



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES (D.E.S.S)
"Protection de l'Environnement et Amélioration des Systèmes Agraires Sahéliens"

Thème

DIVERSIFICATION DES SYSTEMES DE CULTURE :
**CAS DU SESAME [*SESAMUM INDICUM(L)*] ET DU GUAR [*CYAMOPSIS*
TETRAGONOLOBA(L) Taubert] ET ESTIMATION DES RENDEMENTS PAR LA
METHODE DE TELEDETECTION A BASSE ALTITUDE.**



Par **Rirabé DJIDINGAR**

Sous la direction de :

Dr Bruno GERARD

Maître de stage

Dr Ibrahim.A. AMOUKOU

Directeur de mémoire

Soutenu publiquement le 11 avril 2003 devant le jury composé de:

Président: Dr Toudou ADAM (Maître Conférence, F.A) Coordonnateur CRESA

**Membres: Dr ISSAKA Amadou (Maître Assistant, F.A) chef département sciences du sol
Dr Bruno GERARD Chercheur ICRISAT /NIGER
Coordonnateur de thème "Intégration Cultures
Elevage et diversification des systèmes"**

Dr Ibrahim.A. AMOUKOU (Maître Assistant, F.A) Doyen de la F.A

Dr DELFOSSE Philippe Chercheur ICRISAT/ NIGER

Années académiques 2001-2003

Dédicace

Ce modeste travail est dédié:

A Dieu le père tout puissant, pour toute sa clémence et sa protection ;

A la mémoire de mon cher père **DJIDINGAR DONO NGARDOUM Michel** et ma mère chérie **GUIRTIGAL Odette** en témoignage de ma profonde gratitude pour l'instruction et l'éducation qu'ils m'ont donné ;

A tous mes frères, sœurs et amis.

Remerciements

Notre formation n'aurait été possible sans le soutien financier de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) ; nous témoignons notre gratitude à ses responsables.

Au coordonateur du CRESA, Dr ADAM Toudou, et tous les enseignants et chercheurs pour les sacrifices consentis pour cette formation, trouvez l'expression de ma profonde reconnaissance.

Ce travail n'aurait pu se concrétiser sans le suivi de la première à la dernière heure de mon maître de stage, Dr Bruno GERARD. Qu'il en soit vivement remercié non seulement pour son assistance matérielle, scientifique et ses conseils avisés mais aussi pour ses qualités humaines essentielles, à mes yeux dans toutes relations.

Je tiens à exprimer ma gratitude à mon directeur de mémoire, Dr AMOUKOU ADAMOU Ibrahim, malgré ses multiples fonctions administratives a accepté de diriger ce travail. Merci pour ses nombreux conseils d'éducateur qui ont été très utiles durant ce travail.

J'adresse mes vives remerciements aux membres du jury : Dr Toudou ADAM, Dr ISSAKA Amadou, Dr Philippe DELFOSSE qui, malgré leurs multiples occupations, ont accepté de faire le déplacement pour juger ce travail. Merci pour leur remarques, contributions et suggestions qui amélioreront la qualité de ce travail.

A tous le personnel de ICRISAT/NIGER plus particulièrement à Mr MAIKANO Ibrahim, HASSANE Ousmane, personnels du laboratoire de système d'informations géographiques; Mr BISSALA Hassane, Mr AWEL qui jour pour jour nous avons traversé toute la campagne pour non seulement pour toutes les informations sur le sésame et le guar qu'ils ont mis à ma disposition, mais aussi pour leur amitié, entente et collaboration qui a prévalu durant tout mon stage. Je ne saurais oublier mes amis Zakari et Tairou pour leur appui en photographie aérienne.

Je fais une mention spéciale à mon ami et frère Garba Issa et sa famille pour l'entente qui a toujours régné entre nous durant tout mon séjour au Niger.

A tous mes amis tchadiens étudiants au Niger, mes camarades de promotion, mes amis stagiaires de ICRISAT (Djibo Elhadj, Djariri Illias, Amina Tidjani, Aissa Diallo, Saminou et Hassane pour leur collaboration et entente.

A tous ceux que je n'ai pas mentionné, mais qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, je ne vous oublie pas mais par crainte de sauter certains noms, assurez-vous de ma profonde reconnaissance.

Résumé : Diversification des systèmes de culture : Cas du sésame [*Sesamum indicum(l)*] et de guar [*Cyamopsis tetragonoloba(l) Taubert*] et estimation des rendements par la méthode de teledetection a basse altitude.

Au Sahel, compte tenu de la dégradation de l'environnement agricole due à la péjoration climatique et la baisse de la fertilité des sols, la diversification des cultures apparaît comme une solution majeure pour assurer la sécurité alimentaire et financière des producteurs. Dans cette optique un essai variétal sur le sésame et la guar a été conduit sur le site expérimental de Sadoré (ICRISAT), dans un dispositif factoriel split plot comprenant deux répétitions. Chaque répétition comprend dix huit parcelles principales dans lesquelles sont randomisés trois facteurs : fertilité (30 U DAP¹ +5 T ha⁻¹ fumier, 2 g DAP poquet⁻¹ et 5 T ha⁻¹ fumier), densité de semis (0.25 m x 0.25 m et 0.5 m x 0.5 m pour le sésame et 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m et 1 m x 1 m pour le guar) et variété : neuf variétés de sésame et neuf variétés de guar.

La photographie aérienne à basse altitude a été utilisée pour estimer les rendements. Les différents niveaux de fertilisation ainsi que les densités de semis n'ont aucun effet significatif sur le rendement en grains et en fanes de sésame. L'effet variétal a été hautement significatif montrant ainsi une grande diversité morphologique et agronomique entre les variétés. Les niveaux de rendement en grains varient entre 615 à 652 kg ha⁻¹ et en fanes entre 1636 à 1727 kg ha⁻¹ pour les variétés les plus performantes comme local de Aguié, 18 TCD 94 ISE 003 et local Zermou Attari.

Quant au guar, la densité et l'interaction densité x fertilité ont un effet significatif sur le rendement en fanes. Sur le rendement en grains seul la densité a un effet significatif. Les niveaux de rendement en grains varient entre 51.1 à 70 kg ha⁻¹ pour RGC 187 et M 83 et en fanes entre 69.2 à 75.6 pour M 83 et GG-1.

Le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne explique respectivement à 75 % et 83 % les rendements en grains et fanes à la récolte de sésame. Chez le guar, le vert normalisé n'a pas permis d'estimer les rendements vu son taux de couverture très faible.

La télédétection à basse altitude offre ainsi de nouvelles perspectives dont celles de pouvoir approcher les facteurs les plus importants dans la détermination des rendements agricoles. Son adoption sera d'une contribution substantielle dans l'estimation des rendements au Sahel.

Sur le plan biochimique le grain de sésame contient des teneurs variables d'huile (46-54.30%), protéines (23.19-27.56%), cendre (3.33-6.53%) et des oligo-éléments Ca (0.511-1.022%), N (3.680-4.410%), P (0.653-0.837%), K (0.851-1.033%), Mg (0.419-0.492%), Na (595.3-646.7 mg-Na kg⁻¹), Mn (70.1-117.8 mg-Mn kg⁻¹), Zn (68.0-100.6 mg-Zn kg⁻¹), et de traces de fer. Elle peut donc être utilisée pour lutter contre les troubles liés à la carence en sels minéraux.

Mots clés : sésame, guar, fertilité, densité, photographie aérienne, rendement, analyse biochimique, Sadoré, Niger.

¹ Diamonium phosphate.

Abstract: Sesame [*Sesame indicum* (L)] and Cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taubert] crop diversification system and yield estimation by a low remote sensing method.

In Sahel, taken into account the agrarian agricultural environment caused by the climatic peroration and the decreased of the soil fertility, crops diversification appear as a main solution to ensure the farmers' food and financial security. These trials have been conducted; in a split plot design of 1.8 ha. Each main plot comprise eighteen main plots in which differents levels of fertility (30 U DAP² +5 T ha⁻¹ manure, 2 g DAP per hill et 5 T ha⁻¹ manure) sowing density: 0.25 m x 0.25 m and 0.5 m x 0.5 m for the sesame and 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m and 1 m x 1 m for cluster bean are randomized. In fact, three fertilization levels, two density levels were use for the sesame and three density levels were used for the cluster bean test.

To estimate the yields (straw and grain) a low aerial photography has been used. The assessment of green normalized on aerial photography explains the grains yields at 75% and straws ones at 83% during the harvesting .The different fertility and sowing density levels have no significant effect on sesame's grain and straw yields. The variety effect is highly significant, then sowing a great morphological and agronomic diversity between the varieties. The yields levels varie between 615 to 652 kg ha⁻¹ and straw ones between 1636 kg ha⁻¹ to 1727 kg ha⁻¹ and both have been obtained though performant varieties such as the local variety of Aguié, 18 TCD 94 ISE 003 and Zermou Attari one.

Regarding to cluster bean, the interaction density x fertility and density have a significant effect on straw yield. Concerning the grain yield only the density has a significant effect. The grain yield varies about between 51.1 to 70 kg ha⁻¹ about the variety such as RGC 187 and M 83 and straws yields ones between 69.2 to 75.6 kg ha⁻¹ for M 83 and GG-1.

The low aerial photography gives the new perceptive which can approached the most important factor in agriculture yields determination. Son adoption will be a substantiates contribution in yields determination in Sahel.

There's a variability in tern of sesame grains composition: (46-54.30%) oil, (23.19-27.56%) protein, (3.33-6.53%) mineral matters, (0.511-1.022%) calcium, (3.680-4.410%) nitrogen, (0.653-0.837%) phosphor, (0.851-1.033%) potassium, (0.419-0.492%) magnesium, (595.3-646.7 mg-Na kg⁻¹) sodium, (70.1-117.8 mg-Mn kg⁻¹) manganese, (68.0-100.6 mg-Zn kg⁻¹) zinc and much trace of iron.

Keys words: *sesame, cluster bean, fertility, density, aerial photography, yields, biochemical analysis, Sadore, Niger*

² Diamonium phosphate.

Résumé: Diversification des systèmes de culture : Cas du sésame [*Sesamum indicum*(L)] et de guar [*Cyamopsis tetragonoloba*(L) Taubert] et estimation des rendements par la méthode de télédétection à basse altitude.

Au Sahel, compte tenu de la dégradation de l'environnement agricole due à la péjoration climatique et la baisse de la fertilité des sols, la diversification des cultures apparaît comme une solution majeure pour assurer la sécurité alimentaire et financière des producteurs. Dans cette optique un essai variétal sur le sésame et la guar a été conduit sur le site expérimental de Sadoré (ICRISAT), dans un dispositif factoriel split plot comprenant deux répétitions. Chaque répétition comprend dix huit parcelles principales dans lesquelles sont randomisés trois facteurs : fertilité (30 U DAP³ +5 T ha⁻¹ fumier, 2 g DAP poquet¹ et 5 T ha⁻¹ fumier), densité de semis (0.25 m x 0.25 m et 0.5 m x 0.5 m pour le sésame et 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m et 1 m x 1 m pour le guar) et variété : neuf variétés de sésame et neuf variétés de guar.

La photographie aérienne à basse altitude a été utilisée pour estimer les rendements. Les différents niveaux de fertilisation ainsi que les densités de semis n'ont aucun effet significatif sur le rendement en grains et en fanes de sésame. L'effet variétal a été hautement significatif montrant ainsi une grande diversité morphologique et agronomique entre les variétés. Les niveaux de rendement en grains varient entre 615 à 652 kg ha⁻¹ et en fanes entre 1636 à 1727 kg ha⁻¹ pour les variétés les plus performantes comme local de Aguié, 18 TCD 94 ISE 003 et local Zermou Attari.

Quant au guar, la densité et l'interaction densité x fertilité ont un effet significatif sur le rendement en fanes. Sur le rendement en grains seul la densité a un effet significatif. Les niveaux de rendement en grains varient entre 51.1 à 70 kg ha⁻¹ pour RGC 187 et M 83 et en fanes entre 69.2 à 75.6 pour M 83 et GG-1.

Le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne explique respectivement à 75 % et 83 % les rendements en grains et fanes à la récolte de sésame. Chez le guar, le vert normalisé n'a pas permis d'estimer les rendements vu son taux de couverture très faible.

La télédétection à basse altitude offre ainsi de nouvelles perspectives dont celles de pouvoir approcher les facteurs les plus importants dans la détermination des rendements agricoles. Son adoption sera d'une contribution substantielle dans l'estimation des rendements au Sahel.

Sur le plan biochimique le grain de sésame contient des teneurs variables d'huile (46-54.30%), protéines (23.19-27.56%), cendre (3.33-6.53%) et des oligo-éléments Ca (0.511-1.022%), N (3.680-4.410%), P (0.653-0.837%), K (0.851-1.033%), Mg (0.419-0.492%), Na (595.3-646.7 mg-Na kg⁻¹), Mn (70.1-117.8 mg-Mn kg⁻¹), Zn (68.0-100.6 mg-Zn kg⁻¹), et de traces de fer. Elle peut donc être utilisée pour lutter contre les troubles liés à la carence en sels minéraux.

Mots clés : sésame, guar, fertilité, densité, photographie aérienne, rendement, analyse biochimique, Sadoré, Niger.

Abstract: Sesame [*Sesamum indicum*(L)] and Cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba*(L) Taubert] crop diversification system and yield estimation by a low remote sensing method.

In Sahel, taken into account the agrarian agricultural environment caused by the climatic peroration and the decreased of the soil fertility, crops diversification appear as a main solution to ensure the farmers' food and financial security. These trials have been conducted; in a split plot design of 1.8 ha. Each main plot comprise eighteen main plots in which different levels of fertility (30 U DAP⁴ +5 T ha⁻¹ manure, 2 g DAP per hill et 5 T ha⁻¹ manure) sowing density: 0.25 m x 0.25 m and 0.5 m x 0.5 m for the sesame and 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m and 1 m x 1 m for cluster bean are randomized. In fact, three fertilization levels, two density levels were use for the sesame and three density levels were used for the cluster bean test.

To estimate the yields (straw and grain) a low aerial photography has been used. The assessment of green normalized on aerial photography explains the grains yields at 75% and straws ones at 83% during the harvesting. The different fertility and sowing density levels have no significant effect on sesame's grain and straw yields. The variety effect is highly significant, then sowing a great morphological and agronomic diversity between the varieties.

The yields levels varie between 615 to 652 kg ha⁻¹ and straw ones between 1636 kg ha⁻¹ to 1727 kg ha⁻¹ and both have been obtained though performant varieties such as the local variety of Aguié, 18 TCD 94 ISE 003 and Zermou Attari one.

Regarding to cluster bean, the interaction density x fertility and density have a significant effect on straw yield. Concerning the grain yield only the density has a significant effect. The grain yield varies about between 51.1 to 70 kg ha⁻¹ about the variety such as RGC 187 and M 83 and straws yields ones between 69.2 to 75.6 kg ha⁻¹ for M 83 and GG-1.

The low aerial photography gives the new perceptive which can approached the most important factor in agriculture yields determination. Son adoption will be a substantiates contribution in yields determination in Sahel.

There's a variability in tern of sesame grains composition: (46-54.30%) oil, (23.19-27.56%) protein, (3.33-6.53%) mineral matters, (0.511-1.022%) calcium, (3.680-4.410%) nitrogen, (0.653-0.837%) phosphor, (0.851-1.033%) potassium, (0.419-0.492%) magnesium, (595.3-646.7 mg-Na kg⁻¹) sodium, (70.1-117.8 mg-Mn kg⁻¹) manganese, (68.0-100.6 mg-Zn kg⁻¹) zinc and much trace of iron.

Keys words: sesame, cluster bean, fertility, density, aerial photography, yields, biochemical analysis, Sadore, Niger

³ Diamonium phosphate.

⁴ Diamonium phosphate.

LISTE DES TABLEAUX

pages

Tableau 1 : Origine des différentes variétés de sésame.....	27
Tableau 2 : Origine des différentes variétés de guar.....	27
Tableau 3 : Plan général de l'essai diversification des cultures du sésame et du guar CSI/ Sadoré. Saison de pluie 2002.....	31
Tableau 4 : composition chimique moyenne de 16 échantillons des éléments.....	37
Tableau 5 : quelques caractéristiques morphologiques des variétés de sésame.....	38
Tableau 6 : résultat récapitulatif des analyses de variance sur quelques caractéristiques du sésame	39
Tableau 7 : comparaison des moyennes des variétés, par le test de duncan au seuil de 5%, pour le rendement en grain, rendement en fane, nombre moyen de capsule par plante, nombre de grains par capsule, hauteur de la plante, % d'attaque de la phylodie.....	40
Tableau 8 : récapitulatif de analyse de variance sur les paramètres de la photographie aérienne	43
Tableau 9 : comparaison des moyennes des variétés suivant le test de duncan au seuil de 5% pour les bandes rouges, vertes, bleu et le vert normalisé.....	44
Tableau 10 : quelques caractéristiques des variétés de guar.....	53
Tableau 11 : rendement en fane et rendement en grain de guar en kg ha ⁻¹	54

Tableau 12: Comparaison des moyennes des niveaux de densité par le test de DUNCAN au seuil de 5% du rendement en grains de guar	55
Tableau 13: Comparaison des moyennes de l'interaction Fertilité x densité par le test de DUNCAN au seuil 5% du rendement en fanes de guar	55
TABLEAU 14 : RESULTAT DE L'ANALYSE DE VARIANCE SUR LA TENEUR EN PROTEINE, matière grasse, matière sèche et cendre	66
Tableau 15: comparaison de moyenne des variétés par rapport a la teneur des graines de sésame en matière grasse, protéine brute, matière sèche, et matière minérale.....	67
Tableau 16 : résultat de l'analyse de variance.....	69
Tableau 17: comparaison de moyenne des variétés par rapport a la teneur en macro-elements contenue dans les graines de sésame	70

LISTE DES FIGURES

pages

Figure 1: modèle simplifié de télédétection	19
Figure 2 : illustration de la réflectance spectrale de différents objets terrestres typiques pour une longueur d'onde donnée.....	22
Figure 3 : pluviométrie annuelle enregistrée sur la station de sadore.....	29
<i>Figure 4 : répartition du vert normalisé par parcelle secondaire</i>	47
Figure 5 : rendement en fane par parcelle secondaire	49
Figure 6 : rendement en fane mesuré en fonction du vert normalisé estimé sur la photographie aérienne.....	50
Figure 7 : rendement en grain par parcelle élémentaire.....	51
Figure 8. rendement en grain mesuré en fonction du vert normalisé estimé sur la photographie aérienne	52
Figure 9: rendement en fane et en grain de guar.mésuré à la récolte.....	56
Figure 10 : rendement en fane de guar.....	57
Figure 11 : rendement en grain de guar.....	59

LISTE DES PHOTOS

pages

Photo 1 : Un rameau de sésame au stade floraison.....	3
--	---

Photo 2: HGS 365 à 76 jours après le semis.....	13
Photo 3: RGC 1003 à 76 jours après le semis	13
Photo 4: Ballon équipé d'un appareil photographique et la parcelle expérimentale filmée en dessous à 86 jours après le semis.....	35
Photo 5 : dispositif expérimental d'extraction d'huile de sésame.....	63

INTRODUCTION

Les pays du Sahel en général et le Niger en particulier sont confrontés depuis des décennies à des problèmes alimentaires (MAE, 1998). L'analyse de cette situation d'insécurité alimentaire tant sur le niveau régional que national montrent que ces systèmes de productions sont soumis à des contraintes d'ordres physiques et socio-économiques. Parmi ces problèmes, on peut noter : l'insuffisance et la mauvaise répartition de la pluviométrie ; la dégradation de la fertilité des sols ; l'emploi presque nul des engrais ; les attaques d'insectes et des maladies ; l'accroissement de la population et la pauvreté excessive des masses rurales. Face à cette situation, les cultures de subsistances telles que le mil et le sorgho sont loin d'assurer les besoins alimentaires et financiers des producteurs. Pour palier à cela, quelques propositions convergent vers :

- l'accroissement de la production de certaines cultures de rente par l'amélioration des techniques culturales (densité de semis, travail du sol, date de semis, fertilisation et lutte contre les parasites);
- la diversification et l'intensification des cultures pour maintenir la sécurité alimentaire et financière des agriculteurs;
- la recherche et l'introduction d'autres cultures de rente à usages multiples et à haut potentiel de productivité tels que le sésame et le guar.

En effet, au Niger le sésame pourrait offrir d'importantes potentialités pour l'agro-industrie et l'exportation grâce à ses atouts et son adaptation au milieu. Il est bien connu des paysans qui le cultivent en raison de ses besoins modestes en eau et en fumure (Purseglove, 1982), sa pratique courante dans les zones chaudes et les grandes potentialités alimentaires et économiques de ses produits (Weiss, 1971; Purseglove, 1982; Schilling et Cattan, 1991).

Quant au guar, c'est une culture industrielle de grande importance dans l'économie de l'Inde (Singh, 1983), de l'Australie (Jackson et Doughton, 1982) dont le Queensland (Murphy, 1997). Très résistante à la sécheresse, elle est cultivée non seulement pour l'alimentation humaine et animale (Singh, 1983) mais aussi pour l'exportation de la gomme (Shelton, 1956). Par conséquent son introduction au Sahel pourrait contribuer à accroître les maigres revenus des producteurs, leur sécurité alimentaire assurée à travers ces multiples utilisations. Vu l'importance de ces deux cultures de diversification hautement nutritionnelle, ICRISAT/Niger a décidé d'entreprendre leur étude et de trouver une méthode crédible d'estimer les rendements.

En effet l'utilisation de la télédétection à basse altitude par ballon ou cerf-volant, permettant un travail d'extrême précision sur de petites superficies (1 à 2 ha) suivant la hauteur de vol, est devenu une source privilégiée d'acquisitions d'informations sur les essais agronomiques

complémentaires à celles obtenues à l'aide des autres techniques (carrée de rendement, observations directes...). En outre elle présente plusieurs avantages:

- logistique simplifiée, disponible à tout moment (Tielkes, 1999);
- coût faible;
- les données obtenues sont plus objectives car elles résultent d'une mesure physique et leur interprétation peut être rendue indépendante du jugement individuel;
- les données analogiques sont facilement numérisées, ce qui permet de les traiter et de les exploiter dans de délais raccourcis.

Outre l'analyse des états de surface, la télédétection à basse altitude permet de réaliser les estimations de rendements présentant l'avantage d'être non destructive. Elle offre ainsi de nouvelles perspectives dont celle de pouvoir approcher les facteurs les plus importants dans la détermination des rendements agricoles (Yergeau, 1990). L'adoption de cette nouvelle technologie fiable et moins onéreuse d'acquisition des données sera d'une contribution substantielle dans l'estimation des rendements agricoles au Sahel.

Cette étude se fixe comme objectifs généraux de:

- sélectionner les variétés de sésame et de guar et déterminer la densité optimale de semis sous trois niveaux de fertilisation;
- fournir des informations agronomiques pour des essais multi-locaux en milieu réel.

Spécifiquement cette étude doit permettre de :

- évaluer l'utilisation de la photographie aérienne pour l'estimation de rendement de ces 2 cultures
- vérifier la corrélation entre le rendement à la récolte mesuré sur le terrain et le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne ;
- faire l'analyse biochimique des graines de sésame.

PREMIERE PARTIE :

I. GENERALITE SUR LA CULTURE DU SESAME/[*SESAMUM INDICUM* (L.)]

1.1.Origine

L'origine du sésame varie selon les auteurs et fait l'objet de beaucoup de discussions. Pour Weiss (1971), Kassam (1976), Bezpaly (1984), Amoukou (1995), Amoukou et al.(2001), le sésame serait originaire d'Afrique et principalement d'Afrique australe car de nombreuses formes sauvages s'y trouveraient encore. Par contre, d'autres auteurs pensent plutôt que le sésame serait originaire d'Asie (anonyme, 1993) et plus précisément de l'Inde (Reddy et Pati, 1995).

1.2. Systématique et description botanique

Le sésame est une plante annuelle appartenant à la classe des dicotylédones, ordre des *legumineuses*, famille des Pédaliacée, genre *Sesamum* qui contient 36 espèces dont l'espèce *Sesamum indicum* est celle cultivée. Il a un port érigé de 0.5 à 2 m de hauteur, dont le cycle varie de 80 à 180 jours (Schilling et Cattan, 1991). La plante a une racine pivotante d'environ 90 cm de long avec un réseau de racines secondaires dense pouvant aller jusqu'à 1 m dans le sol. La tige dressée a une section quadrangulaire ; elle est cannelée, plus ou moins velue, simple ou ramifiée selon les variétés. Les feuilles sont plus ou moins lobées, découpées ou entières et variables de forme et de dimension selon la variété et l'âge



Photo 1 : un rameau de sésame au stade floraison.

La floraison commence 30 jours après le semis pour les variétés hâtives et à 45 jours après le semis pour les variétés tardives (Anonyme, 1993; Schilling et Cattan, 1991). La fleur comporte un tube floral généralement pileux sur toute la partie externe. Quatre étamines (le 5^e est stérile) donne du

pollen viable pendant 24 heures. L'ovaire supère⁵ est composé de 2 à 4 carpelles soudés divisés en 4 loges. Il existe cependant des variétés à 3 ou 4 carpelles soudées subdivisées en 6 ou 8 loges (Santes, 1982 ; Schilling et Cattan, 1991 ; Amoukou, 1995). Le stigmate est réceptif un jour avant l'ouverture de la fleur et reste réceptif pendant 4 jours.

Le sésame est normalement une plante autogame mais la fécondation peut se faire par les insectes. Selon Schilling et Cattan (1991) le taux d'allogamie est de 5% mais peut varier dans une fourchette importante suivant les variétés (65%). Après fécondation, les fleurs se transforment en capsules oblongues et profondément cannelées, déhiscentes et la plupart du temps indéhiscentes. Les graines sont petites, lisses ou réticulées, blanches, jaunes, brunes ou noires selon la variété. Le grain contient environ 50% d'huile, 25% de protéine. Le taux d'huile varie selon les variétés et selon les conditions de cultures. Le poids de 1000 graines varie de 2 à 4 g (Schilling et Cattan, 1991).

1.3. Ecologie

Par ses exigences écologiques, le sésame affirme une nette vocation tropicale. La germination, puis l'édification de l'appareil végétatif demandent de fortes précipitations. En effet, selon Kassam (1976), environ 80% de la culture se fait en zone sud sahélienne et sud guinéenne (1100 mm) de l'Afrique de l'Ouest, où les conditions environnementales sont plus favorables au développement de son cycle végétatif.

Pour donner le maximum de rendement le sésame a besoin de périodes chaudes durant tout son cycle. Une température optimale de 25° à 27°C induit une germination rapide, la levée et la formation des fleurs. Cependant une température en dessous de 18°-20°C inhibe la germination et la culture. De basses températures peuvent entraîner la stérilité du pollen et la chute des fleurs. Des études antérieures ont montré que sur certaines variétés africaines, le nombre de jours du semis à la floraison, la longueur de la première capsule et le nombre de branches par plante sont plus grande sous une température élevée par rapport au témoin cultivé dans les conditions normales (Schilling et Cattan, 1991).

Le sésame peut être cultivé sur une grande diversité de sols. Il est indifférent aux précédents culturaux. Cependant il préfère des sols légers profonds bien drainés, aérés et peu acides (pH 5.5-8).

1.4. Techniques culturales du sésame

1.4.1. Préparation du sol

Dans les régions à pluviosité moyenne, comme c'est le cas au Sahel la culture se fait à plat sur des terrains bien préparés. La taille des graines et la fragilité de la plantule rendent nécessaire

⁵ Ovaire situé au dessus du point d'insertion des sépales, pétales et étamines

la réalisation soigneuse du lit de semence ainsi que la mise en place d'une protection du champ contre les inondations temporaires et le ruissellement qui pourraient détruire les plantules.

1.4.2 Semis

1.4.2.1. Préparation des semences

Pour une bonne germination et une bonne implantation des plantes, le sésame a besoin des semences de qualité. Celles-ci doivent être traitées contre les insectes et moisissures avec un mélange insecticide-fongicide vulgarisé par le service de l'agriculture. Au Niger, on utilise généralement le thioral 2‰ (Moukaila, 1998): 1 sachet de 25 g pour 12,5 kg de semences. Le mélange graine+poudre doit être bien fait. Cependant, il faut signaler que dans le système de production traditionnel, les graines ne subissent aucun traitement préalable avant le semis.

1.4.2.2. Date de semis

Traditionnellement, le sésame est semé dans les conditions d'une culture pluviale, après toutes les autres cultures, à des dates différentes selon les zones.

Ainsi, dans la zone soudanienne, où les variétés tardives sont semées, il est conseillé de semer en août, à fin que la floraison puisse avoir lieu à la fin de la saison des pluies, la fructification au début de la saison sèche. Ce semis d'août donnent les meilleurs rendements avec environ 8% de perte de rendement par semaine de retard dans le semis.

Dans la zone sahélienne, quelle que soit la variété, il est recommandé de semer entre le 15 juin et le 5 juillet au plus tard pour obtenir les meilleurs rendements (Schilling et Cattan, 1991). Cette date assure un compromis entre la nécessité de maturation en période sèche et l'absence de stress hydrique en fin de cycle.

Ces périodes de semis doivent être respectées car les retards affectent fortement le potentiel de production des plantes (Schilling et Cattan, 1991) et entraînent une baisse de rendement dans tous les environnements. Chaque semaine de retard après la date optimale de semis entraîne une baisse de rendement de 15% (Kassam, 1976).

Les effets de la date de semis sur la culture, le développement et le rendement du sésame au Nigeria ont été étudié par Van Rheenen (1973) cité par Reddy et Pati (1995). Les facteurs susceptibles d'affecter les rendements à différentes dates de semis sont la longueur du jour, la température, le déficit hydrique du sol, le lessivage d'azote, l'érosion, l'inondation, la radiation solaire, les attaques d'insectes et les maladies.

1.4.2.3. Techniques de semis

La densité optimale de semis varie selon les variétés, le niveau de fertilité du sol et les conditions de cultures. Au Niger, les écartements entre les lignes et entre les poquets sont très variables que cela soit en culture pure ou en association (Amoukou, 1995)

Ainsi dans les systèmes de production on note plusieurs techniques de semis correspondant à des densités différentes. Le semis en poquets alignés, les écartements entre les lignes et les poquets sont variables selon les auteurs :

En culture pure les écartements de 0,2 m x 0,2 m à 1 m x 1 m au maximum correspondent à des densités de 250.000 poquets à 10.000 poquets ha⁻¹, 60 cm x 20 cm soit 83 334 plantes ha⁻¹ ou 80 x 20 cm soit 62 500 plantes ha⁻¹ (Moukaila, 1998), 20 cm x 20 cm soit 25 000 plantes ha⁻¹ (Korao, 1998), 60 cm x 10 cm soit 16 667 plantes ha⁻¹ (Bedigam, 1999) avec démariage à 2 plants poquets⁻¹, 10 jours après le semis.

En association, les lignes de semis se croisent avec celles du mil ou du sorgho. Les écartements varient de 1 m x 1 m à 1 m x 2,5 - 3 m soit 10.000 poquets et 4000 – 3000 poquets ha⁻¹. (Moukaila, 1998). Ce semis est recommandé car il facilite un entretien mécanique de la culture. Le Semis manuels en lignes continues espacées de 60 cm (à plat) ou 80 cm (en billon). 2 à 3 kg de semences étant mélangés avec la dose d'engrais nécessaire par ha. Les densités de semis sont dans ce cas généralement plus élevées. Le semis manuels à la volée d'un mélange de semence- engrais ou de semence- terre avant d'être éparpillé sur le lit de semences, puis enfouis par un léger binage. La quantité de semence nécessaire est de 10 à 15 kg ha⁻¹.

1.4.2.4 Entretien de la culture

- **Sarclo-binage**

Le sarclage est une opération culturale qui permet d'une part, de détruire les adventices qui font concurrence à la plante et d'autre part, de casser la croûte de sol permettant ainsi une meilleure infiltration de l'eau tout en limitant l'évaporation de la surface du sol. Compte tenu de la grande sensibilité du sésame aux adventices, le premier sarclage doit se faire le plutôt possible soit à 8- 10 jours après émergence des plantules. On profitera pour ressemer les poquets manquants. Cela évitera une densité trop faible, un décalage végétatif important et permettra d'obtenir un meilleur rendement. Le deuxième à une quinzaine de jours après le premier.

Le sarclo-binage doit être suivi d'un buttage qui permet de lutter contre la verse, tout en facilitant l'absorption d'engrais. On le recommande vers le 40-45^{ème} jour après le semis. En milieu paysan, le matériel généralement utilisé est la hilaire. Le nombre de sarclage n'est pas limité.

- **Démariage et repiquage**

Le démariage a pour but de diminuer le nombre de pieds par poquet pour limiter la concurrence entre les plantes. Il se fait au moment du deuxième sarclage, soit 15 à 21 jours après la levée et de préférence après une pluie. Après le démariage, le sarclo-binage rehaussera les pieds restants et permettra un bon développement du système racinaire.

Le repiquage permettra de remplacer les poquets manquants. On démarie généralement à 2 plants poquets⁻¹, mais le nombre dépend des variétés et des écartements choisis. Généralement il est conseillé de faire le repiquage le soir pour limiter l'évapotranspiration des plantules n'ayant pas encore un système racinaire bien développé pour puiser les réserves en eau du sol.

- **Fumure**

D'après les travaux de Bezpaly (1984) le sésame réagit bien à l'application d'engrais organiques et minéraux. Les besoins d'apport en éléments fertilisants dépendent de la fertilité initiale du sol. Il faut apporter environ 10 T ha⁻¹ (Reddy et Patty, 1995) de fumier de ferme bien décomposé avant le dernier labour en vue d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Au Niger la culture est faite le plus souvent sans apport d'engrais.

Les variétés recommandées en Afrique de l'Ouest sont celles qui répondent bien à un bas niveau d'application de fertilisants. Il est recommandé 50 kg de SSP⁶. ha⁻¹ ou 100 kg ha⁻¹ de NPK 15-15-15 comme engrais de fond et 25 kg d'urée comme engrais de couverture (Moukaïla, 1998) entre les lignes de semis au moment du premier sarclage. L'épandage se fera après le démariage et avant le sarclage qui permettra son enfouissement. Environ 70 % des éléments nutritifs sont absorbés pendant la floraison et la fructification. Pour donner un rendement grain d'environ 0,5 T ha⁻¹, le sésame exporte 25 kg ha⁻¹ de N, environ 7 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O. Cependant un rendement de 2.2 T ha⁻¹ exporte environ 120 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 160 kg ha⁻¹ de K₂O (Bascones and Lopes Ritas, 1961 a, 1961 b) cité par Reddy et Pati (1995).

- **Protection phytosanitaire**

On traitera en début de formation des boutons floraux (30-35^{ème} jours) contre les chenilles déformatrices. Le produit insecticide utilisé est le Décis (deltaméthrine), en formulation UBV ou ULV (3) ou en formulation E.C (1 l ha⁻¹). Généralement un seul traitement est suffisant. Schilling et Cattan (1991) ont observé que la précocité des semis permettait en partie de contrôler les attaques en décalant la période sensible de la plante (floraison) et le pic de développement des insectes et champignons.

A contrario, pour des semis tardifs, la floraison risque de coïncider avec les pullulations les plus dangereuses, difficilement contrôlables, à cette période, en raison des pluies importantes qui rendent l'efficacité des traitements aléatoire.

- **Récolte, séchage et battage**

La maturité se manifeste d'abord par une défoliation importante. Les capsules des variétés améliorées mûrissent pratiquement toutes en même temps et prennent une teinte jaune caractéristique ; seules les plus jeunes, au sommet des tiges, restent vertes en fin de végétation.

La plupart des variétés locales sont caractérisées par l'ouverture ou la déhiscence des capsules. Ce caractère est avantageux par le fait qu'il simplifie le battage, mais l'inconvénient est qu'il augmente la perte des graines. La découverte en 1943 de caractère indéhiscent a offert la possibilité de mécaniser la production. Les pertes dues à l'ouverture des capsules peuvent être plus élevées si les récoltes sont effectuées en retard. Cependant, les expériences de Van Rheenen (1973) cité par Reddy et Pati (1995) ont montré que les pertes de semences n'excèdent pas 2% si les bonnes méthodes de récoltes sont appliquées.

La récolte débute au moment où les capsules basales commencent à s'ouvrir. Les tiges sont traditionnellement coupées à la faucille ou au sécateur au ras du sol et sont réunies en bottes. Ces bottes sont placées verticalement sur une bâche ou une aire bien dégagée et balayée.

Le séchage peut durer environ 15 jours. Les capsules s'ouvrent sur les deux tiers de leur longueur sans se détacher, la position verticale des bottes empêchant la perte des graines.

Le battage s'effectue en renversant et secouant les bottes sur des bâches. Moins de 10% de la récolte sont perdus de cette façon. Les graines sont mis dans des sacs pour leur conservation.

1.5. Intérêts liés à la culture du sésame

1.5.1. Qualités alimentaires et mode de consommation

Le grain de sésame contient 50% d'huile dont l'extraction doit se faire de façon très fine ce qui vaut d'être l'huile comestible la plus chère. Elle renferme encore 20-22% de protéine de très haute qualité, 48 à 52% de corps gras et une forte proportion de minéraux et d'oligo-éléments précieux : calcium, phosphore, fer, magnésium, silicium, aluminium, chrome, nickel, cuivre, et en silicium ainsi que la quasi totalité des vitamines du complexe B, E et F. (IIRHB⁷, 2002)

On constate que la consommation domestique sous différentes formes croit en fonction de l'évolution du niveau de vie. En effet, le sésame est un complément idéal des céréales qu'il enrichit par sa teneur en huile, son goût cuit en garniture des pains et des gâteaux en pâtisserie, confiserie ; de même comme additif à la margarine. Le beurre de sésame accroît l'endurance physique des athlètes. S'il est blanc, il provient des graines décortiquées, il convient bien dans les sauces. Décortiqué, il est destiné à la confection des desserts

En Asie et en Egypte, le sésame est aussi bien utilisé comme céréale que comme oléagineuse ; les graines décortiquées peuvent être mangées en purée, comme épice ou en confiserie. En Europe et en Amérique du Nord, ses utilisations les plus célèbres sont la garniture de hamburger et les barres sucrées. Les jeunes feuilles et les pousses sont aussi comestibles.

⁶ Super phosphate simple

⁷ Institut International de Recherche en Hémopathie et Biothérapie

Au Niger et au Tchad, le sésame est utilisé uniquement dans l'alimentation humaine comme condiments dans les sauces ; boulette, bière locale etc. Les résidus de l'extraction appelée tourteaux, riches en protéine sont utilisés comme fourrage de qualité pour le bétail. Le sésame est utilisé comme culture piège pour lutter contre *Striga hermonthica* quand il est semé en mélange avec le mil et le sorgho (Amoukou, 1995 ; Massaladji, 2002).

1.5.2. Vertus thérapeutiques

Le sésame contient du sesamol, un anti-oxydant particulièrement efficace contre les polluants alimentaires et neutralisateur des radicaux libres. Le sesamol stimule le système digestif et certaines glandes endocrines, fluidifie le sang (IIRHB, 2002).

La graine renferme en abondance un composé phosphoré de haute valeur : la lécithine dont dépend le fonctionnement du cerveau et du système nerveux, des glandes endocrines, la fonction sexuelle et le métabolisme des graisses dans l'organisme.

Les futurs mamans, les nourrices peuvent l'utiliser pour déclencher ou augmenter la lactation et les convalescences pour accélérer leur remise sur pieds, les intellectuels pour une meilleure concentration et les sportifs pour une endurance accrue. Il favorise la détente neuromusculaire et prévient les anémies.

Les états et certains troubles de santé pouvant bénéficier du sésame sont :

- épuisement caractérisé par une fatigue chronique qu'aucun repos ne soulage ;
 - surmenage, état de stress, dépression nerveuse, perte de mémoire, difficulté de concentration, fatigue nerveuse ;
 - sénilité, arthrite, hémorroïdes, circulation sanguine déficiente
- digestion difficile, peau pale et sèches, pertes vaginales, stérilité fonctionnelle ;
- grossesse, sécrétion lactée insuffisante.

Contre la douleur, elle s'utilise en application locale douce. Ayant des effets cosmétiques émolliente et protecteurs, l'huile est indiquée pour les massages. Produits de soin de la peau, elle calme les irritations cutanées, les coups de soleils, active la cicatrisation des plaies. On la recommande pour tous les soins de corps. Cette huile peut servir de base pour de nombreuses préparations aromatiques et pour la fabrication du savon.

1.5.3. Intérêts agronomiques

- L'association 1 plant de mil et 3 plants de sésame dans le même poquet, semble être efficace pour réduire une faible infestation du *Striga hermonthica* (Del) Benth, car elle retarde l'apparition du parasite et diminue sa sévérité (Massaladji, 2002). Kabasinky, 2002)
- Besoins modestes en eau et en fumure (Purseglove, 1982). En effet la seconde moitié de son cycle peut se poursuivre en quasi-absence de pluie (Moukaïla, 1998) ;

– Rôle positif dans la fixation et l'amélioration de la structure du sol par son système racinaire profond pouvant aller jusqu'à un mètre du sol.

1.5.4 Intérêts économiques

La production mondiale de sésame est en forte augmentation depuis 1994 ; elle avoisine les 2.5 à 2.8 millions de tonnes. Cet accroissement est surtout dû à une augmentation des surfaces cultivées et non à une amélioration du rendement moyen, celui-ci dépassant rarement 400 kg ha⁻¹ (Dimanche, 1998). Les rendements sont très différents selon les niveaux des intrants utilisés et les soins à la récolte variant de 770 kg ha⁻¹ en Amérique du Nord à 297 kg ha⁻¹ en Afrique (130 à 440 kg) (Cirad, 1999)

Le sésame est cultivé de manière significative dans plus de 60 pays, mais la majorité de la production est asiatique (61% des surfaces et 70 % de la production).

L'Inde produisant plus de 26% du sésame mondial est en régression depuis 1995 (Cirad, 1999) malgré le développement de ses exportations. Quand à l'Afrique augmentant significativement sa production depuis 1995 est passé au 2^{ème} rang mondial (25%). Le sésame y est cultivé dans 23 pays avec le Soudan (0.33 millions de tonnes), l'Ouganda (0.07 millions de tonnes) et le Nigeria comme les gros producteurs (Dimanche, 1998).

Selon Amoukou et *al.*, (2001), le Niger a une production totale annuelle de 2427 T en 1997. La culture est pratiquée dans les 5 départements qui sont par ordre d'importance, Maradi, Tahoua, Zinder, Tillabery et Dosso. Mais elle n'occupe que le 5^{ème} rang des cultures de rente (niébé, arachide, souchet, oseille). Le sésame occupe seulement 0.17 % de la superficie totale cultivée au Niger. En 1995, le rendement grain était de 202 kg ha⁻¹.

Les échanges internationaux ne portent que sur 25% de la production mondiale, ce qui indique l'importance de l'autoconsommation des pays producteurs, notamment l'Asie. Les transactions touchent essentiellement les graines (94%) suivi de loin par les tourteaux et l'huile (Cirad, 1999). Les exportations des graines sont largement en hausse avec la dominance de 6 pays sur le marché (Soudan, Inde, Chine, Myanmar, Guatemala et Nigeria).

II. GENERALITES SUR LA CULTURE DU GUAR [*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* (L.) TAUBERT]

2.1. Origine et distribution géographique

Le guar ou bouquet d'haricot serait originaire d'Afrique (Murphy, 1997) mais a été cultivé dans l'ensemble de l'Asie méridionale depuis des périodes antiques comme fourrage et légume vert. Par conséquent, les gens pensent qu'il est probablement originaire d'Inde car il est cultivé dans la plupart des champs. Mais Shelton (1956) a montré que le guar est originaire d'Afrique tropicale, parce qu'actuellement beaucoup d'espèces sauvages existent encore.

En Inde, on constate une augmentation des surfaces emblavées en guar à la suite de l'installation des industries de gomme. Il est principalement cultivé en Rajasthan, Gujarat et Haryana. Le Rajasthan a lui seul compte 53% (Singh, 1983) du total de la production en graine. En dehors de l'Inde, le guar est cultivé dans les zones tropicales arides et semi-arides, comme le Brésil, la Palestine, le Pakistan, l'Australie, l'Afrique et le Texas (Putnam et al., 1991)

2.2 Systématique et description botanique

Le guar appartient à la famille des *fabaceae*, genre qui contient 4 espèces dont l'espèce cultivée est *Cyamopsis tetragonoloba*.

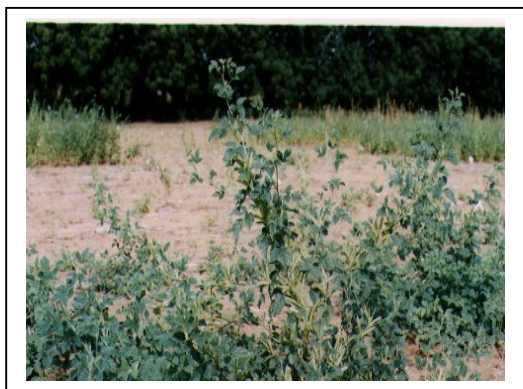


Photo 2: HGS 365 à 76 jours après le semis



Photo 3: RGC 1003 à 76 jours après le semis.

C'est une plante robuste ayant un port érigé ou rampant selon les variétés. Elle a une hauteur variable de 90 à 180 cm. Certaines variétés peuvent aller jusqu'à 3 m de hauteur (Murphy, 1997). Elle a un système racinaire pivotant, bien développé avec de grands nodules de couleur claire. Les branches sont angulaires, cannelées et pubescentes. Les feuilles sont trifoliées et

dentelées. Les fleurs sont supportées par de courtes grappes axillaires denses et sont généralement de couleur violettes. Les gousses sont un peu plates et sont portées en bouquets, ce qui confère à la plante son nom de “ bouquet d’haricots ”. Elles ont une longueur variant de 2,5 à 13 cm et contiennent 5 à 12 graines ovales, blanches, grises ou noires d’environ 5 mm de diamètre.

2.3. Ecologie

Le guar est une culture très résistante à la sécheresse et peut être cultivée avec succès dans les superficies où la moyenne annuelle de pluie atteint 300 à 400 mm. Cependant une disponibilité adéquate d’humidité assure le maximum de production de semences et de fourrages. Mais trop d’humidité après la maturité, noircit les semences réduisant ainsi la qualité. Le guar est cultivé dans la plupart des cas en culture pluviale dans les zones semi-arides du nord de l’Inde. Mais il peut être cultivé sous l’irrigation. En cas de sécheresse temporaire, l’accroissement s’arrête jusqu’à ce que les conditions redeviennent favorables.

La température maximale de croissance du guar est de 25 à 30°C. C’est à cette température que se fait le développement racinaire. Selon Singh (1983), Il croit mieux sur une large étendue de terres, poussant sur les dépôts alluvionnaires et les terrains sablonneux, avec des sous-sols bien drainés et un pH légèrement basique (7,5 à 8).

2.4 Techniques culturales du guar

2.4.1 La préparation du champ

Le guar ne requiert pas beaucoup de préparation du sol. La préparation du lit de semence se fait de la même façon que pour le maïs, le sorgho ou le coton. Un ou deux labours à la charrue sont suffisants. Le sol doit être ferme, exempt de toutes mauvaises herbes. On doit faire le buttage de la surface du lit de semence. Le champ doit être assez humide au moment du semis.

2.4.2 La date de semis

Les semis se font généralement en mars pour les cultures irriguées au nord de l’Inde et juin-juillet pour les cultures pluviales. Il a été observé dans diverses expérimentations conduites au nord de l’Inde que les semis du guar effectués la première semaine de juillet jusqu’au 25 donnent les meilleurs rendements bruts en grain, en protéine et en gomme (Singh, 1983). Le semis précoce assure le maximum de croissance végétative mais entraîne une baisse de rendement en grains. Il est donc intéressant quand le guar est cultivé comme fourrage.

Les espacements entre les lignes et les poquets dépendent du type de ramification de la variété. Avec les variétés les plus branchues, il est convenu de baisser la densité des plantes.

Le guar peut être semé soit en ligne ou à la volée. Dans le premier cas, les espacements de 0,45 x 0,3 m sont habituellement les plus efficaces quand l’objectif fixé est la récolte des grains. 15 à 20 kg ha⁻¹ de semences est suffisant pour la culture. Dans le cas d’un semis à la volée, des taux

d'ensemencement plus élevés sont exigés quand la récolte doit être faite pour le fourrage. Environ 40-50 kg ha⁻¹ de semences sont utilisées pour avoir une forte densité.

La semence doit être de bonne qualité, résistante aux maladies. Si les graines sont inoculées avec des bactéries avant le semis, alors les plantes inoculées fixent l'azote atmosphérique en quantité similaire à ceux du niébé et autres légumes (Singh, 1983 et Murphy, 1997). La pulvérisation avec le tryptophane ainsi que l'apport du soufre et le phosphore dans une moindre mesure augmente la formation des nodules de manière significative (Singh, 1983).

La profondeur de semis varie de 2,5 à 3 cm quand la température du sol est à peu près de 21°C. Le trou de semis doit être effectué avec le même matériel de semis que pour les autres légumineuses et doit par conséquent être droit et non oblique.

2.4.3 Fumure organique et minérale

Etant une légumineuse, le guar l'azote n'est pas un facteur limitant. Seul dans le cas des sols extrêmement pauvres (sableux avec un bas niveau de matière organique) 20 kg d'azote pourrait être utilisé comme dose de départ au moment du semis. Il est nécessaire d'apporter 40-60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ pour assurer une bonne récolte en graines. Tous les fertilisants devraient être appliqués au moment du semis à 4 ou 5 cm dans les mêmes poquets que les graines. Quand le guar est semé dans un sol pauvre après une culture épuisante, il est nécessaire d'appliquer environ 10-12 T ha⁻¹ de fumier de ferme ou de compost un mois avant le semis.

2.4.4 Rotation

En Inde, le guar est habituellement cultivé en rotation avec le blé, le maïs comme culture pure pour les graines. Comme fourrage, il est cultivé en rotation avec le pois chiche, le maïs. Au Sahel, il pourrait être cultivé en rotation avec le mil, le sorgho, le sésame. Il a un arrière effet très important sur le rendement des cultures qui le suivent dans la rotation.

2.4.5 Protection phytosanitaire

La préparation très tôt du champ et la culture mécanique avant le semis réduit l'infestation des mauvaises herbes. Des applications avant le semis du triéthylène et avant émergence du chlorthal, ou naphthalène sont recommandés comme herbicides. L'application des engrais organiques réduit considérablement l'incidence des maladies.

2.4.6 Récolte

La formation des graines dans les gousses commence à 45 jours après le semis, le maximum est atteint en 75-80 jours. La maturité des graines est atteinte 110 à 160 après le semis selon les variétés. Les gousses de guar sont indéhiscents. Pour une meilleure qualité de graines, les semences devraient être récoltées peu de temps après la maturité quand les gousses sont encore marrons et sèches ou quand le taux d'humidité est inférieur à 14%. Dans les pays en

développement la récolte se fait à la main et les gousses sont battues. Les fanes servent de fourrage pour l'alimentation du bétail. Certaines variétés sont mieux adaptées pour la production du fourrage. Dans ce cas la récolte doit être faite quand les gousses inférieures deviennent brunes.

Pour un tonnage maximum d'engrais verts, les semences devraient être récoltées quand les gousses du bas commencent à devenir brunes.

2.6 Les avantages liés à la culture du guar

2.6.1. Les avantages agronomiques

- Grâce à ses nodules, le guar est un excellent fixateur d'azote atmosphérique. Généralement cultivé comme engrais vert, il apporte au sol environ 50 à 150 kg ha⁻¹ d'azote. Cette quantité d'azote peut être encore plus importante si le guar est pulvérisé avec du tryptophane.
- Le guar sert également comme plante d'ombrage pour les jeunes pousses de gingembre en Inde.
- Il peut être utilisé comme culture de couverture du sol grâce à son système racinaire profond qui fixe le sol et lutte contre l'érosion éolienne.
- Plante très résistante à la sécheresse, il peut être utilisé dans tous les environnements où la pluviométrie se situe entre 300 et 400 mm.

2.6.2. Les avantages économiques

Cultivé en même temps pour le fourrage que pour les graines, avec une bonne pluviométrie, le guar peut donner jusqu'à 10.000 kg ha⁻¹ de fourrages verts et 700 kg ha⁻¹ de graines. Ce rendement peut être doublé avec l'irrigation. Dans ce cas, un rendement en grains de 1.750 kg ha⁻¹ peut être obtenu.

L'Inde et le Pakistan produisent 90% (Singh, 1970) de la demande du guar pour les Etats unis. Certaines variétés ont des graines qui peuvent donner jusqu'à 35% de rendements de gomme. L'Inde exporte de la gomme en Grèce, Italie, Pays- Bas, Espagne, Suisse. En 1963, plus de 5 millions de kg de gomme a été exportée de l'Inde, environ 30% a été envoyée directement aux Etats-Unis.

2.6.3. Les avantages nutritionnels

Le guar est utilisé comme supplément en protéine dans l'alimentation du bétail. En alimentation humaine, les jeunes gousses peuvent être mangées crues comme haricots verts ou cuits comme légume. Les jeunes feuilles sont mangées comme épinard en Afrique. Les graines comme produit de remplacement des lentilles.

La gousse verte contient pour 100 g : 82,5 g d'eau ; 3,7 g de protéine ; 2,5 g de fibre ; 9,9 g d'hydrate de carbone ; 0,13 g de calcium, 330 unités internationale de vitamine A (Shelton, 1956). Le fourrage vert contient 6,63 % de protéine ; 40,73 % d'hydrate de carbone et 0,67 % d'extrait d'éther.

Le guar est très riche en acide aminé. Un repas de grain de guar de 100 g contient 16 mg de lysine ; 1,4 mg de méthionine ; 3,7 mg de phénylalanine 7 mg de tyrosine ; 12,5 mg d'arginine ; 5,1 mg de thréonine ; 4,2 mg de valine ; 10,2 mg d'acide aspartique ; 20,1 mg d'acide glutamique ; 3,1 mg de la proline et 4,2 mg de serine (Singh, 1983).

2.7. Les contraintes liées à la production

Le non-respect des pratiques culturales, ainsi que la pauvreté du sol en phosphore et en zinc ne permettent pas d'avoir de bons rendements. Les sols acides peuvent contribuer à cet effet.

Les rendements en grains peuvent être considérablement réduits par la concurrence des mauvaises herbes.

Les principales maladies fongiques et bactériennes dont souffre le guar sont : la tâche foliaire provoqué par *Alternaria brassicae*, la pourriture des racines causée par *Fusarium caeruleum*, *Rhizoctonia bataticola*, *Sclerotium rolfsii*, la rouille pulvérulente causée *Taurica oidiopsis* et la rouille bactérienne causée par *Xanthomonas cyamopagus* et *Xanthomonas cyamopsidis*. Le guar est aussi affecté par un certain nombre de virus dont la mosaïque d'Abutilon, l'écorchure des gousses provoqué par *Cyamopsii Asphondylia* qui est responsable de la baisse de rendement en Inde. Les nématodes *Caconema radicolica*, *Heterodera morioni* qui forment des nœuds au niveau des racines infestent aussi la plante (Singh, 1983).

III. TELEDETECTION A BASSE ALTITUDE APPLIQUEE A L'ETUDE DE LA VEGETATION

3.1 Définitions de quelques concepts

3.1.1 Télédétection

La télédétection est un domaine scientifique et technique dont le but est l'acquisition d'information sur l'environnement terrestre au moyen des capteurs (à bord des plates formes aériennes ou spatiales) sensibles au rayonnement électromagnétique réfléchi ou émis sur la surface terrestre (Isac, 1996). La figure 1 ci-dessous illustre le principe général de la télédétection.

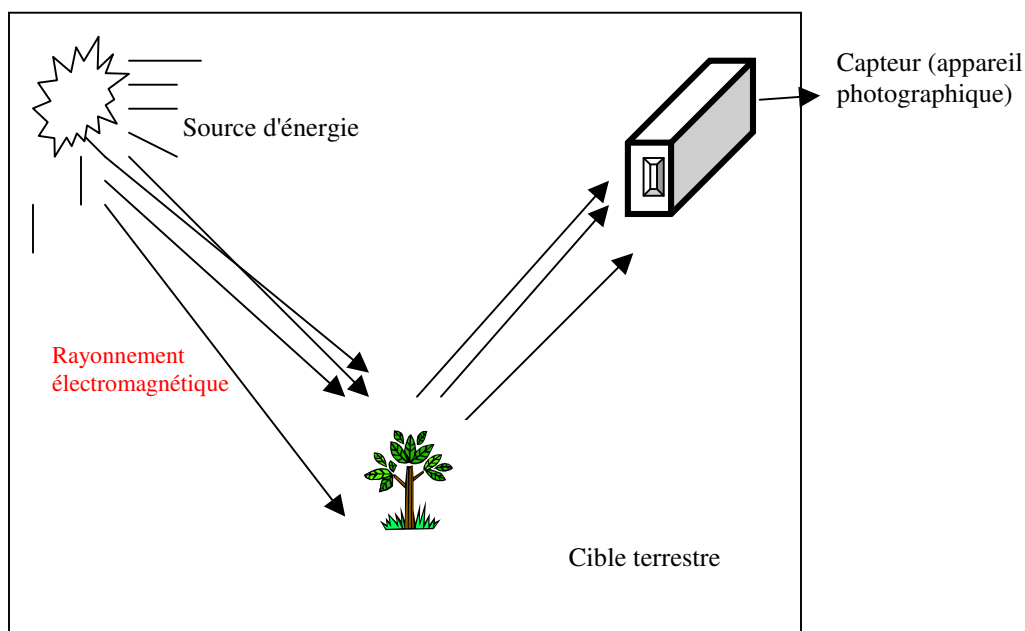


Figure 1: modèle simplifié de télédétection

Les bases physiques de la télédétection se réfèrent aux propriétés des ondes électromagnétiques seules capables de se propager dans le vide. Les rayonnements électromagnétiques sont particulièrement déterminants dans le processus de détection. Pour appréhender ce processus, il est donc essentiel de considérer:

- la source du rayonnement électromagnétique (énergie solaire);
- l'interaction rayonnement électromagnétique – cibles;
- l'interaction rayonnement électromagnétique milieu de transmission;
- la mesure du rayonnement électromagnétique par le capteur (appareil photographique).

3.1.2 Géo-référencement

Géo-referencer une image consiste à intégrer les informations de cette image dans un système de projection donné. Le plus fréquemment utilisé est la projection UTM (Universal transverse Mercator) avec un datum spécifique pour chaque région du globe. Il est nécessaire d'identifier les coordonnées géographiques d'au moins trois points contrôles si possibles assez distants sur l'image. On utilise à cette fin un GPS⁸.

3.1.3 Traitement d'image

Le traitement d'image consiste donc à déchiffrer les données de l'image afin d'obtenir l'information désirée. Avec l'apparition des images numériques, il est possible de traiter automatiquement des images pour en extraire une information cartographique de grande précision. Quelque soit le support de l'image, celle-ci doit être numérisée. A partir du fichier obtenu, un travail dans un logiciel de traitement d'image (arcview) permet de tirer des informations désirées dans le domaine d'étude.

3.1.4 Notion de systèmes d'informations géographiques

Un système d'information géographique sert à organiser, analyser et restituer des informations spatiales référencées dans un système de coordonnées commun, avec un type de projection et une échelle (Lheriteau, 1999). Chaque variable est archivée dans un format donné comme couche d'information. Le système d'informations géographiques se compose de couches d'informations appelées "thème" ou "layer" et qui contient des objets ou figures de type: points, lignes, grilles ou images. Deux types fondamentaux de couches doivent être distingués par les fichiers géographiques:

- les grilles(dérivées des images) contiennent des informations raster; le fichier est composé d'éléments qu'on assimile à des pixels et qui contiennent une ou plusieurs valeurs.
- Les fichiers vecteurs contiennent des objets, points, lignes, polygones

3.2 Estimation des rendements

3.2.1. Les propriétés spectrales de la végétation

Les caractéristiques spectrales de la végétation dépendent principalement de la structure des feuilles. L'épiderme supérieur et inférieur des feuilles développent une fonction protectrice contre les rayonnements électromagnétiques, le mésophylle étant la partie la plus importante (Eumetsat, 2003). Le spectre des feuilles peut être divisé en plusieurs portion bien distinctes :

- La région se situant entre 0.4 μm - 0.7 μm (domaine du visible) est caractérisé par une réflectance très basse, due à une intense absorption du rayonnement incident par les pigments de la plante. Tous les pigments absorbent à 0.43-0.45 μm (bleu) et la chlorophylle a une bande

d'absorption supplémentaire à 0.65 μm (rouge) . Il existe donc un faible pic de reflectance à environ 0.55 μm (vert). La chlorophylle dans les feuilles a une reflectance inférieur à 20% (Eumetsat, 2003). Cette forte absorption est liée à l'activité de photosynthèse des plantes.

– La région se situant entre 0.7 μm - 1.3 μm est caractérisé par une absorption très faible et une haute reflectance. Ce pic de forte reflectance est due à la structure du mésophylle qui atteint une valeur de l'ordre de 60%, entraîne une réflexion multiple du rayonnement dans le proche infrarouge sur les parois des cellules. Ce contraste est d'autant plus important que le couvert végétal est dense et vert.

– La région se situant entre 1.3 μm et 2.6 μm est caractérisé par des minima prononcés.

La figure 2 ci-dessous illustre la reflectance de différents objets terrestres typiques pour le spectre visible, proche infrarouge et infrarouge moyen. Dans le domaine du visible la végétation possède un pic de reflectance dans le vert et une forte absorption dans le rouge et le bleu.

⁸ global positioning system

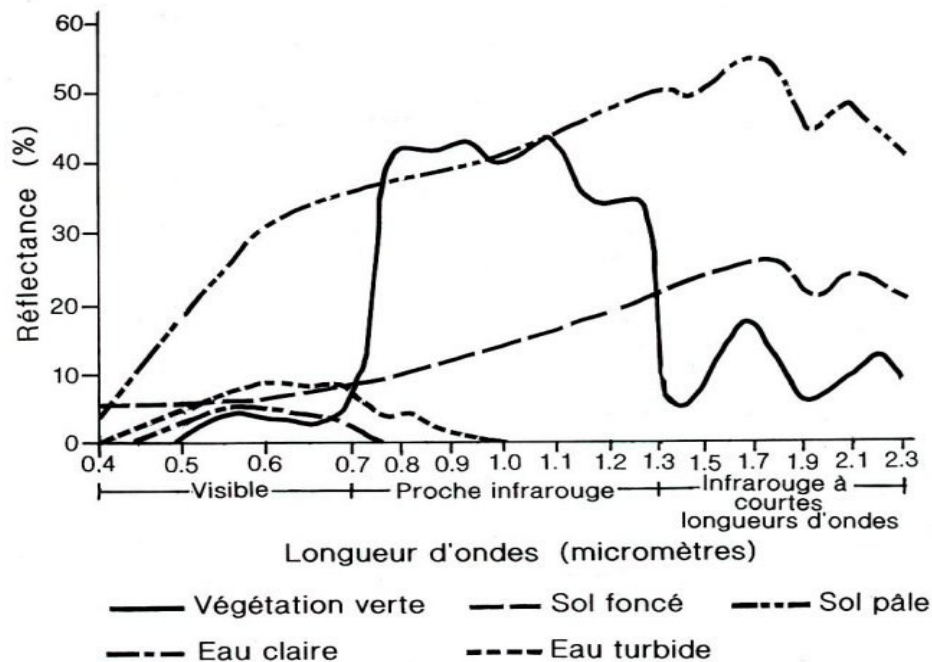


Figure 2 : illustration de la réflectance spectrale de différents objets terrestres typiques pour une longueur d'onde donnée

Source : (Isac , 1996),

3.2.2. Appréciation de la quantité de biomasse produite

Pour apprécier la quantité de biomasse produite, on utilise en général des indices de végétation tels que la différence normalisée entre la réflectance dans la bande infra-rouge et rouge. Ce dernier permet d'expliquer le comportement spectral de la végétation et une évaluation du taux de recouvrement du sol par celle-ci. La pellicule chargée dans l'appareil photographique monté à bord du ballon n'étant pas du type infra - rouge, on utilise le vert normalisé pour estimer la biomasse et le rendement des cultures. Le vert normalisé est défini par (Ewing et Horton, 1999) cité par Gérard et al., (2001) de la manière suivante :

Vert normalisée est égale à la réflectance dans le vert x 256 sur la somme de la réflectance dans la bande rouge, verte et bleue.

Le vert normalisé peut être influencé par plusieurs facteurs dont il est parfois difficile d'estimer l'importance relative. Parmi ceux-ci, on retiendra les facteurs liés à la plante, à son environnement (sol), aux conditions de prise de vue. La valeur du vert normalisé peut varier en fonction de l'état sanitaire de la plante, de son état physiologique et phénologique et de ses caractéristiques génétiques.

3.3 Les travaux antérieurs.

Dans la plupart des pays sahéliens, l'estimation de la production agricole est basée sur les observations de terrain. Malheureusement, les données de terrain sont rarement fiables (Prince, 1990) et conduisent à des extrapolations et interprétations différentes selon les sources. Les études menées par Traoré (2001) au Burkina Faso, Tchad, et Niger ont montré qu'il y a un grand écart dans la mesure des paramètres entrants dans le calcul du rendement via la méthode d'observation directe et le carré de rendement. Il faut donc améliorer la précision de ces mesures.

Ces dernières années, les avancées dans le domaine de la technologie agricole, alliées à une pression économique mais aussi environnementale grandissante, ont vu se développer des techniques de conduite de culture prenant en compte la variabilité à l'intérieur de la parcelle. En effet la photographie aérienne par ballon (vent faible) ou cerf- volant (présence de vent) n'est pas nouvelle, mais elle n'a jamais été utilisée à des fins professionnelles (Spore, 2000). En 1858 Gaspard Félix Tournachon dit Nadar réalisait la première photographie aérienne à partir d'un ballon au dessus du petit bicêtre (Mahamane, 2002). Aux Etats- Unis, vers la même époque, en 1860, S.A.King et J.W.Blach prenaient les premières clichés au dessus de Boston à partir d'un ballon captif. Le même procédé fut employé durant la guerre civile en 1862 pour étudier les défenses de Richmond, alors qu'en 1886, le Kovanka, en Russie s'en sert pour photographier les forteresses de Cronstandt et de Petersburg (Mahamane, 2002)

Au Sahel elle a été intégrée au début des années 90 dans la surveillance des activités du Projet de Développement Rural Tahoua (PDRT) par Tielkies Eric. Ce collaborateur du PDRT a mis au point un dispositif original compatible avec les systèmes d'informations géographiques. Il a accroché un appareil photographique à un cerf - volant. Grâce à ces photos, le PDRT peut juger de l'efficacité de certains dispositifs de lutte contre l'érosion, comme les petits barrages et les haies. Les tâches causées par la sédimentation sont visibles sur les photos, toutes les ravines indiquant que les dispositifs antierosion sont mal situés ou défectueux (Spore, 2000).

Dès lors la photographie aérienne à basse altitude a gagné le domaine agricole. Le caractère brusque et aléatoire des précipitations au Sahel donne lieu à une réponse rapide de la végétation et exige un suivi également rapide durant les trois mois de croissance végétale et ce, à une échelle locale. Ce type de suivi est possible avec la photographie aérienne à basse altitude qui permet une acquisition d'image de bonne qualité traduisant ainsi la réponse rapide de la végétation.

Ainsi beaucoup d'anomalies chez les plantes cultivées tels que les périodes de stress, due à la sécheresse, les maladies, les carences en éléments nutritifs peuvent être identifiées par la photographie aérienne à basse altitude. Son utilisation dans l'estimation de la production agricole a été étudiée dans un certain nombre de cas. Ce sont par exemple l'estimation de la biomasse des

cultures par Gérard et *al.*, (1997) qui ont utilisé les données de photographie aérienne à basse altitude pour estimer la matière sèche totale du mil penicillaire. Ils ont montré qu'il y a une bonne corrélation ($r^2 = 0.74$) pour le mil penicillaire entre la matière sèche totale récolté et celle estimée par la photographie aérienne. Dès lors la photographie aérienne à basse altitude est devenue un précieux allié d'une agriculture qui est gérée du ciel. Elle est devenue un outil indispensable couramment utilisé dans l'estimation des rendements, plus les variations sur les faibles échelles dues aux virus, fertilité, nématodes,... au centre sahélien de ICRISAT.

DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION SOMMAIRE DE LA STATION DE SADORE

2.1 Situation géographique

La station de Sadoré est située au sud-ouest du Niger à 45 km au Sud de la capitale Niamey (latitude 13°14' N et longitude de 2° 17' E, altitude 235 m). Elle a une superficie de 500 ha, protégé de l'extérieur et est situé dans la zone bioclimatique du Sud-Sahel. La parcelle d'étude constituée de 1,8 ha se situe à l'intérieur de cette enclave.

2.2 Le climat

Les précipitations sur la station expérimentale, comme dans tout le Sahel, se limitent à la période située entre mai/juin et septembre/octobre. La moyenne normale des précipitations totales (période 1920-1990) sur une année est d'environ 560 mm (Sivakumar et al., 1993). Les précipitations annuelles enregistrées en 2002 étaient de 549 mm

Les températures sont élevées tout le long de l'année avec une moyenne annuelle 29°C. Le potentiel d'évapotranspiration durant les mois secs allant d'octobre à mai est de 1820 mm (Sivakumar, 1993). Les températures les plus élevées sont observées en avril-mai (42-43° C) et les plus basses au mois de janvier-février (18-19° C).

Le front intertropical (FIT). séparent deux masses d'air d'origine et de caractère différent :

Durant la saison sèche souffle l'harmattan, vent chaud et sec chargé de poussière venant du nord-est. Le FIT situé en moyenne vers 8° Nord en février atteint 20° Nord en juillet (Edmond et al., 1980). Ce balancement saisonnier affecte toute l'Afrique occidentale. Mais la mousson au Niger est en fin de course et la durée de la saison dépend de la latitude.

2.3 Les sols

Ces sols appartiennent à la famille des paleustalf. Ce sont des sols sableux ferrugineux tropicaux, rougeâtres, friables, fortement acide (pH = 5.2) peu fertiles et pauvres en matière organique. Entre 0-17 cm, l'eau à la capacité au champ est de 16.5 mm et au point de flétrissement permanent est de 1.7. Entre 17 et 32 cm, ces sols ont une capacité au champ de 7.4 mm et un point de flétrissement permanent en eau de 2.5. Des analyses granulométries montrent un enrichissement de 90-95% de sables éoliens sur une profondeur de vingt centimètres, 3% de limons, 2,9% d'argiles et de 0.22% de matière organique (ICRISAT, 1990).

2.4 La végétation

La végétation est une steppe arbustive très ouverte. On trouve à l'étage supérieur quelques individus arborés représentés par *Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca* et très sporadiquement *Hyphaene thebaica*, *Combretum glutinosum*. L'étage moyen est caractérisé par une prédominance de *Guiera senegalensis* parsemé par endroit d'autres espèces d'arbustes notamment : *Bauhinia rufescens*, *Anona senegalensis*, *Zizuphus mauritiana*, *Cassia siamea* et *Acacia spp.*

La couverture herbeuse est constituée en majorité des espèces annuelles parmi lesquelles on note une prédominance de *Zornia glochidiata* et toute une gamme d'espèce peu nombreuses caractéristiques des microsites. Ce sont : *Sida cordifolia*, *Sesbania sesban*, *Hibiscus asper*, *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Digitaria spp*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Commelina forskalaei*, *Aristida spp*, *Pennisetum ssp*, *Andropogon gayanus* (ICRISAT, 1991).

3.1 MATERIELS ET METHODES

3.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique ayant fait l'objet de cette étude est constitué de neuf variétés de sésame et de neuf variétés de guar d'origine diverses collectées par l'ICRISAT/Niger comme le souligne les tableaux 1 et 2 ci-dessous.

Tableau 1 : **origine des différentes variétés de sésame**

Numéro	Nom de la variété de sésame	origine
1	Local de Moundou	Tchad
2	Blanc du Guera	Tchad
3	RT 46 Jaipur	Inde
4	Bhil Wara local White	Inde
5	Local de Aguié	Niger (Maradi)
6	18 TCD 94 ISE 003	Tchad
7	Local Zermou-Attari	Niger
8	Achat S.international	Burkina-faso
9	Sésame blanc du Soudan	Soudan

Tableau 2: **origine des différentes variétés de guar**

Numéro	Nom de la variété de guar	origine	Pays
1	RGC 197	Rajasthan	Inde
2	HGS 365	Haryana	Inde
3	RGL 1002	Rajasthan	Inde
4	RGC 1017	Gujarat	Inde
5	M 83		
6	GG-1	Haryana	Inde
7	HG-75	Rajasthan	Inde
8	RGC 936	Rajasthan	Inde
9	RGC 1003	Rajasthan	Inde

3.1.2. Matériel technique

3.1.2.1 Matériel pour les travaux de terrain

Pour les travaux de terrains le matériel technique suivant a été utilisé :

- des boîtes à pétri pour tester la germination des semences ;
- un tube d'un mètre de long servant à prélever les échantillons de terre pour leur analyse ;
- des sachets en plastique servant à conserver des échantillons prélevés;
- les piquets pour délimiter les parcelles principales et les parcelles secondaires ;

- deux rayonneurs de 0.5 m x 0.5m et 1m x1m pour tracer les écartements entre les lignes et les poquets ;
- un mètre ruban pour mesurer les dimensions des parcelles principales et secondaires ;
- une corde pour tracer les dimensions des parcelles principales et secondaires ;
- un manuel d'identification de la couleur (Royal Horticultural chart) des carpelles et des feuilles;
- un pulvérisateur de type TBV pour le traitement phytosanitaire ;
- un compteur manuel pour compter le nombre des poquets levés ;
- des binettes pour creuser les poquets de semis ;
- des sécateurs servant à la récolte des plants à ras du sol ;
- des sacs en coton dans lesquels sont introduits les plants récoltés.

3.1.2.2 Matériel pour la photographie aérienne

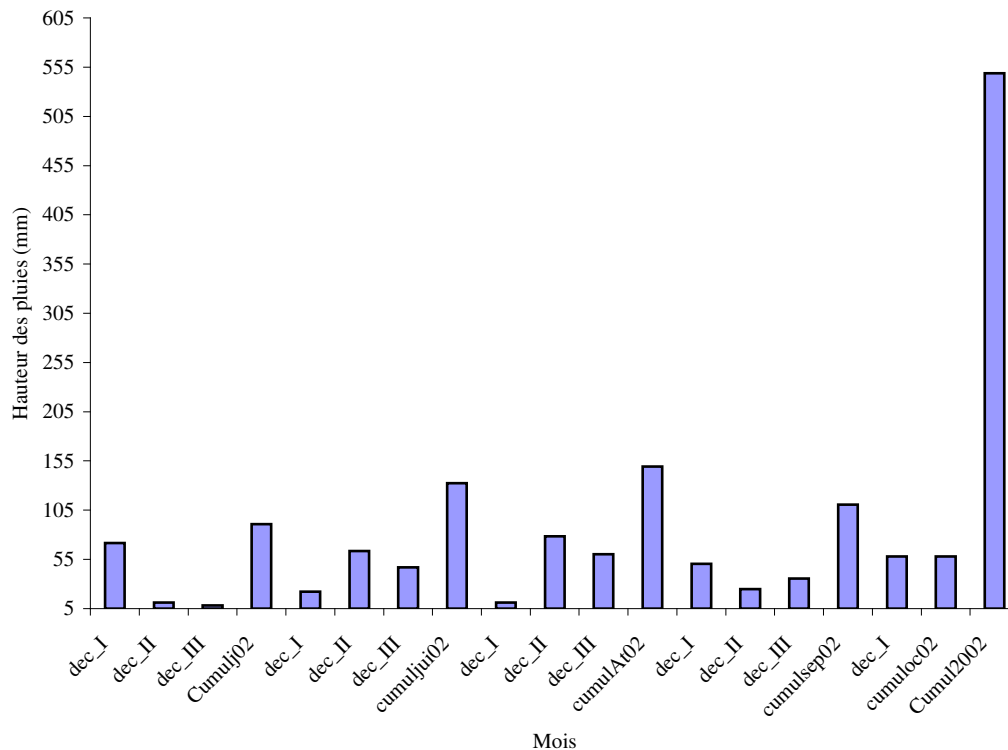
Les équipements du ballon pour la prise des photos aériennes sont :

- un ballon contenant 100 bars de l'hydrogène et ses accessoires;
- un appareil photo de marque Nikon dans laquelle est chargée une pellicule couleur de marque Kodak 100 ASA est placé dans le boîtier contenant deux servo. L'un pour le déclenchement de l'appareil et l'autre pour les différentes positions. Le tout est suspendu à l'aide d'un système de corde et poulie pour l'horizontale sous le ballon
- un système télécommande qui sert à photographier et à changer de position.
- un GPS (Global Positioning System) qui permet de prendre les positions géographiques des 4 points remarquables limitant la parcelle d'étude ;
- une communication radio talkie-walkie entre le photographe et le pilote sert à diriger le ballon sur le milieu de la parcelle d'étude.

3.1.3. Méthodes utilisées pour acquérir les données de terrain

3.1.3.1 Site expérimental

L'essai sur la diversification des cultures a été conduit au Centre Sahélien de l'ICRISAT à Sadoré (13° 14' latitudes Nord, 2° 17' longitudes Est), durant la campagne 2002. Elle couvre une superficie totale de 1,8 ha qui avait reçu comme précédent cultural la culture pure arachide . La pluviométrie enregistrée durant cette campagne est de 549 mm. La figure2 ci-dessous donne la pluviométrie pour la période juin-octobre 2002.



Figure

3: Pluviométrie annuelle enregistrée sur la station de Sadoré.

3.1.3.2 Test de germination

Le test de germination a été effectué en plaçant 100 graines de chaque variété de sésame et de guar dans des boîtes à pétri contenant un papier filtre puis arroser avec une petite lame d'eau. Les graines germées ont été ensuite comptées après trois jours pour le sésame et neuf jours pour le guar.

3.1.3.3 Analyse du sol

Pour estimer la fertilité globale du sol, un échantillonnage du sol a été fait en prélevant 16 échantillons à 20 cm de la surface du sol suivant les diagonales de la parcelle d'étude. L'objectif de cet analyse est d'évaluer les arrières effets du sésame et du guar sur la culture du mil qui suivra dans la rotation. L'analyse des échantillons a été réalisée au laboratoire de chimie du sol du Centre sahélien de ICRISAT.

3.1.3.4 Préparation du terrain

La préparation du lit de semences a consisté à incorporer au sol avec un tracteur les tiges de mil / arachide qui constituaient le précédent cultural. Un piquetage a été fait pour délimiter les parcelles principales et secondaires.

3.1.3.5 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un split-plot de 1,8 ha. L'essai comprend deux répétitions ou deux blocs de 0,9 ha (Tableau 3). Chaque bloc est divisé en 18 parcelles principales de 450 m² (30 m x 15 m)

auxquelles sont randomisées les 3 modalités de densités de semis : 0.25 m x 0.25 m un plant poquet⁻¹ et trois plants poquets⁻¹ ; 0.5 m x 0.50 m pour le sésame ; et 0.25 m x 0.25 m; 0.5 m x 0.50 m et 1m x 1 m pour le guar, ainsi que les 3 niveaux de fertilisations : (30 U) DAP +5 T ha⁻¹ de fumier; 2 g. poquet⁻¹ de DAP et 5 T ha⁻¹ de fumier de bovin. Ensuite, chaque parcelle principale est divisée en 9 parcelles secondaires de 50 m² (10 m x 5 m) auxquelles sont randomisées les 9 variétés de sésame et de guar. Les 3 niveaux de fertilisations ont été épandus de la manière suivante :

- les 5 T ha⁻¹ de fumier issus des étables de Kirkissoye sont épandues uniformément à la main sur les parcelles indiquées puis enfouies à l'aide de la hilaire ;
- les (30 U) de DAP sont épandus à la volée ;
- 2 g de DAP sont déposés directement dans les poquets après rayonnage. Le fumier est utilisé à 5 T ha⁻¹ soit 225 kg par parcelle principale.

Tableau 3 : Plan général de l'essai diversification des cultures du sésame et du guar CSI/ Sadoré. Saison de pluie 2002.

Rep1						Rep2					
13	14	15	16	17	18	13	14	15	16	17	18
D ₄	D ₄	D ₅	D ₅	D ₂	D ₄	D ₄	D ₂	D ₄	D ₄	D ₅	D ₁
F ₃	F ₁	F ₃	F ₁	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₁	F ₁	F ₁
G _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	S _{9v}
7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12
D ₂	D ₁	D ₄	D ₃	D ₄	D ₂	D ₂	D ₄	D ₃	D ₄	D ₁	D ₃
F ₃	F ₃	F ₃	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₃	F ₃	F ₃	F ₁
S _{9v}	S _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	S _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	S _{9v}	G _{9v}
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
D ₁	D ₁	D ₃	D ₅	D ₄	D ₃	D ₅	D ₃	D ₂	D ₄	D ₁	D ₅
F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₂	F ₂	F ₂	F ₂	F ₂	F ₂	F ₂	F ₃
S _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	G _{9v}	S _{9v}	G _{9v}

N

D₁ : sésame semé à 0.25 m x 0.25 m 1 plant Poquet⁻¹

D₂ : sésame semé à 0.25 m x 0.25 m 3 plants poquet⁻¹

D₃ : guar semé à 0.25 m x 0.25 m

D₄ : sésame et guar semé à 0.5 m x 0.5 m

D₅ : guar semé à 1 m x 1 m

G_{9v} : 9 variétés de guar

S_{9v} : 9 variétés de sésame

F₁ : DAP+ fumure

F₂ : DAP 2 g poquet⁻¹

F₃ :fumier

3.1.3.6 Semis

Les semis ont lieu du 03 au 04/07 après une pluie de 11.7 mm de hauteur. Ceux-ci ont été effectué après un passage croisé au rayonneur

Après ce premier semis, notre essai a subit une sécheresse de 16 jours. Ce qui nous a obligé à effectuer un autre semis le 22 /07 soit 19 jours après le premier après une pluie de 61.mm de hauteur. Une autre sécheresse d'une semaine nous a obligé à faire un

troisième semis le 31/07 soit 11 jours après le deuxième après une pluie de 41 mm de hauteur.

3.1.3.7 Traitement phytosanitaire

Un traitement, au Décis E.C à raison de 200 ml de matière active par ha pour 10 l d'eau a été effectué à 21 jours après le semis pour lutter contre les attaques précoces des sauteriaux qui déchirent les feuilles. Un deuxième traitement a été effectué 44 jours après le premier pour lutter contre la chenille défoliatrice *Antigastra catalaunalis*.

3.1.3.8 Sarclo-binage

Les adventices sont les principaux facteurs qui limitent la production du sésame. Pour éviter la compétition pour les éléments fertilisants, l'eau et la lumière, deux sarclo-binage ont été effectués à la hilaire.

Le premier à 22 jours après semis et le deuxième à 28 jours après le premier pour les semis du 3 au 4/07. On a procédé au remplacement des poquets manquants. Deux autres sarclages pour le deuxième semis ont lieu.

Le premier à 30 jours après le semis et l'autre à 5 jours après le premier sarclage. Un troisième sarclage pour le troisième semis a eu lieu le 9/09 soit à 10 jours après semis

3.1.3.9 Démariage et repiquage

Un démariage à 1 ou 3 plants.poquets⁻¹ selon la modalité de semis a été effectué au deuxième sarclage pour toutes les dates de semis. Son objectif est de réduire la compétition entre les plantes et de permettre une meilleure utilisation des ressources disponibles. Les plants prélevés ont servi à remplacer les poquets manquants.

3.1.3.10 Observations et mesures pour le sésame et le guar

Pour calibrer les données de photographies aériennes et caractériser les plantes, les observations et mesures de terrains suivantes ont été faites. Elles portent sur :

- le comptage du nombre de poquets levés sur les 10 lignes de la parcelle secondaire pour apprécier le pourcentage de levées des graines.;
- le nombre de jour à 50% floraison pour estimer la précocité des variétés. Ce paramètre correspond au nombre de jours écoulés entre le semis la floraison de la moitié des plantes de la parcelle secondaire ;
- le nombre de jour relatif à l'apparition de la première fleur ;
- la couleur des fleurs ;

- le nombre de plantes attaquées par la phylodie sur la parcelle secondaire du sésame;
- la hauteur de la plante à maturité: elle est mesurée du pied jusqu'au sommet du bourgeon terminal. Elle est effectuée sur 10 individus pris au hasard sur la parcelle secondaire. ;
- le nombre de ramification par variété ;
- le nombre de jour à la maturité : c'est le nombre de jour du semis à la récolte;
- le nombre de capsules par plante : C'est une variable explicative du rendement en graine, il est déterminé par le comptage du nombre moyen des capsules par plante sur un échantillon de 20 plantes;
- le nombre de grains par capsule: le nombre moyen de graines contenus dans une capsule estimé en prenant 20 capsules sur une plante ;
- le poids des grains par parcelle secondaire;
- le poids de la matière sèche par parcelle secondaire;
- le poids de 1000 graines par variété.

3.1.4 Méthodes utilisées pour la photographie aérienne par ballon

3.1.4.1 Prise de la photo

La photographie aérienne a été faite le 26 septembre 2002 soit 84 jours après les semis du 03 juillet, 65 jours après les semis du 22 juillet et 56 jours après les semis du 31 juillet. Les conditions météorologiques étaient bonnes. Le vol a été effectué entre 12 et 14 heures pour minimiser les effets de l'ombrage sur la photo. L'appareil photographique équipé d'une pellicule couleur de marque Kodack 24 x 36 mm est suspendu au-dessous du ballon qui est monté à 500 m d'altitude. Après le développement, les images acquises ont été scannées à une résolution de 4000 dpi (dots per inch) avec un scanner de marque canon (modèle canon scan s s 400 us) à partir du négatif. L'image informatif de format tiff (tagged – image file format) est exporté en format jpeg (joint photographic experts group) dans Arcview 3.2 pour les analyses.

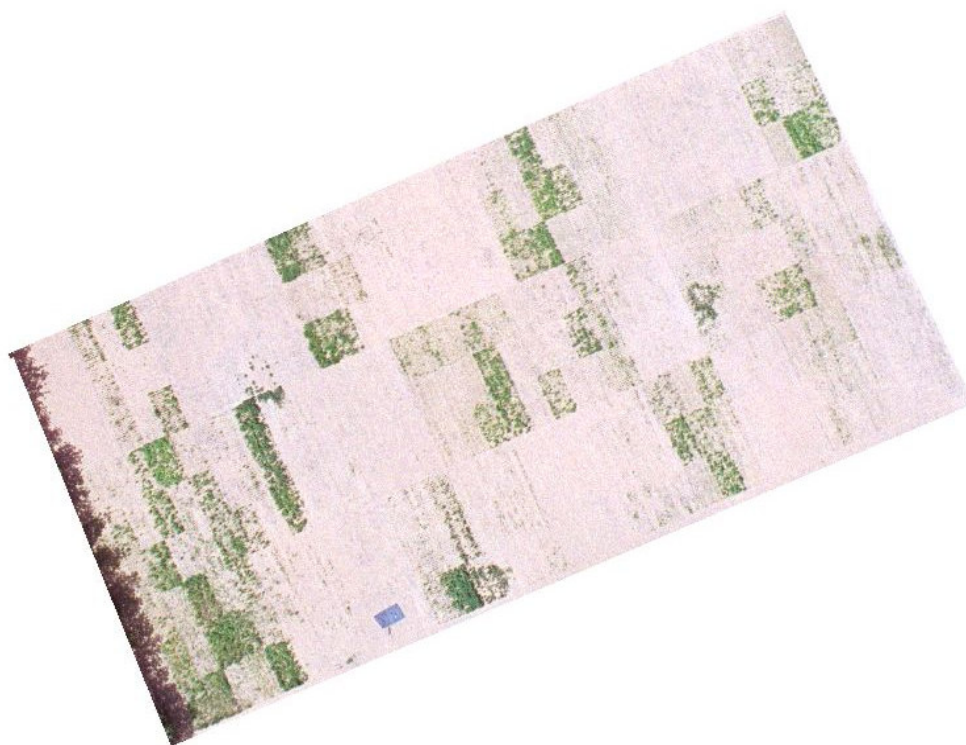


Photo 6: Ballon équipé d'un appareil photographique et la parcelle expérimentale filmée en dessous à 86 jours après le semis.

3.1.4.2 Géoreferencement de l'image

Le géoreferencement de l'image a été fait avec image Warp 1.4, une extension de Arcview 3.2 développée par K.Mcvey. Les quatre points contrôles qui entourent la parcelle d'étude ont été utilisés comme points de référence. Les coordonnées géographiques de ces quatre points sont prises avec un GPS trimble. Ces points ont fait l'objet d'une correction différentielle avec les données de la station de base à l'aide du logiciel pathfinder Office 2.11. Le but de cette correction est d'améliorer la précision du calcul fait par le GPS trimble de l'ordre de ± 20 cm. Toutes les informations géographiques de l'image sont projetées en UTM 31 (Universal Transverse Mercator).

3.1.4.3 Traitement d'image

Après le géoreferencement, l'image tiff a été convertie sous forme de grille correspondant aux bandes rouge, verte et bleue de l'image. Ces bandes correspondent respectivement aux reflectances ou luminosités dans le rouge, le vert et le bleu pour les valeurs moyennes des pixels par parcelle élémentaire. Après l'analyse spatiale, les tables des valeurs de la reflectance dans les trois bandes sont exportées. Le calcul d'un indice normalisé vert (Ewing et Horton, 1999) cité par Gérard et al., (2001) à partir des valeurs moyennes des tables des trois bandes permet d'estimer le recouvrement du sol par la végétation. Le vert normalisé est calculé en divisant la reflectance dans le vert multipliée par 256 sur la somme des trois bandes selon la formule

$$\text{Vert normalisé} = \text{Vert} \times 256 / (\text{Rouge} + \text{Vert} + \text{Bleu})$$

Rouge est la reflectance ou la luminosité (μm) dans la bande rouge ;

Vert est la reflectance ou la luminosité (μm) dans la bande verte ;

Bleu est la reflectance ou la luminosité (μm) dans la bande bleue.

Les tables dbf des trois bandes et celui du vert normalisé sont exportés dans genstat et excel pour les analyses de variances et la régression linéaire.

3.2.RESULTATS

3.2.1. Résultat de l'analyse du sol

Le résultat de l'analyse (Tableau 3) montre que le sol de la parcelle d'étude est fortement acide (pH = 5.23) et pauvre en carbone organique (0.18%). Cette valeur correspond à 0.30% de matière organique qui est mal décomposée (C/N = 22.60). La parcelle est également pauvre en cations échangeables (0.31 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ pour Ca^{2+} , 0.13 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ pour Mg^{2+} , 0.1 $\text{cmol}^+\text{kg}^{-1}$ pour K^+).

Tableau 4 : composition chimique moyenne de 16 échantillons des éléments

Prélevt. 0-20 cm	pH-H ₂ O (1:2.5)	H ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CEC-Ag	C. Org %C.O	Total N mg. N.kg ⁻¹
		cmol ⁺ .Kg ⁻¹								
Moyenne	5.23	0.17	0.26	0.05	0.1	0.31	0.13	0.95	0.18	137
Ecart-type	0.17	0.05	0.11	0.01	0.01	0.17	0.05	0.20	0.02	24.47
CV (%)	3.3	34.9	44.4	23.6	15.8	56.9	44.3	21	14	17.8

3.2.2. Résultat sur le sésame

3.2.2.1 Test de germination en boîte de pétri

Les grains de sésame ont commencé à germer un jour après être introduit dans la boîte de pétri. Le test de germination montre que le pourcentage de germination varie de 79 à 96 % respectivement pour Blanc du Guéra et Local de Moundou.

3.2.2.2 Caractéristiques morphologiques des variétés de sésame

Les principales caractéristiques des neuf variétés de sésame sont présentées dans le tableau 4.

- Type de ramification : le nombre de ramifications est compté à partir de l'axe principal de la tige noté N. On trouve deux types de ramification. Les variétés blanc du Guera, local de Aguié, 18 TCD 94 ISE 003, local Zermou Attari ont des ramifications secondaires de type N+2. En revanche, les variétés Local de Moundou, RT 46 Jaipur, Bhili wara local white, Achat sésame international et sésame blanc du Soudan ont des ramifications primaires de type N+1.
- Surface des feuilles: la surface moyenne d'une feuille varie de 12.4 cm² à 77 cm² respectivement pour Bhili wara local white et Local de Aguié.

- Couleur des feuilles : elle varie du vert au vert-foncé en passant par le vert-clair.
- Couleur des fleurs : elle va du violet- clair au blanc en passant par les groupes des violets – pourpres, violets-pourpre–clairs et des bleu-violet–clair .
- Couleur des graines : elle va du blanc- orange au blanc en passant par le blanc- orange clairs, orange - gris – clairs, orange- gris sombre,.

La couleur des graines est un critère de qualité marchande. Les grains de couleurs claires sont les plus appréciées pour les consommateurs.

Tableau 5 : quelques caractéristiques morphologiques des variétés de sésame

Nom de la variété	Surface moyenne d'une feuille(cm ²)	Type de ramification.	Couleur des feuilles	Couleur des fleurs	Couleur des graines	Cycle (jour)
Local de Moundou	44.85	N+1	Verte	Blanche	Gris-orange-clair	78
Blanc du Guera	68.25	N+2	Verte	Violet-clair	Gris-marron-clair	84
RT 46 Jaipur	15.04	N+1	Vert-clair	Bleu-violet-clair	Blanc-orange-clair	72
Bhil Wara local White	12.35	N+1	Vert-clair	Violet-clair	Blanc-orange-clair	69
Local de Aguié	77.00	N+2	Vert-clair	Violet-pourpre-clair	Gris-marron-clair	94
18 TCD 94 ISE 003	67.05	N+2	Verte	Violet-pourpre-clair	Orange- gris-foncé	94
Local Zermou-Attari	57.15	N+2	Vert-clair	Violet-pourpre-clair	Orange-clair	94
Achat S.international	48.01	N+2	Vert-clair	Violet-pourpre-clair	Orange- gris-foncé	94
Sésame blanc du Soudan	20.34	N+1	Vert-foncé	Violet-clair	Blanche	94

Cf: Royal Horticultural chart pour la couleur des feuilles, fleurs, graines.

N : axe principal

3.2.2.3 Résultats des analyses de variance

Tableau 6: résultat récapitulatif des analyses de variance sur quelques caractéristiques du sésame

Source de variation	Test F																	
	Rendement en fane			Rendement en grain			Moyenne capsule_plante			Moyenne grain_capsule			Hauteur_plante			% Plante_phylodie		
	⁹ F _{cal}	Prob ₁₀	sign ₁₁	F _{cal}	Prob	sign	F _{cal}	Prob	sign	F _{cal}	Prob	sign	F _{cal}	Prob	sign	F _{cal}	Prob	sign
Effet bloc_ principale																		
Densité	0.46	0.649	NS	0.28	0.762	NS	1.29	0.326	NS	0.72	0.516	NS	1.85	0.219	NS	2.80	0.067	NS
Fertilité	0.47	0.644	NS	0.59	0.577	NS	0.06	0.944	NS	2.70	0.127	NS	0.78	0.492	NS	4.51	0.014	NS
Densité.Fertilité	0.80	0.559	NS	0.920	0.920	NS	0.58	0.687	NS	0.76	0.579	NS	0.11	0.976	NS	1.29	0.283	NS
Effet bloc_p principale.p_secondaire																		
Variété	31.3 2	0.001	**	21.12	0.001	**	18.1 5	0.001	**	4.61	0.001	**	71.72	0.01	**	8.91	0.001	**
Densité.Variété	0.34	0.991	NS	0.67	0.809	NS	0.67	0.809	NS	1.35	0.190	NS	0.55	0.908	NS	1.30	0.216	NS
Fertilité.Variété	0.91	0.559	NS	0.96	0.509	NS	1.17	0.315	NS	1.14	0.339	NS	0.84	0.633	NS	0.89	0.584	NS
Densité.Fertilité.Variété	0.9	0.595	NS	0.57	0.958	NS	1.41	0.113	NS	1.00	0.478	NS	0.91	0.601	NS	0.58	0.955	NS
CV%	54.8			63.4			59.6			16.5			20.1			99.6		

NS : non significatif ** significatif au seuil de 1%

⁹ F calculé
¹⁰ probabilité
¹¹ signification

Malgré des coefficients de variation pour le rendement en fane, rendement en grain, le nombre moyen de capsules par plante ainsi que le nombre de plantes attaquées par la phylodie sont élevés pour une plante sarclée, l'effet variétal a été hautement significatif. La densité, la fertilité et l'interaction densité x fertilité n'ont aucun effet significatif sur les différentes variables étudiées chez le sésame. On peut donc conclure qu'il y a une grande diversité au sein du matériel biologique. La comparaison des moyennes par le test de DUNCAN au seuil de 5% a permis de séparer les groupes de variétés homogènes.

3.2.2.4 Comparaison des moyennes

Le tableau 7 présente la comparaison des moyennes du rendement en grains, rendement en fanes, nombre moyen de capsules par plante, nombre de grains par capsule, hauteur de la plante, % d'attaque de la phylodie des variétés.

Tableau 7: comparaison des moyennes des variétés, par le test de DUNCAN au seuil 5%, du rendement en grains, rendement en fanes, nombre moyen de capsules par plante, nombre de grains par capsule, hauteur de la plante, % d'attaque de la phylodie.

Nom de la variété	Rdt ¹² _{grain}	Rdt _{fane}	Indice de récolte	Moy ¹³ _{cap_plte}	Moy _{grain_cap}	H ¹⁴ _{plante}	%phylo die
Local de Moundou	118 ^c	262 ^c	0.2518 ^{cde}	15.1 ^c	44.78 ^{bc}	42.0 ^c	0.722 ^a
Blanc du Guera	195 ^{bc}	690 ^{cd}	0.2175 ^e	67.4 ^{ab}	55.00 ^a	94.0 ^{ab}	0.944 ^a
RT 46 Jaipur	145 ^c	300 ^e	0.3196 ^{ab}	18.3 ^c	47.67 ^b	48.9 ^c	2.333 ^{ab}
Bhil wara local White	143 ^c	265 ^e	0.3496 ^a	18.4 ^c	51.17 ^{ab}	45.3 ^c	5.944 ^{bc}
Local de Aguié	652 ^a	1636 ^b	0.2843 ^{bc}	88.9 ^{ab}	45.28 ^{bc}	121.9 ^a	7.167 ^{cd}
18 TCD 94 ISE 003	630 ^a	1727 ^a	0.2655 ^{cde}	67.3 ^{ab}	52.00 ^{ab}	118.8 ^a	8.056 ^{cd}
Local Zermou-Attari	615 ^a	1708 ^{ab}	0.2663 ^{bcde}	90.2 ^a	53.08 ^{ab}	120.2 ^a	10.444 ^{cd} _e
Achat S.international	318 ^b	1034 ^c	0.2366 ^{cde}	66.1 ^b	56.72 ^a	117.9 ^a	11.278 ^{de}
Sésame blanc du Soudan	200 ^{bc}	425 ^{de}	0.2829 ^{bcd}	30.7 ^c	48.00 ^b	73.1 ^{ab}	14.111 ^f
Moyenne	335	894	0.2749	51.4	50.41	86.9	6.80
Ecart-type	141.8	326.4	0.052	20.42	5.58	20.1	2.249

NB :Les moyennes ayant la ou les même (s) lettre (s) et figurant dans la même colonne n'ont pas de différences significatives entre elles pour la variable correspondante

¹² Rendement

¹³ Moyenne

¹⁴ Hauteur

Quatre groupes homogènes de rendement en grains se dégagent à l'issue de la comparaison des moyennes :

- le premier groupe comprend local Zermou Attari, 18 TCD 94 ISE 003 et local de Aguié qui ont respectivement 615, 630 et 652 kg ha⁻¹ ;
- achat sésame international forme le deuxième groupe avec un rendement en grains de 318 kg ha⁻¹ ;
- blanc du Guéra forme le troisième groupe avec 195 kg ha⁻¹ ;
- en fin le dernier groupe comprend des variétés local de Moundou, RT 46 Jaipur, Bhili Wara local White qui ont un rendement qui varie de 118 kg ha⁻¹ à 145 kg ha⁻¹.

Leur faible performance pourrait être expliquée soit par le décalage dans le semis soit la densité de semis n'est pas appropriée pour les variétés mono tiges.

On observe une grande amplitude de variation de rendement en fanes selon les variétés. Cinq groupes homogènes se dégagent à l'issue de la comparaison des moyennes:

- 18 TCD 94 ISE 003 forme le premier groupe avec un rendement en fane de 1727 kg ha⁻¹ ;
- le deuxième groupe est formé par local Zermou Attari qui 1708 kg ha⁻¹. Il est suivi de local de Aguié qui a 1636 kg ha⁻¹ ;
- Achat sésame international forme le quatrième groupe avec un rendement en fane de 1034 kg ha⁻¹ ;
- le cinquième groupe est formé par Blanc du Guéra qui a 690 kg ha⁻¹. et suivi du sésame blanc du Soudan qui a 425 kg ha⁻¹ ;
- enfin le dernier groupe qui comprend des variétés local de Moundou, RT 46 Jaipur, Bhili wara local White qui ont un rendement qui varie de 262 à 300 kg ha⁻¹.

Pour ce qui est de l'indice de récolte, on distingue une grande amplitude variation selon les variétés. Sept groupes différents se dégagent de la comparaison des moyennes. Bhili wara local White, RT 46 Jaipur, local de Aguié, sésame blanc du Soudan local Zermou Attari et blanc du Guéra forment respectivement les six premiers groupes différents. Local de Moundou, 18 TCD 94 ISE 003 et achat sésame international forment le même groupe .

Le nombre moyen de capsules par plante est une composante importante du rendement. La moyenne générale de l'essai est de 52 capsules par plante. Quatre groupes homogènes se dégagent à l'issue de la comparaison des moyennes:

- le premier groupe est formé par local Zermou Attari qui a 90 capsules par plante.
- blanc du Guéra, 18 TCD 94 ISE 003 et Local de Aguié forment le deuxième groupe avec respectivement 67 et 89 capsules par plante;
- achat s. international sésame international forme le troisième groupe avec 66 capsules par plante;
- enfin local de Moundou, RT 46 Jaipur, Bhili wara local White et sésame blanc du Soudan ont un nombre moyen de capsules par plante qui varie de 15 à 31.

Le nombre moyen de capsule par plante augmente avec le degré de ramification de la variété. Les valeurs élevées de s'explique par cette variable et justifie leur performances en rendement en grain par rapport aux autres variétés.

La moyenne générale du nombre moyen de grains par capsule est de 50.41. Quatre groupes homogènes se dégagent de la comparaison des moyennes:

- blanc du Guéra et Achat sésame international ont en moyenne 55 à 57 grains par capsules.
- le deuxième groupe contient les variétés Local de Moundou, Local de Aguié et Local Zermou Attari qui ont un nombre moyen de grains par capsule qui varie de 51 à 53.
- 46 RT Jaipur et sésame blanc du Soudan forment le troisième groupe. Elles ont respectivement 47 et 48 grains par capsule ;
- enfin local de Moundou forme le dernier groupe avec 44 capsules par plante.

Le nombre élevé du nombre de grains par capsule de Achat sésame international s'explique par le nombre de loges allant de 5 à 6 que contient cette variété.

Il ressort de la comparaison des moyennes par le test de DUNCAN au seuil 5% une grande variation du nombre de plantes attaquées par la phylodie. La précision de l'essai est très faible vu le coefficient de variation très élevé. Blanc du Guéra présente un taux d'attaque d'environ 14%. Il est suivi de Achat sésame international qui un taux d'attaque

d'environ 12%, local de Aguié d'environ 10%, sésame blanc du Soudan et 18 TCD 94 ISE 003 d'environ 8%, local Zermou Attari. Bhili wara local white 6%, local de Moundou 2% et enfin 46 RT Jaipur, Bhili wara local white qui ont un taux de 1%. Ces deux dernières variétés sont les plus précoces. Ce qui explique le plus petit nombre d'attaque.

On observe une grande variation dans les variétés en fonction de la hauteur des plantes. Trois groupes de variétés se distinguent:

- le groupe des variétés comprenant local de Aguié, local Zermou Attari, 18 TCD 94 ISE 003, et Achat sésame international dont la hauteur varie de 117 à 121 cm;
- le groupe des variétés composé de local de Moundou 46 RT Jaipur , Bhili wara local white dont la hauteur est comprise entre 42 et 49 cm.
- le groupe contenant blanc du Guéra (94 cm) et sésame blanc du Soudan (73 cm).

3.2.2.5 Analyse de variance sur les paramètres de la photographie aérienne

L'analyse de variance des paramètres de la photographie aérienne est présentée sur le tableau ci-dessous.

Tableau 8: récapitulatif de analyse de variance sur les paramètres de la photographie aérienne

Source de variation	Test F											
	Reflectance.rouge			Reflectance .vert			Reflectance bleu			Vert normalisé		
	F _c ¹⁵ _{al}	Pr ¹⁶ _{ob}	sign ₁₇	F _{cal}	Prob	sign	F _{cal}	Prob	sign	F _{cal}	Prob	sign
Effet bloc principale												
Densité	2.08	0.188	NS	0.163	0.255	NS	0.71	0.145	NS	0.80	0.483	NS
Fertilité	0.64	0.552	NS	0.81	0.675	NS	0.52	0.521	NS	0.10	0.908	NS
Densité.Fertilité	0.66	0.635	NS	0.86	0.525	NS	0.53	0.727	NS	0.54	0.714	NS
Effet bloc_p principale.P_secondaire												
Variété	11.2	0.001	**	6.65	0.001	**	14.60	0.001	**	17.6	0.001	**
Densité.Variété	0.63	0.846	NS	0.81	0.675	NS	0.69	0.794	NS	1.21	0.285	NS
Fertilité.Variété	0.73	0.758	NS	0.74	0.737	NS	0.76	0.725	NS	1.18	0.232	NS

¹⁵ F calculé

¹⁶ probabilité

¹⁷ signification

Densité.Fertilité.Variété	0.69	0.880	NS	0.82	0.730	NS	0.67	0.898	NS	0.66	0.905	NS
CV%	11.20			10.9			12.8			2.6		

NB : NS : non significatif

L'essai est dans l'ensemble précis vu la faiblesse des coefficients de variation dans les différentes bandes. L'effet variétal est hautement significatif pour les reflectances dans la bande rouge, verte et bleu pour les variétés de sésame. Il en est de même pour le vert normalisé déduit des différentes bandes.

3.2.2.6 Comparaison des moyennes des paramètres de la photographie aérienne dans les bandes rouges, vertes, bleues et le vert normalisé en fonction des variétés.

Le tableau 9 présente la comparaison des moyennes dans les bandes rouges, vertes, bleu et le vert normalisé.

Tableau 9 : Comparaison des moyennes des variétés suivant le test de DUNCAN au seuil 5% pour les bandes rouges, vertes, bleu et le vert normalisé.

Nom de la variété	Reflectance Rouge	Reflectance Verte	Reflectance Bleu	Vert normalisé
Local de Moundou	228.5 ^{ab}	212.2 ^{ab}	211.8 ^a	83.09 ^c
Blanc du Guera	211.1 ^b	196.8 ^{bc}	190.0 ^b	83.88 ^{bc}
RT 46 Jaipur	224.6 ^{ab}	208.8 ^{ab}	207.9 ^a	83.50 ^c
Bhil wara local White	233.1 ^a	217.8 ^a	216.0 ^a	83.64 ^c
Local de Aguié	190.6 ^c	186.1 ^{cd}	167.7 ^c	88.01 ^a
18 TCD 94 ISE 003	183.7 ^c	180.8 ^d	157.5 ^c	88.58 ^a
Local Zermou-Attari	189.0 ^c	185.8 ^{cd}	166.7 ^c	87.48 ^a
Achat S.international	211 ^b	199.6 ^b	188.7 ^b	85.47 ^{ab}
Sésame blanc du Soudan	224.5 ^{ab}	209.1 ^{ab}	205.8 ^a	83.63 ^b
Moyenne	210.70	199.7	190.20	85.25
Cv%	11.20	10.9	12.80	2.60
Ecart-type	15.78	15.5	16.18	1.47

Les moyennes portant la ou les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil 1%

Quatre groupes de reflectance se dégagent à l'issu de la comparaison des moyennes dans la bande rouge.

- bhil wara local white forme le premier groupe avec une reflectance de 233.
- Il est suivi de local de Moundou, RT 46 Jaipur et sésame blanc du Soudan qui ont une reflectance qui varie de 224 à 228.

- achat s. international et Blanc du Guera qui ont une reflectance de 211;
- en fin 18 TCD 94 ISE 003, local Zermou Attari et local de Aguié qui ont une reflectance qui ont une reflectance comprise entre 183 et 190.

Dans la bande verte, comme dans le cas précédent, on observe cinq groupes homogènes de reflectance.

- local de Moundou, sésame blanc du Soudan, RT 46 Jaipur ont une reflectance qui comprise entre 208 et 212.
- bhil wara local white a la reflectance la plus forte qui est de 218. Achat sésame international a 199 de reflectance. Il est suivi de local Zermou Attari, 18 TCD 94 ISE 003 et local de Aguié qui ont une reflectance qui varie de 180 à 185.

Dans la bande bleu, la moyenne de la reflectance pour toutes les variétés est de 190.2 . Trois groupes de reflectance se dégagent à l'issu de la comparaison des moyennes:

- le premier groupe est composé de bhil wara local white, local de Moundou, blanc du Guera, RT 46 Jaipur qui ont une reflectance qui varie de 205 à 216.
- blanc du Guera, achat s. international forme le deuxième groupe avec respectivement 188 et 190 de reflectance;
- enfin 18 TCD 94 ISE 003, Local de Aguié et local Zermou Attari qui ont une reflectance qui varie de 157 à 167.

Quant au vert normalisé, la comparaison des moyennes montre quatre groupes homogènes de reflectance:

- le premier groupe contient les variétés local de Aguié, 18 TCD 94 ISE 003, et local Zermou Attari qui ont une reflectance comprise entre 87.47 et 88.58;
- achat sésame international forme le deuxième groupe avec 85.47 de reflectance;
- les variétés local de Moundou, RT 46 Jaipur et bhil wara local white qui est comprise entre 83,09 et 83.88;
- enfin sésame blanc du Soudan et blanc du Guéra qui ont respectivement 83.63 et 83.88.

3.2.2.7 Répartition du vert normalisé par parcelle secondaire du r parcelle

La figure 4 montre la distribution quantile à intervalle régulier du vert normalisé par parcelle secondaire. Il y a une grande diversité dans la répartition du vert normalisé. Celle-ci est liée aux variétés car l'effet variétal est le plus important. On distingue ainsi dix classes de vert normalisé allant de [73.947–82.460] à [87.46–97.02] . Les parcelles ayant les faibles valeurs de vert normalisé sont celles dont le développement de la végétation n'a pas été bon.

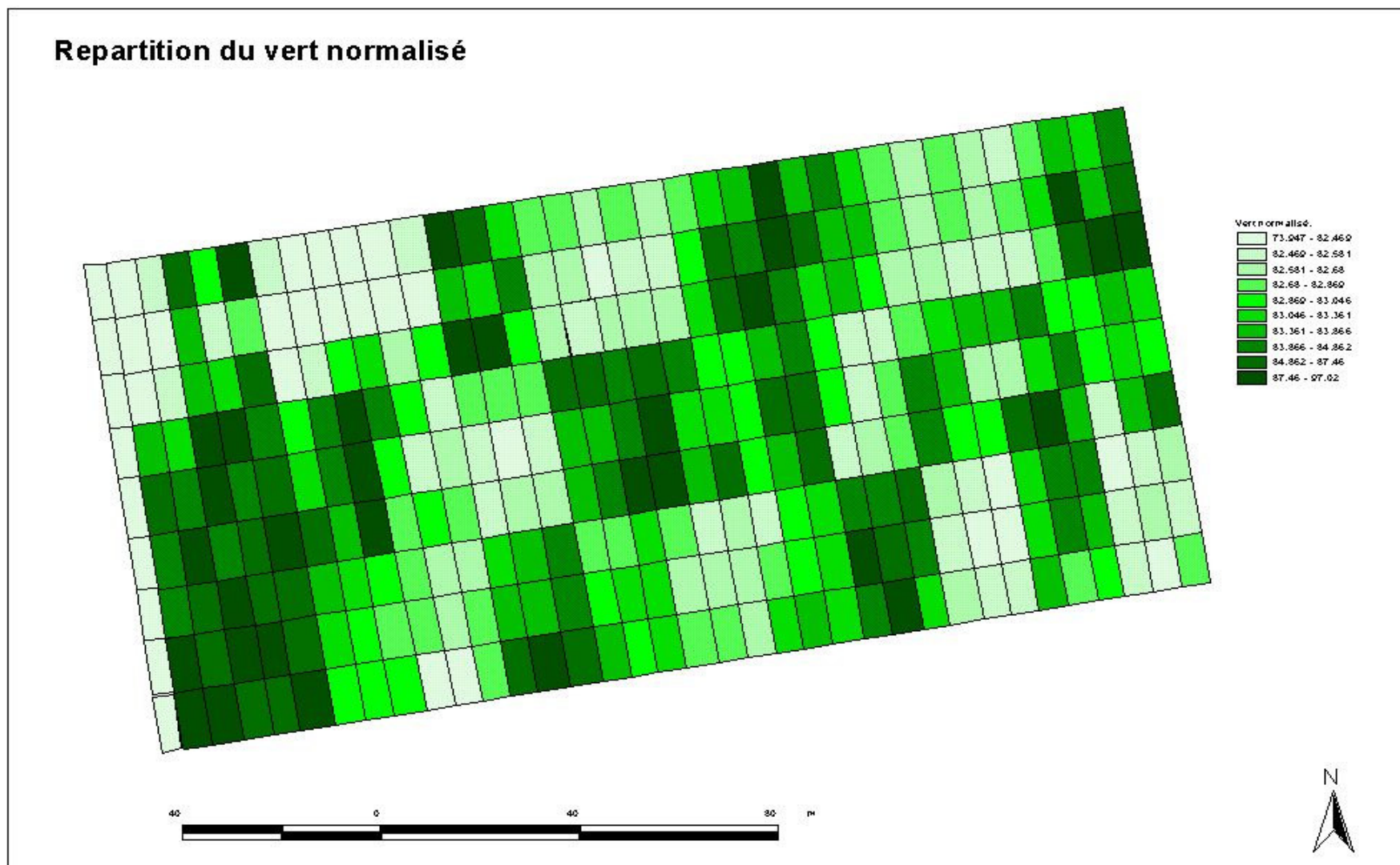


Figure 5: répartition du vert normalisé par parcelle élémentaire

Les valeurs les plus élevées peuvent s'expliquer par le développement plus important de la couverture végétale. Les parcelles de la répétition 1 étant à 86 jours après le semis développe un couvert plus important que les autres, par conséquent le signal réfléchi par le couvert végétal est plus important. Le vert normalisé exprime le taux de recouvrement du sol par la couverture végétale . Les variétés ayant les fortes valeurs (local de Aguié, 18 TCD 94 ISE 003 et local Zermou Attari) sont les plus productives aussi bien en grains qu'en fanes.

3.2.2. 8 Rendement en fanes par parcelle secondaire

Il ressort de la figure 5, dix classes allant du faible rendement en fane [94- 1881] kg ha⁻¹. au plus élevé [2202 – 3861] kg ha⁻¹. Comme dans le cas précédent, les rendements en fane les plus élevés correspondent aux parcelles ayant le vert normalisé le plus élevé, notamment la parcelle principale 1 et 2 : 1467–3861 kg ha⁻¹. Elles correspondent aux variétés 18 TCD 94 ISE 003, local Zermou Attari , local de Aguié. Dans les autres parcelles principales, ce sont les variétés 18 TCD 94 ISE 003, Blanc du Guera, local Zermou Attari, sésame blanc du Soudan, local de Aguié, et achat s. international qui ont un rendement en fanes allant de [94 à 397] kg ha⁻¹.

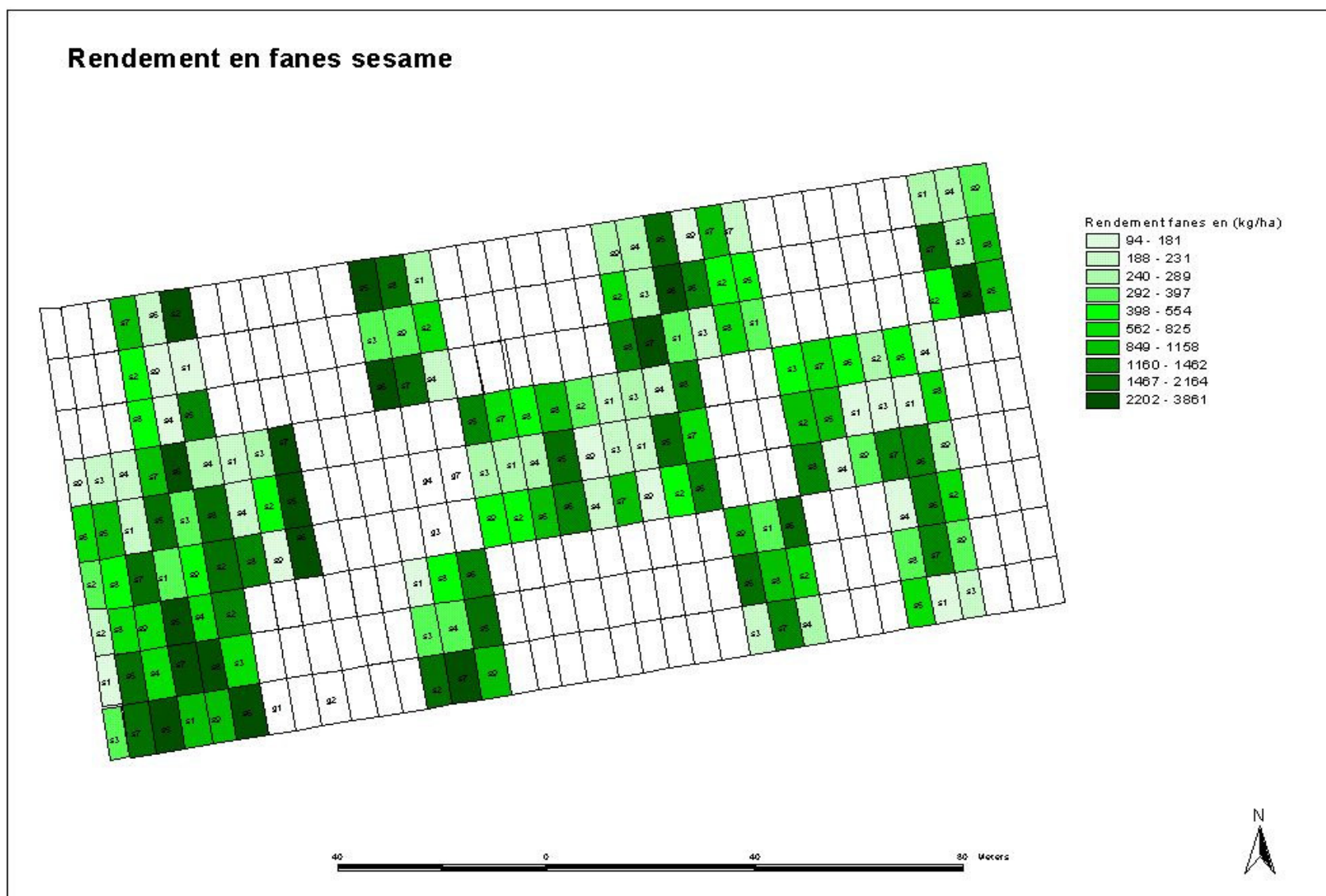


Figure 7 : rendement en fane parcelle élémentaire

Il existe une bonne corrélation entre le vert normalisée estimé sur la photographie aérienne et le rendement en fanes mesuré. Le vert normalisé explique dans 83 % des cas le rendement en fane mesuré à la récolte. La figure ci-dessous décrit les variations du vert normalisé en fonction du rendement en fane. (figure 6)

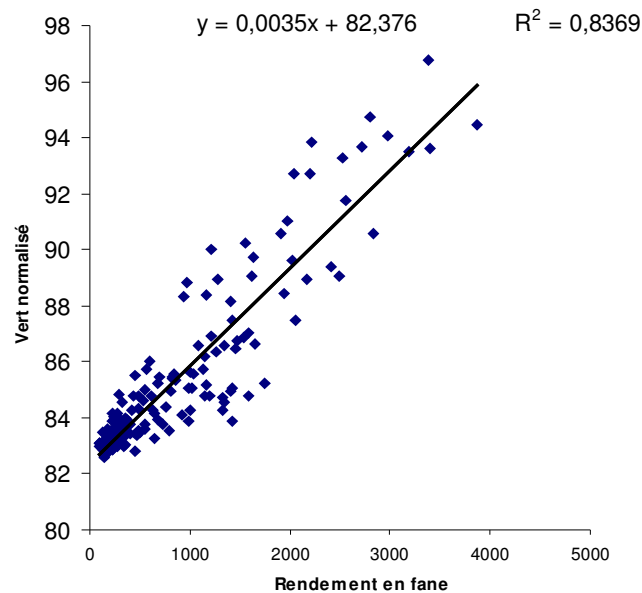


Figure 6 : rendement en fanes mesuré en fonction du vert normalisé estimé sur la photographie aérienne.

3.2.2.9 Rendement en grains par parcelle secondaire

Le rendement en grain par variété et par parcelle secondaire sont présentés dans la figure 7. On distingue dix classes de rendement en grains qui vont de [16-62] kg ha⁻¹ à [805 -1644] kg ha⁻¹. Il existe une régression linéaire entre le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne et le rendement en grain mesuré à la récolte. Le coefficient de détermination r^2 est égal à 75%. Dans presque toutes les parcelles, ce sont les variétés local de Aguié, local zermou Attari et la variété améliorée 18 TCD 94 ISE 003 qui ont un rendement de 628 à 1644 kg ha⁻¹.

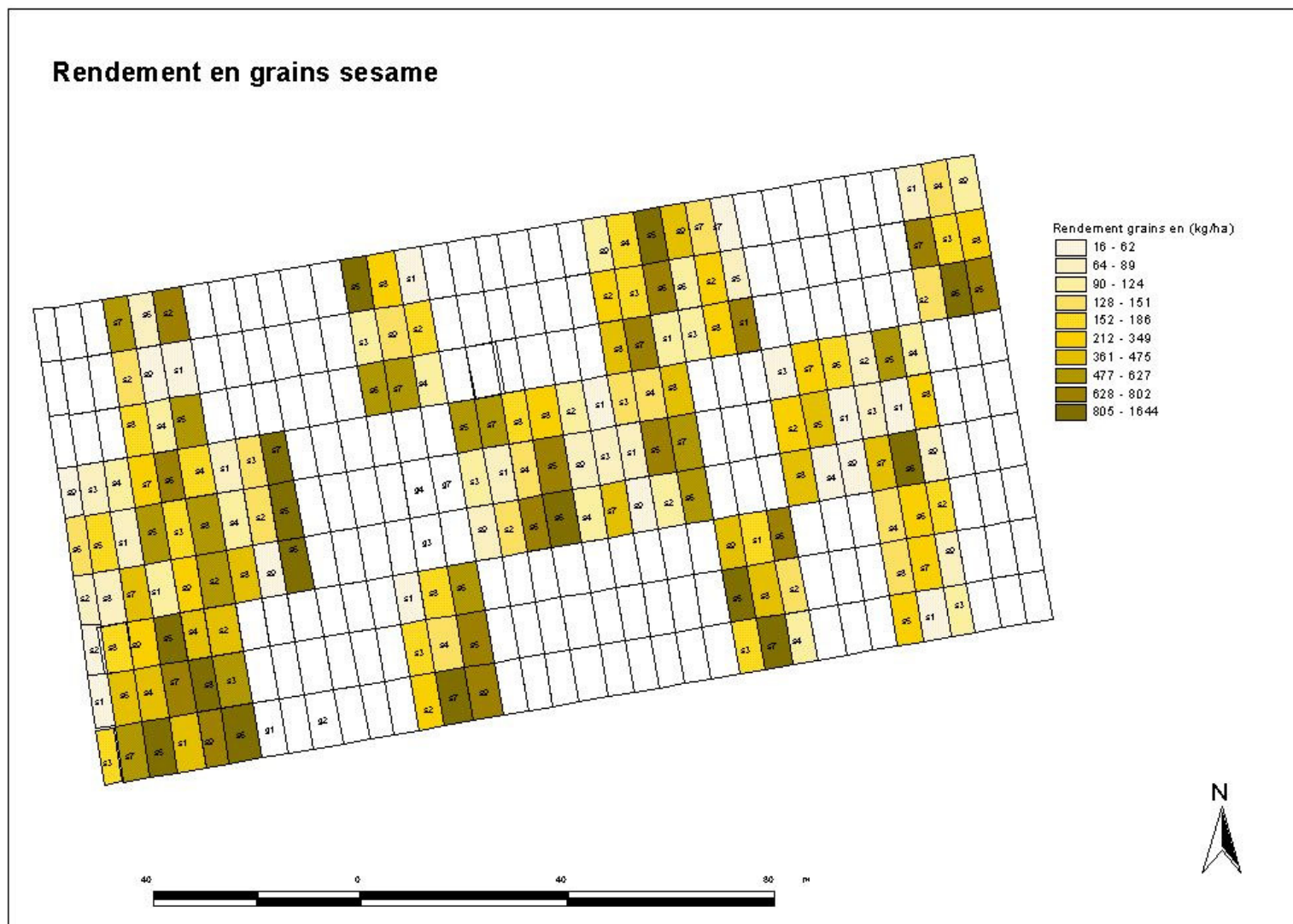


Figure 9 : rendement en grain par parcelle élémentaire

Il existe une faible corrélation entre le vert normalisée estimé sur la photographie aérienne et le rendement en grains mesuré. Le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne explique dans 75 % des cas le rendement en grains mesuré à la récolte. La droite ci-dessous décrit les variations de la moyenne du vert normalisé en fonction du rendement en grains

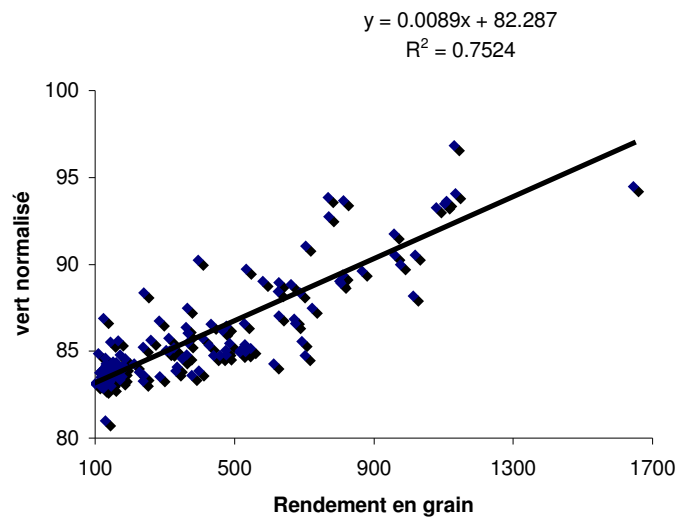


Figure 8. rendement en grains mesuré en fonction du vert normalisé estimé sur la photographie aérienne

3.3. RESULTATS SUR LE GUAR

3.3.1. Test de germination en boîte de pétri

Les grains de guar ont commencé à germer trois jours après être introduit dans la boîte de pétri. Le test de germination montre que le pourcentage de germination varie de 80% (M83) à 97 % (GG-1). Toutes les graines de guar ont germées après six. Jours.

3.3.2 Quelques caractéristiques morphologiques des variétés de guar

Le tableau 10 présente quelques caractéristiques morphologiques des neuf variétés du guar.

- Biomasse : la quantité de biomasse a été codé +. Ce sont les variétés M 83, GG-1, HG-75, et RGC 936 qui ont plus de biomasse.
- Couleur des feuilles: elle varie du vert-clair au vert.
- Couleur des fleurs: certaines variétés ont des fleurs de couleurs blanches. D'autres ont des fleurs de couleurs pourpre rouge, violet – pourpre et pourpre.
- Couleur des graines: elle varie du marron au gris, et gris- vert

Tableau 10: quelques caractéristiques des variétés de guar

Nom de la variété	Surface foliaire(cm ²)	biomasse	feuilles	fleurs	grains	Type de ramification
RGC 197	104.08	+++	Verte-clair	Pourpre-rouge	Gris	N+2
HGS 365	26.95	++	Verte	Pourpre-rouge	Gris	N+2
RGL 1002	32.77	++	Verte	Blanche	Gris	N+2
RGC 1017	23.52	+	Vert-claire	Blanche	Gris-vert	N+1
M 83	102.16	++++	Verte	pourpre	Gris-vert	N+2
GG-1	43.83	++++	Verte	Violet-pourpre	Gris-vert	N+2
HG-75	33.92	+++	Verte	Blanche	Marron-gris	N+2
RGC 936	35.99	+++	Verte	Pourpre-rouge	Marron	N+2
RGC 1003	24.55	+	Verte	Violet-pourpre	Marron-gris	N+1

Cf: Royal Horticultural Chart pour la couleur des feuilles, fleurs, graines

+ peu de biomasse. ++++ beaucoup de biomasse

3.3.3 Résultat de l'analyse de variance pour le rendement en fanes, rendement en grains

Le rendement en fanes et rendement en grains de guar est présenté dans le tableau 11.

Tableau 11: rendement en fanes et rendement en grains de guar en kg ha⁻¹

Source de variation	Test F					
	Rendement en fanes			Rendement en grains		
	Fcal	Prob	signification	Fcal	Prob	signification
Effet bloc_p principale						
Densité	58.82	0.001	**	10.86	0.005	*
Fertilité	5.09	0.038	*	0.17	0.849	NS
Densité.Fertilité	5.96	0.016	*	0.29	0.874	NS
Effet bloc_p principale.P_secondaire						
Variété	0.80	0.608	NS	0.79	0.617	NS
Densité.Variété	0.79	0.694	NS	1.17	0.310	NS
Fertilité.Variété	1.45	0.143	NS	1.46	0.138	NS
Densité.Fertilité.Variété	1.55	0.062	NS	1.34	0.153	NS
CV%	138.7			205.9		

Vu les coefficients de variation trop élevés, l'essai n'a pas réussi .Il mérite d'être repris Nous nous réservons donc de tout commentaire des résultats du tableau ci-dessus. Malgré tout la densité a eu un effet hautement significatif sur le rendement en fanes et significatif sur le rendement en grains. Sur le rendement en fane, cet effet est influencé par la fertilité puisque l'interaction densité x fertilité a un effet significatif.

3.3.4 Comparaison des moyennes entre les différents niveaux de densités

Le tableau ci-dessous présente la comparaison des moyennes des niveaux de densités du rendement en grains de guar.

Tableau 12: Comparaison des moyennes des niveaux de densité par le test de DUNCAN au seuil de 5% du rendement en grains de guar

	Densité			CV %	PPDS
	0.25 m x 0.25 m	0.5 m x 0.5 m	1 m x 1 m		
Rdt en grains en kg ha ⁻¹	90.3 ^a	5.6 ^b	21.6 ^b	85.4	44.56

Deux groupes de niveaux de densité se dégagent de la comparaison des moyennes du rendement en fanes:

- la densité 0.25 m x 0.25 m forme le premier groupe;
- 0.5 m x 0.5 m et 1 m x 1 m forment le deuxième groupe.

La comparaison des moyennes de l'interaction Fertilité x densité du rendement en fanes de guar est présenté dans le tableau 13.

Tableau 13: Comparaison des moyennes de l'interaction Fertilité x densité par le test de DUNCAN au seuil 5% du rendement en fanes de guar.

Fertilité	(30 U) DAP + 5 T	2 g DAP poquet ⁻¹	+ 5 T ha ⁻¹ fumier
Densité	ha ⁻¹ fumier		
0.25 m x 0.25 m	108.7 ^a	186.3 ^a	76.5 ^a
0.5 m x 0.5 m	7.7 ^b	26.1 ^b	4.7 ^b
1 m x 1 m	19.8 ^b	2.3 ^b	25.6 ^b
CV%	39.7		
PPDS	46.56		

Deux groupes différents se dégagent de la comparaison des moyennes . Le guar semé à 0.25 m x 0.25 m sur les parcelles ayant reçues (30 U) DAP + 5 T ha⁻¹ de fumier forme le premier groupe. Le deuxième groupe est composé du guar semé à 0.5 m x 0.5 m et 1 m x 1m sur les parcelles ayant reçues 2 g DAP poquet⁻¹ et 5 T ha⁻¹ de fumier.

3.3.5. Rendement en fanes et en grains du guar récolté.

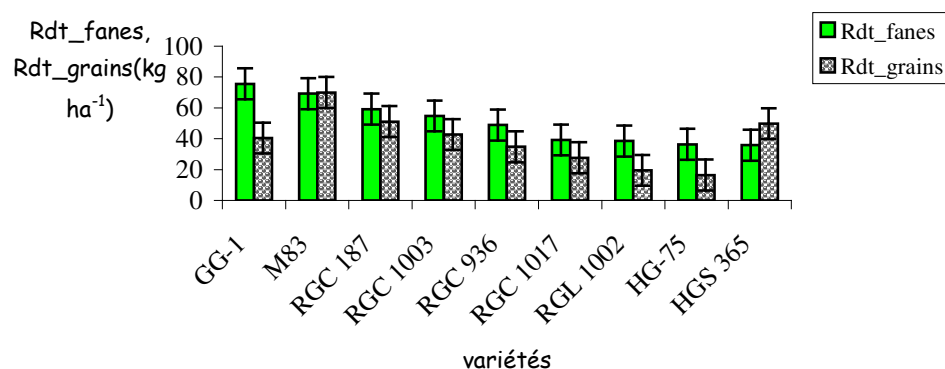


Figure 9 : rendement en fane et en grains en fonction des variétés.

Bien que l'effet variétal n'a pas été significative, la figure 11 présente qualitativement la performance des variétés GG-1 qui a le plus de fanes et M 83 de grains.

3.3.6. Rendement en fanes du guar

On observe une distribution quantile de rendement en fane suivant 10 classes (figure 10). Celles contenant les rendements en fanes les plus faibles [0 – 2] kg ha⁻¹ correspondent au guar semé à 0.5 m x 0.5 m ou à 1 m x 1 m. Les parcelles 3, 6 et 10 ayant des rendements en fane élevés [45.8–462.8] kg ha⁻¹ pour le premier bloc et les parcelles 2,9 et 12 pour le second bloc correspondent aux densités de semis 0.25 m x 0.25 m . Les variétés GG-1, M 83, et RGC 1003 se sont bien comportées.

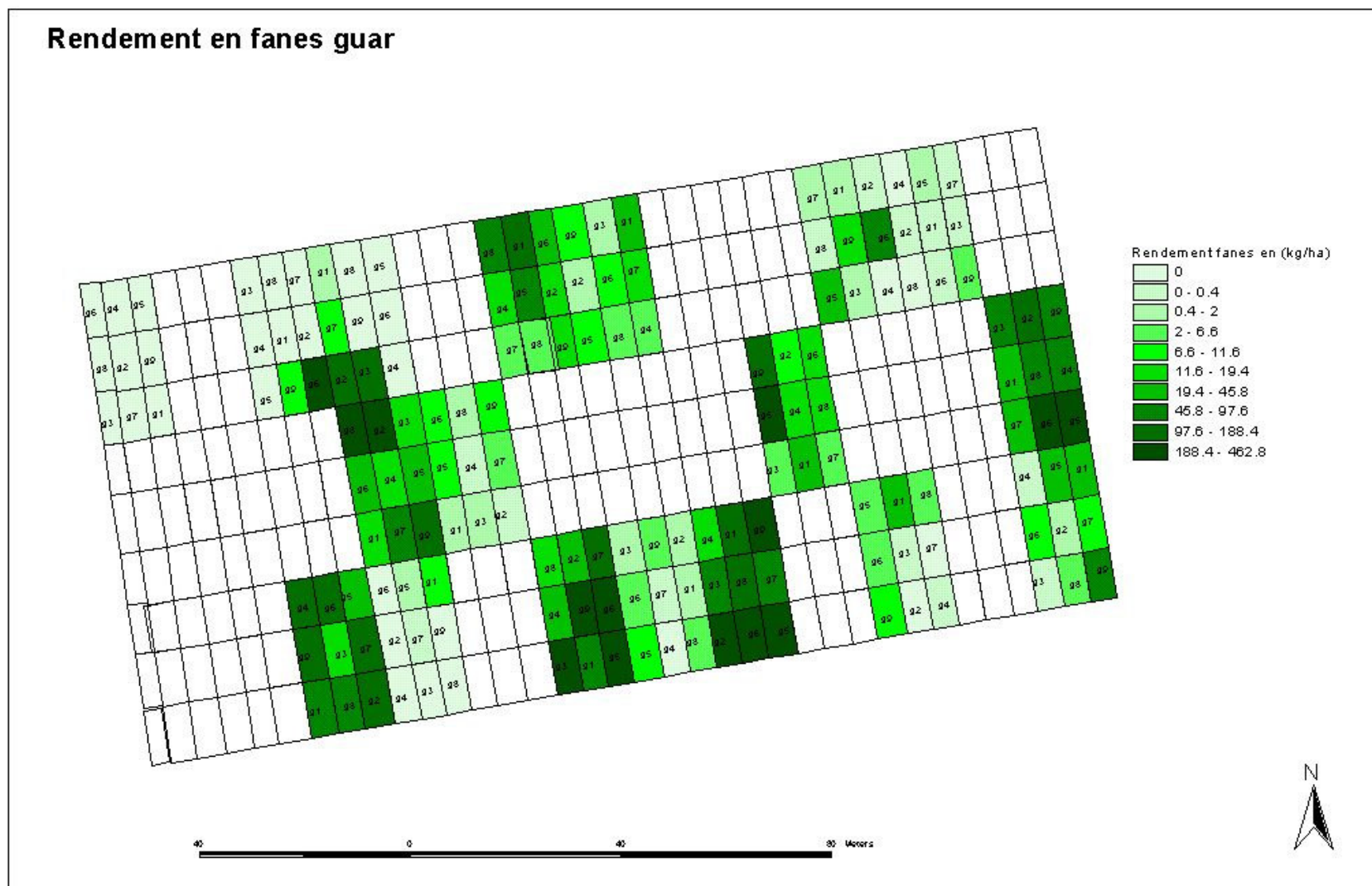


Figure 12 : rendement en fane de guar.

3.3.7. Rendement en grains de guar

On distingue dix classes de rendement en grains allant de plus faible [0 - 0.6] kg ha^{-1} au rendement en grain le plus élevé (figure 11). Comme dans le cas précédent, les classes ayant le rendement le plus élevé (3, 6, 10) correspondent aux densités 0.25 m x 0.25 m bien que l'effet ne soit pas significatif sur le rendement en grain. Les groupes de parcelles se trouvant sur les termitières (10, 15, 16) ont donné des rendements plus élevés [117.8 -645.4] kg ha^{-1} . Elles correspondent aux variétés GG-1, HGS 365, RGL 1002. Le guar semé à 1m x1m a donné moins de rendement (17). Sur la photo, ce sont les variétés GG-1, M 83, RGC 936, RGC 1003, HGS 365, qui ont les rendements les plus élevés en grain.

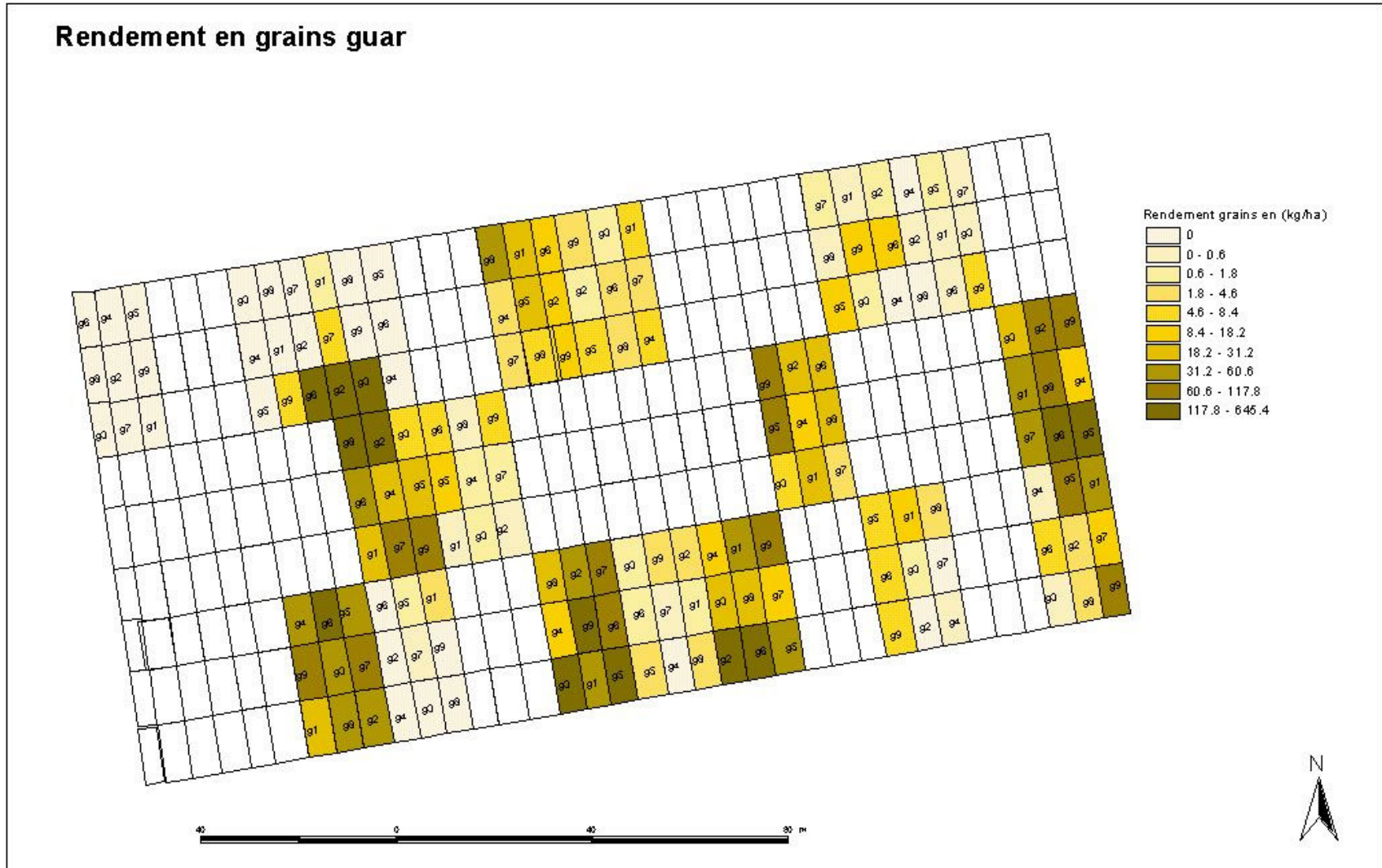


Figure 13 : rendement en grain de guar.

3.3.8. Conclusion partielle

L'analyse de variance des données issues de la photographie aérienne n'a montré aucune différence significative entre les variétés pour les trois bandes ainsi que le vert normalisé. Ceci peut être expliqué par le pourcentage de couverture très faible du guar semé à 0.5 m x 0.5 m et presque nul du guar semé à 1 m x 1 m. Les dégâts causés par les sauteriaux à l'émergence a également contribué à cet effet.

3.3 DISCUSSION

La connaissance du rendement est un facteur important pour évaluer la performance des variétés et porter un jugement de valeur sur la fertilité du sol. Et cela malgré la faiblesse de la précision de l'essai vu le coefficient de variation pour le rendement en fane de sésame qui est de 54.8%. Ce fort coefficient de variation peut s'expliquer par les pertes dues aux manipulations lors du battage. Les faibles rendements constatés chez certaines variétés sont dus au fait que celles-ci ont des ramifications qui sont de types N+1 car les plantes qui en possèdent n'ont pas beaucoup de biomasse et de surcroît sont de petites taille. Elles ont toutes une hauteur qui varie de 42 à 73.1 cm.

Les rendements en grains obtenus dans notre essai par local de Moundou, blanc du Guéra, RT 46 Jaipur et bhil wara local white suivant les trois niveaux de fertilité sont largement inférieurs à la moyenne nationale nigérienne qui est de 300 kg ha⁻¹. Ce rendement est encore inférieur à ceux obtenus par ICRISAT/Niger en contre - saison 2001 sous irrigation qui étaient de 2315.351 kg ha⁻¹ (local de Moundou), 2657.676 kg ha⁻¹ (blanc du Guera), 1900.865 kg ha⁻¹ (RT 46 Jaipur), 1252.216 kg ha⁻¹ (bhil wara local white).

Ces faibles rendements en grains constatés en peuvent s'expliquer d'une part par l'échec des premiers semis, et d'autre part le pourcentage d'attaque de phylodie constatés surtout en fin de cycle. En outre, l'impact de cette maladie se traduit par la transformation des fleurs en feuilles entraînant la non fructification des plantes attaquées. Blanc du Guéra, Achat sésame international et local de Aguié sont les plus attaqués. Ils présentent un taux d'attaque supérieur ou égal à 10%.

Les décalages dans le semis confirment les travaux de Schilling et Cattan (1991) selon lesquels une semaine de retard entraîne 8% de perte de rendement. D'après Kassam (1976) cette perte de rendement en grains pourrait atteindre 15%.

La pauvreté de notre parcelle en matière organique et le pH acide pourraient également expliquer la baisse des rendements.

Les différents apports en éléments fertilisants (30 U de DAP) et 2 g de DAP poquet⁻¹ sont faibles comparés aux besoins en éléments minéraux du sésame qui sont selon Reddy et Patty (1995), de 100 kg ha⁻¹ d'engrais coton (13-20-15) et selon Schilling et Cattan (1991) de 100 kg ha⁻¹ de NPK 15 - 15 - 15 comme engrais de fond et 25 kg ha⁻¹ d'urée comme engrais de couverture selon Moukaila (1998). Les 5 T ha⁻¹ de fumier sont loin de couvrir les besoins du sésame en matière organique qui sont selon Reddy et Patty (1995) de 10 T ha⁻¹ de fumier

Les pertes dues à la récolte peuvent aussi expliquer cette contre performance puisque la récolte a été manuelle et faite au fur et à mesure que les capsules arrivent à maturité. La contre performance des variétés indiennes sélectionnées sur des sols basiques peut s'expliquer par le pH acide de la parcelle.

Les variétés d'origine nigérienne (local de Aguié et local Zermou Attari) adaptées aux conditions climatiques du milieu d'étude ont été les plus performantes avec 652 kg ha⁻¹ pour local de Aguié et 615 kg ha⁻¹ pour local Zermou Attari. La performance de ces variétés locales serait liée à leur nombre de ramifications qui est du type N+2. La variété tchadienne 18 TCD 94 ISE 003 très proche de ces dernières mérite une attention particulière. Cette variété semble s'adapter aux conditions pédoclimatiques du Niger vu les niveaux de rendement en grains (606 kg ha⁻¹) et en fanes (1727 kg ha⁻¹) obtenus.

Un certain nombre de facteurs environnementaux pourraient expliquer l'échec de la culture du guar. Entre autres nous avons :

- la nature du sol de la parcelle expérimentale à pH fortement acide (5.23) car le guar croît mieux sur des dépôts alluvionnaires et les terrains sablonneux, avec des sous-sols bien drainés à pH basique (7.5 à 8);
- le niveau de pauvreté de la parcelle d'étude, les apports en fertilisants sont assez faibles pour satisfaire les besoins du guar qui selon Singh (1983) sont de 40 à 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ et 10 à 12 T ha⁻¹ de fumier;
- les ressemis, confirmant les travaux de Murphy et al., (1996), selon lesquels la réduction du nombre de gousses par plant et de graines par gousse est entraînée par les ressemis.
- la densité de semis de 1 m x 1 m et 1 m et les attaques de sauteriaux .

**ETUDE SUPPLEMENTAIRE:
ANALYSE BIOCHIMIQUE DES GRAINES DE SESAME
1. INTRODUCTION**

Les lipides, les protéines, les macro et les micro-éléments sont des métabolites primaires nécessaires à la vie de toute cellule et organisme. Pour contribuer au maintien d'une bonne santé et éviter les effets de leurs carences sur l'état nutritionnel des populations, il est nécessaire de chercher à déterminer la teneur en ces éléments dans les graines de sésame, car c'est elles qui ont le plus de répercussion sur la valeur marchande de la graine et son utilisation dans l'alimentation.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

Les teneurs en matière grasse et en cendre ont été analysées au laboratoire du département de production animale de la faculté d'agronomie. Les teneurs en macro-éléments, micro-éléments et protéine ont été déterminées par le laboratoire du Centre sahélien de l'ICRISAT.

Pour analyser les neuf variétés de sésame, le matériel suivant a été utilisé:

- un broyeur mécanique facile à nettoyer, approprié à la nature des graines et permettant le broyage de celles-ci sans échauffement et sans modification de leur teneur en huile;
- une balance analytique pour la pesée des échantillons;
- une cartouche d'extraction;
- un bain-marie à chauffage électrique;
- dispositif d'extraction comprenant un sohxlet dans lequel est réalisé l'extraction;
- un ballon d'extraction d'une capacité de 500 ml;
- une étuve isotherme à chauffage électrique, ayant une bonne aération naturelle réglée à 105°C permettant l'évaporation et le séchage des échantillons;
- l'hexane: utilisé comme solvant qui a l'avantage d'être sélectif de l'huile sans être toxique;
- un four à moufle à chauffage électrique, à circulation d'air et muni d'un dispositif de réglage automatique de la tension dans lequel est incinérée la mouture;
- un dessiccateur contenant un déshydratant efficace et muni d'une plaque métallique permettant un refroidissement rapide des vases dans lequel sont séchés les creusets et ballon
- les creusets à fond plat en porcelaine.

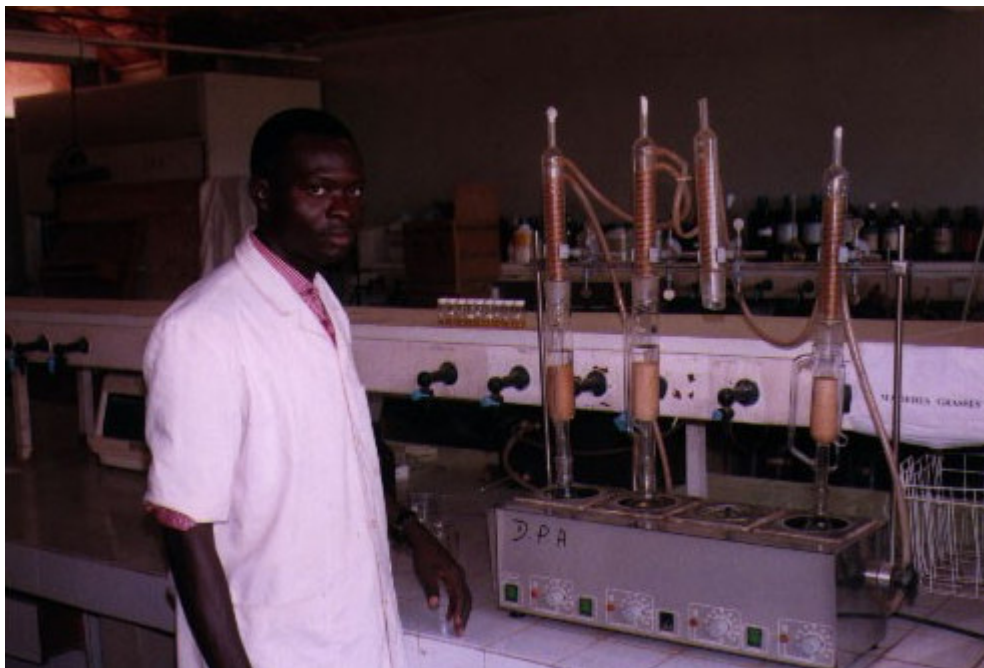


Photo 5 : dispositif expérimental d'extraction d'huile de sésame

2.2 Méthodes utilisées

2.2.1. Détermination de la teneur en matière grasse

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles végétales (presse, chauffage, solvant organique...). Nous avons utilisé la méthode d'extraction au solvant organique à l'aide d'un appareil soxhlet et l'hexane comme solvant

2.2.1.1 Principe:

Les lipides sont des composés solubles dans les solvants organiques (l'éther de pétrole, l'hexane). Le principe est basé sur l'extraction d'une prise d'essai à l'hexane par percolation, suivie d'une élimination du solvant par distillation et enfin d'une dessiccation du résidu à l'étuve et la pesée de celui-ci.

2.2.1.2 Mode opératoire:

Cinq gramme de l'échantillon broyé, répétés trois fois sont directement introduits dans la cartouche d'extraction (pesée P_1) et recouvert d'un papier filtre. Après avoir taré les ballons à vide pour l'extraction (pesée P_2), on y introduit 300 ml d'hexane.

La cartouche est placée dans le soxhlet qui est fixé sur le ballon et surmonté d'un réfrigérant. Le dispositif d'extraction est alimenté en eau courante qui assure la réfrigération. Le chauffage est maintenu à 90°C pendant six heures. Les vapeurs chaudes du solvant traversent le contenu de la cartouche se condensent dans le réfrigérant et le liquide retombe dans la cartouche. Il y a alors

macération et extraction des huiles. Le solvant retombe dans le ballon d'ébullition par siphonnage lorsque le liquide remplit la cartouche. Le cycle se répète pendant 6 heures jusqu'à délipidation complète de la mouture. Le ballon contenant la matière grasse est placé à l'étuve à 30°C pendant une nuit pour éliminer les traces du solvant puis refroidi au dessiccateur. Le ballon est pesé (P₃) puis l'huile est filtrée. La teneur en matière grasse est donnée par la relation suivante:

$$\text{Teneur en matières grasses (\%)} = 100 \times [(P_3 - P_2) / P_1]$$

P₁ : Poids de l'échantillon

P₂ : Poids du ballon à vide

P₃ : poids du ballon contenant l'huile

2.2.2. Détermination de la teneur en matières minérales

2.2.2.1 principe

Les matières minérales ou cendres sont obtenues par incinération de la mouture dans un four à 550°C pendant six heures.

2.2.2.2. Mode opératoire

Dans le creuset pesé à vide (P₀), on y introduit 1 g du broyât (pesée P₁). Les creusets sont portés au four à 550°C pendant six heures. Ensuite le four est arrêté, puis laisser refroidir pendant 30 minutes. Les creusets sont retirés du four et refroidis dans le dessiccateur et pesé à nouveau (P₂)

La teneur en matière minérale est donnée par la relation:

$$\text{Teneur en matières minérales (\%)} = 100 \times [(P_2 - P_0) / (P_1)]$$

P₀ : Poids du creuset à vide

P₁ : Poids de l'échantillon

P₂ : Poids du creuset plus l'échantillon

2.2.3 Détermination de la teneur en protéine brute

2.2.3.1 principe

Il s'agit de déterminer la teneur en protéines des graines de sésame de façon indirecte, par le calcul à partir de la teneur en azote par la méthode de Kjeldahl. Le principe est basé tout d'abord sur la minéralisation des protéines avec de l'acide sulfurique concentré et en présence d'un catalyseur (azote est transformé en sulfate d'ammonium), puis à une distillation avec un excès de soude et enfin à doser l'ammoniac formé par de l'acide sulfurique 0.2 N.

2.2.3.2 Calculs

La teneur en protéine est donné par la formule

$$\mathbf{Protéines (\%)} = \mathbf{6.25 \times Azote (\%)}$$

3. RESULTATS

3.1 Résultat de l'analyse de variance

Le tableau ci-dessous présente le résultat de l'analyse de variance sur la teneur en protéine, matière grasse, matière sèche et cendre des neuf variétés de sésame

Tableau 14 : résultat de l'analyse de variance sur la teneur en protéine, matière grasse, matière sèche et cendre des neuf variétés de sésame

Variables	Test F			
	Valeur de F	Probabilité	signification	CV%
Protéine	6.00	0.001	**	4.0
Matière sèche	6.30	0.001	**	0.0
Cendre	49.47	0.001	**	5.6
huile	9.19	0.001	**	2.5

** *significatif au seuil de 1%*

Les coefficients de variation sont dans l'ensemble faibles ce qui prouve que l'analyse est précise Il existe donc des différences hautement significatives entre les teneurs en protéine, en matière sèche, en cendre et en huile des différentes variétés de sésame. La comparaison des moyennes par le test de DUNCAN au seuil 5% permettra de séparer les groupes de variétés homogènes concernant ces teneurs.

La comparaison des moyennes des neuf variétés de sésame par rapport à la teneur en protéine, matière grasse, matière sèche et matière minérale est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau 15: comparaison de moyenne des variétés par rapport à la teneur des graines de sésame en matière grasse, protéine brute, matière sèche, et matière minérale.

Nom de la Variété	Teneur en matière grasse(%) n=3	Protéine brute(%) n=3	Teneur en Ms(%) n=3	Teneur en matière minérale (%) n=3
Local de Moundou	52.00 ^{ab}	24.10 ^{ab}	99.10 ^{bc}	6.53 ^a
Blanc du Guera	46.00 ^{be}	25.44 ^a	99.20 ^{bc}	3.33
RT 46 Jaipur	48.02 ^c	25.50 ^a	99.20 ^{bc}	6.43 ^{ab}
Bhil wara local White	48.93 ^{bcd}	25.33 ^a	99.20 ^{bc}	4.23 ^d
Local de Aguié	49.84 ^{cde}	23.19 ^b	99.30 ^a	4.20 ^d
18 TCD 94 ISE 003	54.30 ^a	24.17 ^{ab}	99.26 ^{ab}	5.20 ^c
Local Zermou - Attari	51.69 ^{bc}	24.10 ^{ab}	99.30 ^a	6.00 ^{bc}
Achat international	48.34 ^{de}	23.00 ^b	99.23 ^c	4.50 ^d
Sés blanc du Soudan	50.07 ^{bcd}	27.56	99.20 ^{bc}	6.36 ^{abc}
Moyenne	49.93	24.71	99.22	5.19
Ecart- type	2.008	0.815	0.035	0.47
Signification	**	**	**	**

** significatif au seuil de 1%

L'huile de sésame extraite a une couleur jaune. La comparaison des moyennes montre une grande amplitude de variation de la teneur en huile des variétés. 18 TCD 94 ISE 003 est plus riche en huile (54.30%). Il est suivi de local de Aguié, sésame blanc du Soudan, local Zermou Attari, et local de Moundou qui ont une teneur en huile qui varie de 49.84 à 52%. blanc du Guera , RT 46 Jaipur, bhil wara white local , achat sésame international ont une teneur comprise entre 46. entre 48.93%.

Pour la teneur en protéine, la moyenne générale de l'essai est de 24.7 % La comparaison des moyennes montre trois groupes homogènes:

- Sésame blanc du Soudan forme le premier groupe avec une teneur en protéine brute de 27.5%.
- RT 46 Jaipur, bhil wara white local, et blanc du Guera ont des teneurs comprise entre 25.3 et 25.5%.
- enfin local Zermou Attari, local de Aguié et TCD 94 ISE 003 comprise entre 23.2 et 24.1%.

Comme dans le cas précédent quatre groupes homogènes se dégagent pour la teneur en matière sèche:

- local de Moundou, Blanc du Guera, RT 46 Jaipur, Bhil Wara local White ont des teneurs en matière sèche comprise entre 99.10 et 99.20%.
- local de Aguié, Local Zermou–Attari ont 99.3 % de teneur en matière sèche.
- enfin achat sésame international et 118 TCD 94 ISE 003 qui ont respectivement 99.23 et 99.26 % de teneur en matière sèche.

La teneur moyenne en eau des graines déduite de la teneur en matière sèche et de 0.78%. Cette faible teneur en eau constitue un élément indispensable pour le maintien de la structure des cellules, et confère aux graines une longue durée de conservation. Cette humidité peut s'expliquer aussi par la méthode de séchage après la récolte.

Les cendres apportent des éléments minéraux importants constitutifs du squelette de certains tissus. On constate une grande variation entre les teneurs en cendre des différentes variétés. La moyenne générale de l'essai est de 5.1. Le Local de Moundou est le plus riche en cendre. Elle a 6.53 % de teneur en cendre. Il est suivi de RT 46 Jaipur et sésame blanc du Soudan qui ont respectivement 6.43 et 6.3%. blanc du Guéra, Achat sésame international, bhili wara local white et local de Aguié local de Aguié ont des teneurs en cendre qui est compris entre 3.3 et 4.50%.

3.2. Composition en macro et micro-éléments des graines de sésame

3.2.1 Résultats de l'analyse de variance

Le résultats de l'analyse de variance est présenté sur le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : résultat de l'analyse de variance

<i>Variables</i>	<i>Test F</i>			
	<i>Valeur de F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>signification</i>	<i>CV%</i>
<i>Calcium</i>	<i>6.65</i>	<i>0.001</i>	<i>**</i>	<i>13.5</i>
<i>Cuivre</i>	<i>11.79</i>	<i>0.001</i>	<i>**</i>	<i>14.6</i>
<i>Fer</i>	<i>114.58</i>	<i>0.009</i>	<i>*</i>	<i>8.7</i>
<i>Potassium</i>	<i>3.27</i>	<i>0.017</i>	<i>*</i>	<i>8.0</i>
<i>Magnésium</i>	<i>1.91</i>	<i>0.134</i>	<i>NS</i>	<i>6.7</i>
<i>Manganèse</i>	<i>7.83</i>	<i>0.001</i>	<i>**</i>	<i>9.6</i>
<i>Azote</i>	<i>6.00</i>	<i>0.001</i>	<i>**</i>	<i>4.0</i>
<i>Sodium</i>	<i>302.27</i>	<i>0.001</i>	<i>**</i>	<i>3.7</i>
<i>Phosphore</i>	<i>4.28</i>	<i>0.005</i>	<i>*</i>	<i>7.7</i>
<i>Zinc</i>	<i>8.30</i>	<i>0.007</i>	<i>*</i>	<i>21.1</i>

* significatif au seuil de 5% ** significatif au seuil de 1%

Pour la majorité des variables analysées, les coefficients de variation des différentes variétés de sésame sont faibles. Ce qui traduit la précision des analyses. Il existe des différences hautement significatives entre les teneurs en Ca, Cu, Mn, N, Na et significative pour les teneurs en Fe, K, P, Zn. On peut donc conclure qu'il existe une grande variabilité entre les teneurs en oligo-éléments. Il est donc important de voir les groupes de variétés homogènes qui se dégagent à travers la comparaison des moyennes par le test de DUNCAN au 5%.

3.2.2 Comparaison des moyennes.

Le tableau ci-dessous présente la comparaison des moyennes entre les variétés par rapport à la teneur en oligo-éléments contenus dans les neuf variétés de sésame.

Tableau 17: comparaison des moyennes entre les variétés par rapport à la teneur en macro-éléments contenus dans les grains de sésame.

Nom de la Variété	N (%) n=3	P (%) n=3	Na mg-Na/kg n=3	K (%) n=3	Ca (%) n=3	Mg (%) n=3	Fe mg- Fe/kg n=3	Cu mg-cu/kg n=3	Mn mg-Mn/kg n=3	Zn Mg-Zn/kg n=3
Local de Moundou	3.857 ^{ab}	0.837 ^a	625.0 ^{ab}	1.023 ^{ab}	0.614 ^c	0.492	-	51.5 ^{abc}	95.2 ^{bc}	68.0
Blanc du Guéra	4.070 ^a	0.753 ^{abcd}	627.0 ^{ab}	0.992 ^{ab}	0.883 ^{ab}	0.440	122	58.8 ^{ab}	107.3 ^{ab}	81.2
RT 46 Jaipur	4.080 ^a	0.803 ^{ab}	595.3 ^e	1.005 ^{abc}	0.821 ^{ab}	0.451	50	53.9 ^{abc}	116.2 ^a	88
Bhil wara local White	4.053 ^a	0.783 ^{ab}	614.0 ^{bc}	1.033 ^a	0.800 ^b	0.475	-	66.6 ^a	117.8 ^a	-
Local de Aguié	3.710 ^b	0.673 ^{cd}	628.0 ^{ab}	0.851 ^{cde}	0.861 ^{ab}	0.419	-	50.8 ^{bc}	100.6 ^{abc}	-
18 TCD 94 ISE 003	3.867 ^{ab}	0.657 ^d	623.6 ^{ab}	0.839 ^e	0.987 ^{ab}	0.446	-	52.4 ^{ab}	94.1 ^{bc}	104.3
Local Zermou -Attari	3.857 ^{ab}	0.653 ^d	646.7 ^a	0.880 ^{bcde}	0.792 ^b	0.426	-	60.7 ^{ab}	88.8 ^c	100.6
Achat international	3.680 ^b	0.703 ^{bcd}	628.0 ^{ab}	0.912 ^{abcde}	0.511 ^c	0.450	-	99.5	70.1 ^c	70
Sésame blanc du Soudan	4.410	0.767 ^a	602.6 ^{bc}	0.873 ^{cde}	1.022 ^a	0.454	54.1	38.0 ^c	87.6 ^c	-
Moyenne	3.954	0.737	550.0	0.934	0.810	0.450	67.9	59.1	97.5	93.1
Ecart-type	0.130	0.46	16.77	0.06	0.089	0.024		7.03	7.61	

NB : Les moyennes portant la ou les même (s) lettre (s) ne sont pas significativement différentes.

n = nombre d'essai ** significatif au seuil de 1%

L'analyse du tableau 16 montre une grande amplitude de variation de calcium selon les variétés. En effet on peut faire un regroupement en quatre classes de teneur en calcium:

- la classe 1 qui contient la variété sésame blanc du soudan (1.022%) qui est le plus riche en calcium;
- la classe 2 contient les variétés TCD 94 ISE 003, local de Aguié, blanc du Guéra RT 46 Jaipur qui ont des teneurs qui ont une teneur en calcium comprise entre 8,61 et 9.87%.
- local de Moundou et achat s. international forment la troisième classe avec respectivement 0.511 et 0.614%.
- enfin la dernière classe formée par Bhili wara local white et local zermou Attari qui ont une teneur de 0.792 à 0.8%.

Comme dans le cas précédent, quatre classes se dégagent à l'issu de la comparaison des moyennes pour la teneur en azote:

- la première classe est formée par sésame blanc du Soudan qui est le plus riche en azote (4.410 %);
- blanc du Guéra, RT 46 Jaipur, bhili wara local white. Forment la deuxième classe avec une teneur qui varie de 4.053 à 4.080%;
- la classe 3 contient les variétés local de Moundou, TCD 94 ISE 003, local zermou Attari. Qui ont une teneur en azote qui varie de 3.857 à 3.867%;
- en fin la dernière classe regroupe local de Aguié, achat s. international qui ont respectivement 3.680 et 3.837%.

Pour la teneur en sodium, la comparaison des moyennes fait ressortir également quatre groupes homogènes différents:

- le premier groupe est formé par local Zermou Attari qui a 646.7 mg-Na kg⁻¹;
- local de Aguié, achat s. international, local de Moundou, TCD 94 ISE 003 et blanc du Guéra ont comprise entre 623 et 628 mg-Na kg⁻¹ ;
- bhili wara local white et sésame blanc du Soudan ont respectivement 614 et 602.6 mg-Na kg⁻¹;
- en fin 46 RT Jaipur qui a 595.3 mg-Na kg⁻¹.

Quant au cuivre, l'analyse du tableau 16 montre une grande variation de la teneur en cuivre selon les variétés avec une moyenne de 59.1 mg-Cu kg⁻¹. En effet cinq groupes homogènes se dégagent à l'issu de la comparaison des moyennes:

- achat s. international présente la plus forte teneur 99.5 mg-Cu kg⁻¹;
- Il est suivi par bhil wara local white qui a 66.6 mg-Cu kg⁻¹;

- local de Moundou et RT 46 Jaipur ont les teneurs qui varient de 51.5 à 53.9 mg-Cu kg⁻¹;
- blanc du Guera, local zermou Attari et 18 TCD 94 ISE 003 ont des teneurs comprises entre 53.9 et 60.7 mg-Cu kg⁻¹;
- en fin sésame blanc du Soudan a la teneur la plus faible (38 mg-Cu kg⁻¹).

Beaucoup de variétés ne présentent que des traces de zinc (bhil wara white, local de Aguié, sésame blanc du Soudan). Par contre les variétés RT 46 Jaipur (88 mg-Zn kg⁻¹) et local zermou Attari (100.66 mg-Zn kg⁻¹) ont présenté les teneurs les plus élevées.

En ce qui concerne le fer, trois variétés en contiennent. Ce sont blanc du Guera, 46 RT Jaipur et sésame blanc du Soudan qui ont respectivement 122.4 mg-Fe kg⁻¹, 50 mg-Fe kg⁻¹ et 54.1 mg-Fe kg⁻¹. Toutes les autres variétés ne présentent que des traces de fer .

On observe une grande variation de la teneur en manganèse selon les variétés. Quatre groupes principaux se dégagent de la comparaison des moyennes:

- RT 46 Jaipur et bhil wara white ont respectivement 116.2 et 117.8 mg-Mn kg⁻¹;
- blanc du Guéra forme le deuxième avec 107.3 mg-Mn kg⁻¹;
- local de Aguié forme le troisième groupe avec 100.6 mg-Mn kg⁻¹. Il est suivi par local de Moundou, 18 TCD 94 ISE 003 qui ont une teneur qui varie de 94.1 à 95.2 mg-Mn kg⁻¹;
- en fin sésame blanc du Soudan et local zermou Attari ont des teneurs qui varient de 87.6 à 88.6 mg-Mn kg⁻¹.

3.3. Conclusion partielle

Du point de vue biochimique, on constate que le grain de sésame présente une teneur importante en huile, en matière minérale, en protéine brute, en macro-éléments et micro-éléments indispensables dans l'alimentation animale et humaine. Vue les teneurs importantes de ces oligo-éléments, le grain de sésame peut être utilisée pour lutter contre les carences nutritionnelles.

4. DISCUSSION

La teneur moyenne en huile obtenue dans notre étude est de 49.93 %. Elle est comparable à celle obtenue par Ouedraogo (1979), Schilling et Cattan (1991) et de Karleskind (1992) qui était de 50%. De façon générale la teneur en huile a varié de 46 à 54.3% selon les variétés. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Wolf depuis 1968 (51 à 56%) mais aussi de ceux des travaux récents du ministère de l'agriculture du Niger (www.niger.gouv., 2002) qui sont situés entre 52 à 57 % de teneur en huile. Les variations de teneurs en huile peuvent s'expliquer non seulement par les provenances géographiques des graines, mais aussi de nombreux facteurs telles la maturité lors de la récolte, la variété et la méthode d'extraction (Wolf, 1968).

L'humidité étant un facteur déterminant dans la conservation des denrées alimentaires, une teneur élevée favorise la croissance des micro-organismes qui ont un effet négatif sur la qualité de l'huile. La teneur moyenne en eau des graines des variétés étudiées est de 0.78 %. Comparé aux résultats de Wolf(1968): 3 à 5%, de Mamane (1999): 3.5% et de Sitou (2002): 2.4%, ce pourcentage est largement faible. Cette valeur de 0.78% obtenue dans notre étude est inférieur à celle exigée par les normes internationales qui est de 8% selon Dronne et al., (1991). Ceci confirme que la quantité d'eau dans les graines est sujette à des fluctuations liées à un certain nombre de paramètres parmi lesquels l'origine géographique, les conditions climatiques, le mode de séchage et de stockage (Ribier et al., 1996).

Les cendres contiennent des oligo-éléments précieux. La valeur de 5.6% obtenu dans notre étude confirme les résultats de IIRHB (2002).

Quant à la teneur en protéine des graines, la valeur de 24% obtenue de notre étude est inférieure, comparée à celles obtenus par Ouedraogo (1979), Odoardo et al. (1982) et Karleskind (1992) qui étaient respectivement de 35, 46 et 47%. Par contre les résultats rapportés par IIRHB en 2002 (20 à 22%) sont très proches de ceux obtenus dans notre étude.

3.4. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Dans notre étude, l'application de 5T ha⁻¹ de fumier de ferme, 2 g poquet⁻¹ de DAP et (30 U) DAP + 5T ha⁻¹ de fumier de ferme n'ont aucun effet significatif sur le rendement du sésame . Il en est de même pour les densités de semis 0.25 m x 0.25 m et 0.5 m x 0.5 m. Seul l'effet variétal est hautement significatif.

Le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne à basse altitude a permis d'expliquer dans 83 % des cas le rendement en fane de sésame mesuré à la récolte et dans 75% des cas le rendement en grain. Les variétés 18TCD 94 ISE 003 (1727 kg ha⁻¹) de fane et 630 kg ha⁻¹ de grains, local de Aguié (1636 kg ha⁻¹) de fane et 652 kg ha⁻¹ de grain et enfin la variété local Zermou Attari (1708 kg ha⁻¹ de fane et 615 kg ha⁻¹ de grain sont les plus performants de l'essai.

Chez le guar la densité 0,25 m x 0,25 m est la meilleur pour le rendement en fanes et le rendement en grains. Le vert normalisé estimé sur la photographie aérienne explique à 0.94% le rendement en fanes et 0.69% le rendement en grains mesuré à la récolte. Ceci est dû d'une part au taux de couverture très faible du guar, et d'autre part au pH acide de la parcelle.

Compte tenu du rôle que jouent les oligo-éléments présents dans la graine de sésame (cf. Tableau 16) chez l'homme, la graine de sésame peut être employée pour lutter contre certains troubles liés à la carence en sels minéraux (surmenage, l' état de stress, la dépression nerveuse, la perte de mémoire ,arthrite, sénilité etc.).

A l'issue de cette étude, nous recommandons :

Au niveau de la recherche :

- de formuler des thématiques en rapport avec la performance, la qualité nutritionnelle, la biotechnologie des variétés de sésame et de guar;
- de reconduire l'essai en vue de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus afin de favoriser l'industrialisation des variétés les plus performantes ;
- de valoriser les fanes pour l'alimentation animale par la détermination de leur valeur nutritive à travers une analyse de digestibilité.
- de le guar étant une culture dont les graines sont riches en gomme et capable d'être cultivé sous les conditions arides et semi-arides, d'étudier son comportement agro-physiologique dans l'écosystème nigérien en vue de favoriser son introduction.
- Rechercher un rhizobium adapté pour l'inoculé dans les variétés de guar.

Au niveau du politique et des bailleurs de fonds

Encourager la diversification culturale par la promotion du sésame (pour sa qualité nutritionnelle susceptible de compléter l'alimentation à base de céréale) et du guar (pour la qualité industrielle de sa gomme). Ce qui permettrait d'améliorer les revenus, mais aussi de lutter contre la sous-alimentation et la malnutrition de nos populations rurales.

REFERENCES CITEES

1. **Alhousseini B., 1998.** Les effets des différentes dates de semis de 2 variétés de sésame dans l'association arachides - sésame
2. **Amoukou I.A., 1995 .** Projet de Développement Rural de Mayahi/FENU-NE. Le Sésame. Etude diagnostique. Faculté d'agronomie : Niamey .67 p
3. **Amoukou, A.I, et Hassimi S., 2001.** Bilans des activités sur le sésame au Niger.
4. **Bartholome E., 1993.** Le graphique "binormalisé" un outil d'étalonnage des indices de végétation. Applications aux cultures sahéliennes. Télédétection et cartographie. Ed. Aupelf-UREF. Les presses de l'Université du Québec. P187-201.
5. **Bedigam D., 1999.** Projet sésame ITRAD/PCVZS. Rapport annuel du programme vivrier. 15 p
6. **Bezpalý I. , 1984.** Les plantes cultivées en Afrique occidentale. Le sésame. 149-153 p .
7. **Boubacar M., 1992.** Les méthodes d'analyses physiques et chimiques des sols. Institut Pratique de Développement Rural (IPDR). Mémoire de fin d'études. 26 p
8. **Cirad,** Centre de coopération international de recherche agronomique pour le développement., 1999.
<http://www.cirad.fr/publications/documents/produitstrop/1999/sesame981.htm>.
9. **Choudhary R., Singh K. h., and Sing R.N., 1986.** Pest complex and succession of insect. Pest in sesamum indicum L. Indian J. Ent. 48 (4): pp 428-434
10. **Conseils de l'IRHO-317., 1991.** La culture du sésame en Afrique tropicale. Oléagineux, Vol.46 n°3 pp 125-128.
11. **Delabre E., 1998.** Caractérisation et évolution d'écosystèmes anthropisés sahéliens : les milieux post cultureux au sud-ouest nigérien., Ecologie, Université Pierre et Marie Curie. Paris VI, pp.265.
12. **Dimanche P., 1998.** Sésame. Les publications CIRAD
13. **Dronne Y et Gurtler J.L., 1991** Evolution du marché mondial des oléagineux. Revue internationale des corps gras vol 46 n°1:39-42
14. **Edmond B., et Sidikou A., 1980.** Atlas du Niger. Editions jeune Afrique 51, avenue des jennes. 75017 Paris. Pp14 -15.
16. **Eumetsat., 2003.** <http://www.eumetsat.de>

15. **Gérard B., Buerkert A., Hiernaux P., et Marscher H., 1997.** Non-destructive measurement of plant growth and nitrogen status of pearl millet with low-altitude aeral photography. ICRISAT Sahelian Centre, BP 12404, Niamey, Niger, Institut of plant nutrition, Hohen University, D-70593 Stuttgart, Germany, (ILRI) at ICRISAT Sahelian Centre., Pp 993-998.
16. **Gérard B., et Buerkert A., 2001.** Estimation of spatial variability in pearl millet growth non-destructive methods. ICRISAT Sahelian Centre, BP 12404, Niamey, Niger, and Institut of crop science. University of Kesel, D-37213 Witzenhausen, Germany pp 373-389.
17. **Icrisat., 1990.** Rapport annuel. Programme Ouest africain B.p 12404 Niamey Niger.
18. **Icrisat., 1991.** Rapport annuel. Programme Ouest africain B.p 12404 Niamey Niger.
19. **Institut international de Recherche en Hemeopathie et en Biothérapie., 2002**
<http://www.iirhb.org/fr/nutritie/sesame.htm>
20. **Information pour le développement agricole des pays AP.** n° 85 Février 2000 p1-10.
http://www.agricta.org/spore/spore/85/spore85f_brief.html
21. **Isac., 1996.** Cours de télédetection (CD), SIG et cartographie de l'image satellite à la carte.
- 22 **Jackson K.j., 1990.** Guar evaluation in central Queensland 1978-1983. In : 'Guar Research in Queensland 1978-1984'. (Eds M.A.Davey, K.j. Jackson and M.N.Hunter), pp. 1- 13
23. **Jackson K.j., and Doughton J. A., 1982.** guar: a potential industrial crop for the dry tropics of Australia. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 42, 17-32.
21. **Janodet E. et Blaso F., 1993.** Cartes écologiques de la végétation et satellitaire. Applications aux cultures sahéennes. Télédetection et cartographie. Ed. Aupelf-UREF. Les presses de l'Université du Quebec. P247-261.
24. **Karleskind A et Coord 1992.** Manuel des corps gras Tome1 éd Lavoisier Tec et doc
25. **Kassam A.H., 1976.** Crops of the west African Semid Arid Tropics. ICRISAT 1. 11-256, Begump et , Hyderabad 500016, A.P., India pp103-106.
26. **Korao I. , 1998.** Influence de la date et de la densité de semis sur les rendements de quatre variétés de sésame (*sesamum indicum L.*) dans le département de Maradi. Mémoire de fin d'étude P 3-11
27. **Lheriteau F.L et Kontongonde., 1999.** Atelier sur l'utilisation de la photographie aérienne à basse altitude par cerf-volant comme outil d'analyse et de suivi des états de surface. Partie II. Interprétation des images aériennes :exemple estimation des rendements du 26 Avril au 28 Avril 1999 à Sadore. DED (Service allemand de développement), ICRISAT Centre Sahélien . 30 p

28. **Mahamane A., 2002.** Cartographie et photo-interprétation (Application de la photo-interprétation à la cartographie de ressources naturelles). Module 5 "Gestion de l'environnement" CRESA, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey 81 p.
29. **Massaladji F., 2002.** Contribution à la lutte contre le Striga du mil par des méthodes alternatives: cas du sésame et de la poudre de néré. Mémoire de fin d'études, DESA. pp 34 – 38
- 30 **Anonyme., 1993.** . Mémento de l'agronome Ministère de la coopération et du développement. Paris, 1637 p.
31. **Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage., 1998.** Annuaire de statistiques de l'agriculture et de l'élevage campagne 1996. Niamey pp 15-36.
32. **Moyen R., 1999.** Valorisation de la filière karité en zone soudano-sahélienne. Etude comparée de la valeur nutritive de beurre de karité à celles de sésame et de quelques cucurbitacées. Mémoire de diplôme d'étude approfondie (DEA) en sciences biologiques appliquées. Université de Ouagadougou 37 p
33. **Murphy H.E., 1997.** The influence of leaf canopy on seed and gum yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba [L.] Taub.*) Phi. D. thesis, The University of Queensland Gatton College. 358 pp.
34. **Ouedraogo J.C., 1979.** Contribution à l'étude des triglycérides de l'huile de sésame par chromatographie gaz -liquide, thèse de doctorat 3è cycle Université de Dijon.
35. **Putnam, D.H. Gunsolus J.L. 1991.** Alternative field crops manual. Departement of agronomy and plant genetics, University of Minnesota, St. Paul. P 1-8.
36. **Purseglove J.W. 1982.** Tropical crop :dicotyledons. Longman Harlow. 719 p.
37. **Ribier D., Rouziere A., 1996.** Transformation artisanale des plantes à huile édition de GRET
38. **Reddy P.S., et Pati D., 1995.** Le sésame: Ensemble des pratiques culturales pour augmenter la production. Conseil de recherches sur les plantes oléagineuses, Rajendranagar, Hyderabad-500030, Inde 2è ed. 19 p.
39. **Santens P., 1982.** Agriculture spéciale; fascicule 13: Le sésame, le voandzou, le fonio. Unité de production des moyens pédagogiques. projet PNUD/FAO-NER 77/003 pp2-7.
40. **Schilling R., et Cattan P., 1991.** Oléagineux (France) V. 46 (3) P 125-133.
41. **Shelton G., 1956.** guar, a double purpose legume. Soil water, June: 14-15.
42. **Singh C., 1983.** Moderns techniques of raising field crops. New Delhi, Oxford IBH, P1-11.
43. **Sing J.P., 1970.** Insect pests of sesamum. Labdev. J. Sci .Tech. Vol. 8-8 n°2, : pp 84-87.
44. **Sivakumar M.V.K., Maidoukia A. and Stern R.D. 1993.** Agroclimatology of west Africa: Niger ICRISAT information Bulletin, PP.183

- 45.**Price S.D., Justice C.O., LOS S.O., 1990.** Télédétection et environnement sahélien. Revue de l'état actuel et des projets futurs. CTA cooperation technique agricole p43-47.
- 46.**Traoré S., 1993.** Insectes du sésame au Burkina faso. Impact des deux principaux ravageurs sur quelques variétés de sésame. SAHEL PV INFO N°59.Décembre 1993.pp 10-15.
- 47.**Tielkes E., 1999.** L'utilisation de la photographie aérienne à basse altitude par cerf-volant comme outil d'analyse et de suivi des états de surface. Construction et manipulation d'un cerf-volant pour photographie aérienne et interprétation des images aériennes. DED pp1-9; pp31 à 45.
- 48.**Van Der Watt H.V., and Valentin C., 1992.** Soil crusting: the African view in summer, M.E.S., B.A.(Ed), avances in soil science 1992,pp.301-337.
49. **Weiss A. E., 1971.** Castor, sesame and safflower. P311-525.
- 50.**Wolf J., 1968.** Manuel d'analyse des corps gras, Lavoisier 549 p
- 51.**Yergeau M., Rhamane I., et Bertin G.B. 1990.** Utilisation de la télédétection pour l'aménagement agricole au sahel. Télédétection et sécheresse.. Ed. AUPELF- UREF. John Libbey Eurotext. Paris. Pp221-127.

Sommaire.....	I
Dédicace.....	II
Remerciements.....	III
Liste des tableaux, figures et photos.....	IV
Résumé.....	V

INTRODUCTION _____ **Error! Bookmark not defined.**

Première partie : _____ **Error! Bookmark not defined.**

I. Généralité sur la culture du sésame[*sesamum indicum* (L.)] _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.1.Origine _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.2. Systématique et description botanique _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.3. Ecologie _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4. Techniques culturales du sésame _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4.1. Préparation du sol _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4.2 Semis _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4.2.1. Préparation des semences _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4.2.2. Date de semis _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4.2.3. Techniques de semis _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.4.2.4 Entretien de la culture _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.5. Intérêts liés à la culture du sésame _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.5.1. Qualités alimentaires et mode de consommation _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.5.2. Vertus thérapeutiques _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.5.3. Intérêts agronomiques _____ **Error! Bookmark not defined.**

1.5.4 Intérêts économiques _____ **Error! Bookmark not defined.**

II. Généralités sur la culture du Guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taubert] _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.1. Origine et distribution géographique _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.2 Systématique et description botanique _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.3. Ecologie _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Techniques culturales du guar _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 La préparation du champ _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4.2 La date de semis _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4.3 Fumure organique et minérale _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4.4 Rotation _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4.5 Protection phytosanitaire _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4.6 Récolte _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.6 Les avantages liés à la culture du guar _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.6.1. Les avantages agronomiques _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.6.2. Les avantages économiques _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.6.3. Les avantages nutritionnels _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.7. Les contraintes liées à la production _____ **Error! Bookmark not defined.**

III. Télédétection à basse altitude appliquée à l'étude de la végétation _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Estimation des rendements _____ Error! Bookmark not defined.

3.2.1. Les propriétés spectrales de la végétation _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2. Appréciation de la quantité de biomasse produite _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.3 Les travaux antérieurs. _____ Error! Bookmark not defined.

Deuxième partie : _____ **Error! Bookmark not defined.**

PRESENTATION SOMMAIRE DE LA STATION DE SADORE _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.1 Situation géographique _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.2 Le climat _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Les sols _____ **Error! Bookmark not defined.**

2.4 La végétation _____ **Error! Bookmark not defined.**

Troisième partie : _____ **Error! Bookmark not defined.**

Essai de diversification de la culture du sésame [*sesamum indicum* (1)] et du guar [*cyamopsis tetragonoloba*(1) taubert] et estimation des rendements par la méthode de teledetection a basse altitude. **Error! Bookmark not defined.**

3.1 Matériels et Méthodes _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.1.1. Matériel biologique _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.1.2. Matériel technique _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.1.3. Méthodes utilisées pour acquérir les données de terrain _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.1.4 Méthodes utilisées pour la photographie aérienne par ballon _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.RESULTATS _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.1. Résultat de l'analyse du sol _____ Error! Bookmark not defined.

3.2.2. Résultat sur le sésame _____ Error! Bookmark not defined.

3.2.2.1 Test de germination en boîte de pétri _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.2 Caractéristiques morphologiques des variétés de sésame _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.3 R résultats des analyses de variance _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.4 Comparaison des moyennes _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.5 Analyse des variances sur les paramètres de la photographie aérienne **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.6 Comparaison des moyennes des paramètres de la photographie aérienne dans les bandes rouges, vertes, bleues et le vert normalisé en fonction des variétés. **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.7 Répartition du vert normalisé par parcelle secondaire du r parcelle _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2.9 Rendement en grain par parcelle secondaire _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.3. Résultats sur le guar _____ **Error! Bookmark not defined.**

3.3.1. Test de germination en boîte de pétri _____ Error! Bookmark not defined.

3.3.2 Quelques caractéristiques morphologiques des variétés de guar Error! Bookmark not defined.

3.3.3 Résultat de l'analyse de variance pour le rendement en fane, rendement en grain _____ Error! Bookmark not defined.

3.3.4 Comparaison des moyennes entre les différents niveaux de densités _____ Error! Bookmark not defined.

3.3.5. Rendement en fanes et en grains du guar récolté. _____ Error! Bookmark not defined.

3.3.6. Rendement en fanes du guar _____ Error! Bookmark not defined.

3.3.7. Rendement en grain de guar	_____	Error! Bookmark not defined.
3.3.8. Conclusion partielle	_____	Error! Bookmark not defined.
3.3 DISCUSSION	_____	Error! Bookmark not defined.
Quatrième partie:	_____	64
ANALYSE BIOCHIMIQUE DES GRAINES DE SESAME	_____	64
1. Introduction	_____	64
2. Matériel et Méthodes	_____	64
2.1 Matériel	_____	64
2.2 Méthodes utilisées	_____	65
3. Résultats	_____	68
3.1 Résultat de l'analyse de variance	_____	68
3.2. Composition en macro et micro-éléments des graines de sésame	_____	71
3.2.1 Résultats de l'analyse de variance	_____	71
3.2.2 Comparaison des moyennes.	_____	71
3.3. Conclusion partielle	_____	72
4. DISCUSSION	_____	73
3.4. CONCLUSION GENERALE et recommandations	_____	74
Références citées	_____	76