \pm 0,47$ litres (différence significative par rapport à la première et à la deuxième lactation ($P < 0,05$)). Par ailleurs, l'analyse des résultats a montré que la taille de la portée n'a pas d'effet sur le niveau de production des métisses. Par contre, la saison a eu un effet significatif sur la performance des chèvres laitières avec une production de $1,71 \pm 0,56$ litres / femelle / jour en saison sèche froide contre $1,16 \pm 0,40$ litres en saison sèche chaude ($P < 0,05$). La production de lait était corrélée positivement au rang de lactation à 48% ainsi que la production totale de lait à la durée de lactation à 67%.

Mots clés : Métis Anglo-nubien, Chèvre du Sahel, Production laitière, Kayes, Mali.

Abstract

In Mali, milk production of local goat breeds remains low. To improve this performance and meet the growing demand of the population for protein of animal origin, five Anglo-Nubian goats were introduced in the Agricultural Research Station of Samé in Kayes, in 2005. The Anglo-Nubian goat has been crossed with the Sahel goat. Crossbreds obtained have been checked, particularly for their milk production. The animals were driven to pastures without contact with other animals and received a dietary supplement. Milk production was evaluated on the basis of milk control (Fleishman method).

Daily milk yields were 1.51 ± 0.56 liters for crossbred and 1.07 ± 0.43 liters for the local goat, respectively ($P < 0.05$). The total production averages are 159 liters for a lactation period of 103 days for crossbred and 111 liters of milk and 98 days of lactation for the local goat. The analysis of the crossbred lactation curve showed that lactation started with a daily production level of 1.2 liters, reaching its peak at the 4th week of 1.35 liters. Production dropped gradually to 0.8 liters in the 15th week.

Average yields in crossbred by lactation rank showed a better milk production at the third and fourth lactations, respectively 1.65 ± 0.65 liters and 1.95 ± 0.47 liters (significant difference from first and second lactations ($P < 0.05$)), and analysis of the results showed that litter size did not affect the production level of the crossbreds. On the other hand, the season had a significant effect on the milk producers' performance with a production of 1.71 ± 0.56 liter / female / day in the cold dry season compared to 1.16 ± 0.40 liters in the hot dry season ($P < 0.05$); milk production was positively correlated with lactation at 48% and total lactation milk production at 67%.

Key words: Anglo-Nubian Crossbred, Sahelian goat, Milk production, Kayes, Mali.

1. Introduction

La population du Mali, estimée aujourd'hui à 14 517 176 d'habitants (DNSI, 2009), est en pleine croissance et exprime une forte demande en ressources alimentaires d'origine animale dont une bonne partie constituée surtout de lait, de produits laitiers et de viande est importée. Selon des études récentes, le Mali importe entre 10 et 15 milliards de francs CFA de lait et produits laitiers (MEP, 2008). Malgré les efforts d'intensification de la production de lait notamment par le biais de l'insémination artificielle, l'introduction de races exotiques, et l'utilisation de sous-produits agro-industriels, la consommation en produits d'origine animale demeure faible, avec 18 litres de lait/habitant et par an. Cette situation serait liée en partie à la faible productivité en lait des races locales dont les chèvres. En effet, les races de chèvres africaines, et singulièrement celles du Mali, sont peu productives en lait. Cette faible productivité, outre les conditions d'exploitation, est due pour une grande part à un potentiel génétique limité (Kouriba, 2002).

Aussi, pour inverser cette tendance, le Mali a inscrit dans sa stratégie de croissance et de lutte contre la pauvreté (CSCR, 2011), l'augmentation de la productivité agricole dont celle des races animales qui reste faible. Pour améliorer la performance des races locales, plusieurs facteurs interviennent, notamment alimentaires, sanitaires et génétiques. Ainsi, au Mali, à la Station de Recherche Agronomique de Samé, dans le domaine de l'amélioration génétique des races, il a été procédé au croisement du bouc anglo-nubien qui est une race mixte pour la viande et le lait de la chèvre du Sahel, une race locale rustique. Les métis demi-sang issus de ce croisement ont fait l'objet d'une évaluation basée sur leur performance laitière.

L'objectif de la présente recherche est de proposer aux éleveurs des géniteurs métis performants qui permettront d'accroître la production laitière de la chèvre locale et de lutter ainsi contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer, du début à la fin de la lactation, le potentiel de production en lait de métisses anglo-nubiennes.

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Site

La Station de Recherche Agronomique de Samé a servi de cadre à cette étude. Elle est située dans la région de Kayes en zone sahélienne. Les précipitations moyennes sont de 700 mm/an avec une température moyenne de 35°C et des maxima journaliers de 40 à 45°C.

2.1.2. Matériel animal

L'évaluation a porté sur 32 chèvres dont 23 métisses anglo-nubiennes et 9 chèvres du Sahel.

La chèvre anglo-nubienne est une race caprine de production mixte de lait et de viande. Elle résulte du croisement de la chèvre commune anglaise et de celle venue d'Inde et d'Égypte.

De grande taille, de robe très variée, fauve, rouge, noire et leurs combinaisons, l'animal a de longues et tombantes oreilles. Il représente l'une des plus grandes et plus lourdes races caprines avec les mâles atteignant 140 kg et les femelles 110 kg. La race est très bonne laitière et la production laitière des élites peut atteindre 8 litres par jour. Des productions journalières de 4 à 5 litres sont fréquentes avec des taux de matière grasse de 4,8% et de protéine de 3,8%.

La race est très prolifique. Les jumeaux, les triplés et les quadruplés sont fréquents et cela, même à un âge avancé, où des femelles à plus de 12 ans peuvent bien se reproduire et produire du lait (Mauries, 2009).

La chèvre du Sahel, localisée au Mali dans les zones arides et semi-arides, est caractérisée par une taille de 70 à 75 cm pour la femelle et de 80 à 85 cm pour le mâle adulte. Son poids moyen est de 30 kg. La production laitière varie de 0,5 à 1,5 litres par jour (MEP, 2003).

2.1.3. Matériel de contrôle laitier

Le matériel technique utilisé est composé de pots gradués d'un litre, d'un récipient de 20 litres, des pesons de 25 kg de portée, des sacs de pesée et d'une potence métallique.

2.2. Méthodes d'élevage et de collecte des données

2.2.1. Méthodes d'élevage

Les animaux ont été déparasités en début et en fin de saison pluvieuse et vaccinés par semestre contre la pasteurellose et contre la peste des petits ruminants, une fois par an.

Les animaux étaient conduits au pâturage entre 8 heures et 12 heures le matin et entre 15 heures et 18 heures dans l'après-midi. Durant ces heures, ils sont nourris essentiellement de fourrages aériens et de plantes herbacées. Un temps d'abreuvement et de repos est observé entre 12 heures et 15 heures à la bergerie de la Station. Les compléments alimentaires distribués au retour des animaux des pâturages sont les tourteaux de coton et le granulé de son de blé.

Pendant la saison sèche chaude de mars à juin, en plus du complément de concentré, les laitières reçoivent des fanes d'arachide ou du foin. Les quantités totales de suppléments distribués par animal et par jour ont varié de 800 à 1000g en fonction des saisons (Tableau I).

L'abreuvement était *ad libitum*. L'eau était renouvelée tous les matins. Les rations journalières ont été établies en fonction du niveau de production moyenne de 3 litres par jour. En tenant compte des besoins énergétiques et azotés des chèvres produisant 3 litres de lait par jour, il a été distribué quotidiennement 0,8 kg de complément composé à part égale de tourteau de coton et de granulé de son.

Le complément de concentré est augmenté de 200 g composés de 100 g de tourteau et de 100 g de son pendant la saison sèche chaude.

Le troupeau était conduit tous les jours aux pâturages sans contact avec d'autres troupeaux pour éviter les saillies non désirées.

2.2.2. Méthodologie du contrôle laitier

La méthode de Fleschman a été utilisée pour l'évaluation de la performance laitière. Le contrôle laitier était effectué une fois par semaine. Pour le contrôle journalier, les chevreaux isolés le matin dans un box sont pesés avant (P1) et après (P2) la tétée. La différence de poids entre P2 et P1 donne la quantité de lait consommée par le chevreau. On mesure ensuite la quantité de lait trait. La somme des quantités obtenues par la pesée des chevreaux et par la traite donne la quantité de la première séance. Le lendemain matin, la même opération est répétée et le cumul des deux séances donne la production laitière journalière. Ces données sont portées sur une fiche de contrôle.

La production totale est la somme des quantités journalières rapportée au nombre de jours de lactation. La durée de la lactation est la somme du nombre de semaines de lactation

plus l'intervalle entre la date de mise bas et la date du premier contrôle.

2.3. Méthodologie de traitement et d'analyse des données

Les données ont été saisies dans une base sur Excel. L'analyse de la variance a été faite avec le logiciel SPSS et le niveau de probabilité retenu est $P < 0,05$.

III. Résultats

3.1. Production laitière

La performance laitière des métisses a été évaluée en fonction des saisons (saison sèche froide, saison sèche chaude et saison pluvieuse), du rang de lactation et du type de mise bas. La figure 1 nous donne l'évolution de la courbe de lactation moyenne des femelles demi-sang en 39 observations. La lactation débute avec un niveau de production de 1,2 litre et atteint le pic de 1,35 litre à la 4^e semaine. La production baisse progressivement jusqu'à 0,8 litre à la 15^e semaine.

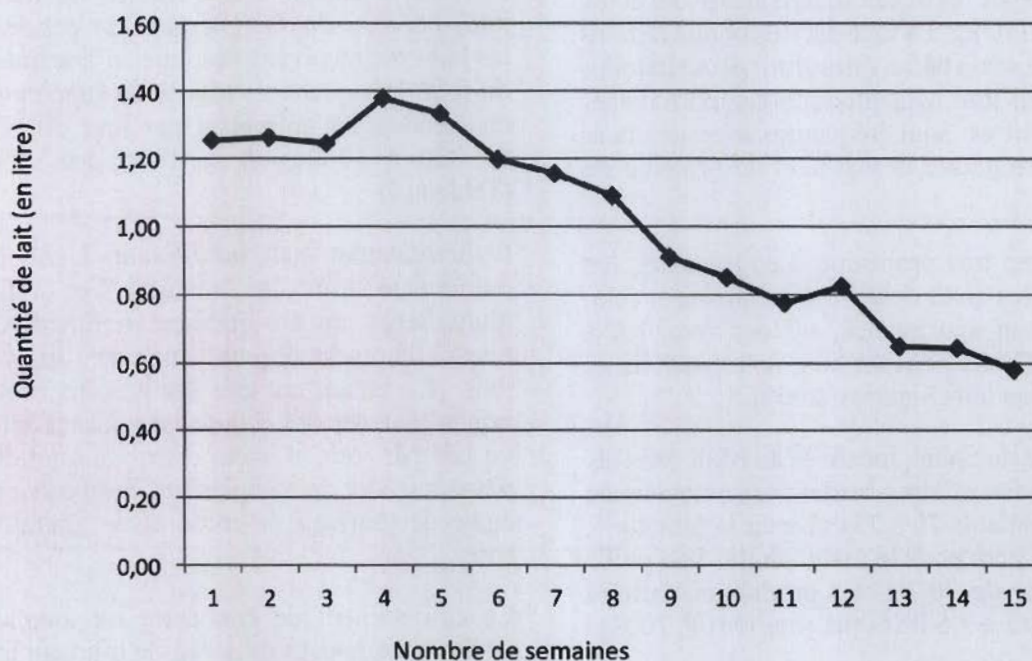


Figure 1. Courbe de lactation moyenne des femelles demi-sang

3.1.1. Production laitière des métisses en fonction de la saison

La production de lait de la saison sèche froide est significativement supérieure à celles de la saison sèche chaude et de la saison pluvieuse, soit 1,71 litre contre 1,16 litre ($P < 0,05$). Il est à noter que 61 % des lactations ont eu lieu pendant la saison sèche froide (Tableau I).

3.1.2. Production laitière en fonction du rang de lactation

Les productions moyennes obtenues en fonction du rang de lactation ont montré une différence significative entre les troisième et quatrième rangs de lactation où de fortes productions sont obtenues par rapport aux productions des premiers et deuxième rangs

de lactation, qui ont enregistré les faibles productions ($P < 0,05$) (Tableau II).

3.1.3. Production laitière en fonction du type de mise bas

L'analyse statistique des résultats a montré que le type de mise bas n'a pas d'effet sur le niveau de production des métisses (Tableau III).

3.1.4. Corrélation entre les paramètres de production laitière

Le tableau IV montre que la production journalière de lait et la production totale sont corrélées positivement au rang de lactation, de même, la production totale de lait est corrélée à la durée de la lactation. Les autres corrélations sont faibles ou négatives (Tableau IV).

Tableau I. Production laitière moyenne par femelle selon les saisons

Saison	Production jour/chèvre (litre)	Écart-type/chèvre (litre)	N
Saison pluvieuse	1,39a	0,61	3
Saison sèche chaude	1,16a	0,40	12
Saison sèche froide	1,71b	0,56	24

a et b : différence significative ($P < 0,05$) ; N = effectif

Tableau II. Production laitière moyenne par femelle et par jour selon le rang de la lactation

Race	Rang de la lactation	Moyenne/chèvre (litre)	Écart-type/chèvre (litre)	N
Demi-sang	1	1,07a	0,65	5
Demi-sang	2	1,33ab	0,33	13
Demi-sang	3	1,65bd	0,60	15
Demi-sang	4	1,95d	0,47	6
	Moyenne	1,51aa	0,56	39
Sahel	>4	1,07bb	0,42	11

*entre a, b, c et d la différence est significative ($P < 0,05$) ; N = effectif

Tableau III. Production laitière journalière des métisses selon le type de mise bas

Type de mise bas	Production de lait des chèvres (litre)	Écart-type chèvre (litre)	N
Simple	1,38 a	0,57	12
Double	1,60 a	0,56	20
Triple	1,48 a	0,59	7

a : différence non significative ($P < 0,05$) ; N = effectif**Tableau IV.** Corrélations entre les paramètres

Paramètres	Production/ jour	Rang de lactation	Type de naissance	Production totale	Durée de lactation	N
Production/jour	-	0,48**	0,09	0,83**	0,17	39
Rang de lactation	0,48**	-	0,20	0,64**	0,52**	39
Type de naissance	0,09	0,20	-	0,01	-0,06	39
Production totale	0,83**	0,64**	0,01	-	0,67**	39
Durée de lactation	0,17	0,52	-0,06	0,67	-	39

**corrélation hautement significative ($P < 0,01$) ; N = effectif

IV. Discussion

L'évaluation de la productivité des métisses anglo-nubiennes à la station de Samé a porté sur les paramètres de production de lait, à savoir la production journalière de lait, la production totale, la durée de la lactation. À la station de Samé, les observations faites ont donné une production journalière moyenne chez les métisses anglo-nubiennes supérieure à celle de la chèvre du Sahel. La supériorité de la performance des métisses pourrait s'expliquer par l'effet hétérosis. Les résultats obtenus dans la présente étude sur la performance laitière des métisses, sont comparables à ceux de Nantoumé *et al.* (2005) obtenus sur la chèvre Guéra en Station avec des productions de 1 à 3 litres de lait par jour et meilleurs que ceux obtenus par Benjenane *et al.* (2010) avec la chèvre DRAA au Maroc qui a produit en moyenne 0,46 litre par jour pour une durée

de lactation de 133 jours en station. Belhassan *et al.* (1988) ont obtenu avec la chèvre alpine une moyenne de 1,10 litre de lait/jour en 240 jours de lactation. Cette performance pourrait s'expliquer par le potentiel génétique laitier de l'anglo-nubienne qui est supérieur à celui de la chèvre DRAA. La comparaison avec la chèvre Guéra permet de dire qu'elles ont le même potentiel génétique en lait.

La production atteint son pic chez les chèvres qui sont à leurs 3^e et 4^e lactations. Cette tendance diffère légèrement de celle obtenue par J. Legarto *et al.* (2014) qui ont trouvé que la production est maximale en les 2^e et 3^e lactations. Après ce pic, la production laitière amorce la baisse. Au niveau de la courbe de lactation, le pic de la production a été atteint à la 4^e semaine de lactation, ce qui est précoce par rapport aux résultats de Fernandès *et al.* (2000) dont le pic a été atteint à la 6^e semaine avec la chèvre Murciano-granadina ; Mekki *et*

al., 2011, ont eu avec la chèvre locale dans les zones arides tunisiennes, un pic à partir de la 17^e semaine de lactation. Fernandès *et al.*, ont obtenu une durée de lactation supérieure à celle de la présente étude, soit 140 jours contre 103 jours. La durée de la lactation dans la présente étude est certainement influencée par la saison sèche chaude qui agit par le biais de la chaleur et la détérioration de la qualité du pâturage. Ce qui fait que les femelles tarissent plus tôt.

Quant aux primipares, leur production a été faible à cause des besoins de croissance auxquelles elles font face. Une partie de l'énergie est consacrée à cette fin au lieu de la production de lait.

Les meilleures performances journalières ont été observées pendant la saison sèche froide, vraisemblablement à cause de l'effet de la complémentation, de la fraîcheur et de la disponibilité des fourrages.

La taille de la portée n'a pas eu d'effet sur le niveau de production de lait des métisses. Un résultat similaire a été obtenu par Mian *et al.* (2012) au Tchad sur la chèvre du Sahel.

V. Conclusions et perspectives

Les études sur la performance laitière des chèvres métisses anglo-nubiennes ont confirmé que les performances obtenues ont été supérieures à celles de la chèvre locale à la Station de Samé. Dans l'expression de la performance, le rang de la lactation a été déterminant avec un pic de production à la quatrième lactation. Aussi, il a été prouvé que la saison sèche froide est plus favorable à la production de lait que la saison sèche chaude. Ainsi, le croisement de la chèvre du Sahel avec le bouc anglo-nubien a permis d'améliorer sa performance laitière. Le bouc métis doit faire l'objet d'une large diffusion auprès des agro-éleveurs qui désirent améliorer la production laitière de leur troupeau.

Les études futures devront s'articuler autour de la composition du lait des métisses, de

l'identification des gènes impliqués dans la production de lait à partir de l'analyse moléculaire. À l'issue de l'étude, les sujets performants (mâles et femelles) qui seront retenus seront diffusés auprès des éleveurs en vue de l'amélioration du lait de leur élevage de chèvres.

VI. Références

- BELHASSAN MY MEHDI, HAJJANI BOUALI, SEFIANI MOHAMED, 1988. Résultats préliminaires obtenus sur la chèvre alpine dans la station de l'office du Haouz. 5 p.
- BENJENANE I., LICHIR N., HAZYALA A., 2010. Performance de production laitière des chèvres DRAA au Maroc. Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, Vol.3, Page 83-88, N°3-4 Maroc.
- CSCRP, 2011. Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté au Mali (2012-2017), 146 p.
- FERNANDÈS C., SANCHEZ A., GARCÉS C., RUBERT ALEMAN J., DIAZ J.R., 2000. Courbe de lactation chez la chèvre Murciano-Granadina primi-pare. Division de Production animale. Université Miguel Hernandez. CTRA. Beniel, Espagne.
- DNSI, 2009. 4^{ème} recensement général de la population et de l'habitat du Mali. RPGH. Juillet 2009.
- J. LEGARTO, M. GELÉ, A. FERLAYE *et al.*, 2014. Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéiques et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge. INRA Prod. Anim. 27 (4), 269-282.
- KOURIBA A., 2002. Rapport sur l'état des ressources génétiques animales dans le monde. Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche. 94p.
- MAURIES M., 2009. L'élevage du Hogan des vents; chèvres anglo-nubiennes. http://chevres.nutritionverte.com/chevre_anglo_nubienne.html
- MEKKI I., NAJARI S., AMOR G., 2011. Ajustement de la courbe de lactation de la chèvre locale dans les zones arides tunisiennes. Vol 105, N°1, Instituto Agronomico per l'Oltremare (IAO).

MEP (MINISTÈRE DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PÊCHE), 2008. Stratégie de valorisation du lait cru local au Mali. 44p

MIAN-LOUDANANG KOUSSOU et DANIEL BOURZAT, 2012. Aptitude laitière de la chèvre du Sahel tchadien : facteurs de variation et influence sur la croissance des jeunes en milieu réel. *Livestock Research for Rural Development* 24 (11).

MINISTÈRE DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PÊCHE (MEP), 2003. Politique Nationale de

Développement de l'Elevage au Mali. Volume I Diagnostic et analyse critique de la situation actuelle du sous-secteur élevage au Mali. 115p.

NANTOUMÉ H., TRAORÉ D., DIARRA CHT, 2005. Amélioration de la production laitière par l'introduction de la chèvre Guéra. Rapport final de recherche, 11^{ème} Commission Scientifique du Comité National de la Recherche Agricole, Novembre 2005, Bamako.

Effets de l'inoculation de *Fusarium thapsinum* et de *Curvularia lunata* sur la mycoflore des grains de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) et le pouvoir germinatif des semences

Effects of the inoculation of *Fusarium thapsinum* and *Curvularia lunata* on the mycoflora of sorghum grains (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and the germination capacity of seeds

Katilé O.S.^{1*}, Prom L.K.², Diourté M.¹, Rooney W.³ et Magill C.⁴

¹Institut d'Économie Rurale (IER), BP 258 Bamako, Mali

²United States Department of Agriculture, Southern Plain Unit, College Station TX 77845, USA.

³Dep. of Soil and Crop Science, Texas A&M Univ., College Station, TX 77843-2474, USA

⁴Dep. of Plant Pathology and Microbiology, Texas A&M Univ., College Station, TX 77843-2132, USA

*Tél. : +223 73 29 35 44 / +223 69 63 79 68 - Courriel : sokatile57@gmail.com

Résumé

La moisissure des grains est un problème majeur du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). C'est un complexe de trois phénomènes comprenant l'infection du grain par les champignons parasites et saprophytes, la décoloration et l'altération de la qualité des grains et la perte du pouvoir germinatif et de l'émergence. Plus de 40 genres de champignons sont associés à la moisissure des grains mais seulement quelques espèces infectent le tissu floral pendant le développement des grains.

L'objectif de cette étude était d'identifier les différentes espèces de champignons présentes sur la surface des grains, après inoculation au champ avec les deux principales espèces de champignons responsables de la moisissure des grains de sorgho utilisés dans cette étude.

Le test de la microflore de la graine a montré qu'une multitude d'espèces de champignons sont présentes dans la semence, qu'elle soit

inoculée ou non avec *Fusarium thapsinum* ou *Curvularia lunata*. Les résultats ont montré que les espèces les plus fréquentes étaient *F. thapsinum*, *C. lunata* et *Alternaria spp.* D'autres espèces de champignons comme *F. semitectum*, *Aspergillus spp.*, *Rhizoctonia spp.* étaient présentes sur la surface des grains surtout sur les plants non-inoculés et non-ensachés. Les résultats des tests de germination ont montré un taux de germination assez faible dans l'ensemble (32,5%). Le taux de germination le plus faible a été obtenu avec le cultivar sensible RTx430 avec moins de 10% tandis que les taux les plus élevés ont été obtenus sur les variétés Sureño, SC719-111E, SC748-5 et SC650-111E. Les plants non-inoculés et ensachés ont montré les taux les plus élevés comparés aux plants non-inoculés et non couverts qui ont présenté les plus faibles pourcentages de germination.

Mots clés : Moisissures, champignons, *Fusarium thapsinum*, *Curvularia lunata*, inoculations, cultivars, espèces.

Abstract

Grain mold is a major problem in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. It is a complex of three phenomena: grain infection by parasites and saprophytes, discoloration and alteration of the quality of the grain, and loss of germination and emergence. Over 40 kinds of fungal genera are associated with grain mold, but only a few species infect floral tissue during grain development.

The objective of this study was to identify the different species of fungi present on the grain surface after field inoculation with the two main species of grain molding fungi used in this study.

The mycoflora analyses showed that a multitude of species of fungi were present in the seed whether or not inoculated with *F. thapsinum* or *C. lunata*. The results showed that the most frequently recovered fungal species were *F. thapsinum*, *C. lunata* and *Alternaria* spp. Other fungal species such as *F. semitectum*, *Aspergillus* spp. and *Rhizopus* spp. were present on the grain surface especially on the non-inoculated and non-bagged plants. Across lines and treatment, mean germination rate was 32.5%. The lowest germination rate was recorded by the susceptible cultivar RTx430 with less than 10%, while the highest rates were obtained on the varieties Sureño, SC719-11E, SC748-5 and SC650-11E. The non-inoculated plants and the bagged ones recorded the highest germination rates when compared with the non-inoculated plants and the non-bagged ones.

Keywords: Mold, fungi, *Fusarium thapsinum*, *Curvularia lunata*, inoculations, cultivars, species.

I. Introduction

Le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), une céréale originaire de l'Afrique, est cultivée dans le monde entier pour la nourriture et le fourrage (Doggett, 1988). En 1994, le sorgho a été classé au cinquième rang mondial parmi les céréales les plus importantes cultivées dans le monde après le blé, le riz, le maïs et l'orge en superficie et en production, avec 61,787 millions de tonnes produites en 1988 (FAO, 1991). Le sorgho est cultivé pour les grains, le fourrage, les sirops, les sucres et pour l'usage industriel des fibres. La graine entière de sorgho contient 12% de protéine, 75% d'amidon, 4% de graisse et 4% de minéraux (Subramanian et Jambunathan, 1988). Le reste, 5%, est constitué de fibres.

La moisissure des grains de sorgho est l'une des principales contraintes biotiques dans l'amélioration de la production du sorgho dans le monde. Elle réduit le rendement grains par une diminution du poids grain (Castor et Frederiksen, 1980), de la densité des grains (Castor 1981; Ibrahim *et al.*, 1985) et du pouvoir germinatif de la semence (Castor 1981; Maiti *et al.*, 1985). D'autres types de dommages causés par la moisissure des grains sont la détérioration de la qualité des grains au stockage (Hodges *et al.*, 1999), de la qualité nutritionnelle, de la qualité de la transformation, ainsi que de l'aspect du noyau et de la valeur marchande du grain (Castor et Frederiksen, 1980). Les effets pourraient aller de la détérioration cosmétique du péricarpe à la détérioration profonde de l'embryon et de l'endosperme (Rooney et Serna-Shalidar, 1991). Plusieurs champignons de la moisissure produisent des mycotoxines qui sont dangereux pour la santé humaine et animale et la reproduction.

La maladie est généralement sévère lorsque le développement du grain coïncide avec des conditions météorologiques humides et chaudes (Rodriguez *et al.*, 2000). Les champignons, appartenant à plus de 40 genres, sont associés à la moisissure de grains, mais seulement quelques champignons infectent les tissus des fleurs de sorgho durant les

premiers stades de développement du grain. Ce sont, par ordre d'importance, *F. thapsinum*, Klittich, Leslie, Nelson et Marasas spp. Nov., *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, *F. moniliforme* (Sheld), *F. pallidoroseum* Berk & Rav, *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch, & van Kesteren et *Alternaria* spp., Menkir *et al.*, 1996. Les espèces *C. lunata* et *F. moniliforme* sont d'une importance mondiale. *F. thapsinum* est un champignon filamenteux largement répandu sur les plantes et dans le sol. Il se trouve dans la mycoflore normale de nombreuses cultures communes. Le *Fusarium* de la moisissure des grains est probablement le pathogène des céréales le plus courant sur le sorgho (Klittich *et al.*, 1997). Les espèces de *Curvularia* sont communément rencontrées comme des parasites ou saprobes (saprophytes) sur les hôtes graminées. La phase téléomorphe est *Lunatus cochliobolus*.

La présente étude a pour objectif d'évaluer les effets de l'inoculation du sorgho au stade de floraison avec deux agents responsables de la moisissure des grains (*Fusarium* et *Curvularia*) sur la flore microbienne du grain de sorgho et sur le pouvoir germinatif des grains de sorgho.

II. Matériel et méthodes

2.1. Test de la mycoflore des grains

2.1.1. Matériel

Les graines ont été collectées sur des cultivars de sorgho cultivés en condition de champ en 2006 et ayant des sensibilités différentes à la moisissure. Les graines utilisées dans ce test proviennent de huit (08) lignées de sorgho inoculées ou non au stade de floraison, avec des solutions contenant des spores de *F. thapsinum* et de *C. lunata*. Les inocula de *Curvularia* et de *Fusarium* ont été obtenus dans le laboratoire de l'USDA (United State Department of Agriculture) à College Station, Texas.

2.1.2. Méthodes

Les traitements appliqués au stade de floraison étaient les suivants: 1) inoculation avec solution de spores de *F. thapsinum*, 2) inoculation avec solution de spores de *C. lunata*, 3) inoculation avec un mélange de spores de *C. lunata* et de *F. thapsinum*, 4) témoin pulvérisé avec de l'eau distillée et le tout recouvert par les sacs de pollinisation et 5) témoin naturel non inoculé et non couvert.

La mycoflore des semences a été déterminée pour 10 graines par traitement pour chaque variété. Les graines ont eu leurs surfaces stérilisées avant l'évaluation. Trente graines ont été placées dans des flacons à raison de 3 flacons par traitement et 10 graines par flacon. L'opération de stérilisation des graines a consisté à les tremper dans l'eau du robinet et puis à les immerger dans l'eau de Javel à 10% Clorox (NaOCl) pendant 1 minute. Les graines ont été ensuite rincées trois fois dans l'eau distillée et séchées sous une hotte à flux laminaire puis étalées dans des boîtes de Pétri sur le substrat de culture constitué de dextrose de pomme de terre (demi-dose) et de l'agar (19,75 g PDA et 10 g Bacto-agar par litre) et incubées à 25°C avec une photopériode de 12 heures pendant 7 jours dans le laboratoire de pathologie de sorgho de l'USDA, College Station (Texas). L'expérience a été répétée trois fois. Les boîtes de Pétri ont été évaluées de quatre à cinq jours après l'étalement. L'analyse de la mycoflore des grains a été décrite par Prom (2004). L'identification des espèces de champignons a été basée sur les conidies (Photos 1 et 2), conidiophores, la morphologie des colonies et la couleur selon les descriptions fournies par Booth (1971). Un microscope a été utilisé pour une identification claire. L'identification des espèces de champignons obtenues à partir de grains infectés a été menée sur des boîtes individuelles, après une croissance sous flux laminaire pour éviter toute contamination extérieure.



Photo 1. Conidies de *C. lunata*



Photo 2. Conidies de *F. thapsinum*

2.2. Test de germination des semences

2.2.1. Matériel

Les grains utilisés ont été récoltés sur treize (13) lignées de sorgho cultivées en 2016. Ils ont été collectés sur les lignées ayant fait l'objet des traitements suivants :

- plants inoculés avec *C. lunata* ;
- plants inoculés avec *F. thapsinum* ;
- plants inoculés avec le mélange *C. lunata* et *F. thapsinum* ;

- plants témoins ensachés ;
- plants non-inoculés et non couverts.

2.2.2. Méthodes

Les grains ont été étalés sur du papier filtre Whatman n° 1 ® Schleicher & Schuell de 90 mm de diamètre (Cat # 1001090), humidifiés avec de l'eau stérile dans une boîte de Pétri et conservés à une température ambiante de 25°C. Vingt grains ont été utilisés par lignée en deux répétitions. Une semaine après exposition, les grains ont été évalués pour déterminer le pourcentage de germination.

Le logiciel SPSS a été utilisé pour l'analyse statistique des résultats obtenus et l'analyse de variance a été utilisée pour discriminer les traitements, suivie ou non du test de Newman Keuls.

III. Résultats

Les résultats ont montré que *F. thapsinum* a été présent sur toutes les lignées testées sur tous les traitements. Cet agent pathogène a été présent à un niveau très élevé avec plus de 50% de récupération sur toutes les lignées inoculées avec *F. thapsinum*, sauf pour les entrées BTxARG-1 et Tx2911 avec seulement 43,3% de récupération. *F. thapsinum* a été l'espèce la plus fréquemment retrouvée à 43,08%, suivie par *C. lunata* (30,53%). *Alternaria spp.* a été la troisième espèce la plus fréquemment retrouvée (14%) avec plus de croissance sur les plants témoins et les plants naturellement infectés non ensachés (Tableau I). Un cultivar (SC414-12E) inoculé avec *F. thapsinum* avait 100% de récupération de cette espèce. En faisant une comparaison entre le cultivar RT

430 sensible et le cultivar Tx2911 résistant, il apparaît que les variétés à péricarpe rouge ont été plus résistantes que celles à péricarpe blanc (Photo 3). *F. semitectum* avait la plus faible fréquence d'isolement avec moins de 5%. Certaines espèces comme *Aspergillus spp.* et *Rhizopus spp.* étaient également présentes à un niveau inférieur. D'une manière générale, il est apparu que l'infection naturelle avait le plus grand nombre de différentes espèces de champignons. *Aspergillus spp.* et *Rhizopus spp.* étaient présentes aussi à un niveau assez faible (Tableau I).

Les résultats du test de germination ont donné un taux moyen de germination faible de 32,50% pour l'ensemble des cultivars testés. Les plus faibles taux de germination ont été observés sur RTx430, un cultivar sensible avec moins de 10% de germination, SC414 avec moins de 14% et sur SC279-14E avec 18,41% de germination, tandis que les taux de germination les plus élevés ont été observés sur SC719-11E, Sureño SC748-5 et SC650-11^E (Tableau II).



Photo 3. Grains de deux cultivars de sorgho RTx430 (A) (susceptible) et Tx2911 (B) (résistant).

A: RTx430 inoculé avec : 1 : *C. lunata*, 2 : *F. thapsinum*, 3 : *C. lunata* plus *F. thapsinum*, 4 : Témoin inoculé avec H₂O et ensaché, 5 : Témoin infection naturelle non ensaché.

B: Tx2911 : inoculé avec : 1 : *C. lunata*, 2 : *F. thapsinum*, 3 : *C. lunata* plus *F. thapsinum*, 4 : Témoin inoculé avec H₂O et ensaché, 5 : Témoin infection naturelle non ensaché.

Tableau I. Fréquence d'isolement (%) des espèces de champignons des cultivars de sorgho

Cultivars	Traitements	F.T.	F.S.	C.L.	Alter.	Asper.	Rhi & autres
Sureño	<i>C. lunata</i>	15	10	71,7	3,3	0	0
Sureño	<i>F. thapsinum</i>	93,3	0	0	6,7	0	0
Sureño	CL+FT	38,3	3,3	55	3,3	0	0
Sureño	Naturel	6,7	35,0	0	45,0	3,3	10,0
90EON343	<i>C. lunata</i>	45,0	0	55	0	0	0
90EON343	<i>F. thapsinum</i>	96,7	0	3,3	0	0	0
90EON343	CL+FT	28,3	3,3	53,3	15,0	0	0
90EON343	Témoin	3,3	30,0	0	38,3	28,3	0
90EON343	Naturel	58,3	0	1,7	10	0	30,0
RTx430	<i>C. lunata</i>	25	0	75	0	0	0
RTx430	<i>F. thapsinum</i>	85,0	0	15	0	0	0
RTx430	CL+FT	93,3	3,3	3,3	0	0	0
RTx430	Témoin	60,0	18,3	21,7	0	0	0
RTx430	Naturel	30,0	5,0	26,7	25	0	13,3
BTxARG-1	<i>C. lunata</i>	10,0	0	90,0	0	0	0
BTxARG-1	<i>F. thapsinum</i>	43,3	0	56,7	0	0	0
BTxARG-1	CL+FT	38,3	0	55	6,7	0	0
BTxARG-1	Témoin	48,3	0	15	35	1,7	0
BTxARG-1	Naturel	13,3	8,3	18,3	58,3	0	1,7
BTx399	<i>C. lunata</i>	11,7	0	88,3	0	0	0
BTx399	<i>F. thapsinum</i>	53,3	20,0	0,0	1,7	1,7	23,3
BTx399	CL+FT	63,3	0	36,7	0	0	0
BTx399	Témoin	25,0	3,3	3,3	46,7	18,3	3,3
BTx399	Naturel	53,3	0,0	3,3	16,7	3,3	23,3
SC414-12E	<i>C. lunata</i>	3,3	0	96,7	0	0	0
SC414-12E	<i>F. thapsinum</i>	100,0	0	0	0	0	0
SC414-12E	Témoin	15	16,7	1,7	28,3	38,3	0
SC414-12E	Naturel	30,0	0	30,0	40,0	0	0
BTx623	<i>C. lunata</i>	45,0	0,0	55	0	0	0
BTx623	<i>F. thapsinum</i>	93,3	0	6,7	0	0	0
BTx623	CL+FT	95,0	0	5,0	0	0	0
BTx623	Témoin	73,3	0	0	10,0	16,7	0
BTx623	Naturel	13,3	8,3	18,3	58,3	0	1,7
Tx911	<i>C. lunata</i>	11,7	0	85,0	0	3,3	0
Tx911	<i>F. thapsinum</i>	43,3	0	1,7	11,7	23,3	0
Tx911	CL+FT	16,7	0	35,0	58,3	6,7	3,3
Tx911	Témoin	90,0	0	0	10,0	0	0
Tx911	Naturel	20,0	0	11,7	53,3	3,3	11,7
Moyenne		43,08	4,59	30,53	14,26	4,13	3,39

Note : F.T. : *F. thapsinum*, F.S. : *F. semitectum*, C.L. : *C. lunata*, Alter. : *Alternaria* spp., Asper. : *Aspergillus* spp., Rhi : *Rhizopus* spp.

Tableau II. Pourcentage de germination des grains de sorgho après inoculation avec les pathogènes de la moisissure en expérimentation au champ en 2006.

Cultivars	<i>C. lunata</i>	<i>F. thapsinum</i>	<i>C. lunata</i> & <i>F. thapsinum</i>	Témoin (inoculé avec H ₂ O)	Témoin naturel	Moyenne
Tx2911	10,0 d	5,50 b	45,00 bc	45,00 de	7,50 e	32,00 c
RTx430	5,0 d	0,00 e	2,50 e	37,50 de	2,25 f	9,45 f
BTx623	15,0 cd	4,85 de	27,50 c	32,50 de	22,00 bc	20,37cd
BTx399	30,0 abc	10,85 d	18,85 cd	53,80 bcd	4,75 ef	23,65 cd
SC414-12E	7,5 d	31,70 bc	27,50 c	40,00 de	4,16 ef	13,85 ef
SC748-5	54,1 b	34,89 bc	50,00 ab	81,18 ab	33,84 b	50,79 ab
Sureño	52,9 b	50,08 b	55,00 ab	-	50,00 a	52,00 ab
SC719-11E	72,5 a	60,00 ab	67,50 a	95,28 a	16,20 cd	61,69 a
SC279-14E	30,0 abc	0,00 e	17,20 cd	7,50 f	37,39 b	18,41 cde
SC650-11E (T)	41,2 ab	75,00 a	57,50 ab	90,00 a	15,0 de	55,73 ab
SC103-12E	34,0 abc	10,00 d	30,00 c	52,50 bcd	13,38 d	35,53 c
90EON343	22,5 bc	7,50 d	10,00 d	62,50 bc	7,50 e	22,00 cd
BTxARG-1	7,5 d	10,00 d	57,50 ab	42,50 cd	7,50 e	25,00 cd
Moyenne	29,4	26,72	35,83	53,55	17,03	32,50

Note : Il n'y a pas de différence statistique significative entre les traitements suivis des mêmes lettres ; ANOVA test P = 0.05.

Pour les différents traitements, les plants naturellement infectés ont montré le plus faible pourcentage de germination, inférieur à 20%, suivis des plants inoculés avec le mélange de *F. thapsinum* et *C. lunata*. Chez les plants témoins pulvérisés avec de l'eau distillée et les inflorescences recouvertes de sacs de pollinisation, le taux de germination des grains a été le plus élevé avec 53,55% de germination. L'inoculation avec *C. lunata* ou *F. thapsinum* a eu le même effet dépressif sur l'aptitude à la germination mais toujours avec une moyenne inférieure à 30%.

De cette étude, il apparaît que le sorgho, couvert avec un sac de pollinisation après inoculation avec *F. thapsinum* ou *C. lunata*, peut être effectivement protégé à un certain degré des pathogènes de la moisissure des grains, des intempéries et des attaques d'insectes. Le mélange de l'inoculum des deux agents pathogènes peut accroître le processus d'infection. Le cultivar résistant Tx2911 a montré le taux de germination moyen le plus élevé (71,11%) et le cultivar RTx430 (sensible) a eu le taux le plus faible (25,2%) (Tableau II). La comparaison des différents cultivars pour le taux de germination a montré

que chez les plants inoculés avec *C. lunata*, le cultivar SC719-11E a révélé le taux de germination le plus élevé (72,50%), suivi de SC748-5 et de Sureño tandis que les cultivars RTx430, SC414-12E, et BTxARG avaient le taux de germination le plus faible (Tableau II). Pour l'inoculation avec *F. thapsinum*, le taux le plus élevé de germination a été obtenu sur le cultivar SC650-11E (T) (75%), suivi par SC719-11E et Tx2911. Certains cultivars comme RTx430 et SC279-14E n'ont pas germé. Après l'inoculation avec le mélange de *C. lunata* et *F. thapsinum*, le cultivar SC719 a de nouveau montré le plus fort pourcentage de germination (67,5%) suivi par le BTX-ARG, SC650-11E (T) et Sureño. Pour les plants inoculés avec l'eau distillée, le taux de germination le plus élevé a été obtenu sur le cultivar SC719-11E (95,28%) suivi par les cultivars SC650-11E (T) et SC748-5 et le plus faible pourcentage de germination a été observé sur RTx430. Sur les plants infectés naturellement non-ensachés, le cultivar Sureño a montré le plus fort taux de germination (50%) et le plus faible taux de germination a été observé sur RTx430. Globalement, le cultivar SC719-11E a montré le taux de germination le plus élevé suivi de SC650-11E (T), Sureño et SC748-5 alors que RTx430, un cultivar sensible à la moisissure, avait le plus faible taux de germination.

IV. Discussion

Un test effectué par Prom (2004) a montré que l'espèce de champignon, la plus fréquemment identifiée par l'analyse de la mycoflore était *C. lunata* dans 39% des cas, suivie de *F. thapsinum* avec 30% de présence. En accord avec les tests de germination, l'infection naturelle non couverte de sac de pollinisation qui a montré le plus faible taux de germination a révélé la présence de plusieurs espèces de champignons. En plus de *F. thapsinum* et de *C. lunata*, certaines espèces comme *F. semitectum*, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.* et *Rhizopus spp.* ont également été distinguées. Pour la majorité des cultivars testés, *Alternaria spp.* était une espèce importante retrouvée dans l'infestation naturelle. Les plants témoins

non inoculés et couverts avec des sacs ont également montré la présence de plusieurs espèces de champignons. La plus fréquente était *F. thapsinum*, qui a été récupérée sur la plupart des cultivars. Chez les plantes inoculées avec le mélange de *F. thapsinum* et *C. lunata*, les deux espèces ont généralement été récupérées, montrant leur pénétration conjointe dans la graine. La récupération de *F. thapsinum* sur des cultivars inoculés avec cette espèce a été de plus de 90% chez les cultivars Sureño 90EON343, SC414-12E et BTx623, mais la récupération de *C. lunata* a été supérieure à 80% uniquement sur les cultivars BTxARG-1, BTx399, Tx2911 et SC414-12E inoculés avec ce champignon.

D'après une étude menée par Rodriguez *et al.*, 1999, dans les environnements où l'incidence de la moisissure des grains est élevée, les niveaux de sormatine, chitinasés et protéines ribosomales inactivants (PRI) étaient plus élevés dans le groupe des lignées résistantes aux moisissures des grains que chez les lignées sensibles. Contrairement aux groupes des lignées sensibles aux moisissures, la chitinase, la sormatine, et les niveaux de protéines ribosomales inactivants (PRI) dans le groupe lignées résistantes étaient plus élevés dans les environnements avec moisissure des grains que dans les environnements exempts de moisissures.

V. Conclusion

Le test de germination donne une idée générale sur la viabilité des semences. L'infection par les moisissures des grains réduit considérablement le taux de germination. Dans cette étude, l'ensachage de l'épi a pu protéger les semences contre la plupart des champignons saprophytes secondaires qui peuvent altérer la qualité des semences et réduire le taux de germination. Il est intéressant de connaître la relation entre la réaction à l'infection par la moisissure des grains, le taux de germination et la mycoflore des semences de sorgho infectées. Les cultivars les plus sensibles aux moisissures ont présenté un taux de germination plus faible

que ceux possédant une résistance. La qualité des semences de la plupart des cultivars dans cet essai était mauvaise car même les plants témoins couverts avec des sacs de pollinisation avaient un taux de germination inférieur au standard pour une bonne qualité de semences de sorgho, soit moins de 75%. Pour les deux agents pathogènes de la moisissure des grains, l'infection par *F. thapsinum* semble réduire la germination des graines plus que *C. lunata*. Il n'y avait pas d'effet synergique des deux champignons sur la réduction de la germination des graines. Le faible taux de germination sur les plants naturellement infectés a montré que l'ensachage peut prévenir l'infection par d'autres champignons saprophytes et des attaques d'insectes qui prédisposent les grains de sorgho aux moisissures.

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont montré que l'infection naturelle des grains par la moisissure est beaucoup plus importante. La germination des grains de sorgho est largement affectée par l'attaque des champignons responsables de la moisissure ainsi que les champignons saprophytes.

VI. Références

- BOOTH C. 1971. The Genus *Fusarium*. Kew, Surrey: Commonwealth Mycological Institute.
- CASTOR L. L., and FREDERIKSEN R. A., 1980. *Fusarium* head blight caused by *Fusarium moniniforme*, occurrence and effect on sorghum yield and grain characteristics in Texas. Plant Dis. 64:1017-1019
- CASTOR L.L., 1981. Grain mold histopathology, damage assessment and resistance screening within *Sorghum bicolor* (L.) Moench lines. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, TX. 177 pp.
- FAO, 1991. Annuaire de la production 1990. Vol. 44. Série statistique de la FAO n° 99. Rome.
- DOGGETT H., 1988. Sorghum, 2nd ed. New York, John Wiley and Sons Inc., pp 183-197
- HODGES D.M., J.M. DELONG, C.F. FORNEY and R.K. PRANGE, 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207(4): 604-611.
- IBRAHIM O.E., NYQUIST W. E., and AXTELL J.D., 1985. Quantitative inheritance and correlations of agronomic and grain quality traits of sorghum. *Crop Science* 25:649-654.
- SUBRAMANIAN V and JAMBUNATHAN R, 1988. *Potential For Alternative Uses Of Sorghum And Pearl Millet*. In: 4th Quadrennial Symposium on Sorghum and Millet, 26-27 May 1988, Lausanne, Switzerland.
- KLITTICH C.J.R., LESLIE F.J., NELSON P.E. and MARASAS W.F.O., 1997. *Fusarium thapsinum* (*Gibberella thapsina*). A new species in section of *Liseola* from sorghum. *Mycologia* 89: 643-652.
- MAITI R.K., RAJU P.S., and BIDINGER F.R., 1985. Studies on germinability and some aspects of preharvest physiology of sorghum grain. *Seed Science and Technology* 13:27-35.
- MENKIR A., EJETA G., BUTLE L. G., and MELAKE-BERHAN A., 1996. Physical and chemical properties of kernels associated with grain mold resistance. *Cereal Chem.* 73:616-617
- PROM K.L., 2004. The effects of *Fusarium thapsinum* and *Curvularia lunata* and their combination on sorghum germination and seed mycoflora. *Journal of New Seed* 6:39-49
- RODRIGUEZ-HERRERA R., ROONEY L.W., ROSENOW D.T., and FREDERIKSEN R.A., 2000. Inheritance of grain mold resistance in grain sorghum without pigmented testa. *Crop Sci.* 40:1573-1578.
- RODRÍGUEZ-HERRERA R, WANISKA RD, ROONEY WL., 1999. Antifungal proteins and grain mold resistance in sorghum with non pigmented testa. *J Agric Food Chem.* 1999 Nov 47(11):4802-6.
- ROONEY L.W., and SERNA-SALDIVAR S.O., 1991. Sorghum. P. 233-270 in: Lorenz, K. J., Kulp, K. ed. *Handbook of cereal science and technology*. New York, Marcel Dekker Inc.



Un pied de *Detarium microcarpum* (partie encerclée)



Fruits de *Detarium microcarpum*

Contribution à l'identification des insectes visiteurs des fleurs de *Detarium microcarpum*

Contribution to the identification of the insects visitors of *Detarium microcarpum* flowers

Kouyaté A.M.^{1*}, Hugé J.², Kamissoko S.¹, Van Damme P.³ et Diawara H.⁴

¹Institut d'Economie Rurale, BP 16 Sikasso, Mali

²Université Libre de Bruxelles, Belgique

³Laboratoire d'Agronomie Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Université de Gent, Coupure links, 653, B-9000 Gent, Belgique.

⁴Direction Régionale des Eaux et Forêts de Sikasso

*Tél. : +223 75 16 52 19 / +223 64 53 94 15 - Courriel : Kouyate01@hotmail.com ; amadoumale.kouyate@ier.gouv.ml

Résumé

Detarium microcarpum est une espèce forestière qui contribue à l'alimentation des populations rurales et à l'amélioration des revenus des ménages maliens. Le présent article cherche à fournir des informations sur les principaux insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum*. L'étude a été réalisée pendant la phase de floraison de l'espèce, correspondant à la période juillet-septembre dans la forêt classée de Farako au Sud du Mali. Les insectes visiteurs des fleurs ont été capturés, de jour et de nuit, à l'aide de seaux. Les résultats ont montré que ces fleurs ont été visitées par 40 à 150 insectes appartenant aux ordres des Coléoptères, Hémiptères, Diptères et Hyménoptères. Le présent travail constitue une étape capitale pour la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques de *D. microcarpum*.

Mots clés : *Detarium microcarpum*, Fleurs, Insectes, Mali.

Abstract

Detarium microcarpum is a forest species that contributes to Malian rural population food and household incomes increase. This paper seeks to provide information on the main insects visitors of *D. microcarpum* flowers. The study was carried out during the flowering step of the species corresponding to the July-September period in the Farako classified forest in southern Mali. Flowers' insect visitors were captured, day and night, using buckets. The results showed that these flowers were visited by 40 to 150 insects belonging to the orders of the Coleoptera, Hemiptera, Diptera and Hymenoptera. This work is a critical step for the conservation and sustainable use of the genetic resources of *D. microcarpum*.

Key words: *Detarium microcarpum*, Flowers, Insects, Mali.

I. Introduction

La pollinisation de la majorité des plantes est réalisée par les insectes en vue d'assurer leur fructification (Boussard, 1981 ; Mossu *et al.*, 1981). L'importance de l'activité des insectes pollinisateurs dans la reproduction des arbres tropicaux dans les zones forestières sèches a été mise en évidence par plusieurs auteurs (Frankie *et al.*, 1974 ; Doligez, 1996 ; Marcia, 2001). Les observations réalisées au Burkina Faso, au Ghana, au Nigeria, au Sénégal et au Cameroun ont montré que la pollinisation de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don (Fabaceae) est réalisée surtout par des chauves-souris et des chimpanzés (Ouédraogo, 1995). Au Costa Rica, les abeilles et les petits insectes sont responsables de la pollinisation de la plupart des espèces (Doligez, 1996). Pour capturer ces insectes pollinisateurs, on a recours aux pièges qui ont un impact limité sur les habitats fragiles (Kearns et Inouye, 1995).

Aujourd'hui, la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques des espèces savanicoles nécessitent la connaissance des relations entre celles-ci et les insectes visiteurs de leurs fleurs afin de parvenir à un choix raisonné des individus les plus visités et à une meilleure interprétation écologique de la variabilité génétique. C'est le cas de *D. microcarpum* Guill. et Perr. (Fabaceae) qui est une espèce forestière dont l'aire biogéographique s'étend du Sénégal jusqu'au Soudan (Keay, 1958 ; Berhaut, 1975). L'espèce est très prisée par les populations du Mali pour ses fruits, son bois d'énergie et pour ses vertus médicinales (Kouyaté, 2005).

Le présent article a pour objectif de déterminer et d'analyser les principaux insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum*.

II. Matériel et méthodes

2.1. Présentation du site d'étude

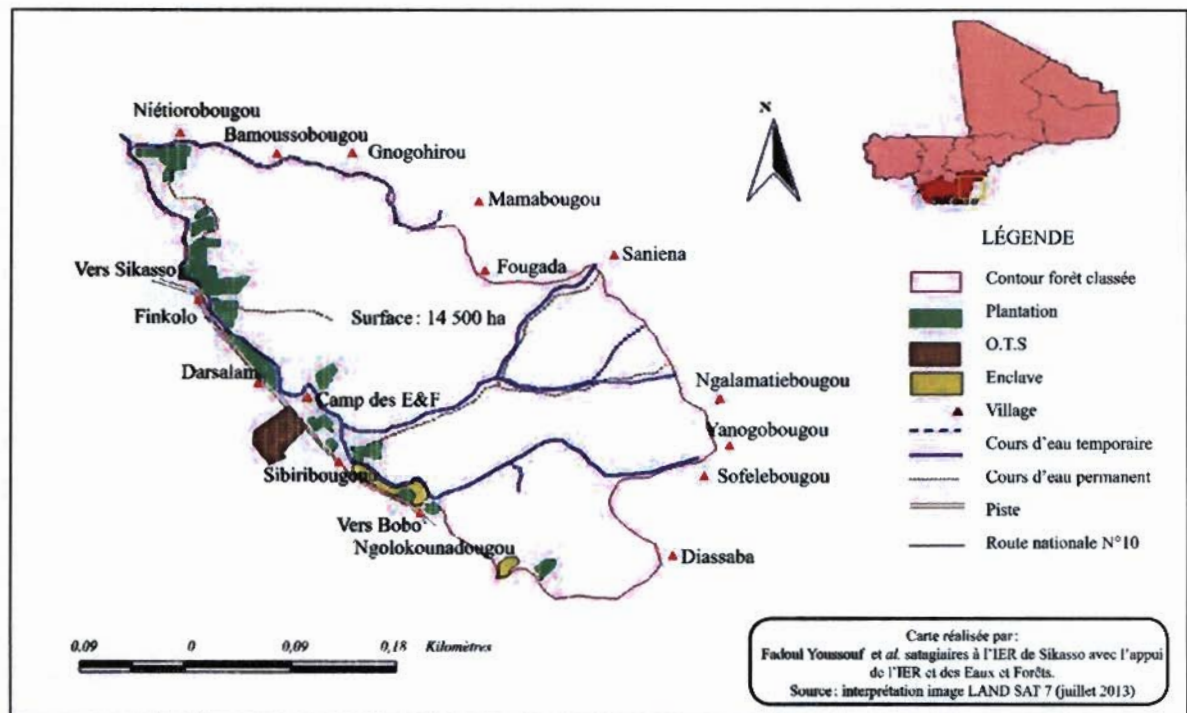
L'inventaire des insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* a été réalisé dans la forêt classée de Farako qui est située dans le cercle de Sikasso, au Sud du Mali (Carte 1). Cette forêt se trouve entre 11°11' et 11°20' de latitude Nord, et entre 5°21' et 5°31' de longitude Ouest. Elle couvre une superficie de 14 500 ha (Fadoul *et al.*, 2013). Les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions profonds de 50-100 cm (Kouyaté, 2005). La température moyenne varie de 24°C à 35°C (Schneider, 1996).

2.2. Matériel

Le travail a porté sur le matériel végétal constitué de fleurs de *D. microcarpum*. Au Sud du Mali, cette plante a sa phase de floraison qui dure de juillet à septembre. L'espèce est monoïque avec des fleurs hermaphrodites (Vogt, 1995 ; Cuny *et al.*, 1997) et parfumées (Keay, 1989 ; Vogt, 1995).

2.3. Méthodes

L'inventaire des insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* a été réalisé du 08 au 13 septembre 2002 durant un temps ensoleillé à couvert entre 21° et 31°C. La capture des insectes visiteurs des fleurs a été faite à l'aide de seaux. Les seaux utilisés sont des récipients en plastique de 17 cm de diamètre. Ils ont été peints en jaune et remplis d'eau savonneuse pour augmenter la chance de capturer une plus grande diversité d'insectes visiteurs. Un échantillon de 13 seaux a été réparti en fonction de la toposéquence : 6 seaux au sommet de la colline, 4 seaux sur le versant, 3 seaux au bas de la colline. Cette répartition des seaux a été sous-tendue par l'idée selon laquelle les facteurs environnementaux (microclimat, végétation, exposition au soleil) peuvent avoir une influence sur l'activité des insectes visiteurs. Les seaux ont été attachés sur les branches fleuries de *D. microcarpum* en s'inspirant de la méthode décrite par Kearns et Inouye (1995).



Carte 1. Localisation de la forêt classée de Farako (Fadoul, 2013)

La capture des insectes a été réalisée de 9 h à 16 h et à 22 h. Elle a été faite dans la nuit avec des seaux illuminés par une lampe à pétrole et des seaux non illuminés servant de témoin. Après la collecte, les insectes ont été numérotés et placés dans un bocal d'éthanol concentré à 70°C.

2.4. Traitement et analyse des données

Pour remédier à la variation du nombre de seaux en fonction de la toposéquence qui ne répondait à aucun critère, nous avons attribué des coefficients à partir du poids relatif de chaque observation. Il a été attribué 1 pour le bas de colline, 0,75 pour le versant et 0,5 pour le sommet de la colline. Ensuite, ces coefficients ont été multipliés par le nombre d'insectes collectés pour déterminer la fréquence absolue des insectes visiteurs des fleurs. Le test de Chi-2 a été utilisé pour comparer les différents niveaux de la toposéquence.

L'appartenance taxonomique des insectes capturés a été faite à l'aide des clés de détermination proposées par Delvare & Aberlenc (1989).

III. Résultats

3.1. Ordre taxonomique des insectes piégés

Les insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* appartiennent à 8 ordres taxonomiques (Figure 1). Ce sont, par ordre d'importance, les Coléoptères (34%), les Hémiptères (29%), les Diptères (21%), les Hyménoptères (10%) et les Lépidoptères (3%). Les Orthoptères, les Isoptères et les Dictyoptères ont représenté chacun 1% des insectes piégés. Parmi ces 8 ordres, seuls les Coléoptères et les Hyménoptères ont présenté des traces de pollen sur leurs corps.

Les résultats ont montré que la majorité des Hémiptères appartiennent à la famille des Formicidés. Au niveau des Diptères, les insectes capturés sont principalement des mouches de petite taille. Les Hyménoptères ont été représentés par les abeilles (*Apis mellifera* var. *Adansonii*).

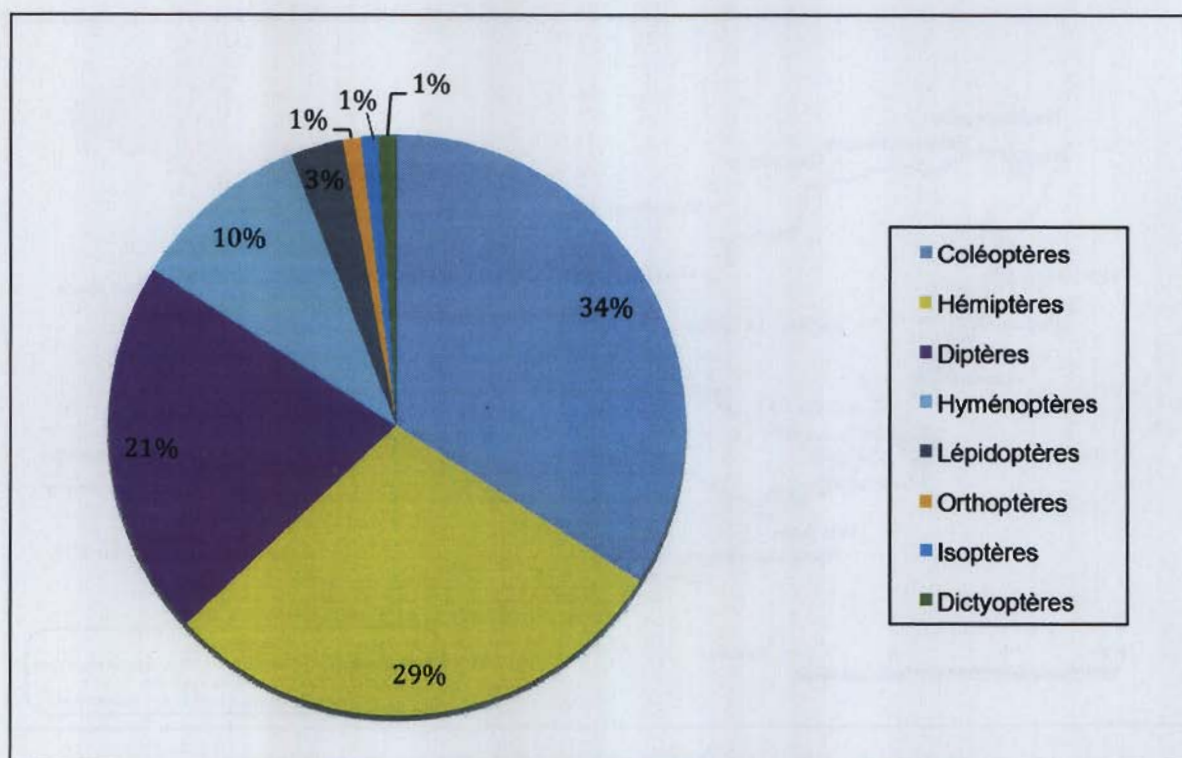


Figure 1. Répartition des insectes piégés par ordre taxonomique

3.2. Évolution de l'effectif des insectes visiteurs des fleurs

Les résultats de l'étude ont montré que 150 insectes en moyenne ont pu être piégés dans les seaux durant la période d'observation dans la forêt de Farako (Figure 2). Le nombre d'insectes piégés est passé de 150 le premier jour (8 septembre 2002) à 40 le dernier jour (13 septembre 2002), soit un taux de diminution de 27%.

Le nombre de visiteurs des fleurs dans la matinée a diminué progressivement jusqu'au 5^{ème} jour, pour remonter légèrement au 6^{ème} jour. Il a été observé, dans l'après-midi, une

baisse drastique de l'effectif des insectes visiteurs dès le 2^{ème} jour suivie d'une timide relance à partir du 3^{ème} jour (Figure 3).

Le nombre d'insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* a varié suivant la toposéquence (Figure 4). Il a été enregistré 23 insectes au niveau du versant, 15 sur le sommet et 8 au bas de la colline.

Le test de Chi-2 a montré que le nombre moyen d'insectes capturés sur le versant ($p = 0,000$) est significativement différent de ceux du sommet ($p = 0,67$) et du bas de colline ($p = 0,67$).

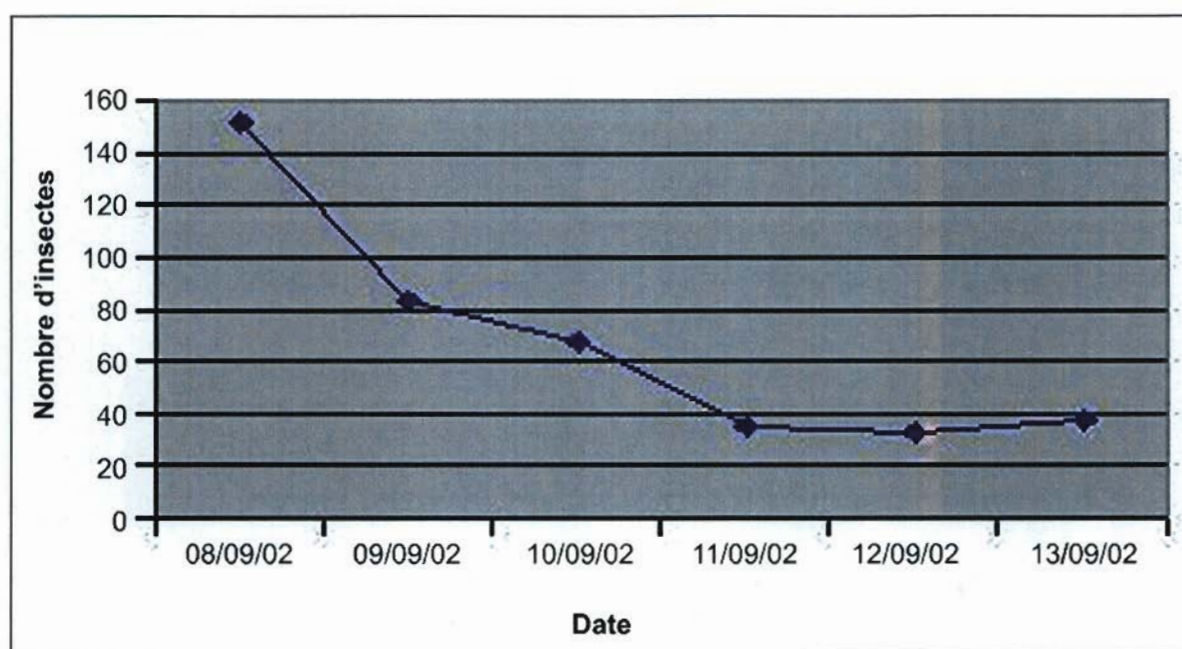


Figure 2. Evolution du nombre d'insectes piégés dans les seaux

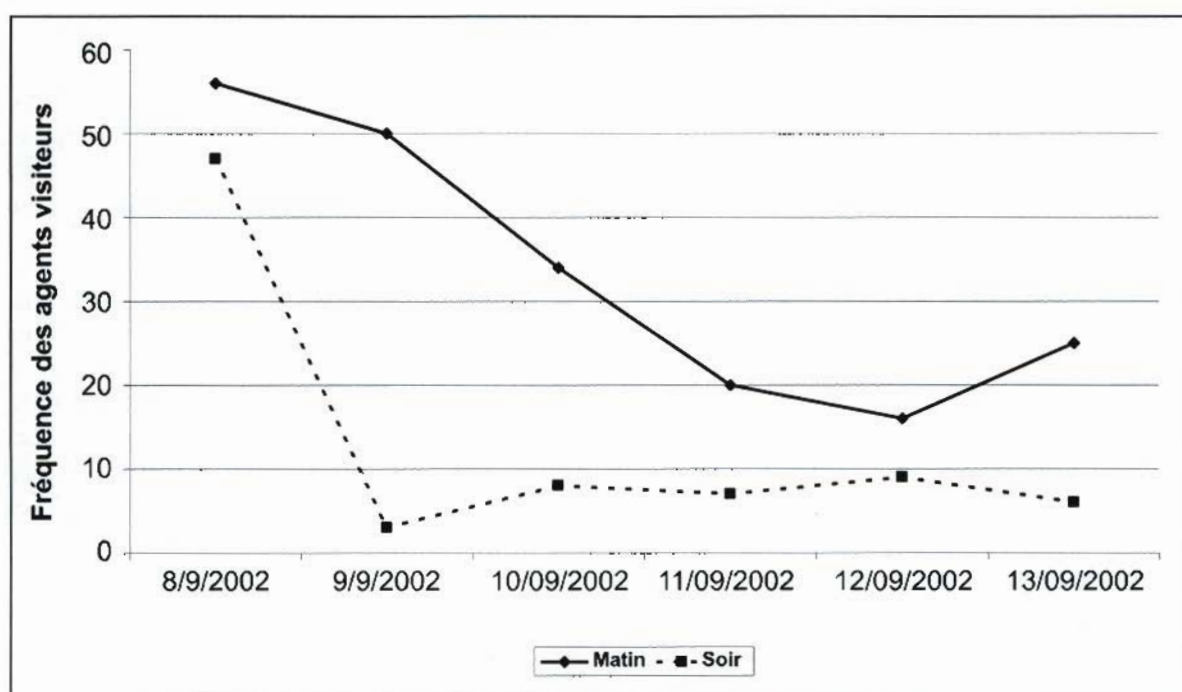


Figure 3. Évolution de la fréquence des insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* en fonction des périodes de la journée

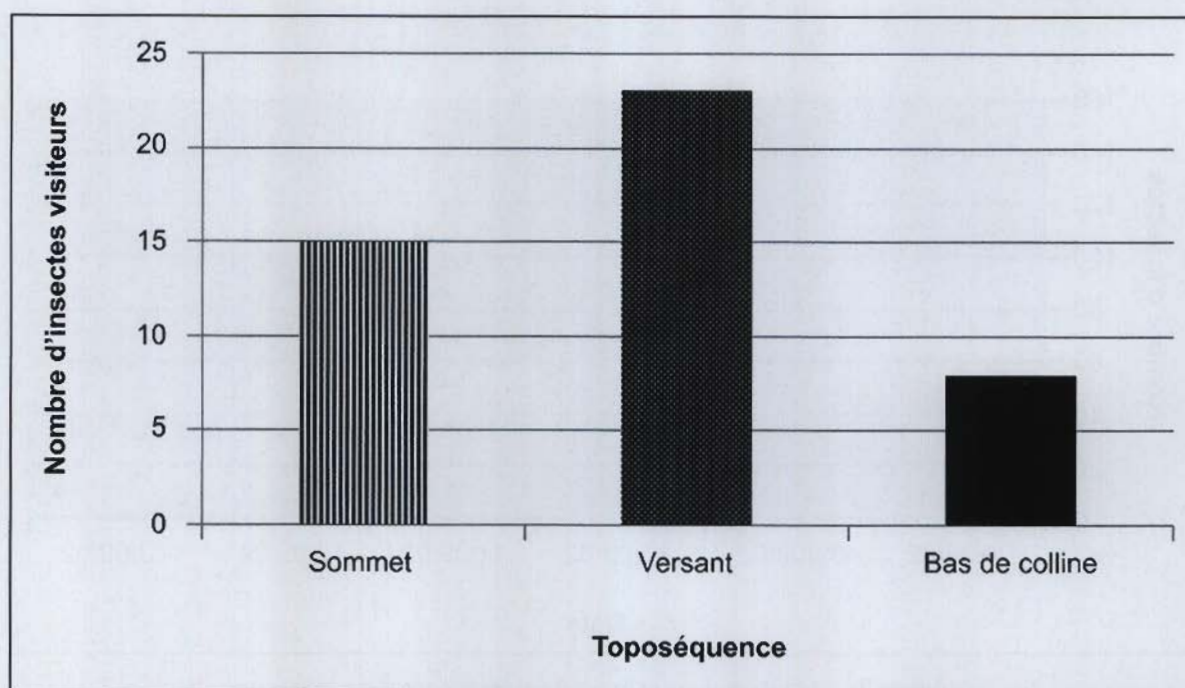


Figure 4. Nombre d'insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* en fonction de la toposéquence

IV. Discussion

Parmi les ordres d'insectes capturés, le nombre élevé d'insectes visiteurs dans les seaux a été obtenu avec les Coléoptères et les Hémiptères. Ces ordres peuvent être considérés comme des visiteurs constants. La présence de pollen sur le corps des coléoptères signifie que cet ordre est transporteur de grains de pollen. Ceci laisse supposer sa probable intervention dans la pollinisation. L'intervention des Coléoptères comme pollinisateurs occasionnels a été signalée chez *P. biglobosa* en Afrique de l'Ouest (Ouedraogo, 1995). Au niveau de *Saba senegalensis* (A.DC) Pichon, les transporteurs de pollen identifiés sont les lépidoptères (Boussim *et al.*, 2004).

Le faible taux des Lépidoptères (10%) enregistré dans la forêt classée de Farako laisse entrevoir certaines limites des seaux dans la capture des insectes, car les fleurs de *D. microcarpum* parfumées sont fortement visitées par les abeilles (Keay, 1989; Vogt, 1995). D'autres travaux de recherche ont confirmé le rôle joué par les abeilles dans

la pollinisation des espèces ligneuses. Les abeilles constituent 90% de la faune pollinisatrice dans les régions tempérées (Boussard, 1981). Elles sont importantes dans la pollinisation du genre *Prosopis* (Pasicznik, 2001), de *P. biglobosa* (Ouedraogo, 1995), *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (Bonkougou, 1987), *Burkea africana* Hook. (Arbonnier, 2000) et pour la plupart des *Papilionoideae* (Etcheverly, 2001).

La collecte de plus de 50% des papillons pendant la nuit semble indiquer que ces insectes sont nocturnes. Cette forte présence des papillons nocturnes pourrait être attribuée à leur attirance par l'odeur parfumée des fleurs de *D. microcarpum*. Les papillons nocturnes se servent de l'odeur pour s'orienter et se poser sur les fleurs (Brantjes, 1978). D'autres travaux de recherche ont confirmé la participation des papillons dans la pollinisation des plantes africaines (Johnson *et al.*, 2004).

La diminution progressive du nombre d'insectes visiteurs des fleurs de *D. microcarpum* a été observée dans l'intervalle

de 6 jours. Ceci indiquerait que les fleurs de l'espèce sont probablement visitées à la fin de la pleine floraison qui se traduit par la fanaison et le brunissement des fleurs.

La fraîcheur et l'ouverture des anthères peuvent expliquer l'intense activité des insectes visiteurs pendant la matinée par opposition à l'après-midi. D'autres travaux de recherche ont abondé dans le même sens en révélant que l'activité des pollinisateurs est intense dans la matinée (Ouédraogo, 1995; Kearns et Inouye, 1995; Bonkougou, 1987; Etcheverly, 2001).

Le taux de présence des Hémiptères (63%) dans les seaux illuminés serait attribuable à la phototaxie positive, c'est-à-dire une attraction exercée par la source lumineuse. Celle-ci expliquerait également l'effectif élevé des insectes piégés au niveau des arbres de *D. microcarpum* sur le versant de la colline.

V. Conclusion

L'étude d'identification des insectes visiteurs des fleurs a montré que les ordres d'insectes les plus fréquemment rencontrés sont les Coléoptères, les Hémiptères, les Diptères et les Hyménoptères. Le travail actuel a permis de comprendre les limites des seaux utilisés dans le piégeage des insectes. L'étude a montré que les insectes visiteurs des fleurs sont diurnes ou nocturnes.

Les résultats obtenus sur les insectes visiteurs des fleurs sont d'une grande importance pour les futurs programmes de sélection et d'amélioration génétique. Ils serviront de base pour l'étude de la biologie florale de *D. microcarpum* afin d'augmenter et de régulariser la production fruitière.

Des activités d'apiculture pourraient être planifiées dans les peuplements de *D. microcarpum* afin de booster la pollinisation et de rentabiliser les futurs vergers de *D. microcarpum*.

VI. Références

- ARBONNIER M., 2000. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Montpellier, France, 541 p.
- BERHAUT J., 1975. Flore illustrée du Sénégal. Gouvernement du Sénégal. Tome IV. Dakar, 625 p.
- BONKOUNGOU E.G., 1987. Monographie du karité *Butyrospermum paradoxum*, espèce agroforestière à usages multiples. Burkina Faso, 69 p.
- BOUSSARD B., 1981. Etude bibliographique. Pollinisation. Arbres fruitiers et Cacaoyer. Café. Cacao, Thé, 25 : 297-304.
- BRANTJES N.B.M., 1978. Pollinator attraction of *Vitis vinifera* subsp. *Silvestris*. *Vitis*. 17 : 229-233.
- CUNY P., SANOGO S., SOMMER N., 1997. Arbres du domaine soudanien. Leurs usages et leur multiplication. Mali. 47-50.
- DELVARE G., ABERLENC H.P., 1989. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. Montpellier, GERDAT, 302 p.
- DOLIGEZ A., 1996. Evolution de la diversité génétique intra-population et de sa structure. Etude d'un modèle de simulation spatialisé en vue de la gestion des ressources génétiques forestières tropicales. Thèse de doctorat, France.
- ETCHEVERLY A.V., 2001. Floral biology and pollination in *Crotalaria stipularia* (Fabaceae). Proceedings 8th Pollination Symposium. Acta Horticultura N° 561.
- FADOUL Y.O., 2013. Evaluation du potentiel ligneux des formations naturelles de la forêt classée de Farako au Sud du Mali. Mémoire de fin de cycle Ingénieur. IPR/IFRA, 72 p.
- FRANKIE G.W., BAKER H.G., OPLER P.A., 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. The Journal of Ecology, 881-919.
- JOHNSON S.D., NEAL P.R., PETER C.I., EDWARDS T.J., 2004. Fruiting failure and limited recruitment in remnant populations of the hawkmoth-pollinated tree *Oxyanthus pyrifolius* subsp. *Pyriformis* (Rubiaceae). Biological Conservation, 31-39.

- BOUSSIM J.I., LYKKE A.M., NOMBRÉ I., NIELSEN I., GUINKO S., 2004. Homme, plantes et environnement au Sahel occidental. Actes de l'atelier de Fada N'Gourma (Burkina Faso). Serein, Occasional Paper No 19, 241 p.
- KEARNS C.A., INOUE D.W., 1995. Techniques for pollination biologists. University of Colorado. USA, 500 p.
- KEAY R.W.J., 1958. Flora of West Tropical Africa. Second edition, Volume one, Part two, 828 p.
- KEAY R.W.J., 1989. Trees of Nigeria. Oxford Science Publications, 476 p.
- KOUYATE A.M., 2005. Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. au Mali. Thèse de Doctorat, Université de Gand, Belgique, 207 p.
- MARCIA M.M., 2001. Importance of the floral biology and pollinators on the sustainability of forest management. Proceedings of the 8th pollination symposium. Acta Horticultura N° 561.
- MOSSU G., PAULIN D., DE REFFYE P., 1981. Influence de la floraison et de la pollinisation sur les rendements du cacaoyer. Café, Cacao, Thé, 25: 155-168.
- OUEDRAOGO A.S., 1995. *Parkia biglobosa* (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest. Biosystématique et Amélioration. Thèse doctorat, Université Agronomique à Wageningen, Netherlands.
- PASIECZNIK N.M., 2001. The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* complex. A monograph. United Kingdom. HRDA, 162 p.
- SCHNEIDER P., 1996. Sauvegarde et aménagement de la forêt classée de Farako avec la participation et au profit des populations riveraines. Région de Sikasso. Mali-Sud. Thèse de Doctorat. EPFZ. Zürich, 356 p.
- VOGT K., 1995. A field worker's guide to the identification, propagation and uses of common trees and shrubs of dryland Sudan. SOS Sahel International. UK, 167 p.



Institut d'Économie Rurale (IER)

Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

Fax : (223) 20 23 37 75

B.P. 258

Rue Mohamed V

Bamako, Mali