



CENTRE REGIONAL AGRHYMET



DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTERE EN GESTION DURABLE DES TERRES

Promotion : 2012-2013

Présenté par : M. Mohammad Fadjannour HADJARO

THEME : Amélioration de la productivité du maïs (*Zea mays L.*)
par la pratique de l'association maïs/niébé (Tchad).

Soutenu le 12 Octobre 2012 devant le jury composé de :

Président : Pr Hassan B. NACRO

Membres : Dr Dan LAMSO

Dr Sheick SANGARE

Encadreur : Dr Ablassé BILGO, Expert en Changement Climatique, Centre Régional
AGRHYMET

Maître de Mémoire : Dr NAÏTORMBAÏDE Michel, chercheur à l'ITRAD/Tchad

DEDICACES

Par la grâce d'ALLAH le tout puissant, le Miséricordieux, je dédie ce mémoire :

✚ A mon père **Abderahim HADJARO** pour votre affection, pour l'éducation que vous m'avez donnée, pour tous les efforts que vous ne cessez de fournir pour la réussite de nos études et pour la confiance que vous ne cessez jamais de renouveler en ma personne ;

✚ A ma mère **BOUCHRA**, votre bénédiction, votre tendresse, votre attachement, votre sagesse, ont fait de moi, ce que je suis aujourd'hui ;

✚ A mon oncle **Souleymane Assamah Issa** ;

✚ A mes frères et sœurs Aboulkhacim, Albachir, Mohammad Attahir, Mahamat Saleh, Mahamat Adoum Mahamat, Koubra et Amma. Vous me faites comprendre chaque jour que rien ne vaut la famille ;

✚ A tous mes camarades promotionnaires du Mastère en Gestion Durable des Terres.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord au bon Dieu, le Tout Puissant, le très Miséricordieux, de nous avoir permis de réaliser ce travail dans de bonnes conditions.

La réalisation de ce présent Mémoire n'a pu être faite sans l'appui, l'aide et le soutien des personnes ci-après envers qui nous sommes vivement reconnaissantes et à qui nous tenons à exprimer nos sincères remerciements :

- ✓ aux **Dr IBET Outhman Issa** et **DJONDANG Koye** respectivement Directeur Général et Directeur Scientifique de l'ITRAD pour l'intérêt qu'ils ont accordé à cette formation ;
- ✓ au **Dr NAITORMBAIDE Michel**, Chef de Centre Régional de Recherche Agronomique pour la Zone Soudanienne et Chef de Station de Bébédjia/Tchad ;
- ✓ au **Dr ALKHALIL Adoum**, Centre Région AGRHYMET ;
- ✓ A mon directeur de mémoire, **Dr Ablassé BILGO**, Expert en Changement Climatique pour avoir dirigé ce travail bien qu'il soit difficile d'exprimer en quelques mots toute ma reconnaissance à son égard. Sa disponibilité, son expertise et sa rigueur scientifiques ont permis de conduire à terme ce travail ;
- ✓ au **Pr NACRO Hassan Bismarck**, Maître de conférences en Ecologie/Pédologie, il a su relever le défi, en managant avec beaucoup de réussite la formation de cette première promotion de Mastère en Gestion Durable des Terres (GDT) ;
- ✓ Toute ma reconnaissance à Mr **ETIENNE Sarr** responsable du Département Formation et Recherche du Centre Régional AGRHYMET, pour sa disponibilité dans la gestion de nos problèmes administratifs. ;
- ✓ au **Pr ATTA Sanoussi**, Responsable de Formation de base du Centre Régional AGRHYMET, pour sa disponibilité dans la gestion de nos problèmes administratifs ;
- ✓ à Madame **BAIDARI Aminata** secrétaire du Département Formation et Recherche (DFR) pour sa sympathie, son assistance et sa disponibilité ;
- ✓ Aux formateurs et experts du Centre Région AGRHYMET pour leur contribution ;
- ✓ Toute ma reconnaissance aux partenaires techniques et financiers de l'AGRHYMET en particulier l'Union Européenne ;
- ✓ A mes ami(e)s étudiants en Mastère pour leur esprit de bonne collaboration durant la formation ;
- ✓ Enfin à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la mise au point de ce document et dont les noms n'ont pas été cités. Qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude.

Sigles et abréviations

AGPM : Association Générale des Producteurs de Maïs

AGRHYMET : Centre Régional de Formation et d'Application en Agrométéorologie et Hydrologie Opérationnelle

CECADEC : Centre Chrétien d'Appui au Développement Communautaire

CILSS : Comité Permanent Inter-états de Lutte Contre la Sécheresse dans le Sahel

CNRA : Centre National de Recherche Agronomique

CRA : Centre Régional AGRHYMET

DPSA : Direction de Production et des Statistiques Agricole

DREM : Direction des Ressources en Eaux et de la Météorologie

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

FAOSTAT : Banque de données statistiques de la FAO

GTZ : Coopération Technique Allemande

ITRAD : Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement

JAL : Jour Après Levée

MINADER : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

ONDR : Office National de Développement Rural

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PAT : Plan d'Action pour le Tchad

PRAOP : Projet de Renforcement des capacités et d'Appui aux Organisations Paysannes

PRODALKA : Sous-Programme de Développement Rural Décentralisé du Mayo Dallah, du Lac Léré, du Mont d'Illi et de la Kabbia

RGPH2 : Deuxième Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SAL : Semaines Après Levée

SAS : Semaines Après Semis

SODELAC : Société de Développement du Lac.

Liste des tableaux

Tableau I: Principaux pays producteurs du maïs dans les pays du CILSS en 2011.....	7
Tableau II: Principaux pays producteurs du maïs au monde en 2011.....	9
Tableau III: Superficie (ha), Production (tonnes) et Rendement (kg/ha) de la culture du maïs réalisés au Tchad pendant ces dernières années.....	11
Tableau IV: Superficie (ha) et Production (tonnes) de la culture du niébé réalisées au Tchad pendant ces dernières années.....	18
Tableau V: Liste des traitements et randomisation.....	28
Tableau VI: Dénombrement des plantes de Striga après le semis.....	32
Tableau VII: Effet des traitements sur la longueur des épis et le poids grains du maïs.....	33
Tableau VIII: Effet des traitements sur le nombre et la taille des plants récoltés, et le poids des tiges de maïs.....	34
Tableau IX: Effet des traitements sur le nombre des épis récoltés, les poids frais et sec des épis de maïs.....	35
Tableau X: Effet des traitements sur la vigueur des plants 4, 6 et 8 semaines après la levée en fonction du stade de développement du maïs.....	36

Liste des figures

Figure 1: Zone d'étude.....	22
Figure 2: Schéma du Dispositif expérimental.....	31

Sommaire

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION GENERALE	1
1. Contexte et justification	1
2. Objectifs.....	2
2.1 Objectif général.....	2
2.2. Objectifs spécifiques	2
2.3 Les hypothèses de recherche	3
2.4 Question principale de recherche	3
CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1.1 Maïs.....	4
1.1.1 Généralités	4
1.1.2 Maladies parasitismes du maïs	4
1.1.3 Caractéristique Botanique	5
1.1.4 Origine et distribution	6
1.1.5 Utilisation du maïs	7
1.1.6 Production du maïs dans le monde.....	8
1.1.7 La place du maïs au Tchad.....	10
1.1.8 Conditions climatiques de la culture du maïs.....	12
1.1.9 Techniques culturales	13
1.2 Niébé.....	16
1.2.1 Description du niébé et son importance	16
1.2.2 La place du niébé au Tchad.....	17
1.2.3 Les cultivars	18
1.2.4 Climat et sol pour la culture du niébé.....	19
1.3 Aperçu sur Striga	19
1.3.1 Systématique et biologie de <i>Striga hermonthica</i> (Del.) Benth.....	19
CHAPITRE II. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	21
2.1 Présentation de la zone d'étude.....	21
2.1.1 Climat.....	23
2.1.2 Sols.....	23

2.1.3 Végétation	24
2.1.4 Hydrographie.....	24
2.1.5 Démographie	24
2.1.6 Activités économiques	24
CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES D’ETUDE.....	27
3.1 Matériels	27
3.1.1 Matériel végétal:.....	27
3.1.2 Matériel de prélèvement et de labo :	27
3.1.3 Traitement des données	27
3.2 Méthodologie	28
3.2.1 Dispositif expérimental	28
3.2.2 Variables mesurées.....	29
3.2.3 Méthodes d’estimation des rendements du maïs	30
CHAPITRE IV. RESULTATS.....	32
4.1 Dynamique du Striga en fonction des systèmes de culture	32
4.2 Effet des traitements sur le rendement en grains, et la longueur des épis du maïs	32
4.3 Effet des traitements sur le nombre et la taille des plants récoltés et le poids des tiges fraîches du maïs	33
4.4 Effet des traitements sur le rendement et le nombre des épis récoltés du maïs	34
4.5 Effet des traitements sur la vigueur des plants 4, 6 et 8 semaines après la levée en fonction du stade de développement du maïs.....	35
CHAPITRE V. DISCUSSION	37
5.1 Dénombrement des plantes de Striga après le semis.....	37
5.2 Effet des traitements sur le rendement en grains, et la longueur des épis du maïs	38
5.3 Effet des traitements sur le rendement et le nombre des épis récoltés du maïs	38
CONCLUSION GENERALE	40
BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXES.....	45

RESUME

Le Tchad, comme beaucoup de pays de l'Afrique Sub-saharienne, est confronté depuis de nombreuses années au problème de sécurité alimentaire, suite aux effets de changements climatiques.

L'augmentation de la production du maïs afin d'atteindre l'autosuffisance céréalière dépend de la résolution des principales contraintes de sa production. Ces contraintes sont : la dégradation de sols, les dégâts du *Striga*, la sécheresse, l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies. Les expérimentations ont été conduites à Bébédjia situé dans l'extrême sud du Tchad.

L'objectif de l'étude est de contribuer à l'amélioration de la productivité du maïs (*Zea mays* L.) par la pratique de l'association maïs/niébé, le dispositif expérimental utilisé est celui de blocs de Fisher complètement randomisés à quatre (4) répétitions comportant 9 traitements correspondant au total à 36 parcelles élémentaires avec une variété de maïs et quatre variétés des niébés, la culture pure produit beaucoup plus d'épis que les cultures associées, l'incidence de *Striga* sur le développement du maïs est très faible, le maïs en culture pure a produit à la maturité plus de poids des tiges fraîches avec moins de nombre des plants à la récolte que T6 (maïs + IT81D - 985) et T7 (maïs + IT99 -573-1-1). Car, la plus grande hauteur, soit 177,2 cm a été obtenue au niveau du traitement T9 (maïs en culture pure) et la hauteur la plus faible, 132,2 cm au niveau du traitement T5 (maïs + IT81D - 994), le traitement T6 (maïs + IT81D - 985) qui a le plus grand aspect épis (4,25), L'association culturale réduit donc l'émergence de *Striga*. L'étude nous a permis de montrer l'avantage des cultures associées (le maïs avec le niébé) par rapport aux cultures pures.

Mots clés : Augmentation, amélioration, production, association, Maïs, niébé, Tchad.

ABSTRACT

The Chad, like many countries in Sub-Saharan Africa, faces for many years the problem of food security, due to the effects of climate change.

The increase in corn production to achieve grain self-sufficiency depends on the resolution of the main constraints of production. These constraints are: soil degradation, damage Striga, drought, the irregularity and poor distribution of rainfall. The experiments were conducted in Bébédjia located in the extreme south of Chad.

The objective of the study is to contribute to improving the productivity of maize (*Zea mays* L.) by the practice of the association maize / cowpea, the experimental device used is completely randomized block design with four (4) repetitions with 9 treatments corresponding to a total of 36 basic plots with a variety of corn and four varieties of cowpeas, pure culture produces more spikes as the cultures associated, the incidence of Striga on maize development is very low, the corn produced in pure culture maturity greater weight of fresh stems with less number of plants at harvest than T6 (corn + IT81D -985) and T7 (corn + IT99 -573-1-1). Because, the greatest height is 177.2 cm was obtained at the treatment T9 (maize in pure culture) and the lowest height, 132.2 cm on the T5 treatment (corn + IT81D - 994) T6 treatment (corn + IT81D - 985) which has the largest ear appearance (4.25), the intercropping therefore reduces the emergence of Striga. The study allowed us to show the advantage of intercropping (corn with cowpea) compared to pure cultures.

Keywords: increase, improvement, production, association, corn, cowpea, Chad.

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte et justification

Le Tchad, comme beaucoup de pays de l'Afrique Sub-saharienne, est confronté depuis de nombreuses années au problème d'insécurité alimentaire, suite aux effets de changements climatiques (PAT, 2011).

Le maïs constitue l'aliment de base de nombreuses populations Tchadiennes. Il est consommé sous formes diverses : il est consommé grillé sur un feu de bois ou de charbon, et aussi sous forme de bouillies, de beignets, de farine ou de couscous, etc.

Le maïs occupe la 3^{ème} place au Tchad en termes de production céréalière après le sorgho et le mil. Cette culture devient stratégique au Tchad avec le riz dans la perspective de la sécurité alimentaire. Les conditions environnementales (températures et ensoleillement élevés) dans les savanes tchadiennes sont plus propices à la production et à l'obtention de meilleurs rendements du maïs.

L'augmentation de la production du maïs afin d'atteindre l'autosuffisance céréalière dépend de la résolution des principales contraintes de sa production. Ces contraintes sont :

La dégradation de sols, les dégâts du *Striga*, la sécheresse, l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies.

Le maïs bénéficie grâce aux appuis institutionnels substantiels, de cet essor du vivrier marchand, passant de culture de consommation familiale en culture de marché. L'intégration croissante de ces grains dans les habitudes alimentaires a engendré un accroissement remarquable des surfaces et volumes de production.

Des taux d'évolution de la production supérieurs à 300 % en 15 ans ont été enregistrés d'une région à une autre. Dans les savanes du Cameroun par exemple, on est passé de 57 418 tonnes de céréales en 1990 à 300 000 tonnes en 2005 (MINADER, 2007), tandis que les savanes tchadiennes ont produit moins de 70 000 tonnes en 1998, puis, 107 000 tonnes en 2005 (Mbayhoudel, 2006).

Il s'agit cependant d'une production spatialement dispersée et soutenue par une agriculture familiale, qui consacre encore l'essentiel de la production à l'autoconsommation selon les régions et les habitudes alimentaires (Muller, 2004).

La croissance démographique et l'urbanisation rapide constituent les principales évolutions récentes des savanes d'Afrique Centrale. Ces évolutions du maïs se manifestent dans un

contexte international caractérisé par le désengagement des États, la libéralisation croissante des économies nationales et des mutations imprévisibles dont la manifestation la plus marquante est la crise du coton, principale source de revenus du monde paysan. Ce contexte porte le germe du risque d'amplification de la pauvreté, notamment dans les populations les plus vulnérables. L'ouverture du monde rural sur la ville et l'accroissement de la population ont toutefois favorisé des stratégies paysannes d'adaptation centrées sur la diversification des productions vivrières, avec abandon progressif de la culture du coton dans les bassins de production (Ndjouenkeu et *al.*, 2009).

L'émergence du maïs sur les marchés urbains d'Afrique Centrale soulève quelques enjeux de fonds relatifs à :

- l'organisation des acteurs et au fonctionnement des activités pour la compétitivité de ces filières ;
- l'accroissement des revenus des acteurs en termes de valorisation de la production et de pérennisation de l'offre permanente en maïs et niébé ;
- la sécurité alimentaire d'une population régionale croissante et de plus en plus exigeante sur la qualité des produits (Ndjouenkeu et *al.*, 2009).

L'étude du thème : « **Amélioration de la productivité du maïs (*Zea mays* L.) par la pratique de l'association maïs+niébé** » vise à améliorer la productivité des cultures du maïs par la pratique de l'association maïs+niébé, va nous permettre d'identifier une variété de niébé qui s'adapte mieux à l'association ou la plus performante pour permettre d'avoir un rendement acceptable au développement du maïs.

2. Objectifs

2.1 Objectif général

L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la productivité du maïs.

2.2. Objectifs spécifiques

- réduire l'incidence des dégâts du Striga et de la sécheresse sur la production du maïs par l'association maïs-niébé ;
- identifier une meilleure variété de niébé susceptible d'être intégrée dans l'association maïs-niébé ;
- évaluer les effets de l'association culturale sur la productivité du maïs.

2.3 Les hypothèses de recherche

- la pratique de l'association culturale (maïs-niébé) réduit l'incidence du Striga et de la sécheresse sur la production du maïs ;
- la pratique de l'association culturale (maïs-niébé) améliore la fertilité des sols;
- la pratique de l'association culturale peut améliorer le revenu des producteurs.

2.4 Question principale de recherche

La pratique de l'association culturale peut-elle améliorer la productivité, il est important de poser certaines questions scientifiques :

- comment réduire l'incidence des dégâts du Striga et de la sécheresse sur la production du maïs par l'association maïs-niébé ?
- quelle est la meilleure variété de niébé susceptible d'intégrer dans l'association maïs-niébé ?
- quels sont les effets de l'association culturale sur la productivité du maïs ?

Le document est divisé en deux parties. La première partie comporte la synthèse bibliographique et la présentation de la zone d'étude. La deuxième partie traite la méthodologie, les matériels et méthodes d'étude, les résultats, les discussions et la conclusion générale.

CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Maïs

1.1.1 Généralités

Le maïs (*Zea mays* L.) appartient à la famille des *Poacées* tout comme le mil, le sorgho et la canne à sucre. Il constitue la seule espèce cultivée du genre *Zea* (Lamboni, 2003). On connaît cependant plusieurs variétés de maïs qui se distinguent les unes des autres par certaines caractéristiques notamment la précocité, la couleur du grain, la texture du grain, ...

Selon la FAO Le maïs est une des 3 céréales les plus cultivées dans le monde après le blé. Les utilisations du maïs varient beaucoup en fonction du niveau économique des pays (FAO, 2011).

Le maïs est devenu la plante la plus cultivée au monde dans les dernières années du XX^{ème} siècle. Sa progression tient notamment au développement de la production dans les pays émergents. Aujourd'hui, présent dans tous les continents, il n'en demeure pas moins une culture locale, adaptée à chaque pays (Diangar, 2006).

Le maïs est aujourd'hui une ressource incontournable pour l'alimentation des animaux d'élevage à haut potentiel génétique et un gage de qualité des viandes produites. Le maïs grain ou fourrage constitue un apport énergétique élevé à coût raisonnable. La qualité des produits animaux issus d'élevage à base de maïs est labélisée: foie gras, poulets label rouge, volailles de Bresse, jambon de Bayonne (fleurons de la gastronomie.).

1.1.2 Maladies parasitismes du maïs

Elles sont diverses et nombreuses. Cependant, la principale reste le *Striga* qui parasite les racines des plants avec lesquels ils sont soutenus au sol. Il fixe sur les racines des céréales entraînant leur affaiblissement, flétrissement et dessèchement (CNRA, 2006).

Les maladies parasitismes du maïs peuvent intervenir à tous les stades de la croissance :

Les champignons se manifestent à travers diverses maladies des tiges et des feuilles dues à la rouille du maïs (*Puccinia polyspora*), brûlures des feuilles du maïs, plusieurs espèces d'*Helminthosporium* sont responsables de ces affections (*Helminthosporium maydis*, *Helminthosporium turcicum*, *Helminthosporium carbonum*), des chenilles foreurs des tiges du maïs comme *Sesamia calamistis* (elles sont de couleur rosâtre et atteignent environ 3 cm de long), *Busseola fusca* (se distingue par une bande longitudinale sombre, de couleur grisâtre),

Eldana saccharina (mesure environ 2 cm de long et est ornée de soies)... Les chenilles de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) attaquent les feuilles et les tiges, provoquant souvent la cassure de ces dernières. Des Dégâts du charbon du maïs (*Sphacelotheca reiliana*, *Ustilago maydis*...) sur les épis. Des noctuelles peuvent aussi dévorer spathes et grains vers le sommet des épis, des feuilles perforées sont la marque de la pyrale, un des ravageurs les plus dangereux, la verse peut provenir d'attaques de Nématodes des tiges et des bulbes... (Rouanet, 2000).

1.1.3 Caractéristique Botanique

Nom scientifique : *Zea mays* L.,

Classe : *Monocotylédones*

Sous-classe : *Commelinidaes*

Ordre : *Cypérales*

Famille : *Poacées ou Graminées*

Sous-famille : *Panicoideae*

Tribu : *Myadées*

Genre : *Zea*

Espèce : *Zea mays*

Le genre *Zea* renferme des espèces annuelles et pérennes originaires du Mexique et d'Amérique centrale. Il comprend des formes sauvages, les téosintes, présentes au Mexique et au Guatemala, et une forme cultivé, le maïs. En, effet, on distingue quatre espèces, dont *Zea mays*, est elle-même divisée en quatre sous-espèces :

- **La sous- espèces *Zea mays saccharita*, maïs sucré** ou « sweet corn ». Les grains ont une saveur sucrée. Ils se rident complètement en séchant. Récoltés avant maturité, les épis sont consommés frais ou en conserve ;
- **La sous- espèces *Zea mays indurata*, maïs corné**, ou « flint corn ». Les grains sont entièrement cornés et très durs ;
- **La sous- espèces *Zea mays indentata*, maïs denté**, ou « dent corn ». Les grains sont déprimés au sommet. C'est le maïs « dent de cheval » qui est à la base de très nombreux hybride ;

- **La sous- espèce *Zea mays everta*, maïs perlé**, ou «pop corn». Les grains sont pointus, cornés à la périphérie et amylicés au centre. Ces grains se gonflent et s'éclatent à la cuisson. Ils servent à préparer le pop corn salé ou sucré.

1.1.4 Origine et distribution

Le maïs est cultivé depuis des millénaires en Amérique centrale où il aurait été domestiqué dans la région centrale du Mexique à partir de téosinte local. La culture du maïs s'est ensuite propagée sur l'ensemble du continent américain, des Andes au Canada, puis à partir du XVI^e siècle, sur tous les continents en zone tropicale comme en zone tempérée. Il serait arrivé en Afrique au XVII^e siècle. Il constitue aujourd'hui la céréale dont la zone est la plus vaste au monde (Atta, 2006).

Selon la FAO, la superficie mondiale cultivée en maïs en 2011 était de 176 991 927 ha pour une production de 875 098 631 tonnes et un rendement moyen de 4 944,3 kg/ha. Les plus grands pays au monde où le maïs a été cultivé en 2011 sont les Etats-Unis, la Chine, le Brésil, l'Argentine et le Mexique (tableau II).

Tableau I: Principaux pays producteurs du maïs dans les pays du CILSS en 2011

Pays	Production (tonnes)	Superficie (ha)	Rendement (kg/ha)
Benin	1 175 000*	818 000*	1 436,4
Burkina Faso	1 556 000*	850 000*	1 830,6
Cap Vert	6 000*	32 000*	185,7
Côte d'ivoire	654 738	335 000*	1 954,4
Gambie	29 000*	26 000*	1 115,4
Guinée	641 000*	490 000*	1 308,2
Guinée Bissau	10 000*	12 000*	833,3
Mali	1 713 729	598 833	2 861,8
Mauritanie	19 000*	22 000*	863,6
Niger	7 400*	8 500*	870,6
Sénégal	240 878	150 240	1 603,3
Tchad	200 000*	200 000*	1 000,0
Togo	807 000*	600 000*	1 345,0

Source : FAO, 2011

* = Chiffre non officiel

1.1.5 Utilisation du maïs

Les utilisations du maïs varient beaucoup selon le niveau économique des pays. Dans ceux à faible revenu, notamment l'Afrique subsaharienne, le maïs est surtout réservé à la consommation humaine directe, il est consommé grillé sur un feu de bois ou de charbon, et aussi sous forme de bouillies, de farine ou de couscous. En revanche, dans les pays développés, il constitue une matière première pour l'alimentation du bétail, l'industrie de la semoule et celle de l'amidon. Cette dernière est en pleine expansion en Europe et aux Etats-Unis (près de 20 % des utilisations domestiques). Ses débouchés sont très diversifiés : produits alimentaires (isoglucose, pectines), chimiques (biocarburants, plastiques), pharmaceutiques, textiles, papetiers...

Les germes de maïs donnent de l'huile qui sert pour l'alimentation humaine, pour la

fabrication de margarines, de savons, de vernis, de textiles artificiels, etc.

L'alimentation animale, demeure le secteur le plus important, mais sa part dans le total des utilisations ne cesse de reculer (40% des utilisations contre les 3/4 dans les années 95), au profit de celle de l'éthanol. En effet, dans le même temps, le débouché éthanol est passé de 6% (10 millions tonnes environ) à 45% des utilisations intérieures totales de maïs avec près de 130 millions tonnes environ (AGPM, 2013).

Au Tchad, le maïs est consommé sous formes très variées : épis grillés à la braise, bouillies, pâtes, beignets, gâteaux, farine, etc.

1.1.6 Production du maïs dans le monde

Le maïs est la céréale la plus cultivée au monde, la production de grains devançant légèrement celles du riz et du blé.

Il occupe plus de 176 millions d'hectares de surface cultivée pour une production en hausse régulière à plus de 875 millions tonnes, soit un rendement moyen de l'ordre de 4944,3 kg/ha (FAOSTAT, 2011).

Tableau II: Principaux pays producteurs du maïs au monde en 2011

Pays	Production (tonnes)	Surface cultivée (ha)	Rendement kg/ha
États-Unis	273 832 130	35 359 790	7 744,2
Chine	208 258 000	34 969 000	5 955,5
Brésil	71 296 478	14 225 998	5 011,7
Argentine	25 700 000*	3 500 000*	7 342,9
Mexique	22 069 254	6 923 900	3 187,4
Inde	21 060 000	8 400 000*	8 357,6
Ukraine	20 961 300	4 371 900	4 794,6
Indonésie	19 377 030	3 959 909	4 893,3
France	15 614 100	1 718 600	9 085,4
Afrique du Sud	12 500 000*	3 250 000*	3 846,2
Canada	11 703 100	1 399 700	8 361,1
Nigeria	9 410 000*	5 200 000*	1 809,6

Source : FAOSTAT, 2011

* = Chiffre non officiel

Les deux premiers producteurs, États-Unis et Chine, représentent près de 66 % du total mondial, 41 % pour les premiers et 25 % pour la seconde (AGPM, 2013). En Europe, l'Ukraine et la France, sont les principaux producteurs. En Afrique l'Afrique du Sud et le Nigeria.

1.1.6.1 Les exportations

Les pays exportateurs du maïs en 2011 sont : les États-Unis d'Amérique (45 888 272 tonnes), l'Argentine (15 805 601 tonnes), le Brésil (9 486 914 tonnes), l'Ukraine (7 806 319 tonnes) et la France (6 246 519 tonnes). La France exporte principalement vers ses partenaires de l'Union européenne qui sont globalement déficitaires (FAO, 2011).

1.1.6.2. Importations

Les pays importateurs du maïs en 2011 sont : le Japon (15 284 561 tonnes), le Mexique (9 476

171 tonnes), la Corée du Sud (7 758 658 tonnes) l'Égypte (7 047 864 tonnes) et l'Espagne (4 824 485 tonnes) (FAO, 2011).

1.1.7 La place du maïs au Tchad

Au Tchad la production du maïs est très irrégulière avec des fluctuations interannuelles importantes. Cependant depuis 2010, on observe une augmentation régulière de la production nationale passant de 215 797 tonnes à plus de 455 965 tonnes en 2012.

Les cultures du maïs sont pratiquées dans la quasi-totalité des savanes du Tchad, particulièrement dans les zones de production du coton, avec des variantes intra et inter spécifiques qu'on pourrait attribuer aussi bien aux caractéristiques agro écologiques, aux habitudes alimentaires locales, qu'à la structure de la population et aux opportunités de marché. Les maïs et le niébé et le coton constituent les principales spéculations des savanes. Les producteurs de maïs bénéficient jusqu'à ce jour du soutien tant technique que financier des ONG notamment le Bureau d'Études, de Liaison et d'Actions Caritatives pour le Développement (BELACD), le Centre Chrétien d'Appui au Développement Communautaire (CECADEC). Le Sous-Programme de Développement Rural Décentralisé du Mayo Dallah, du Lac Léré, du Mont d'Illi et de la Kabbia (PRODALKKA) et le projet de Renforcement des capacités et d'Appui aux Organisations Paysannes (PRAOP) apportent leur soutien technique, tandis que le Club d'Épargne et de Crédit qui est une, agence de crédit, apporte des moyens financiers pour l'achat des intrants (Mbayhoudel, 2006).

Le maïs connaît un développement important au Tchad, notons que les producteurs font face à des contraintes dont le coût élevé des intrants, la faible mécanisation de la production et les perturbations pluviométriques, etc.

Tableau III: Superficie (ha), Production (tonnes) et Rendement (kg/ha) de la culture du maïs réalisés au Tchad pendant ces dernières années

Campagnes	Superficies (ha)	Production (tonnes)	Rendement (kg/ha)
2003/2004	102 975	117 978	907,5
2004/2005	127 118	107 422	845,1
2005/2006	184 048	184 635	1093,8
2006/2007	179 428	173 684	1066,6
2007/2008	197 183	201 257	1006,3
2008/2009	235 082	221 661	961,3
2009/2010	212 628	209 031	976,8
2010/2011	263 996	215 797	952,4
2011/2012	244 046	299 472	975,0
2012/2013	333 325	455 965	1000,0

Source : ONDR/SODELAC/DPSA, 2013

Les superficies du maïs au Tchad étaient plus importantes, la production de maïs était surtout destinée à l'autoconsommation et jouait un rôle important pendant la période de soudure.

En effet, les variétés précoces de maïs arrivent à maturité au cours de la période Août-septembre, qui correspond à la soudure en milieu rural. Cette période se caractérise par la réduction des stocks vivriers, et l'arrivée de nouvelles récoltes apporte une solution aux problèmes alimentaires que connaissent la plupart des exploitations agricoles. Le maïs occupait ainsi une place stratégique de culture de soudure avec d'autres cultures non céréalières comme le l'arachide, le niébé,... qui permettait aux ménages de varier leur alimentation et d'obtenir un certain équilibre nutritionnel.

Les champs de maïs étaient de taille modeste, situés aux abords immédiats des villages. Ces champs, appelés champs de case, ont la particularité d'être toujours fertilisés à partir des ordures ménagères ou des déjections d'animaux domestiques. C'est pourquoi ils ne sont pas soumis au cycle de jachère, et leur exploitation est ininterrompue.

1.1.8 Conditions climatiques de la culture du maïs

1.1.8.1 Précipitations

Le maïs cultivé dans des conditions de non irrigation (eaux de pluie) requiert un minimum d'environ 500 mm de pluies pour pouvoir atteindre un rendement satisfaisant. Dans des conditions idéales, la plus grosse partie de ces précipitations devrait survenir lors de la saison de croissance même, bien que des sols profonds limoneux ou argileux puissent emmagasiner jusqu'à 250 mm d'eau de pluie tombée au cours de la saison précédente dans la zone des racines de la culture future. Tout facteur suivant aura pour effet d'augmenter les besoins en humidité du maïs (et d'autres cultures) :

- de longues périodes de croissance dues à des températures fraîches ;
- des sols peu profonds et/ou sablonneux avec une faible rétention d'eau ;
- un écoulement excessif des eaux de pluie dû à un manque de contrôle de l'érosion sur un terrain en pente. Une faible humidité, particulièrement lorsque ce facteur est associé à la présence du vent.

Le maïs possède une certaine résistance à des périodes de sécheresse courtes mais la résistance du sorgho et du millet à la sécheresse est nettement plus forte.

1.1.8.1 Température

Le taux de croissance optimal du maïs augmente avec des températures d'environ 32° C à 35° C si l'humidité du sol est abondante, mais il diminue quelque peu avec des températures d'environ 27° C à 30° C lorsque l'humidité du sol est adéquate. Si l'humidité du sol est faible, les températures du taux de croissance optimal descendent à 27° C ou au-dessous. A des températures de 10°C ou moins, le maïs pousse lentement ou pas du tout et est susceptible de souffrir du gel. Cependant, des températures diurnes supérieures à 32° C feront diminuer le rendement si elles surviennent lors de la pollinisation. Les rendements sont également réduits par des températures nocturnes excessivement élevées, celles-ci accélérant le taux de respiration de la plante et la consommation des réserves de croissance.

1.1.8.3 Réaction à la longueur du jour

La durée de la période de croissance d'un grand nombre de plantes est affectée par la longueur du jour. C'est la réaction photosensible (photopériodique). La plupart des variétés de maïs sont des plantes "de journées courtes", ce qui signifie qu'elles mûrissent plus tôt si elles sont transposées dans une région où les journées sont bien plus courtes que dans la région pour

laquelle elles ont été mises au point. Aux tropiques, la variation de longueur de jour est pratiquement inexistante au cours de l'année ou d'une région à une autre. Les variétés de maïs des zones tempérées étant adaptées aux journées plus longues des étés de ces régions, elles fleuriront et atteindront leur maturité trop vite pour pouvoir offrir un bon rendement si elles sont transposées aux tropiques.

La graine du maïs sucré provenant de la zone tempérée peut donner une plante atteignant à peine la hauteur du genou aux tropiques et produit des épis très petits, maïs dans un temps record. De la même façon, la nouvelle variété "géante" de maïs dont on parle beaucoup dans certains magazines de jardinage n'est rien d'autre qu'une variété adaptée aux journées très courtes des tropiques. Lorsqu'elle est cultivée en zone tempérée, les journées beaucoup plus longues retardent sa maturité et favorisent une croissance végétative. Certaines variétés de maïs sont cependant neutres par rapport à la longueur du jour et réagissent très peu aux variations de longueur du jour.

1.1.8.4 Conditions du sol

Le maïs pousse bien dans une grande variété de sols si l'écoulement des eaux de pluie est adéquat (pas d'accumulation d'eau). Il a un réseau de racines développé (jusqu'à 185cm) et réagit bien sur des sols profonds permettant un meilleur entreposage de l'humidité au cours de périodes de sécheresse. Le pH idéal pour le maïs est de l'ordre de 5,5 à 7,5, bien que certains sols tropicaux donnent de bons rendements avec un pH pouvant descendre jusqu'à 5 (sol très acide). C'est une plante exigeante très sensible aux variations de fertilité du sol répondant bien aux apports d'engrais et d'azote. Cette espèce a souvent été utilisée pour mettre en évidence les carences minérales d'un sol. Elle affectionne particulièrement les sols riches en matière organique et ayant de bonnes propriétés physiques. Aussi est-elle souvent cultivée autour des habitations (culture de case) ou zone de forêts au Sud (Mémento de l'agronome, 1991).

1.1.9 Techniques culturales

Au Tchad, le maïs est cultivé dans diverses zones agro-écologique, seul ou en association avec la plupart des cultures. Il est généralement cultivé en condition pluviale dans toutes les régions et en culture de décrue dans les régions soudano-sahéliennes.

Avec une augmentation importante des superficies du maïs. Les superficies du maïs sont passées de 212 628 ha en 2009 à 333 325 ha en 2012.

1.1.9.1 Systèmes de culture à base de maïs

1.1.9.1.1 Exemple de système de culture en Afrique

La conduite du maïs intégré dans des systèmes de culture des pays dont Bénin, Burkina Faso, Côte-d'Ivoire, Cameroun, Guinée, Mali et Togo a mis en exergue les caractéristiques suivantes :

- la survivance des pratiques traditionnelles de culture (semis, sarclage et autres façons culturales) ;
- la pratique d'alternance du maïs avec des cultures comme l'igname, le riz, le coton, avec lesquelles il entre en assolement ;
- la pratique de culture intercalaire (maïs-pois d'angole, maïs-manioc, maïs-arachide) ou en association (mil-maïs, maïs-niébé, maïs-arachide, maïs-palmier à huile, maïs-manioc) à des densités variables et non optimales ;
- la pratique de la culture du coton ou de niébé par exemple, en relais avec le maïs - la culture pure de maïs, dans les régions où la terre est disponible ;
- la pratique peu généralisée de la culture de contre-saison de la culture irriguée ;
- la combinaison de plusieurs variétés sur un même champ, ce qui vise à minimiser les risques de sécheresse ou d'inondation, à trouver vite du maïs pour raccourcir la soudure et à trouver du maïs pour la conservation ;
- le semis sur un même champ de la même variété à différentes dates (semis échelonné pour minimiser les risques de sécheresse) ;
- l'utilisation de variétés précoces afin de libérer la parcelle pour le coton ou le niébé en deuxième saison ;
- la pratique peu généralisée de la culture de contre-saison par irrigation.

La diversité des pratiques explique celle des résultats agronomiques. Ceux-ci sont en général faibles et les rendements dans de nombreux cas restent inférieurs à une tonne. Les rendements moyens sont de 700 kg/ha (Diangar, 2006).

Par ailleurs Selon Dupriez (1983) lorsqu'il se trouve en association avec le niébé, le maïs enfonce ses racines dans le sol plus profondément que lorsqu'il se trouve seul dans le champ.

1.1.9.1.2 Les contraintes des systèmes de culture

La culture est confrontée :

- au problème de dégradation des sols consécutif à l'érosion hydrique ;
- à la baisse de la fertilité des sols due aux problèmes liés à la disponibilité des terres ; entraînant leur surexploitation, et à l'agriculture extensive entraînent des durées de jachère plus courtes ;
- au faible potentiel productif des variétés locales utilisées ;
- au problème pluviométrique (insuffisance ou irrégularité des pluies) ;
- au faible taux de renouvellement des rares variétés sélectionnées utilisées - à la faible efficacité des techniques culturales utilisées ;
- au problème des parasites et maladies de toutes sortes (striure, rouille), aux insectes (foreurs de tiges et d'épis et prédateurs de denrées stockées) et aux mauvaises herbes (*Striga, imperata...*) ;
- au faible niveau d'équipement en culture attelée ne permettant pas la mécanisation des opérations culturales ;
- au problème de main-d'œuvre (exode rural) ne permettant pas la réalisation en temps opportun des opérations culturales ayant un rôle clef dans la détermination des résultats agronomiques ;
- à l'absence de marché officiel, organisé et structuré à l'image par exemple du système de commercialisation du coton ou du café.

1.1.9.2 Association culturale

L'association culturale consiste à mettre sur la même parcelle deux ou plusieurs cultures en croissance simultanée. Ce système présente l'inconvénient de donner lieu à une compétition interspécifique pour la lumière, l'eau et les nutriments. Il contribue significativement à l'épuisement rapide du sol. Toutefois, l'association culturale permet l'obtention d'une multitude d'agro-ressources en peu de temps sur un même espace. Elle peut donner lieu à une culture intercalaire si les espèces sont installées suivant un ordre spécifique. Ceci peut engendrer une amélioration de la disponibilité de N dans l'association des céréales avec les

légumineuses (Eaglesham *et al.*, 1982).

1.2 Niébé

1.2.1 Description du niébé et son importance

Le niébé, *Vigna unguiculata* L., Walp., est une des principales légumineuses alimentaires mondiales, et appartenant à la famille des légumineuses. C'est une plante annuelle à port variable buissonnant, érigé, prostré, rampant, voire volubile et à croissance déterminée ou indéterminée. Sa hauteur atteint 30 à 60 cm avec une tige pouvant être à section circulaire, grêle, parfois légèrement cannelée, glabre. Les feuilles sont trifoliolées et les inflorescences en grappes axillaires, souvent une seule paire donne des gousses. Les fleurs peuvent être de couleur blanche, jaunâtre, bleu pâle, rose, violet. Les gousses du niébé sont dressées par paire, formant un V, non déhiscentes de dimension allant de 8,5-30 cm x 0,5-1,2 cm selon les variétés. Les graines de tégument blanc, blanc-rosé, brun, rosé sont au nombre de 8 à 20 par gousse (http://site.voila.fr/eq_idiofa/idi_niebe2.htm).

L'origine de niébé est située en Afrique ou en Asie selon les sources. Actuellement le niébé est cultivé sur plus de neuf millions d'hectares, dans toutes les zones tropicales, dans le bassin méditerranéen et également aux Etats-Unis.

Le niébé est une importante denrée de base en Afrique subsaharienne, particulièrement dans les savanes arides de l'Afrique de l'Ouest (Dugje *et al.*, 2009), le niébé est surtout cultivé de manière traditionnelle, en association avec d'autres cultures (céréales essentiellement). En Afrique, où il est la légumineuse la plus consommée (Mémento de l'agronome, 1991), les graines récoltées en sec sont destinées à l'alimentation humaine, riches en protéines (environ 25%). Il peut donc jouer un rôle important dans l'équilibre nutritionnel des populations rurales, il constitue parfois la principale ressource vivrière. (Diangar, 2006). Les feuilles peuvent également être consommées, après cuisson dans différentes préparations culinaires (<http://ntec.free.fr/spip.php?rubrique5>). Les fanes contribuent surtout dans l'alimentation du bétail du fait de leur forte valeur protéique.

Outre ces rôles, le niébé peut servir de plante de couverture et d'engrais vert pour la protection des sols contre l'érosion hydrique et pour la restauration de leur fertilité. Selon Tothill (1986), le niébé en tant que légumineuse joue trois rôles essentiels qui sont :

- fixer l'azote atmosphérique à travers une relation symbiotique avec les espèces de rhizobium ;

- accroître la fertilité du sol ;
- rehausser les teneurs en protéine des cultures qui succèdent au niébé dans le système de rotation.

Malgré tous ces rôles très importants que joue le niébé, il est confronté à des nombreuses contraintes qui peuvent limiter sa production.

Le niébé est parasité par certaines chenilles qui s'attaquent aux jeunes pousses, des pucerons qui s'alimentent de la sève et sévissent particulièrement en période de sécheresse et qui sont aussi vecteurs de maladies du niébé. Les bruches perforent les graines pour s'en nourrir et continuent à proliférer dans les stocks de graines sèches. En plus, on dénombre les thrips des fleurs, le chancre bactérien, la mosaïque, le *Macrophomina phaseolina*, sur les sols sont chauds et secs, la pourriture sèche, qui attaque les gousses lorsqu'elles se dessèchent (<http://ntec.free.fr/spip.php?rubrique5>).

La production mondiale du niébé est estimée à 3,3 millions de tonnes de graines sèches dont plus de 64% sont produits en Afrique, faisant de cette région la première productrice et consommatrice de niébé dans le monde (FAO, 2001). La superficie annuelle cultivée dans le monde s'élève à plus de 12,5 millions d'ha, dont 98 millions sont réalisés en Afrique de l'Ouest, qui est la plus grande zone de production et de consommation du niébé dans le monde.

Les principaux pays producteurs en Afrique sont le Nigeria, le Niger, le Mali, le Burkina Faso, le Sénégal et le Ghana. Une production significative est aussi obtenue dans certains pays de l'Afrique de l'Est comme l'Ouganda, le Mozambique, la Tanzanie et l'Ethiopie (Cisse, 2002).

La production de niébé est aussi menacée par le *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke sur les sols pauvres. C'est une plante parasite pouvant causer des pertes de rendement considérables. (Dubé et al., 2001).

1.2.2 La place du niébé au Tchad

Le niébé est la 2^e légumineuse, après l'arachide, présente dans le système de culture traditionnel.

Le niébé joue un rôle important dans la sécurité alimentaire des ménages quelque soit leur statut et dans le financement des autres composantes de l'exportation et même dans l'économie locale et nationale. Il faut cependant déplorer l'absence d'intervention des politiques aussi bien

au niveau local que national dans la promotion de la filière.

Tableau IV: Superficie (ha) et Production (tonnes) de la culture du niébé réalisées au Tchad pendant ces dernières années

Campagnes	Superficies (ha)	Production (tonnes)
2003/2004	189 289	97 357
2004/2005	58 810	46 282
2005/2006	34 882	19 720
2006/2007	26 731	13 464
2007/2008	110 665	68 384
2008/2009	114 986	62 047
2009/2010	75 484	48 510
2010/2011	169 112	91 559
2011/2012	154 230	80 351
2012/2013	206 482	124 060

Source: ONDR/SODELAC/DPSA, 2013

1.2.3 Les cultivars

Le critère de différenciation essentiel des variétés est la sensibilité ou non à la photopériode.

On distingue ainsi trois groupes :

- *un groupe photo-indépendant tardif*, cultivé essentiellement dans les zones les plus proches de l'équateur. La floraison est échelonnée au cours de la saison culturale, à partir de nœuds éloignés de la tige principale. Les plants sont le plus souvent volubiles ;
- *un groupe photo-indépendant précoce*, cultivé dans les zones de latitude élevée, à port érigé. La floraison a lieu à partir des premiers nœuds de la tige principale et donne une production groupée, récoltable au bout de deux mois ;
- *un groupe photosensible*, cultivé en Afrique soudano-sahélienne en association avec les céréales, à port généralement rampant. Ces variétés fleurissent lorsque la longueur du jour décroît en dessous d'un certain seuil.

Les critères de sélection du niébé sont multiples : acceptabilité des grains (dimension, couleur,

Mémoire de Mastère en GDT/ M : Mohammad Fadjannour HADJARO

texture tégumentaire), adaptation aux contraintes biotiques (maladies et ennemis) et adaptation aux contraintes abiotiques : sécheresse, chaleur, carences en azote et en phosphore, acidité et toxicité aluminique des sols). Les critères de productivité sont ajustés en fonction des systèmes culturaux (Mémento de l'agronome, 1991).

1.2.4 Climat et sol pour la culture du niébé

Le niébé peut être cultivé en conditions pluviales, sous irrigation ou avec l'humidité résiduelle du sol le long des fleuves, ou dans les plaines lacustres en saison sèche, pourvu que les minima et maxima de température (nocturnes et diurnes) soient dans une fourchette de 28°C à 30°C pendant la campagne culturale. Le niébé affiche une bonne performance dans les zones agro-écologiques où la pluviométrie est de 500 à 1200 mm/an. Cependant, grâce aux variétés précoces et extra-précoces, il peut pousser dans le Sahel où la pluviométrie est inférieure à 500 mm/an. Il tolère la sécheresse et s'adapte bien aux sols sablonneux et pauvres. Toutefois, c'est sur des sols bien drainés, sableux-limoneux à limoneux-argileux, à pH 6 ou 7, qu'il atteint ses meilleurs rendements (Dugje *et al.*, 2009).

1.3 Aperçu sur Striga

1.3.1 Systématique et biologie de *Striga hermonthica* (Del.) Benth.

Le genre *Striga* appartient à la famille des Scrofulariacées, parasites très répandus dans la zone semi-aride d'Afrique tropicale, d'Afrique du Sud et surtout aux Etats-Unis. Il y a environ 25 espèces de *Striga* qui sont hémi parasitaires des Poacées domestiques et sauvages, ainsi que de certaines légumineuses. Parmi les 25 espèces, 7 sont relevées comme principales espèces économiquement nuisibles. Ce sont :

- *Striga asiatica* : il s'attaque surtout au maïs, riz, mil, et aussi le sorgho ;
- *Striga densiflora* : ses plantes-hôtes sont le mil, le maïs, les Poacées sauvages et le sorgho ;
- *Striga aspera* : s'attaque au riz pluvial, aux Poacées adventives, et à la canne à sucre ;
- *Striga gesnerioides* : parasite généralement les Fabacées (niébé, soja, arachide, sésame, tabac, patates douces, etc.) ;
- *Striga forbesii* : parasite le riz, le maïs, mais aussi le sorgho ;
- *Striga euphrasioides* : s'attaque au maïs, canne à sucre, riz pluvial et les Poacées sauvages ;

- *Striga hermonthica* : il parasite en général les *Poacées* cultivées, à savoir, le maïs, le riz pluvial, le mil le fonio, la canne à sucre et surtout le sorgho (Ramaiah et *al.*, 1983).

Les graines de *Striga* sont minuscules, ne mesurant qu'environ moins de 0,3 mm de longueur, légères et produisent de milliers de graines sous la forme d'une poussière brunâtre. Ces semences sont disséminées par le vent, l'eau de ruissellement, le bétail, et le matériel agricole. Dans le sol, elles peuvent conserver leur pouvoir germinatif pendant plus de 15 ans (Dembele et *al.* 1994).

Striga hermonthica est un adventice nuisible aux cultures céréalières. C'est une mauvaise herbe hémiparasite ; autrement dit, il s'agit d'une plante à chlorophylle, partiellement incapable d'absorber les éléments minéraux du sol (Nékouam, 1983).

Striga hermonthica concurrence le maïs puisqu'il lui retire l'eau et les autres éléments nutritifs. Cette concurrence se traduit par une baisse importante de rendement. C'est plante allogame. Sa pollinisation est généralement entomophile (Nékouam, 1983).

CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite à la station agronomique de Bébédjia.

Bébédjia est situé au Centre-est du département de la Nya dans la région du Logone Oriental, dans l'extrême sud du Tchad, entre 8° et 9° 64' degré de latitude Nord, et entre 16° 20' et 16° 50' degré de longitude Est, Bébédjia fait partie du champ pétrolier de Doba. Avec une superficie de 2954 km², elle représente 22,7% du département et seulement 0,23% du territoire national (Sama. et *al.*, 2006).

Bébédjia, chef lieu du département de la Nya, appartient à la Région du Logone Oriental et est situé à 35 km de Doba, chef lieu de ladite région. La ville est traversée par l'axe routier Moundou-Doba. Bébédjia est limité au Nord par le département de Ngourkoussou dans la Région du Logone Occidental, au Sud par la sous-préfecture de Donia du département de la Nya-Pendé, à l'Est par le département de la Pendé et à l'Ouest par la sous-préfecture de Mbaikoro du département des Monts de Lam.

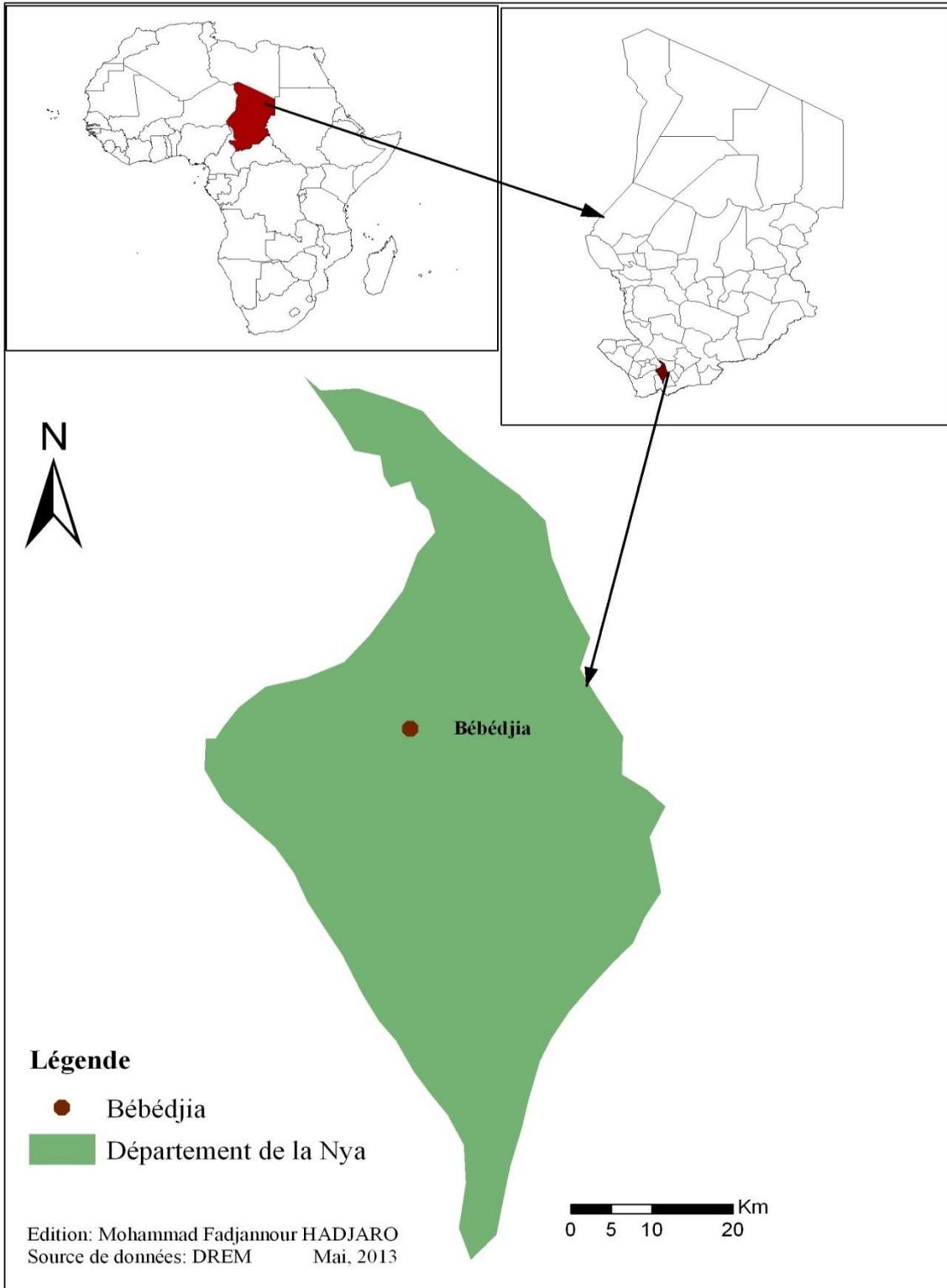


Figure 1: Zone d'étude

2.1.1 Climat

Le climat du site est de type tropical chaud avec alternance des saisons : une saison sèche et une saison des pluies.

- ✓ la saison sèche qui commence de novembre à mars est marquée par une période fraîche, s'installant à partir du même mois jusqu'en février pour faire place à la période chaude. Celle-ci débute en mars et prend fin avec l'arrivée des pluies ;
- ✓ la saison des pluies qui va du mois d'avril à octobre avec les précipitations variant entre 800 à 1200 mm, parfois plus.

Les températures moyennes de juin à février oscillent entre 20°C et 25°C et de mars à mai, elles se situent à 39°C.

On note deux (2) vents prédominants dans la zone : la mousson et l'harmattan :

- la mousson est un vent humide qui souffle du Sud-ouest au Nord-est, à partir du mois d'avril à octobre ;
- l'harmattan est un vent sec qui souffle du Nord-est au Sud-ouest, à partir du mois de novembre à mars.

2.1.2 Sols

La zone est caractérisée par l'existence des plaines et des bas-fonds inondables. Ces conditions font de Bébédjia une région favorable aux activités agropastorales et l'une des régions les plus agricoles du Sud, avec de fortes productions de céréales (mil, sorgho, maïs...), de manioc, de divers légumes, de coton, d'arachide,...

On rencontre les sols exondés et les sols inondés sur lesquels se répartissent les différents types de sol qui sont les suivants :

- les sols ferrallitiques sont favorables à la culture de sorgho, niébé, sésame et du penicillaire...
- les sols hydromorphes, très propices à la culture du riz, de manioc, du sorgho, de maïs, de l'arachide...
- les sols ferrugineux tropicaux, plus ou moins cuirassés, propices à la culture céréalière, des légumineuses.

2.1.3 Végétation

Le couvert végétal de la zone qui s'étale de la savane arbustive à la forêt claire et d'un relief de plaine. Les espèces végétales les plus rencontrées sont notamment : *Acacia albida*, *Acacia nilotica*, *Kaya senegalensis*, *Combretum collinum*, *Parkia biglobosa*, *Vitellera paradoxa*, *Adansonia digitata*, *Zizyphus mauritiana*, *Azadirachta indica*, *Borassus aethiopum*, *Detarium microcarpum*, *Mangifera indica*, etc.

Leurs apports dans l'alimentation et les soins traditionnels de la population sont non négligeables.

Cependant, depuis deux (2) décennies, avec la croissance démographique, les feux de brousse, la coupe abusive des arbres pour le charbon, la culture extensive sur brûlis et l'exploitation du pétrole constituent des menaces réelles pour l'avenir de la végétation.

2.1.4 Hydrographie

Plusieurs cours d'eau permanents et temporaires parcourent la zone d'étude. Les cours d'eau permanents sont le Logone et la Pendé. Le premier est le principal affluent du Chari, long de 1000 km. Il prend sa source dans les Monts de l'Adamaoua, au Cameroun et reçoit donc peu d'affluents : la Pendé sur sa rive droite en aval de Moundou, sur sa rive gauche en amont de Lai. Le second prend sa source en République Centrafricaine. Les cours d'eau temporaires sont la Nya et quelques mares alimentées par les eaux des pluies.

Les opportunités hydrographiques de la zone pouvaient permettre de rendre l'eau disponible en toute période, mais par le fait qu'elles sont mal maîtrisées et insuffisamment mises en valeur, le problème d'utilisation rationnelle des eaux de surfaces et souterraines se pose avec acuité.

2.1.5 Démographie

La population de Bébédjia est de 28 084 habitants (RGPH2, 2009) avec une superficie de 2954 km². Cette population est majoritairement jeune et constitue une force pour les actions (activités agro-pastorales) de développement du département.

2.1.6 Activités économiques

Elles regroupent essentiellement l'agriculture, l'élevage et le commerce.

2.1.6.1 Agriculture

Elle constitue la principale activité économique des populations de la zone. En effet, elle

occupe plus de 83 % de la population active. Les types de cultures sont imposés par les conditions générales de production. Il y a les cultures vivrières : les céréales, les oléagineux, les légumineuses, les plantes à tubercules et à racines, les produits maraichers, les cultures de rente,...

Dans ce secteur, la faible productivité est liée à l'utilisation des techniques culturales et d'élevages extensives, à l'insuffisance des matériels agricoles, aux caprices des aléas climatiques, à la mauvaise organisation du monde rural, ainsi qu'à la dégradation de l'environnement.

Les cultures se pratiquent de manière traditionnelle au détriment des techniques culturales modernes. Par conséquent, les matériels agricoles utilisés demeurent rudimentaires et ne permettent pas d'accroître la production.

Du point de vue technique, il existe dans la zone, des services techniques de l'Etat qu'on peut citer entre autres, Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) et Office National de Développement Rural (ONDR) assurant respectivement la production des nouvelles technologies du produit et la vulgarisation des techniques culturales. Malheureusement les actions de ces différents services techniques sont limitées à cause de l'absence ou de l'insuffisance des moyens et équipements, ainsi que des compétences requises.

2.1.6.2 Elevage

L'élevage dont il est question ici, est celui pratiqué de manière rudimentaire par les sédentaires, même si, de manière périodique, on note la présence des éleveurs nomades dans la zone. Les espèces animales les plus élevées sont les bovins, les ovins, les caprins, les porcins et la volaille. L'élevage des bovins n'est pratiqué que pour la culture attelée, assez répandue dans la zone.

Cette façon traditionnelle de pratique d'élevage subit d'énormes pertes à cause de certaines épizooties (charbon bactérien, charbon symptomatique, etc.) et des cas de vol. En plus, sa pratique extensive est souvent source de conflit lié à la divagation et à la dévastation des champs et récoltes.

De nos jours, il est difficile de déterminer avec exactitude l'apport de l'élevage dans l'économie de la zone. Pourtant au regard des potentialités et des atouts qu'offre la zone, sa maîtrise et son développement pourraient rapporter des revenus monétaires aux paysans.

2.1.6.3 Commerce

Les échanges commerciaux s'organisent et se déroulent autour des produits agro-alimentaires, pastoraux et manufacturés dans le marché dit « moderne », situé au centre ville et les petits marchés à travers les quartiers. Ils occupent une frange importante de la population mais demeurent l'apanage des femmes. La vente se fait souvent au détail et le prix n'est pas souvent fixé par le producteur.

Il est à noter que les échanges se font également dans d'autres villages et villes voisins et ce, à travers les marchés hebdomadaires limitrophes.

La pratique des échanges actuels mérite qu'une attention y soit portée pour la rendre performante et profitable à tous.

CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

3.1 Matériels

3.1.1 Matériel végétal:

Maïs (*Zea mays*. L.), variété améliorée 2009 TZEE-W-STR, originaire de l'Institut International d'Agriculture Tropicale(IITA) de Kano/Nigeria, variété extra-précoce de 75 à 80 jours; et 4 variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L.), variétés améliorées : IT81D-994; IT81D-985; IT 99-573-1-1; IT 99-573-2-1, originaire de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) de Kano/Nigeria, cycle végétatif de 75 jours.

Nom Scientifique : *Zea mays* L.,

Variété de maïs : 2009 TZEE-W-STR

Originaire : Institut International d'Agriculture Tropicale (Kano/Nigeria) ;

Cycle végétatif : variété extra-précoce de 75 à 80 jours ;

3.1.2 Matériel de prélèvement et de labo :

Les échantillons de sol sont prélevés dans toutes les parcelles élémentaires dans les horizons 0– 20 cm avec la tarière pour des analyses physico-chimiques, 5 prélèvements par parcelle en diagonale du bloc.

3.1.3 Traitement des données

Les différents logiciels utilisés au cours de cette étude sont : Le logiciel Excel, un logiciel de traitement tabulaire de données a été utilisé pour l'analyse et la mise en forme des données et résultats des travaux. Le logiciel ArcGIS 9.3 pour la présentation de la zone d'étude, et enfin nous avons utilisé les logiciels pour l'analyse de variance à l'aide de GenSTAT (version 9.1), suivie de la comparaison des moyennes en utilisant le test de Student- Newman -Keuls, au seuil de 5 %.

3.2 Méthodologie

3.2.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de 4 blocs de Fischer complètement randomisés comportant 9 traitements avec 4 répétitions correspondant au total à 36 parcelles élémentaires (5 m x 3 m soit 15 m²), la répartition des traitements dans les parcelles élémentaires de chaque bloc est réalisée de façon aléatoire, le maïs a été semé au début de campagne après une pluie et le niébé dix (10) jours après celui du maïs après une pluie. Un démariage à 2 plants par poquet 2 semaines après la levée pour le maïs et à 2 plants par poquet pour le niébé a été effectué après établissement des plantules. Un carré de rendement de 0,25 m² a été délimité à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire, la superficie totale de l'essai (31 m x 30 m soit 930 m²) (figure 2), et les allées entre les blocs est de 2 m. Les écartements sont de 0,75 m entre les lignes et 0,4 entre les poquets pour le maïs et de 0,75 m entre les lignes et 0,20 m entre les poquets pour le niébé. Les lignes de semis de maïs et du niébé sont alternées (une ligne de maïs et une ligne du niébé), semés 3 grains par poquets. Les lignes doivent être perpendiculaires à la plus grande pente du terrain. Le complexe NPK (100 kg/ha) et l'urée (100 kg/ha) ont été apportés sur le maïs (en culture pure et en association).

Tableau V: Liste des traitements et randomisation

Codification	Traitement
T1	IT81D -994
T2	IT81D -985
T3	IT99 -573-1-1
T4	IT99 -573-2-1
T5	Maïs + IT81D -994
T6	Maïs + IT81D -985
T7	Maïs + IT99 -573-1-1
T8	Maïs + IT99 -573-2-1
T9	Maïs

3.2.1.1 Suivi des opérations culturales

Les opérations culturales ont été réalisées comme suit :

- 29/05/013: Labour à traction animale
- 29/05/013: Piquetage
- 06/06/013: Semis de maïs
- 25/06/013: 1^é sarclage
- 10/07/013: 2^é sarclage
- 13/07/013: Apport de NPK
- 05/08/013: 3^é sarclage
- 06/08/013: Apport d'urée
- 28/08/013: 4^é sarclage
- 19/09/013: Relever les plants versés
- 30/10/013: Observations et récolte

3.2.2 Variables mesurées

La hauteur des plants de maïs : les mesures ont été effectuées aux 30^{ème} et 60^{ème} jours après semis (JAS). Au niveau de chaque parcelle élémentaire, dix (10) plants sont sélectionnés de façon aléatoire et marqués à l'aide d'une étiquette en plastique attachée au pied de la plante pour les mesures des variables :

- nombre de poquets levés ;
- nombre des plants 2 semaines après levée (2 SAL) ;
- vigueur des plants 4 SAL (Echelle de notation de 1 à 5) ;
- date apparition 1^{er} plant de Striga (date après le semis) ;
- nombre de Striga/m² 8 SAS (dans un carré de sondage fixe de 0,25 m² placé dans la parcelle utile) ;
- nombre de Striga/m² 10 semaines après semis (10 SAS) ;
- Incidence de Striga 8 SAS (sur 10 plants marqués dans le carré de sondage, échelle de notation de 1 à 5) ;
- Incidence de Striga 10 SAS ;
- nombre des plants à la récolte (sur les 10 pieds marqués) ;
- nombre et poids d'épis par pieds (sur les 10 pieds marqués) ;
- longueur et poids des épis récoltés (10 sur les 10 pieds marqués) ;

- poids des biomasses aériennes après la récolte ;
- taille des plants à la récolte (sur 10 plants du collet au point d'insertion de la dernière feuille) ;
- aspect épis : il a été apprécié selon une grille de notation :
 - 1 = Plants très faible
 - 2 = Plant faibles
 - 3 = Plants moins vigoureux
 - 4 = Plants vigoureux
 - 5 = Plants très vigoureux
- poids tiges frais (kg) ;
- poids tiges sèches (kg) ;
- poids grains (g) ;
- poids 1000 grains (g).

Le poids de la paille (tiges, feuille, et spathes) a été estimé en matière sèche. La méthodologie consiste à délimiter un carré de rendement et à couper à ras. Le poids connu, l'échantillon est séché au soleil pendant 72 heures puis le poids sec est mesuré pour le calcul de la matière sèche ;

Le rendement en grains est estimé après séchage des échantillons d'épis à l'étuve à 65° C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les épis sont ensuite égrenés, le poids des grains et des rafles est relevé.

3.2.3 Méthodes d'estimation des rendements du maïs

Les composantes du rendement ont été mesurées à partir d'un échantillon de plantes récolté sur les deux lignes centrales d'une parcelle élémentaire, un échantillon de 10 pieds est pris au hasard par parcelle élémentaire au sein de chaque bloc. Dans le but de rechercher le rendement moyen de maïs par parcelle, la détermination du poids des grains sec de maïs par la pesée est effectuée. Le rendement en kilogramme de maïs par hectare (RdHa) s'est calculé en parcelles traitées et parcelles témoin par la formule suivante :

$$\text{RdHa} = \frac{\text{PGEp} \times 10}{15 \text{ m}^2} \times 10\,000 \text{ m}^2$$

PGEp = poids des grains secs de maïs par pied pesés ;

10 = nombre de pieds de maïs par parcelle élémentaire traitée ;

15 m² = superficie de chaque parcelle élémentaire traitée ; 10 000 m² = 1 hectare.

Plan du dispositif expérimental (Superficie totale de l'essai est 31 m x 30 m = 930 m²)

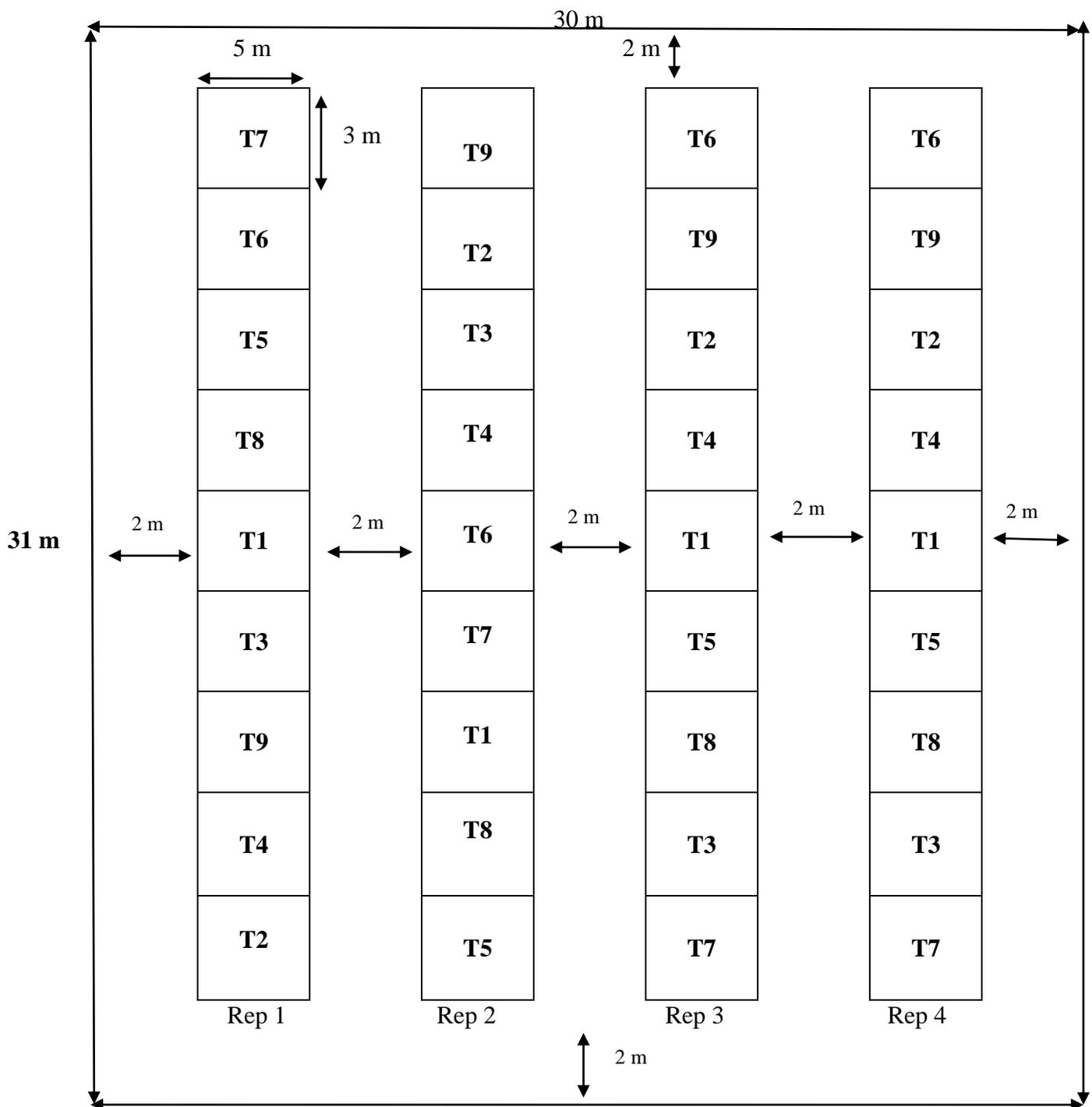


Figure 2: Schéma du Dispositif expérimental

CHAPITRE IV. RESULTATS

La présente étude a eu pour objet de contribuer à l'amélioration et l'accroissement de la productivité du maïs par la pratique de l'association culturale afin d'identifier une variété de niébé plus performante, l'optimisation des rendements du maïs et empêcher les pertes des rendements.

4.1 Dynamique du Striga en fonction des systèmes de culture

L'analyse de la variance sur les nombres de plantes de Striga en fonction des systèmes de culture, montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les cultures associées et la culture pure (Tableau VI).

Tableau VI: Dénombrement des plantes de Striga après le semis

Traitements	Nombre de Striga/ha 8 SAS	Nombre de Striga/ha 10 SAS
T5	20 000a	12 000a
T6	0,000a	48 000a
T7	0,000a	288 000a
T8	0,000a	80 000a
T9	0,000a	20 000a
CV %	115,5	100,4

Légende: **T5**= Maïs + IT81D -994, **T6**= Maïs + IT81D -985, **T7**= Maïs + IT99 -573-1-1, **T8**= Maïs + IT99 -573-2-1, **T9**= Maïs en cultures pures ; SAS = semaines après semis

NB: Les valeurs suivies d'une même lettre sur la colonne n'ont pas de différence significative au seuil de 5% selon le test de Student- Newman –Keuls.

4.2 Effet des traitements sur le rendement en grains, et la longueur des épis du maïs

Les traitements n'ont pas eu des effets significatifs sur les composantes des rendements en poids grains et les longueurs des épis de maïs en cultures associées et ou en culture pure (tableau VII).

Tableau VII: Effet des traitements sur la longueur des épis et le poids grains du maïs

Traitements	longueur des épis (cm)	poids grains (g)
T5	10,73a	2594a
T6	13,10a	3822a
T7	11,68a	3129a
T8	11,25a	2763a
T9	13,10a	3930a
CV %	4,7	13,6

Légende: **T5**= Maïs + IT81D -994, **T6**= Maïs + IT81D -985, **T7**= Maïs + IT99 -573-1-1, **T8**= Maïs + IT99 -573-2-1, **T9**= Maïs en cultures pures.

NB: Les valeurs suivies d'une même lettre sur la colonne n'ont pas de différence significative au seuil de 5% selon le test de Student- Newman -Keuls.

4.3 Effet des traitements sur le nombre et la taille des plants récoltés et le poids des tiges fraîches du maïs

L'analyse des données montre que l'effet des traitements sur le nombre des plants récoltés, la taille et le poids des plants et des tiges fraîches du maïs ne révèle pas de différences significatives sur la culture pure et celles associées. Cependant la plus grande taille est observée au niveau du traitement T9 (177,2 cm) et la plus faible avec T5 (132,2 cm).

Tableau VIII: Effet des traitements sur le nombre et la taille des plants récoltés, et le poids des tiges de maïs

Traitements	Nombre des plants récolté	Tailles des plants (cm)	Poids des tiges fraiches (kg)
T5	41,75a	132,2a	3,10a
T6	44,00a	175,0a	7,10a
T7	44,75a	150,9a	3,50a
T8	38,50a	152,1a	3,70a
T9	43,50a	177,2a	7,45a
CV %	5,1	8,2	32,8

Légende : **T5**= Maïs + IT81D -994, **T6**= Maïs + IT81D -985, **T7**= Maïs + IT99 -573-1-1, **T8**= Maïs + IT99 -573-2-1, **T9**= Maïs en cultures pures.

NB : Les valeurs suivies d'une même lettre sur la colonne n'ont pas de différence significative au seuil de 5% selon le test de Student- Newman -Keuls.

4.4 Effet des traitements sur le rendement et le nombre des épis récoltés du maïs

L'analyse de la variance a montré qu'il y a des différences hautement significatives ($p < 0,021$) entre les cultures associées et la culture pure sur le nombre des épis récoltés. On note une différence significative entre les traitements T5 et T8 d'une part et les traitements T6 et T7 d'autre part. On ne note pas de différence significative entre le poids frais et le poids sec. (Tableau IX).

Tableau IX: Effet des traitements sur le nombre des épis récoltés, les poids frais et sec des épis de maïs

Traitements	Nombre des épis récoltés	Poids frais des épis (g)	poids sec des épis (g)
T5	42,75b	4162a	3017a
T6	45,50ab	6358a	4536a
T7	45,50ab	5051a	3681a
T8	42,25b	4386a	3222a
T9	47,00a	6283a	4649a
CV %	6,2	11,5	13,7

Légende : **T5**= Maïs + IT81D -994, **T6**= Maïs + IT81D -985, **T7**= Maïs + IT99 -573-1-1, **T8**= Maïs + IT99 -573-2-1, **T9**= Maïs en cultures pures.

NB : Les valeurs suivies d'une même lettre sur la colonne n'ont pas de différence significative au seuil de 5% selon le test de Student- Newman -Keuls.

4.5 Effet des traitements sur la vigueur des plants 4, 6 et 8 semaines après la levée en fonction du stade de développement du maïs

L'analyse de la variance indique qu'il n'y a pas de variation significative entre les cultures associées et la culture pure concernant la vigueur des plants, 4, 6, 8 semaines après la levée.

Tableau X: Effet des traitements sur la vigueur des plants 4, 6 et 8 semaines après la levée en fonction du stade de développement du maïs

Traitements	Vigueur des plants 4	Vigueur des plants	Vigueur des plants
	SAL	6 SAL	8 SAL
T5	1,25a	1,25a	2,25a
T6	1,25a	2,25a	3,50a
T7	1,50a	2,25a	3,00a
T8	1,50a	1,75a	2,50a
T9	1,75a	2,50a	3,50a
CV %	6,9	14,1	10,2

Légende: **T5**= Maïs + IT81D -994, **T6**= Maïs + IT81D -985, **T7**= Maïs + IT99 -573-1-1, **T8**= Maïs + IT99 -573-2-1, **T9**= Maïs en cultures pures ; SAL = semaines après la levée.

NB: Les valeurs suivies d'une même lettre sur la colonne n'ont pas de différence significative au seuil de 5% selon le test de Student- Newman -Keuls.

CHAPITRE V. DISCUSSION

5.1 Dénombrement des plantes de Striga après le semis

Notre étude montre que le Striga fait son apparition dans les différents systèmes de cultures (cultures pures et associées) dès la huitième semaine après les semis au niveau du traitement T8 (maïs +IT99 -573-2-1) du bloc n° 4. L'incidence de Striga sur le développement du maïs est très faible, l'association culturale réduit donc l'émergence de Striga.

L'analyse de la variance sur les nombres de Striga en fonction des systèmes de culture de chaque parcelle utile a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les cultures associées et la culture pure. Le niveau d'infestation par le Striga le plus élevé est de 24 plants de Striga qui sont observés au niveau du traitement T7 (maïs +IT99 -573-1-1) Bloc 1 (Tableau VI).

L'apparition du Striga dans tous les systèmes de cultures dès la huitième semaine après les semis au niveau du traitement T8 peut s'expliquer par un fort degré d'infestation du sol en semences de ce parasite et une faible couverture du sol par le niébé dans les cultures associées. L'augmentation régulière de la densité du Striga de la 8^e à la 10^e semaine après les semis peut être due à la croissance des cultures hôtes dont la croissance multiplie la surface de contact avec les graines de Striga. Cela permet une meilleure nutrition des plantes de Striga.

Les résultats statistiques ne montrent aucune différence significative aux 8^e et 10^e semaines après les semis entre les systèmes de culture. A la 10^e semaine après les semis (70 jours) certains plants de Striga n'ont pas encore de capsules compte tenu de leur émergence tardive, la germination des semences n'est pas simultanée et leur cycle biologique, de la germination à la formation de graines, peut varier entre 2 à 4 mois.

Les substrats des racines du niébé contiennent les mélanges des métabolites qui stimulent la germination des graines de Striga (Oswald et al., 2002 ; Emechebe et Ahonsi, 2003 ; Gbèhounou et Adango, 2003 ; Kuchinda et al., 2003 ; Olupot et al., 2003). Dans d'autres travaux, l'association du sorgho avec le niébé et la *Crotalaire* (*Crotalaria* spp.) ou le maïs avec la *Crotalaire* a réduit significativement les densités de Striga et augmenté les rendements en grain de maïs et de sorgho (Tenebe et Kamara, 2002 ; Khan et al., 2007).

Selon la littérature ces associations de culture fournissent des nouveaux moyens de réduction du stock de graines de Striga dans le sol à travers les cultures de faux- hôtes du Striga qui provoquent la germination suicidaire (Khan et *al.*, 2002). En outre, les feuilles vertes de *Desmodium* spp. récoltées d'une culture associée précocement et enfouies comme engrais vert dans le sol, sont capables d'exercer leur effet sur le Striga, qui fait de lui une plante piège plus efficace que les autres légumineuses (Khan et *al.*, 2007).

5.2 Effet des traitements sur le rendement en grains, et la longueur des épis du maïs

D'après le tableau VII, tous les traitements n'ont pas d'effet significatif sur les rendements en grains et les longueurs des épis de maïs en cultures associées ou en culture pure.

Les rendements en grains obtenus sont faibles. Cela est dû aux dégâts des ravageurs au déficit hydrique lié aux perturbations climatiques. La présence des ravageurs sur les plants explique le jaunissement, les tâches sur les feuilles, la chute des plants, etc. Les mouches blanches et les termites attaquent les pieds de maïs et mettent en danger les rendements du maïs et la qualité des produits.

Il y a des phénomènes de flétrissement ou de dépérissement des plantes pouvant être causés par des insectes des feuilles perforées. Les chenilles de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) attaquent les feuilles et les tiges, provoquant souvent la cassure de ces dernières. Des tumeurs apparaissant sur les épis et sont la marque du charbon du maïs (*Ustilago maydis*). Des noctuelles peuvent aussi dévorer spathes et grains vers le sommet des épis (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%AFs>).

5.3 Effet des traitements sur le rendement et le nombre des épis récoltés du maïs

L'analyse des variances a montré qu'il y a des différences hautement significatives ($P < 0,021$) entre cultures associées et la culture pure concernant le nombre des épis. Cela signifie que les épis récoltés sont beaucoup plus importants en culture associées qu'en culture pure.

On constate que la culture pure produit beaucoup plus d'épis que les cultures associées. L'augmentation du rendement du maïs en nombre d'épis est conforme à la tendance générale à la hausse des rendements observée déjà par certains auteurs comme Breman et van Reuler (2000), Lamboni (2000) et (Sogbedji et *al.*, 2006).

Selon (Coulibaly et al., 2012) les légumineuses peuvent être associées au maïs sans nécessiter un temps de travail supplémentaire important et sans que les rendements du maïs ne soient affectés significativement. Il ressort également de l'étude que sur la sole d'association maïs/légumineuse, la biomasse produite peut être augmentée de plus 22% comparativement à la sole de culture pure de maïs.

Les variétés améliorées de sorgho et de mil peuvent donner un rendement plus élevé que les variétés locales si elles bénéficient de bonnes conditions de production (fertilité, faible concurrence avec les adventices, pluviométrie, etc.). Les variétés locales sont plus rustiques et ne nécessitent pas autant de soins que les variétés améliorées. D'autres essais sont aussi nécessaires pour étudier l'arrangement spatial des cultures associées et le choix des légumineuses à couverture rapide du sol (Lawane G et al., 2009).

D'après, Zangré (2000) la croissance des rendements est corrélée par la croissance des organes végétatifs des plants. L'association culturale présente une bonne performance agronomique concernant les rendements en grain comparativement aux autres traitements. L'association culturale joue un rôle important dans la conservation des sols, restauration des terres et maintenance du système et le contrôle adventices.

La production étant essentiellement pluviale, les années des faibles pluviométries influent défavorablement sur la production. Il est également signalé des ennemis des cultures principalement *Striga hermonthica* qui semble s'étendre de plus en plus dans la région, à la faveur du vent et de la mobilité animale. Ces contraintes ont une influence sur les rendements qui varient d'une zone à une autre. Au Tchad, sans apport d'engrais, le rendement du maïs en milieu paysan avoisine 800 kg/ha, presque le double du rendement en sorgho, largement cultivé dans la région. Chez les producteurs tchadiens ayant utilisé les engrais-coton, le rendement atteint 1t/ha. Quant à ceux ayant bénéficié des appuis techniques de la GTZ et qui utilisent des semences améliorées et des engrais chimiques, les rendements varient de 3t/ha à 6t/ha. (Ndjouenkeu R. et al., 2010)

CONCLUSION GENERALE

La culture céréalière au Tchad, à l'instar des autres pays sahéliens est confrontée à la précarité des pluies, à la pauvreté des sols et aux mauvaises herbes, plus particulièrement le Striga. D'une manière générale, le Striga est la cause principale des faibles rendements du maïs.

L'étude nous a permis de montrer l'avantage des cultures associées par rapport aux cultures pures. Les systèmes de cultures associées sont traditionnellement pratiqués au Tchad et leur amélioration en vue de lutter contre le striga devrait être bien acceptée par les paysans.

Les résultats obtenus montrent que la culture pure produit beaucoup plus d'épis que les cultures associées. L'incidence de Striga sur le développement du maïs est très faible, le maïs en culture pure a produit à la maturité plus de poids des tiges fraîches avec moins de nombre des plants à la récolte que T6 (maïs + IT81D - 985) et T7 (maïs +IT99 -573-1-1). Car, la plus grande hauteur, soit 177,2 cm a été obtenue au niveau du traitement T9 (maïs en culture pure) et la plus faible hauteur, 132,2 cm au niveau du traitement T5 (maïs + IT81D - 994), le traitement T6 (maïs + IT81D - 985) qui a le plus grand aspect épis (4,25), l'association culturale réduit donc l'émergence de Striga. L'étude nous a permis de montrer l'avantage des cultures associées (le maïs avec le niébé) par rapport aux cultures pures.

L'association culturale joue un rôle important dans la conservation des sols, restauration des terres et maintenance du système et le contrôle adventices.

L'analyse des filières de maïs dans la zone des savanes du Tchad met en évidence une dynamique paysanne qui porte de plus en plus sur des produits d'intérêt économique croissant. Cette dynamique a contribué à faire passer le maïs dû statut de culture de consommation familiale en culture de marché, même si la part autoconsommée reste importante.

- Recommandation, nous demandons que le travail mérite d'être répété.
- En perspective, il faudrait poursuivre les recherches pour approfondir l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Atta S., 2006.** Phytotechnie spéciale, les céréales : Mil, Sorgho, Maïs, Riz et Fonio. Centre Régional AGRHYMET, Département Formation et Recherche. Niamey-Niger, 35-37p.
- Baudoin J.P., Camarena F., Lobo M., 1995.** Amélioration de quatre espèces de légumineuses alimentaires tropicales : *Phaseolus vulgaris*, *P. polyanthus* et *P. lunatus*. Sélection intra et interspécifique. In : Quel avenir pour l'amélioration des plantes. Dubois J. éd., Paris, France, John Libbey Eurotext, 31-49pp
- Breman H., Van Reuler H., 2000.** Legumes, when and where an option (No panacea for poor African soils and expensive fertilizers) BNMS conference in Cotonou, p.
- Breman, H., Groot J. J. R., Van Keulen H., 2001.** Resource limitations in *Sahelian agriculture*. *Global Environment Change* 11: 59-68.
- Cissé N., 2002.** La Culture Traditionnelle du Niébé au Sénégal, Etude de Cas. ISRA/CNRA, Bambey, Senegal.
- Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Sedogo P M., 2012.** Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes, *Tropicultura*, 8p.
- Dembele. B., Raynal-roques A., Salle G., Tuquet C., 1994.** Plantes parasites des cultures et des essences forestières au Sahel, 52p.
- Diangar S., 2006.** Cours de phytotechnie spéciale de maïs. Ecole nationale supérieure d'agriculture de Thiès (Sénégal), 34p.
- Diangar S., 2006.** Cours de phytotechnie spéciale de niébé. Ecole nationale supérieure d'agriculture de Thiès (Sénégal), 34p.
- Dubé M. P., Olivier A., 2001.** Le *Striga gesnerioides* et son hôte, le niébé : interaction et méthodes de lutte, *Canadian Journal of Botany*, Volume 79, Number 10, pp. 1225-1240 (16),
- Rouanet G., 2000.** Le technicien d'agriculture tropicale 2, le maïs. Edition Maisonneuve et Larose (Paris), 142p.
- Dugje I.Y., Omoigui L.O., Ekeleme F., Kamara A.Y., Ajeigbe H., 2009.** Production du niébé en Afrique de l'Ouest : Guide du paysan, IITA, Ibadan, Nigeria.25p.
- Eaglesham A. R. J., Ayanaba A., Rao V.R., Esgew D.L., 1982.** Mineral N effect on cowpea and soybean crops in Nigerian soil. II. Amounts of fixed and accrual to the soil. *Plant Soil* 68:183-192

Emechebe A M., Ahonsi M O., 2003. Ability of excised root and stem pieces of maize, cowpea and soybean to cause germination of *Striga hermonthica* seeds. *Crop Prot.* 22: 347-353.

Fusillier J. L., 1993. La filière maïs au Cameroun – quelles perspectives de développement de la production de maïs, Montpellier, Multigr., CIRAD, 58 p

Gbèhounou G., Adango E., 2003. Trap crops of *Striga hermonthica*: *in vitro* identification and effectiveness *in situ*. *Crop Prot.* 22: 395-404.

Dupriez H., Philippe De Leener., 1983. Agriculture tropicale en milieu paysan africain, terres et vie enda l'harmattan. 280p.

Khan Z.R., Midega C.A.O., Hassanali A., Pickett J.A., Wadhams L.J., 2007. Assessment of Different Legumes for the Control of *Striga hermonthica* in Maize and Sorghum. Published in *Crop Sci* 47: 728-734.

Kuchinda N.C., Kureh I., Tarfa B.D., Shinggu C., Omolehin. R., 2003. On farm evaluation of improved maize varieties intercropped with some legumes in the control of striga in the northern Guinea savanna of Nigeria. *Crop Prot.* 22: 533-538.

Lamboni D., 2000. Effet de l'amélioration par le mucuna sur l'efficacité des engrais azotés et phosphatés sur le rendement en grains du maïs : cas de l'association maïs - mucuna dans la région maritime. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Université du Bénin, Lomé Togo.

Lamboni L., 2003. Approche participative et utilisation du modèle QUEFTS pour la gestion de la fertilité des sols du village de Seve-Kpota au Sud du Togo, Memoire d'ingenieur agronome, UL-ESA, Lomé, 117p.

Louise Akanvou, René Akanvou, Kouamé Anguété et Loseni Diarrassouba, 2006. Bien cultiver le maïs en Côte d'Ivoire., CNRA. 4p

Mémento de l'agronome., 1991. Ministère de la Coopération et du Développement, 4e édition, collection «Technique rurales en Afrique», 1635p

Muller B., 2004. Sécurité alimentaire et stratégies paysannes : cas de la zone rizicole de Maga, Mémoire d'Ingénieur Agronome, Université de Dschang.

Nekouam N., 1983. Test de la résistance de quelques variétés de sorgho à *Striga hermonthica* (*Del.*) *Benth.*

Ndjouenkeu R., Fofiri Nzossie E. J., Kouebou C., Njomaha C., Grembombo A. I., Mianoudanan K., 2010. Le maïs et le niébé dans la sécurité alimentaire urbaine des savanes d'Afrique centrale, "ISDA, Montpellier, France" 17p.

Olupot J.R., Osiru D.S.O., Oryokot J., Gebrekidan B., 2003. The effectiveness of *Celosia argentia* (*Striga* 'chaser') to control *Striga* on sorghum in Uganda. *Crop Prot*, 22: 463-468.

Oswald A., Ransom J.K., Kroschel J., Sauerborn J., 2002. Intercropping controls *Striga* in maize based farming systems. *Crop Prot*. 21: 367-374.

Pat, 2011. Plan d'Action pour le Tchad

Ramaiah K. V., Parker. C., Vasudeva rao M. J., et Musselman L. J., 1983. Manuel d'identification et de lutte contre le *Striga*. ICRISAT.

Sama O., Lieugomg M., 2006. Bébédjia (sud du Tchad), un espace sous pression. *Colloque international. "Les frontières de la question foncière- At the frontier of land issues"*, Montpellier, 14p.

Sogbedji J M., Van H M., Agbeko K L., 2006a. Cover cropping and nutrient management strategies for maize production in Western Africa. *Agron J* 98:883-889

Tenebe V.A., Kamara H.M., 2002. Effect of *Striga hermonthica* on the growth characteristics of sorghum intercropped with groundnut varieties. *J. Agron. Crop Sci.* 188: 376-381.

Zangré, B.V.C.A., 2000. Effets combinés du travail du sol et des amendements organiques sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical lessivé dans la région de Saria (zone centre du Burkina Faso), Mémoire IDR, 83p.

https://www.mpl.ird.fr/colloque_foncier/Communications/PDF/Lieugomg.pdf ; (consulté le 09 Mai 2013)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9b%C3%A9djia> ; (consulté le 13 Mai 2013)

<http://vertigo.revues.org/805> ; (consulté le 21 juillet 2013)

<http://ntec.free.fr/spip.php?rubrique5> ; (consulté le 09 septembre 2013)

http://site.voila.fr/eq_idiofa/idi_niebe2.htm ; (consulté le 09 septembre 2013)

<http://www.ingentaconnect.com/content/nrc/cjb/2001/00000079/00000010/art00013?crawler=true> ; (consulté le 10 septembre 2013)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%AFs> ; (consulté le 29 septembre 2013)

<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=fr#ancor> ; (consulté le 17 octobre 2013)

http://www.agpm.com/pages/mais_grain.php ; (consulté le 21 octobre 2013)

<http://www.axl.cefano.ulaval.ca/afrique/tchad.htm> ; (consulté le 23 octobre 2013)

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau d'analyse de variance (ANOVA) Aspect épis

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	2.200	0.733	0.69	
TRT	4	0.800	0.200	0.19	0.940
Résiduels	12	12.800	1.067		

Annexe 2 : Tableau de d'analyse de variance (ANOVA) Nombre de Striga/ha 10 SAS

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	76.55	25.52	0.90	
TRT	4	132.50	33.12	1.17	0.371
Résiduels	12	338.70	28.22		

Annexe 3 : Tableau de d'analyse de variance (ANOVA) Nombre de Striga/ha 8 SAS

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	0.20000	0.06667	1.00	
TRT	4	0.80000	0.20000	3.00	0.063
Résiduels	12	0.80000	0.06667		

Annexe 4 : Tableau de variance (ANOVA) Longueur des épis (cm)

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	4.674	1.558	0.52	
TRT	4	18.837	4.709	1.58	0.243
Résiduels	12	35.851	2.988		

Annexe 5 : Tableau de variance (ANOVA) Poids grains (g)

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	2943482	981161	1.25	
TRT	4	5888587	1472147	1.87	0.181
Résiduels	12	9454735	787895		

Annexe 6 : Tableau de variance (ANOVA) Nombre des plants récolté

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	69.80	23.27	2.26	
TRT	4	99.50	24.88	2.41	0.106
Résiduels	12	123.70	10.31		

Annexe 7 : Tableau de variance (ANOVA) Tailles des plants (cm)

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	2527.9	842.6	1.18	
TRT	4	4717.5	1179.4	1.65	0.225
Résiduels	12	8572.0	714.3		

Annexe 8 : Tableau de variance (ANOVA) Poids des tiges fraîches (kg)

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	39.91	13.30	1.06	
TRT	4	71.83	17.96	1.43	0.284
Résiduels	12	150.84	12.57		

Annexe 9 : Tableau de variance (ANOVA) Nombre des épis récoltés

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	116.400	38.800	10.32	
TRT	4	65.300	16.325	4.34	0.021
Résiduels	12	45.100	3.758		

Annexe 10 : Tableau de variance (ANOVA) Poids frais des épis (g)

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	5456136	1818712	0.71	
TRT	4	17057305	4164326	1.65	0.225
Résiduels	12	30928718	2577393		

Annexe 11 : Tableau de variance (ANOVA) Poids sec des épis (g)

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	4087610	1362537	1.16	
TRT	4	8886969	2221742	1.90	0.175
Résiduels	12	14035540	1169628		

Annexe 12: Tableau de variance (ANOVA) Vigueur des plants 4 SAL

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	0.1500	0.0500	0.15	
TRT	4	0.7000	0.1750	0.51	0.728
Résiduels	12	4.1000	0.3417		

Annexe 13: Tableau de variance (ANOVA) Vigueur des plants 6 SAL

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	1.2000	0.4000	1.71	
TRT	4	4.0000	1.0000	4.29	0.022
Résiduels	12	2.8000	0.2333		

Annexe 14: Tableau de variance (ANOVA) Vigueur des plants 8 SAL

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	1.3500	0.4500	0.84	
TRT	4	5.2000	1.3000	2.44	0.104
Résiduels	12	6.4000	0.5333		

Annexe 15: Tableau de variance (ANOVA) Poids rafle

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	99342	33114	0.86	
TRT	4	311854	77964	2.03	0.153
Résiduels	12	459963	38330		

Annexe 16: Tableau de variance (ANOVA) Nombre de poquets levés

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	85.75	28.58	1.65	
TRT	4	63.30	15.82	0.92	0.486
Résiduels	12	207.50	17.29		

Annexe 17: Tableau de variance (ANOVA) Nombre des plants 2 semaines après levée

Source de variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	Probabilité
BLOC stratum	3	33.800	11.267	1.52	
TRT	4	31.200	7.800	1.05	0.422
Résiduels	12	89.200	7.433		