

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

INSTITUT POLYTECHNIQUE RURAL DE
FORMATION ET DE RECHERCHE
APPLIQUEE (IPR/IFRA) DE KATIBOUGOU



BP: 06 TEL. (223) 226 20 12 / FAX: (223) 21 26 25
04 Site: www.ipr-ifra.edu.ml; E-mail: ipr-ifra@ipr-ifra.edu.ml

RÉPUBLIQUE DU MALI
UN PEUPLE – UN BUT – UNE FOI

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH
INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID
TROPICS (ICRISAT) www.icrisat.org



Programme Sorgho
ICRISAT-Bamako,
BP 320, Bamako, Mali

Effets de la fertilisation et de la date de semis sur des variétés de sorgho à double usage

Mémoire de fin de cycle

Présenté par Aly TOGO pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
de l'IPR/IFRA de Katibougou

Spécialité : Agronomie

Directeur de stage :

Dr Baloua NEBIE Sélectionneur sorgho,
ICRISAT-Mali

Co-Directeur : Dr Aly KANSAYE,

Enseignant-Chercheur, IPR/IFRA de Katibougou

Décembre 2019

Table des matières

Dédicace	iii
Remerciements	iv
Sigles et abréviations	v
Liste des tableaux	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des annexes.....	viii
1 Introduction	1
2 Milieu d'étude et Structure d'accueil	3
2.1 L'Institut International de Recherche sur les Cultures des zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT).....	3
2.2 ICRISAT Mali (Programme Bilatéral).....	4
2.3 ICRISAT BAMAKO.....	4
2.4 Géographie	4
2.5 Climat	4
2.6 Végétation	5
2.7 Sol.....	5
2.8 Population.....	5
2.9 Couverture zonale.....	5
3 Généralités sur le sorgho	6
3.1 Description sommaire de la plante	6
3.2 Origine et diversification du sorgho	6
3.3 Classification botanique	7
3.3.1 Race Guinea	7
3.3.2 Race Caudatum.....	8
3.3.3 Race Durra.....	9
3.3.4 Race Bicolor	10
3.3.5 Race Kafir.....	11
3.4 Morphologie du Sorgho.....	12
3.4.1 Racines	12
3.4.2 Tige.....	12
3.4.3 Pédoncule	13
3.4.4 Feuilles	13

3.4.5	Inflorescences	13
3.4.6	Epillets.....	14
3.4.7	Graines.....	14
3.5	Physiologie du sorgho	15
3.5.1	Croissance et développement :	15
3.5.2	Phase de maturation.....	16
3.6	Contraintes liées à la production du sorgho.....	17
3.6.1	Contraintes abiotiques :	17
3.6.2	Contraintes biotiques : Elles sont multiples.	17
3.6.3	Contraintes socio-économiques	17
3.7	L'utilisation du sorgho	17
3.8	Fertilisation du sorgho.....	18
3.8.1	Phosphore	18
4	Etude pratique.....	20
4.1	Objectif.....	20
4.2	Matériel et Méthodes	21
4.2.1	Matériel	21
4.2.2	Méthodes	22
4.3	Résultats	27
4.3.1	Effet de la fertilisation sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain.....	27
4.3.2	Effet de la date de semis sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain.....	30
4.3.3	Effet de l'interaction date de semis et fertilisation sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain	32
5	Conclusion et suggestions	33
	Références bibliographiques	35

Dédicace

Je dédie ce présent mémoire à mes parents qui m'ont montré le chemin de l'école et enseigné les bonnes pratiques de la vie.

Remerciements

Il m'est agréable d'exprimer ici ma sincère reconnaissance à tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce rapport. Ma reconnaissance va tout d'abord à :

- La Direction de l'IPR/IFRA de Katibougou et tout le corps professoral pour la qualité de la formation reçue.
- Dr Aboubacar TOURE pour m'avoir accepté au sein du programme sorgho de l'ICRISAT-Mali.
- Mon Directeur de stage Dr Baloua NEBIE, Sélectionneur sorgho, pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre, ICRISAT-Mali pour la qualité de son encadrement.
- Mon co-directeur Dr Aly KANSAYE enseignant - chercheur à l'IPR/IFRA de Katibougou de m'avoir accepté comme étudiant stagiaire.
- Mon encadreur Madina DIANCOUMBA, pour ses conseils et sa disponibilité
- J'adresse mes remerciements à l'ensemble du personnel de l'ICRISAT-Mali de manière générale et à toute l'équipe du programme sorgho en particulier.
- Mes remerciements vont à tous ceux qui m'ont aidé dans la mise en place et la conduite de l'essai expérimental notamment Abdoulaye Tangara, Issouf Sanogo, Abdoul K. Toure, Madou Diarra.
- Il me reste à remercier Pr Ousmane NIANGALY pour ses encouragements, ses soutiens aussi bien moraux que matériel.
- Je remercie aussi tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé durant mes études plus particulièrement mes parents, mes amis, frères et sœurs.

Sigles et abréviations

ANOVA : analyse of variance (en français : Analyse de variance)

ICRISAT : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
(Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides)

IPR/IFRA : Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée

VL : Vigueur à la Levée

LAI : Leaf Area Index (indice de surface foliaire)

DAP : Di-ammoniaque Phosphate

CAA : Centre d'apprentissage Agricole

IER : l'Institut d'Economie Rurale

CGIAR : Consultative Group on International Agricultural Research

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles de Burkina Faso

CIRAD : Centre de Coopération Internationale

FAO : Food and Agriculture Organization

V1 : première variété

V2 : deuxième variété

DS1 : première date de semis

DS2 : deuxième date de semis

DS3 : troisième date de semis

ONG : Organisation Non Gouvernementale

WASIP: West African Sorghum Improvement Program

CEEMA : Centre d'Expérimentale et d'Enseignement du Machinisme Agricole

SNN : Service Semencier National

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés.....	21
Tableau 2 : Analyse de variance des effets combinés des différents facteurs sur les paramètres étudiés.....	32

Liste des figures

Figure 1: Schéma de la répartition des 5 principales races du sorgho (House, 1987)	7
Figure 2: Panicule et grain de sorgho de type Guinea (Mann et al, 1984)	8
Figure 3: Panicule et grain de sorgho de type Caudatum (Mann et al, 1984)	9
Figure 4: Panicule et grain de sorgho de type Durra (Mann et al, 1984)	10
Figure 5: Panicule de sorgho de type Bicolor (Mann et al, 1984).....	11
Figure 6: Panicule de sorgho de type Kafir (Mann et al, 1984)	11
Figure 7: Plant de sorgho avec ces différentes parties (TROUCHE G. et CHANTEREAU J., 2009). 12	
Figure 8: Inflorescence; portion d'inflorescence; épillet mâle et épillet hermaphrodite du sorgho (Adapté de Harlan 1992).	14
Figure 9: Structure du grain de sorgho (House ,1987)	15
Figure 10 : Plan de masse de l'essai.....	24
Figure 11 : Effets de différents types de fertilisation sur le nombre total de feuilles	28
Figure 12 : Effets de différents types de fertilisation sur la hauteur des plant	28
Figure 13 : Effets de différents types de fertilisation sur le rendement fourrage.....	29
Figure 14 : Effets de différents types de fertilisation sur le rendement grain.....	29
Figure 15 : Effets des dates de semis sur le nombre total de feuilles	30
Figure 16 : Effets des dates de semis sur la hauteur des plants	31
Figure 17 : Effets des dates de semis sur le rendement fourrage.....	31
Figure 18 : Effets des dates de semis sur le rendement grain.....	32

Liste des annexes

Annexe 1 : Nombre total de feuilles.....	x
Annexe 2 : Hauteur des plants.....	x
Annexe 3 : Rendement fourrage	x
Annexe 4 : Rendement grain.....	xi
Annexe 5 : Image illustrant la méthode de collecte des plants pour les rendements finaux	xi
Annexe 6 : Sarclage et épandage	xii
Annexe 7 : Récolte	xii
Annexe 8 : Panicule des variétés	xiii
Annexe 9 : Pèsés des rendements fourrage et grain	xiv

Résumé

Le sorgho est une importante culture céréalière à usage-multiple pour les communautés rurales du Mali à cause de ses graines utilisées pour la consommation humaine et de son fourrage utilisé pour nourrir le bétail. Cependant, malgré cette importance, la production du sorgho demeure largement inférieur à son potentiel bien que des avancées significatives ont été récemment réalisées dans le domaine de l'amélioration variétale notamment l'introduction de nouvelles variétés. L'intensification des pratiques agronomiques s'avère une meilleure approche pour accroître de façon significative la production et la productivité du sorgho. De ce fait, un essai a été mis en place à Samanko pour évaluer l'effet de la date de semis et de la fertilisation sur le nombre total de feuille, la hauteur et les rendements grain et fourrage des variétés à doubles usages Soubatimi et Peke. En conséquence, trois types de fertilisation (la fertilisation avec DAP+Urée, bouse de vache et zéro fertilisation) et trois dates de semis (04/07/2019 ; 18/07/2019 ; 02/08/2019) ont été considérés. Le dispositif utilisé était un split-split-plot avec fertilisation comme bloc principal et les dates de semis étaient en sous-bloc.

L'analyse des résultats montre que la bouse de vache est la fertilisation qui impacte positivement tous les paramètres étudiés. Pour les 3 types de fertilisation, Peke a produit plus de feuille que Soubatimi, et Soubatimi a eu une hauteur supérieure à celle de Peke. On remarque que lorsque la fertilisation est apportée Peke produit plus de fourrage que Soubatimi et sans fertilisation, c'est l'inverse que l'on observe. Contrairement au fourrage, le rendement grain le plus élevé a été observé avec Soubatimi sous fertilisation. Et sans fertilisation, on observe l'inverse (1117,2 kg/ha pour Peke contre 518,5 kg/ha pour Soubatimi). Par rapport aux dates de semis, on remarque une décroissance du nombre total de feuille du semis précoce au semis tardif de 17% et 19% respectivement pour Soubatimi et Peke. Des résultats similaires ont été obtenus avec la hauteur. On constate aussi que Peke produit plus de fourrage lorsqu'il est semé tôt et son rendement fourrage baisse lorsque le semis est tardif tandis que Soubatimi produit plus lorsque le semis est moins précoce, son rendement fourrage baisse également lorsque le semis est tardif. Le rendement grain le plus élevé pour les 3 dates de semis a été observé avec Peke 1522,6 kg/ha contre 1238,7 kg/ha pour Soubatimi. L'analyse de l'effet de l'interaction des différents facteurs sur les paramètres étudiés montre que l'interaction dates de semis x variétés et l'interaction fertilisation x dates de semis x variétés a un impact hautement significatif sur le rendement fourrage (p-val<.001).

1 Introduction

Le sorgho probablement originaire d’Ethiopie, constitue l’une des principales sources d’alimentation des populations de la zone tropicale semi- aride. Il occupe le cinquième rang mondial en termes de production après le blé, le riz, le maïs et l’orge. En Afrique, sa production atteint 27 millions de tonnes sur la production mondiale estimée à 57 millions de tonnes par an. Au mali, cette culture représente seulement 1 393 826 tonnes de la production céréalière avec une superficie d’1 585 986 ha emblavée en 2017 (FAO. 2018).

Des efforts considérables ont été employés pour améliorer ce faible niveau de productivité. Ainsi donc, depuis les années 1970, les programmes de sélection de différents pays de l’Afrique de l’Ouest se sont penchés sur l’amélioration des types de sorgho intermédiaires (type guinea-caudatun) afin d’améliorer son niveau de productivité.

Des avancées significatives ont été réalisées dans le domaine de l’amélioration variétale du sorgho soit par les méthodes classiques (sélection massale, sélection pédigrée, mutagenèse etc.) ou soit par l’introduction de nouvelles variétés. Toutefois, il faut noter que la production de cette culture n’arrive pas à subvenir aux besoins croissants de la population malgré la présence d’une multitude de variétés améliorées dont le rendement excède difficilement 1,5 t en milieu paysan (Touré et al. 2004).

L’une des meilleures approches pour accroître de façon significative la production et la productivité du sorgho et de maintenir son adaptabilité et ses caractéristiques intéressantes est le développement des races intermédiaires ayant des caractéristiques des races principales, les plus dominantes au Mali. En effet, plusieurs travaux ont mis en évidence l’avantage des races intermédiaires par rapport aux formes parentales.

Les activités de production agricole et animale constituent l’épine dorsale du développement socio-économique du pays. La production animale représente 10% du Produit National Brut. Elle est la principale ressource de revenu de 30% de la population (Elevage au Mali, 2004).

La production animale dépend largement des ressources naturelles et des dérivés de l’agriculture qui se caractérisent par une grande variabilité de la valeur nutritive. Les pâturages naturels constituent le principal lieu de régime des ruminants. Avec la réduction continue des pâturages naturels suite à l’agriculture extensive, les résidus agricoles en général et surtout le sorgho (Fourrage) servent de plus en plus comme aliment bétail pendant les périodes de rareté de certaines herbes.

Ainsi donc afin de résoudre les problèmes cités plus haut, l'ICRISAT et ses différents partenaires ont développé des nouvelles races intermédiaires de type Guinea- caudatun qui combine le rendement grain, la qualité de grain et qualité de fourrage. Il est donc important d'évaluer ces races intermédiaires pour leur performance agronomique. C'est dans ce cadre que se situe le présent travail dont le thème s'intitule : **«Effets de la fertilisation et de la date de semis sur des variétés de sorgho à double usages»**.

Cette étude permettra de rehausser la production et la productivité du sorgho et de faire face au besoin alimentaire du bétail à travers l'introduction des races intermédiaires qui combinent le rendement grain, la qualité de grain et la qualité fourragère en milieu paysan.

2 Milieu d'étude et Structure d'accueil

2.1 L'Institut International de Recherche sur les Cultures des zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT)

L'ICRISAT est une organisation internationale à but non lucratif et apolitique. Son principal siège se trouve en Inde dans l'état d'Andhra Pradesh dans la ville de Patancheru. Son but est d'encourager un développement agricole fondé sur la recherche scientifique. Créé en 1972, il est l'un des 16 centres financés par un ensemble de plus de 50 bailleurs de fonds à travers le groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (Consultative Group on International Agriculture Research (CGIAR)). L'ICRISAT a un personnel d'environ 1300 personnes, et un budget annuel de près de 26 millions de dollars.

La mission de l'ICRISAT est d'aider les paysans des pays en voie de développement à augmenter la productivité agricole et la sécurité alimentaire ; réduire la pauvreté et protéger l'environnement à travers la recherche scientifique.

Les travaux de l'ICRISAT sont axés sur les zones tropicales semi-arides où la principale contrainte environnementale est la pluviométrie

Les activités de l'ICRISAT couvrent les zones semi-arides des tropiques de l'Inde, de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, et de l'Afrique de l'Est et du Sud. L'accent est mis sur les cinq cultures qui revêtent une importance particulière dans l'alimentation des populations démunies : le sorgho, le mil, l'arachide, le pois chiche et le pois d'Angole.

La conservation et la gestion des semences de ces cinq cultures sont gérées par la banque de gènes de l'ICRISAT.

La banque de gènes conserve les semences de 113500 lignées de ces cultures. Les travaux de recherche permettent de sélectionner les meilleurs sur la base de leur productivité et résistance aux ravageurs, des maladies et autres contraintes.

Les recherches de l'ICRISAT sont conduites selon six thèmes globaux :

- Utilisation des outils de la biotechnologie pour les pauvres
- Gestion et l'utilisation des cultures pour la santé et la sécurité alimentaire
- Gestion de l'eau, du sol et de la biodiversité agricole pour un écosystème sain
- Gestion des systèmes durables de distribution de semence pour la productivité
- Augmentation de la productivité des cultures et les systèmes de diversification

- Sauvegarde de l'avenir des zones tropicales semi-arides et les voies de développement.

2.2 ICRISAT Mali (Programme Bilatéral)

- La mise au point des techniques agronomiques en tenant compte de l'amélioration des conditions socio-économiques des paysans.
- La création de nouvelles variétés de sorgho, arachide et mil ;
- La recherche sur les systèmes de culture ; la formation de chercheurs et agents de développement ;
- Le test des techniques en vue d'augmenter l'efficacité de la recherche agricole et l'amélioration des techniques de gestion des cultures ;
- La participation au renforcement des systèmes semenciers en vue d'assurer l'approvisionnement des paysans en nouvelles variétés
- L'accès aux options biocarburant pour les zones tropicales semi-arides.

2.3 ICRISAT BAMAKO

Créée en 1988, sous le nom d'ICRISAT-WASIP, la station de recherche agronomique de ICRISAT a été inaugurée en 1991. La station de recherche de l'ICRISAT (12°5'O, 8°5'N et 331m) est située à 25 Km au sud-ouest de Bamako et se trouve sur la route de Kangaba. La station se trouve sur l'aire géographique du village de Samanko. Samanko est un village de la commune rurale du Mandé dans la sous-préfecture de Kati dans la région de Koulikoro.

En 2010, ICRISAT Bamako est devenu la direction régionale de recherche pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre.

2.4 Géographie

D'une superficie de 126 ha, elle est limitée à l'Est par le fleuve Niger, au Nord-est par le Corps de la paix, au Nord-Ouest par le village d'Ouezimbougou, à l'Ouest par le village de Samanko, au Sud-ouest par le Service Semencier National (SSN), au Sud par le Centre d'

Expérimentale et d'Enseignement du Machinisme Agricole (CEEMA) et le Centre Apprentissage Agricole de Samanko (CAA).

2.5 Climat

Le climat qui est de type soudano sahélien est reparti en deux saisons : une saison pluvieuse de Mai à Octobre et une saison sèche qui à son tour est divisée en deux périodes, une période froide

allant de Novembre à Janvier et une période chaude qui va de Février en Avril. L'harmattan est le vent dominant soufflant de l'Est vers l'Ouest. La pluviométrie annuelle se situe entre 800 et 1100mm.

2.6 Végétation

Elle est caractérisée par la présence de grands arbres tels que : le Néré (*Parkia biglobosa*), le Karité (*Vitellaria paradoxa*), le Tamarinier (*Tamarindus indica*), le N'golobè (*Combretum micrantum*) et le Caïlcédrat (*Kaya senegalensis*).

2.7 Sol

Les sols de l'ICRISAT sont de 2 types : les sols ferrugineux tropicaux lessivés à faciès rouge avec une texture limono-sableuse en surface et les sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâche avec concrétion ayant une texture limono-argileuse en profondeur.

2.8 Population

Elle est composée de Malinké, de Bambara, de Bobo, de Senoufo, Dogon et de Peulh qui vivent de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche, du commerce et de l'artisanat.

2.9 Couverture zonale

Au Mali, l'ICRISAT couvre les zones de culture du sorgho, du mil, de l'arachide en collaboration avec l'IER (Institut d'Economie Rurale), les ONG (Organisation Non Gouvernementale), les Services de Vulgarisation et les organisations paysannes.

3 Généralités sur le sorgho

3.1 Description sommaire de la plante

Le sorgho est une plante herbacée des zones semi-arides dont la taille est comprise entre 0,5 et 6 m avec des racines fasciculées très développées et des feuilles alternées. Les grains de sorgho sont très riches en éléments nutritifs ce qui lui confère une place importante dans la vie humaine et animale. Au regard de l'importance accordée à cette culture de sorgho, les chercheurs se sont penchés sur l'étude de ladite plante tant sur le plan morphologique, physiologique, agronomique que sur le plan de l'amélioration variétale.

3.2 Origine et diversification du sorgho

La domestication du sorgho a vraisemblablement eu lieu il y a des millénaires en Afrique au sud-est du Sahara. D'après les faits archéologiques, la pratique de la domestication des céréales a été introduite en Egypte à partir de l'Ethiopie il y a 3000ans avant J.C (Dogget, 1965). Elle s'est très tôt propagée en Afrique de l'Ouest en passant par le Mali. Le sorgho aurait atteint l'Inde par voies maritimes et terrestres.

Les origines du sorgho sont diverses. Snowden et Porteres pensent que les races *Dura*, *Guinea* et *Kafir* sont étroitement alliées et pourraient respectivement provenir de *Sorghum aethiopicum*, *Sorghumar undinacum* et *Sorghum verticilliflorum* (House ,1987).

D'autres centres géographiques ont été actifs dans la diversification du sorgho cultivé, en Afrique (Figure 1), on en connaît trois :

- ✓ Le centre Ouest africain ayant contribué à l'établissement des sorghos de race *Guinea*
- ✓ Le centre Est africain riche en sorgho de race *Caudatum* et *durra*
- ✓ Le centre sud-africain à l'origine des sorghos de race *Kafir*.

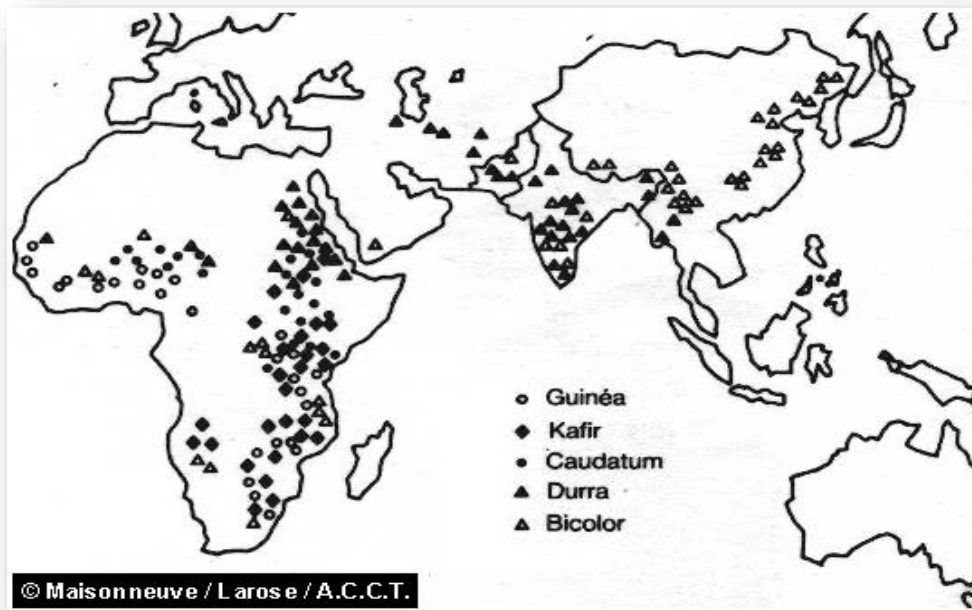


Figure 1: Schéma de la répartition des 5 principales races du sorgho (House, 1987)

3.3 Classification botanique

Le sorgho cultivé, [*Sorghum Bicolor*, (L.) Moench], appartient à :

- ✓ L'embranchement des Spermaphytes,
- ✓ La classe des Monocotylédones,
- ✓ L'ordre des Glumales,
- ✓ La famille des Poacées (Graminées)
- ✓ La sous famille des Panicoïdées
- ✓ La tribu des Andropogonées,
- ✓ Au genre *Sorghum*
- ✓ L'espèce *Bicolor*

Harlan et De Wet ont proposé en 1972 une classification des sorghos cultivés suivant le type de panicule et la forme des grains. En raison de la simplicité de cette classification, elle est la plus utilisée de nos jours. Elle divise les sorghos cultivés en cinq races principales : *Bicolor*, *Guinea*, *Durra*, *Caudatum* et *Kafir* et en dix types intermédiaires issus des croisements entre les principales races prises deux à deux.

3.3.1 Race Guinea

C'est le sorgho typique de l'Afrique de l'Ouest et du Sud. Les *Guinea* sont de grandes tailles (4-5 m), sont photopériodiques avec une panicule lâche (Figure 2). Leur grain elliptique est pris

dans des glumes ouvertes. Ils sont adaptés aux zones de culture de sorgho les plus pluvieuses (Touré, 1980). On y distingue plusieurs types :

- margaritifera (*kendé*) caractérisé par de petits grains vitreux,
- gambicum (*kéninké*) à gros grains assez vitreux,
- guineense (*kéninké*) à gros grains peu vitreux.

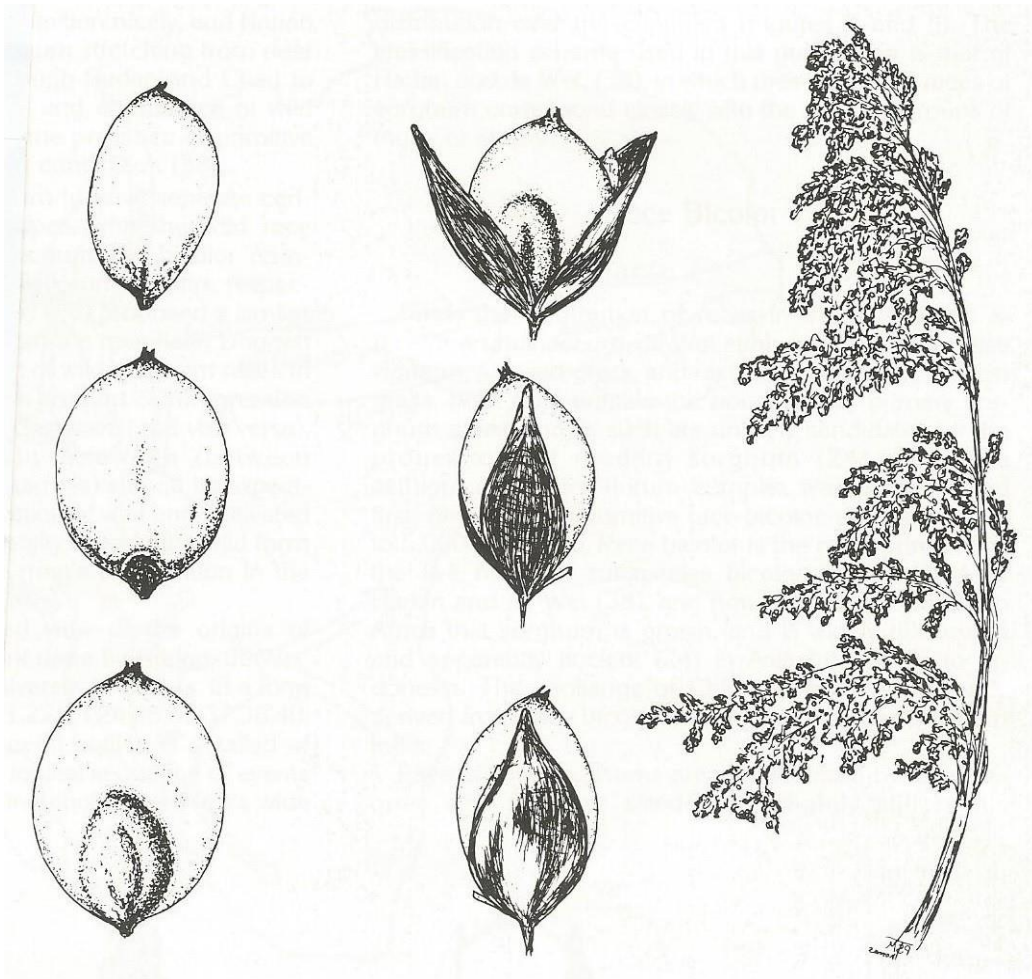


Figure 2: Panicule et grain de sorgho de type Guinea (Mann et al, 1984)

3.3.2 Race *Caudatum*

La race *Caudatum* est cultivée en Afrique du centre et de l'Est (Chantereau et Nicou, 1991). La forme des panicules est variable mais généralement compacte (Figure 3). Les grains sont nombreux, dissymétriques, aplatis sur la face ventrale et bombés sur la face dorsale. La longueur des glumes est la moitié du grain qui est souvent farineux mais de qualité médiocre.

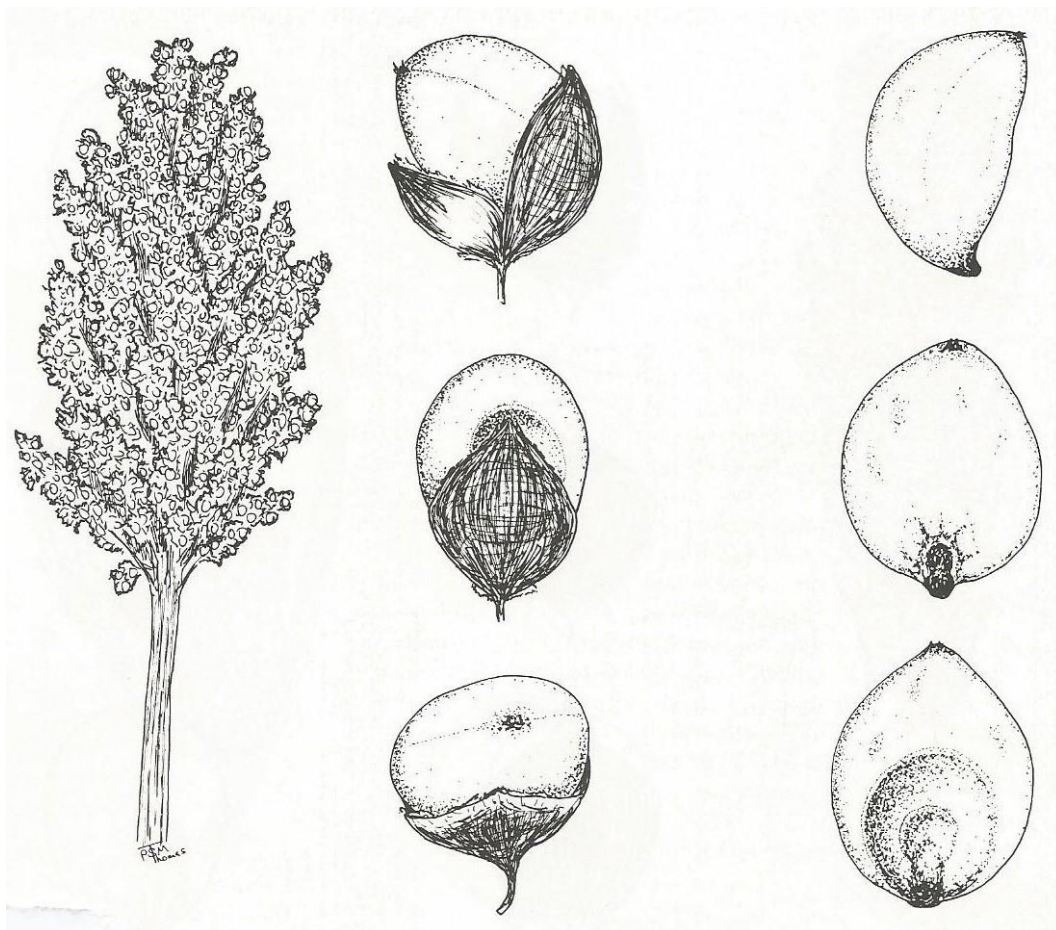


Figure 3: Panicule et grain de sorgho de type Caudatum (Mann et al, 1984)

3.3.3 Race Durra

La race *Durra* se rencontre essentiellement en Afrique de l'Est, au Moyen-Orient et en Inde (Chantereau et al.1991). Les sorghos de cette race ont une panicule plus ou moins compacte souvent portée par un pédoncule crossé (Figure 4). Les grains sont globuleux et arrondis à la base. Les glumes sont très larges, à texture variée de la base vers le sommet et ne recouvrent pas les grains. La race *Durra* se caractérise par la grosseur de ses grains farineux, parfois vitreux avec une taille d'environ deux mètres (2m).

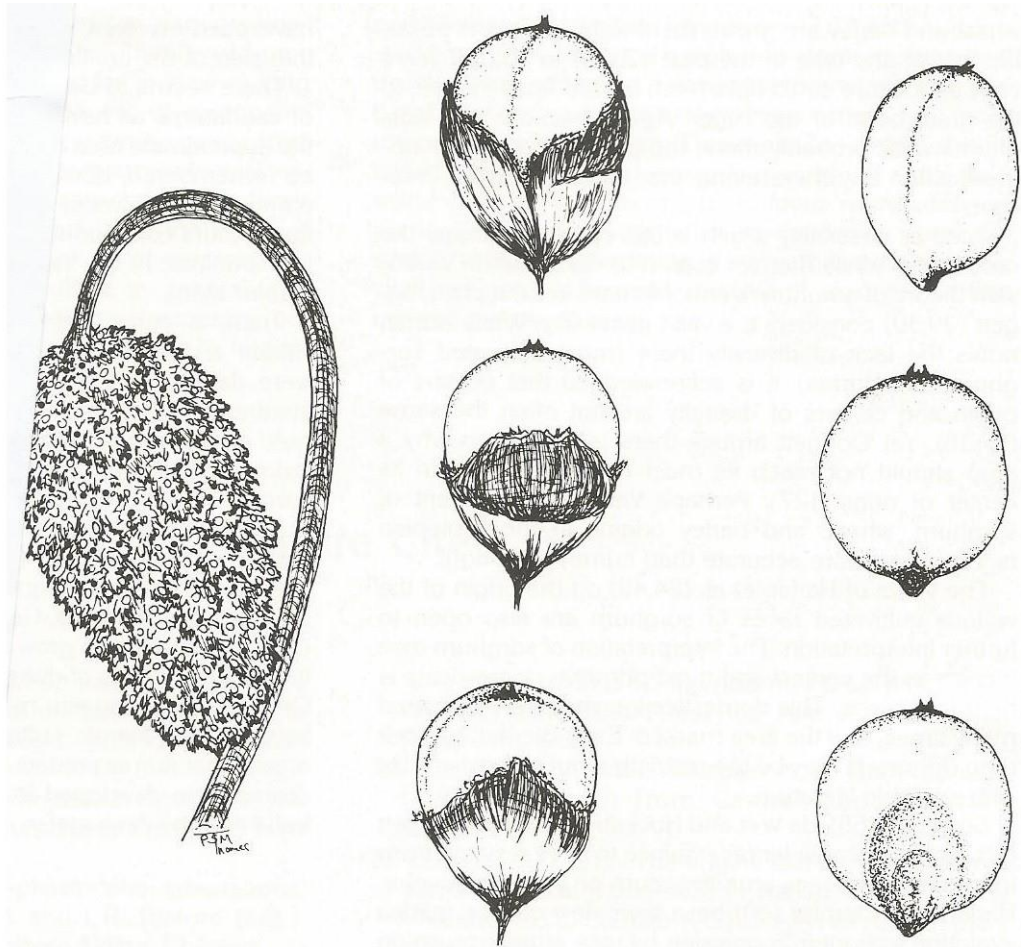


Figure 4: Panicule et grain de sorgho de type Durra (Mann et al, 1984)

3.3.4 Race Bicolor

Ce sont des sorghos aux caractères les plus primitifs se rencontrant en Afrique et en Asie. Ils présentent des panicules longues érigées (25-30 cm), de petits grains allongés entièrement enveloppés par des glumes couvrantes et adhérentes (Figure 5). On y trouve des sorghos à balai et des sorghos fourragers.

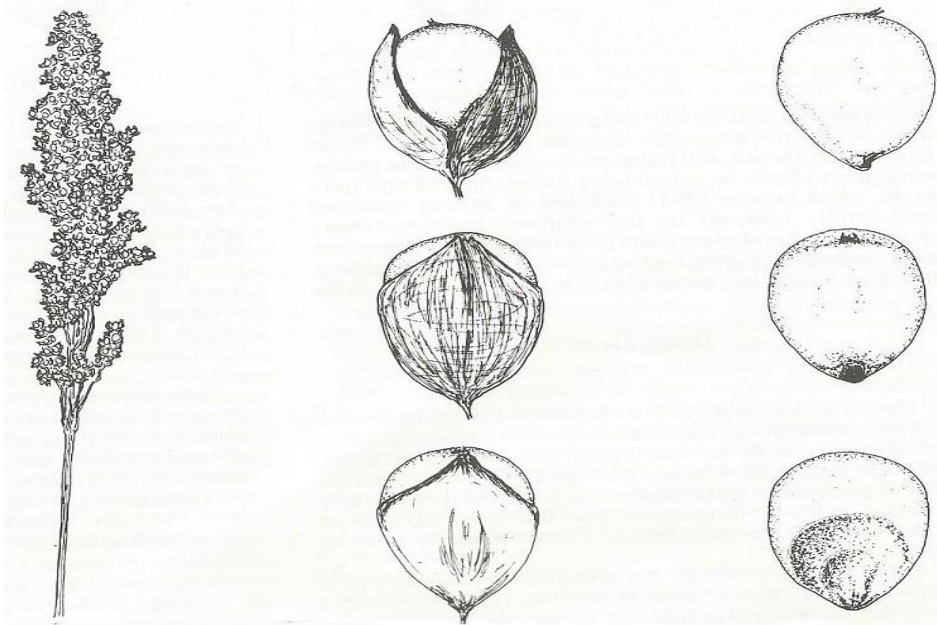


Figure 5: Panicule de sorgho de type Bicolor (Mann et al, 1984)

3.3.5 Race Kafir

Les *Kafirs* sont répandus (Figure 6) en Afrique du Sud (Chantereau et Nicou, 1991). Ces sorghos sont peu diversifiés, de taille généralement courte peu ou non photopériodiques. La panicule est compacte et cylindrique. Les glumes sont de longueur variable, le grain à tendance symétrique est plus ou moins sphérique. Les Kafirs sont intéressants pour leur précocité.

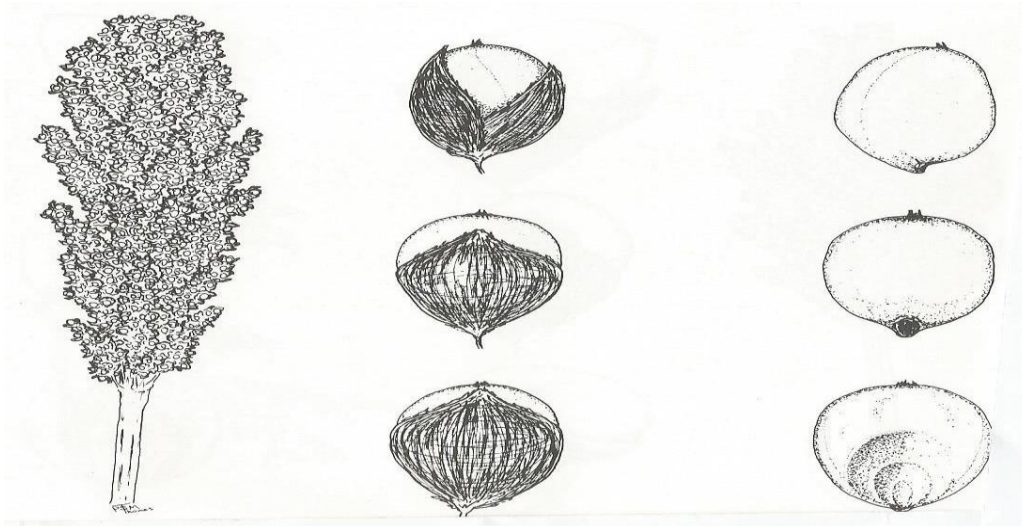


Figure 6: Panicule de sorgho de type Kafir (Mann et al, 1984)

3.4 Morphologie du Sorgho

Plante herbacée, le sorgho peut avoir une hauteur de 0,5 à 6 m selon les variétés. La tige est généralement unique (pas de talle), cependant des talles peuvent se développer chez certaines variétés (Figure 7)

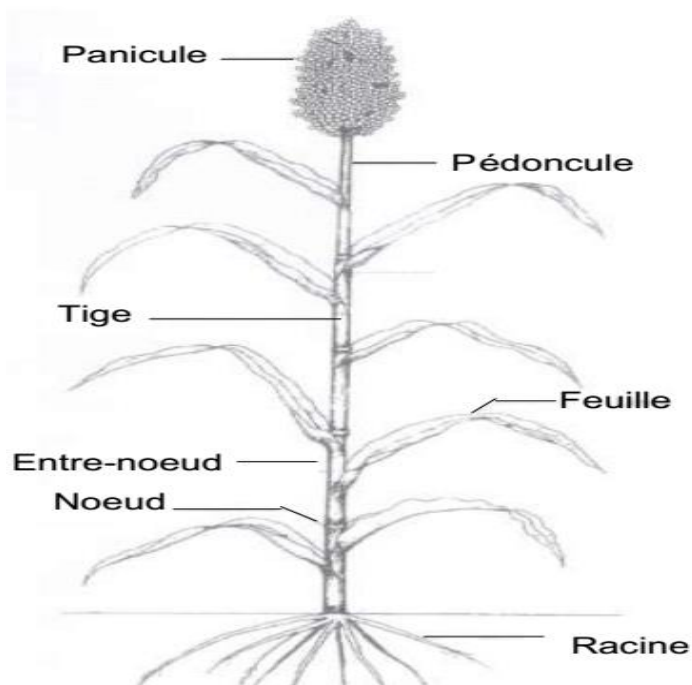


Figure 7: Plant de sorgho avec ces différentes parties (TROUCHE G. et CHANTEREAU J., 2009).

3.4.1 Racines

Le système racinaire du sorgho est de type fasciculé, bien ramifié et très puissant, 90 % de la masse racinaire se situe dans l'horizon de la surface. Les racines peuvent s'enfoncer à une profondeur de 2 à 3 mètres et s'étendre latéralement sur 60 à 150 cm (L. House ; 1987). Cette particularité explique en partie sa grande capacité à supporter les irrégularités des pluies et aussi le stress hydrique du sol. A la germination apparaît la racine primaire ou embryonnaire, puis les racines secondaires se forment à partir du premier (1^{er}) nœud et ensuite les racines adventives (principales) peuvent apparaître au niveau du collet et des nœuds inférieurs.

3.4.2 Tige

La tige ou chaume est cylindrique, droite, divisée sur sa longueur en entre-nœuds et des nœuds à nombre variable. Elle est remplie de parenchyme lâche vert ou coloré par l'anthocyane en rose ou rouge et couverte d'une cire de diamètre compris entre 5 et 40 mm.

Le nombre de talles par pied varie tant en fonction des caractéristiques variétales que des conditions de culture : très élevé chez les sorghos fourragers, moyennement élevé chez les types Guinea et généralement faible voir nul avec les hybrides nord-américains.

3.4.3 Pédoncule

L'entre-nœud supérieur qui porte l'inflorescence est appelé pédoncule. Il est généralement droit mais peut être aussi courbé (Sorgho de race *Durra*). En raison de caractères variétaux ou de l'influence du milieu (sécheresse notamment), on observe parfois des sorghos avec un pédoncule court dégageant mal l'inflorescence de la dernière gaine foliaire (mauvaise insertion).

3.4.4 Feuilles

Les feuilles sont distribuées de façon alternées le long de la tige. Selon les cultivars et les conditions du milieu, leur nombre varie de 7 à 40. Elles se composent d'un faux limbe de 30 cm à 135 cm de long sur 1,5 à 13 cm de large et d'une gaine. La gaine est fixée à un nœud et entoure l'entre-nœud. Le bord des feuilles peut être droit ou ondulé. Les plantules de sorgho ont un limbe glabre à bord tranchant ce qui permet de distinguer le sorgho du maïs.

3.4.5 Inflorescences

L'inflorescence est une panicule, de forme allongée ou pyramidale, totalement lâche ou très compacte. Elle peut varier de 2 à 25 cm chez les variétés à panicules compactes (House, 1987) et de 12 à 60 cm chez les variétés à panicules lâches de type *guinea* (Zongo, 1994). L'axe central est constitué d'un rachis qui porte des branches primaires qui produisent des branches secondaires et même tertiaires. La ramification ultime est un racème qui porte les épillets par paire. Chaque épillet contient 1 ou 2 fleurs enfermées dans les deux glumes de l'inflorescence. Une seule fleur est en général fertile. Elle est insérée dans ses deux glumelles et comprend 3 étamines, 1 ovaire à 1 loge surmonté de 2 styles à stigmates plumeux. La fleur stérile est réduite à une membrane qui se trouve sous la glume inférieure. Le nombre d'épillets fertiles par panicule est variable et peut atteindre 2.000 à 4.000 (Allain, 2005). La figure 8 illustre les différentes parties d'une inflorescence de sorgho.

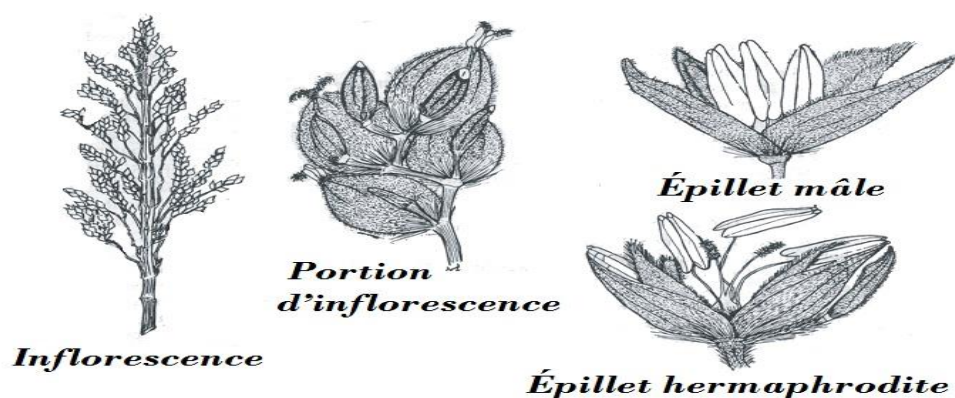


Figure 8: Inflorescence ; portion d'inflorescence ; épillet mâle et épillet hermaphrodite du sorgho (Adapté de Harlan 1992).

3.4.6 Epillets

La ramification ultime est un racème (fig. 2). Les épillets sont groupés par paire dont l'un sessile hermaphrodite et l'autre pédicellé mâle ou stérile.

Les épillets terminaux sont groupés par 3 dont 2 pédicellés et un sessile fécond.

L'épillet sessile constitué de deux glumes couvrant plus ou moins le fruit à maturité renferme deux fleurs : l'androcée (organe mâle) constitué par des anthères (généralement 3) et le gynécée (organe femelle) ou pistil comportant l'ovaire, le style et le stigmate.

L'épillet pédicellé est persistant ou caduc, plus fin, plus petit et plus pointu, réduit à deux glumes vides, parfois bi fleurs (mâle).

3.4.7 Graines

Ce sont des caryopses de 4 ou 5 mm de long dont les glumes persistent autour après maturité.

Les grains sont ronds, ovoïdes ou piriformes. Un grain de sorgho se compose d'un péricarpe ou tégument, d'un albumen et d'un germe ou embryon (Figure 9). Entre le péricarpe et l'albumen il peut y avoir une couche brune ou « testa » qui diminue les qualités alimentaires du grain. Le poids de 1000 grains se situe entre 15 et 45 g selon les variétés. Les grains atteignent leur maximum de matière sèche 25 à 30 jours après floraison et contiennent en ce moment 25 à 35% d'humidité.

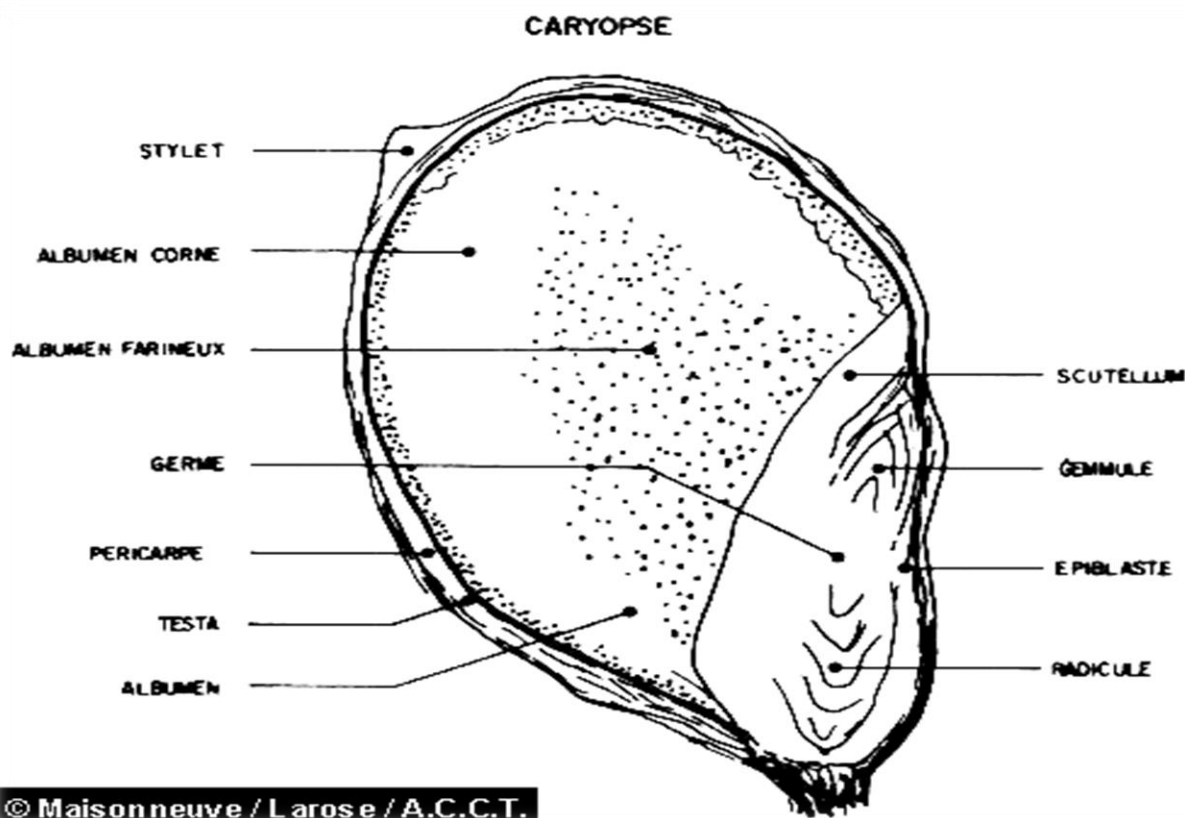


Figure 9: Structure du grain de sorgho (House ,1987)

3.5 Physiologie du sorgho

3.5.1 Croissance et développement :

Le terme «développement» au sens large peut être compris comme l'évolution de la plante au cours du temps. Il implique selon Heller (1985) deux séries de modifications ; des modifications quantitatives (augmentation de longueur, de surface, de volume, la « croissance ») et des modifications qualitatives (qui se traduisent par l'acquisition de nouvelles fonctions et de nouveaux organes le « développement »).

Les physiologistes ont l'habitude de considérer trois phases dans le cycle de développement du sorgho : la phase végétative (de la germination à l'initiation florale) ; la phase reproductive (de l'initiation florale à la pollinisation) et la phase de maturation (de la pollinisation à la maturité).

Phase végétative

Elle débute par la germination de la graine et l'émergence d'une jeune plantule. La germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active. La germination se produit rapidement et la coléoptile apparaît au bout de 3 à 4 jours après semis lorsque la température du sol est de 20°C ou plus d'après Chantereau et Nicou (1991). La durée d'apparition de la coléoptile peut être plus longue lorsque les températures sont basses (inférieures à 20°C). Une

première feuille perce l'extrémité de la coléoptile et l'émission des feuilles suivantes se fait très rapidement. Parallèlement, la croissance racinaire est active, caractérisée par le développement d'une racine séminale unique puis par celui des racines adventives 3 à 7 jours après l'émergence du plant. Le tallage commence 15 jours environ après semis, mais il est limité dans le temps par un mécanisme physiologique interne. L'initiation florale se produit généralement lorsque la plante est haute de 50 à 60 cm. Selon Chantereau et Nicou (1991), la température optimale pour la croissance végétative se situe vers 33° à 34°C.

La phase végétative du sorgho dure 30 à 40 jours généralement.

Phase reproductive

Cette phase marque un changement profond dans la physiologie de la plante. Elle démarre avec l'initiation florale et finit par la pollinisation. L'initiation paniculaire se produit, en moyenne, 30 jours avant la floraison, son déclenchement dépend des conditions de températures et de photopériode. L'apparition de l'inflorescence est précédée par un gonflement de la gaine de la dernière feuille. La floraison débute par le sommet de la panicule en descendant très régulièrement. Elle dure en moyenne une semaine. La floraison est active juste avant le lever du soleil. La sensibilité des sorghos à la sécheresse est maximum durant cette phase d'après Chantereau et Nicou (1991).

3.5.2 Phase de maturation

Après la phase de pollinisation et de fécondation, le zygote est formé par fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle. L'œuf va croître et développer un embryon qui cesse sa croissance lorsque la déshydratation atteint un certain seuil. Le développement de la graine, son remplissage commence juste après la pollinisation. La durée de remplissage complet varie de 30 à 50 jours environ selon le cycle des variétés, les facteurs climatiques et le poids du grain. Ce sont essentiellement les feuilles supérieures de la plante qui par leur activité photosynthétique, assurent l'accumulation de réserves. La graine de sorgho passe par les stades laiteux puis pâteux avant d'arriver à maturité physiologique caractérisée par l'apparition d'un point noir consécutif à la fermeture des faisceaux à sa base, la région du hile. Le poids du grain est alors maximum avec un taux d'humidité se situant autour de 30% d'après Chantereau et Nicou (1991).

3.6 Contraintes liées à la production du sorgho

3.6.1 Contraintes abiotiques :

Les zones semi-arides sont très généralement soumises à des aléas climatiques importants qui sont :

- Dégradation des sols due à l'exploitation abusive et anarchique des terres pendant de très longues périodes, mauvaise maîtrise des pratiques culturales etc.
- Sols pauvres en éléments nutritifs (Azote, Phosphore, Potassium etc.)
- Insuffisance et mauvaise répartition des pluies (une pluviosité très forte entraînant des pertes de terres par érosion, ou une pluviosité faible entraînant la sécheresse).
- Vents violents entraînant une évapotranspiration très intense.

3.6.2 Contraintes biotiques : Elles sont multiples.

- **Les pathogènes majeurs** : anthracnose, le mildiou du sorgho, les moisissures des grains etc.
- **Les insectes majeurs** : la mouche des semis, la cécidomyie, les punaises des panicules
- **Les mauvaises herbes** : *Digitaria*, *Bracharia*, *Echinochloa*, *Setaria*, *Rottboellia*, *Pennisetum* sont des concurrentes très sérieuses du sorgho.
- **Les oiseaux** : les oiseaux granivores constituent un risque majeur pour les cultures de sorgho et de mil. Dans le Sahel le quelea à bec rouge (*Quelea quelea*) est considéré comme l'un des plus nombreux et dangereux prédateur aviaire du monde (Bruggers et Jaeger, 1982). Ces oiseaux se nourrissent normalement des semences de graminées sauvages, mais peuvent provoquer d'importants dégâts dans les cultures de sorgho à partir du stade laiteux.

3.6.3 Contraintes socio-économiques

- Faibles revenus des producteurs ;
- Déséquilibre entre le prix des intrants et le prix d'achat du sorgho aux producteurs ;
- Manque de filières bien structurées et sous équipement ;
- Existence de maladies invalidantes et exode rural ;
- Absence de crédit aux producteurs, etc.

3.7 L'utilisation du sorgho

Au Mali, l'utilisation du sorgho est très variée. Le sorgho est utilisé principalement dans la préparation culinaires notamment le tô, la bouillie, le couscous, les galettes, le kini, le deguè, la bière locale, etc. Le sorgho est aussi utilisé dans l'alimentation des animaux (le sorgho fourrager).

3.8 Fertilisation du sorgho

Pour la fertilisation minérale du sorgho, des expériences ont montré que le pivot de la fumure est l'azote (Chantereau et Nicou, 1991). Cependant, l'azote n'est complètement valorisé que si les quantités de phosphore disponibles pour la plante sont suffisantes et cela dépend de la richesse du sol en cet élément. C'est ainsi qu'on considère que toute fertilisation minérale du sorgho doit être à base d'engrais binaire NP.

Au Mali, la dose vulgarisée pour la culture du sorgho est de 100 kg/ha de DAP (fumure de fond) et 50kg/ha d'urée.

3.8.1 Phosphore

3.8.1.1 Phosphore dans la nutrition des plantes

Le phosphore (P) est un élément qui est largement distribué dans la nature. C'est un macroélément. Il est avec l'azote (N) et le potassium (K), un des minéraux dont les plantes ont besoin en grande quantité. Chez les plantes cultivées le taux de phosphore varie de 0,2 à 0,9% de la matière sèche (Bertrand, 1949 cité par Diehl). L'absorption du phosphore par la plante se fait à l'état de phosphores minéraux solubles existants à très faible concentration dans les solutions du sol. Elle est très rapide au début de la végétation. En ce moment, il est nécessaire que la plante dispose d'un minimum de phosphates solubles.

Le phosphore assure un rôle important dans une série de fonctions de métabolisme de la plante et est l'un des éléments nutritifs essentiels nécessaires pour la croissance et le développement des végétaux. Il constitue l'élément fondamental de stockage et d'échange de l'énergie. A ce titre il participe à toutes les réactions chimiques qui demandent de l'énergie. Il est donc un important facteur de croissance. Le développement racinaire, en particulier est favorisé par une bonne nutrition phosphorique en début de végétation.

Le phosphore est un facteur de précocité, il active le démarrage et tend à raccourcir le cycle végétatif, comme tel il favorise une bonne maturation. Il accroît la résistance de la plante aux maladies (Andre, 1974).

3.8.1.2 phosphore dans le sol

Dans le sol, le phosphore est présent sous plusieurs formes :

- ✓ le phosphore insoluble (non assimilable par les plantes) ;
- ✓ le phosphore de la phase solide ;
- ✓ le phosphore de la solution du sol (disponible à la plante pendant tout son cycle).

Ces trois formes constituent le phosphore total. Le phosphore de la solution du sol est la fraction la plus faible mais c'est en même temps la plus importante pour l'alimentation de la plante.

Dans la solution du sol, le phosphore se trouve à l'état ionique H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} . La solubilité et la concentration des ions phosphores H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} , sont fortement dépendantes du pH. Le phosphore en solution et le phosphore de la phase solide représentent le pool alimentaire qui constitue la fraction du phosphore total, qui est assimilable ou échangeable.

Les ions phosphorés ont une tendance à réagir avec les constituants du sol pour former des composés relativement insolubles (Andre, 1974).

3.8.1.3 Seuil de carence et de déficience en phosphore

Le phosphore est absorbé principalement pendant la croissance végétative. Par la suite la majeure partie du phosphore absorbé est transférée dans les graines pendant les étapes de la reproduction. Une nutrition phosphorique insuffisante se manifestera à l'analyse par une teneur en phosphore plus faible des organes verts et des graines. Pour l'agriculteur il y'aura ralentissement de la croissance, mauvaise fécondation, migration défectueuse des réserves et un retard de la maturité : le tout conduisant à une baisse du rendement. Les carences en P se manifestent par un feuillage vert plus foncé (concentration plus élevée en chlorophylle) tirant sur le bleu, avec jaunissement et dessèchement de l'extrémité des feuilles, et un rabougrissement des plantes.

3.8.1.4 La bouse de vache (Fumier bovin)

Le fumier de vache est le mélange composté de bouses de vache et de paille de litière.

Les bovins étant de grands herbivores, le fumier de vache apporte beaucoup d'humus au sol, matière organique essentielle à la bonne croissance des plantes. Les apports de fumier de vache doivent se faire de préférence avant la préparation du sol pour qu'il se décompose bien. Les fumiers ou composts de bovins améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol grâce à leur matière organique stable (humus). Ils apportent également des fertilisants de fond intéressants et facilement disponibles. Toutefois, l'azote qu'ils contiennent se minéralisera lentement.

4 Etude pratique

4.1 Objectif

4.1.1.1 Objectif général

Analyser les effets de la fertilisation et de la date de semis sur les rendements et les traits physiologiques de deux variétés de sorgho à double usage.

4.1.1.2 Objectifs spécifiques

- Evaluer les effets de 3 dates de semis sur le nombre de feuilles, la hauteur, les rendements grain et fourrage ;
- Evaluer les effets de 3 types de fertilisation sur le nombre de feuilles, la hauteur, les rendements grain et fourrage
- Analyser les effets combinés de la fertilisation et de la date de semis et des variétés sur le nombre de feuilles, la hauteur, les rendements grain et fourrage.

4.2 Matériel et Méthodes

4.2.1 Matériel

➤ Matériel végétal

Deux variétés améliorées, fournies par le programme de sélection de l'ICRISAT ont été utilisées dans cette étude : Soubatimi et Peke. Ces deux variétés ont été sélectionnées à cause de leur différence en termes de phénologie (durée de la phase végétative), de leur sensibilité à la photopériode, de leur tallage, de leur rendement potentiel et de leur adaptation à différentes zones agro-écologiques.

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés

Variétés	1	2
Dénomination	Soubatimi	Peke
Nature génétique	Lignée pure	Population améliorée
Obtenteur	IER/ICRISAT	IER/ICRISAT
Pays	MLI	MLI
Date d'inscription	2015	2015
mainteneur	IER/ICRISAT	IER/ICRISAT
Hauteur plant (cm)	250	200
Forme de la panicule	Evasée dans la partie supérieure	Symétrique
Densité de la panicule	Moyen	Compacte
Couleur du grain	Jaune paille	Jaune paille
Cycle semis-maturité a 50%jour	85	100
Rendement potentiel t/ha	3	2.1
Poids de 1000 grain(g)	23.7	26
Sensibilité a la photopériode	Légèrement photosensible	Légèrement photosensible
Résistance au striga	Moyenne	résistante
Résistance au nuisible	Moyenne	moyenne
Vocation culturale	Pluvial	pluvial
Isohyète (mm)	600-1000	800- 1200

➤ Matériels techniques

- ✓ Houe pour la délimitation, le semis et le sarclage ;
- ✓ La règle pour les écartements au moment du semis et le mesures de hauteurs ;
- ✓ La corde et les piquets pour la délimitation ;

- ✓ La balance pour la pesée des échantillons ;
- ✓ L'appareil LAI 2000 pour les mesures de l'indice foliaire ;
- ✓ L'étuve électrique pour séché les échantillons ;
- ✓ Le sécateur pour la récolté.
- ✓ Les sacs polyéthylène pour transporte les plants coupes
- ✓ Le pluviomètre pour recueillir les quantités de pluies journalières.
- ✓ Les étiquettes pour pourvoir différencier les parcelles élémentaires et les échantillons au moment de la biomasse.
- ✓ La tarière pour la collecte des échantillons de sol
- ✓ Le tracteur pour la préparation (labour, billonnage...) du champ
- ✓ Le scanner

4.2.2 Méthodes

➤ Facteurs étudiés

Dans cet essai trois facteurs ont fait l'objet d'étude :

1. La fertilisation avec trois types (le DAP+l'urée, la fumure organique et sans engrais et fumure)
2. La date de semis avec trois niveaux (04/07/2019 ; 18/07/2019 ; 02/08/2019)
3. La variété avec deux niveaux (Soubatimi et Peke)

➤ **Préparation du sol**

L'essai a été conduit pendant pendant dans la saison hivernale 2019. Le labour a été fait en traction motorisé (tracteur) à une profondeur comprise entre 15 et 20 cm et après la parcelle a été billonnée. Le labour a été fait dans un sens perpendiculaire à la direction des billons, des billons distants de 0,75 m ont été formés. Ensuite ils ont été compactés le même jour afin d'éviter l'érosion du sol par ruissellement.

➤ **Dispositif expérimental**

Le dispositif utilisé était un split-split-plot à 3 répétitions avec la fertilisation en bloc principal et la date de semis en sous bloc. Les parcelles élémentaires comportaient 8 lignes de 5 m.

Les trois répétitions étaient séparées les uns des autres par 1,5 m tandis que les niveaux de fertilisation étaient séparés de 0,75 m

➤ **Dimension des parcelles**

La superficie totale du dispositif est : 1998 m^2

La dimension d'une parcelle élémentaire est : $0.75\text{m} * 8 * 5\text{m} = 30\text{m}^2$.

Pour installer le dispositif, nous avons commencé d'abord par la délimitation des lignes de base par des piquets en bois : longueur $L = 111 \text{ m}$ et la largeur $l = 18\text{m}$. L'intersection de ces deux côtes forment un angle de 90° .

Sur la longueur on compte les billons, à chaque huit billons on matérialise par un piquet en fer ce qui représente la longueur d'une parcelle élémentaire, ainsi de suite jusqu'à avoir une unité expérimentale autrement dit six piquet de fer entre deux piquets en bois.

Sur la ligne de base largeur on matérialise les limites de chaque bloc 5m (largeur des parcelles élémentaire) par un piquet en bois et distant d'un autre piquet en bois de 1.5m comme aller ou inter bloc.

On répète les mêmes mesures jusqu'à avoir trois bloc, sépare par deux allés. A l'aide d'une corde bien tendue on projette les différents points marqués.

➤ **Plan de masse de l'essai**

Le plan de masse est composé de trois répétitions. Chaque répétition comprend trois blocs. Chaque bloc correspond à un type de fertilisation et est divisé en trois sous-blocs qui

correspondent aux 3 dates de semis. Chaque sous-bloc est constitué de deux parcelles correspondant aux deux variétés. Chaque parcelle est constituée de 8 lignes chacune mesurant 5m.

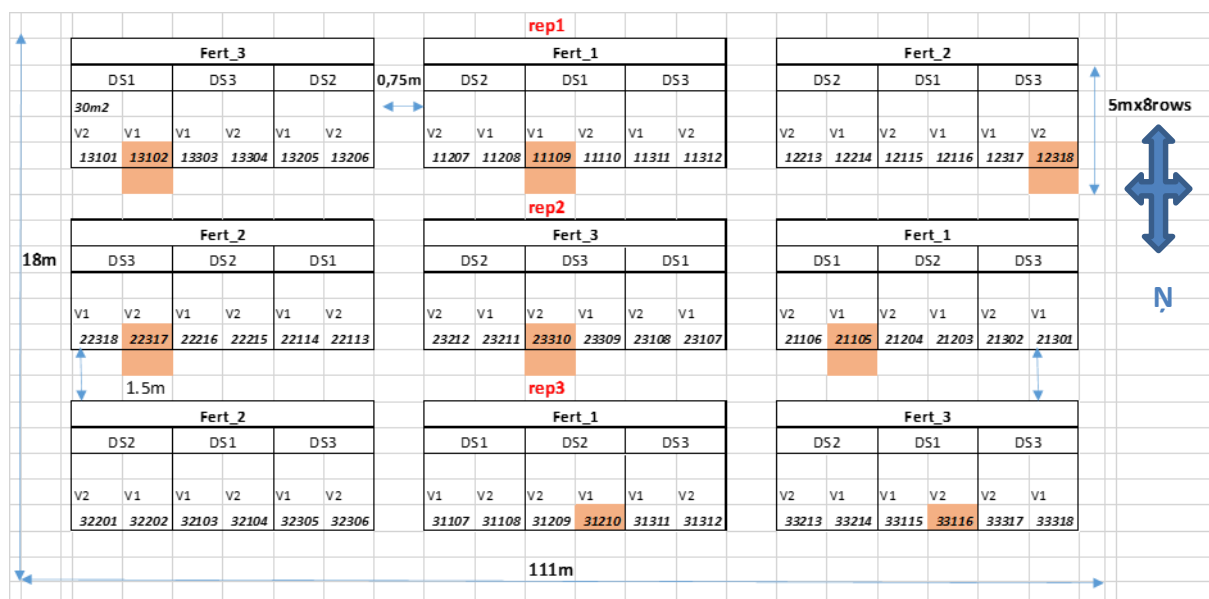


Figure 10 : Plan de masse de l'essai

➤ **Conduite de l'essai**

Semis

Avant le semis, les semences sont traitées par un produit phytosanitaire (Apron star). Apron star est un produit fongicide, insecticide, avec comme matière active : 20% thiamethoxam, 20% metalaxyl et 2% de difeconazole. Le traitement se fait avec une correspondance de 10g/l pour 4 kg de semence de sorgho.

Le semis a été effectué manuellement pour les trois dates respectivement le 04/07/2019, 18/07/2019 et le 02/08/2019 ; avec un écartement de 0.75 x 0.30 m.

Quinze jours après le semis, le démariage a été effectué à un plant par poquet, en éliminant les plants chétifs.

Le sarclage a été effectué à l'aide des dabas avec une fréquence de 15 jours répété 5 fois et les mauvaises herbes sont évacuées hors des parcelles.

Il y avait trois types de fertilisation à savoir le DAP+ urée (F1), la bouse de vache (F2) et le témoin zéro (F3) qui étaient appliqués à un taux de :

- 100 kg /ha de DAP (18-46-0) (300 g/ parcelle et 37.5g/ligne de semis) apporté 15 jours après semis et 50kg/ha (18.7/ligne) d'urée (46%N) appliquée 40 jours après semis (F1)

- 5t/ha de bouse de vache (15kg / parcelle élémentaire) apportée 1 jour avant semis(F2)

-0kg/ha de fertilisation qui est le témoin(F3)

➤ **Observations et mesures**

Au cours de cet essai, la pluviométrie a atteint 792.1 mm en 50 jours.

Des quantités de pluie ont été enregistrées au mois de juillet (199mm) et d'août (320,1mm). Comparé aux deux autres mois nous remarquons une inégalité dans la répartition des pluies avec seulement 148 mm en septembre et 125 mm pour le mois d'octobre.

La pluviométrie a été bien répartie à Samanko cette année et le cumul annuel a atteint 1201.5mm de pluies selon la station météorologique.

La température a eu des fluctuations et a varié de : $T_{max} = 46^{\circ}\text{C}$ et le $T_{min} = 11^{\circ}\text{C}$

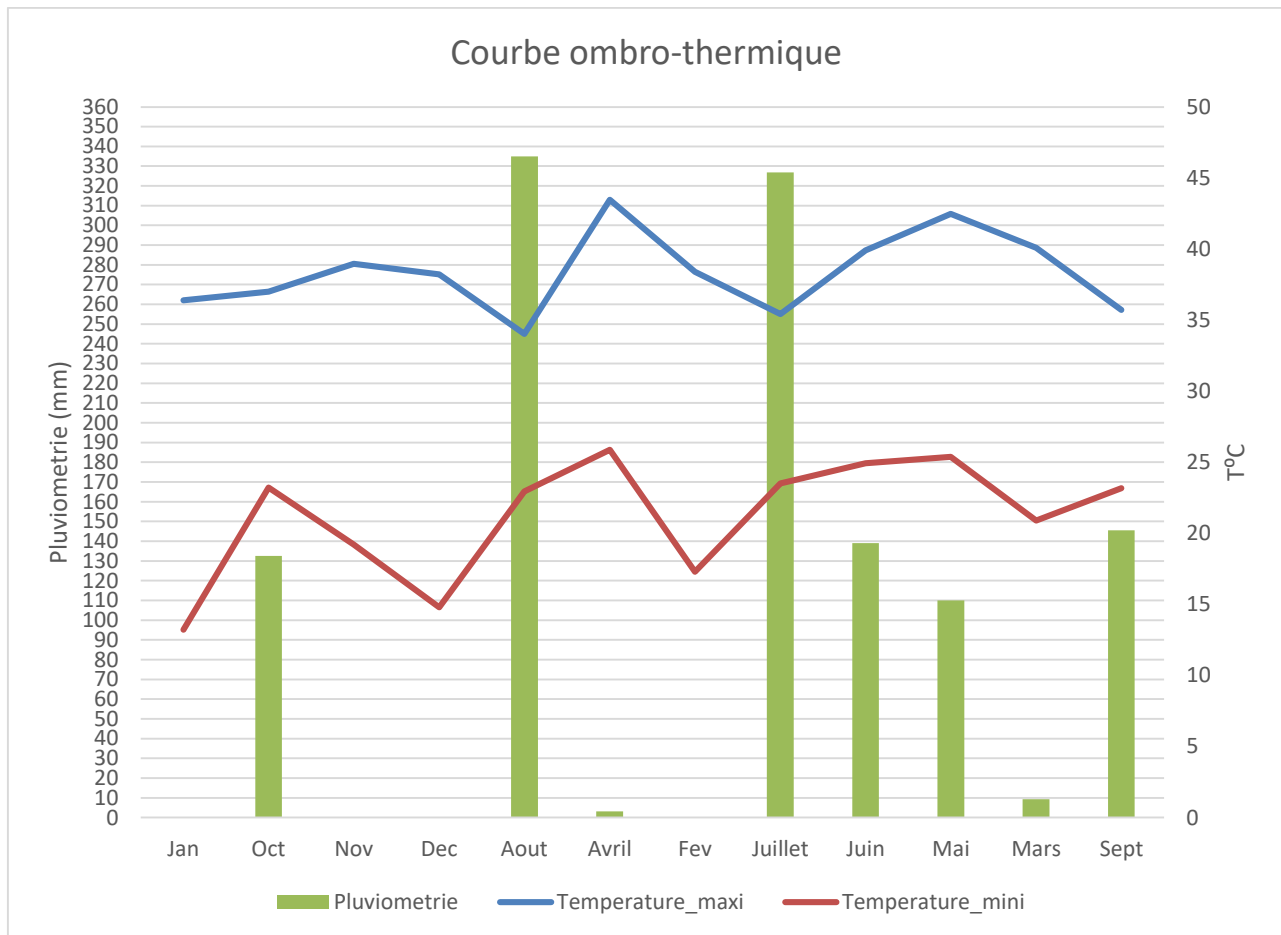


Figure11 : Evolution de la pluviométrie et de la température de l'année 2019

Mesures de Biomasse et LAI

Nous avons deux types d'observation à savoir

Les observations non destructives et le LAI qui consistait à prendre le nombre de feuilles développée, nombre feuilles émergée, nombre de feuilles morte, le nombre de talle et la hauteur du plant.

Le LAI, au cours de cette observation nous avons utilisé l'accupar 80 pour prendre le PAR (rayonnement photo synthétiquement actif) à partir duquel nous avons les donné du LAI (indice de surface foliaire).

Les observations destructives consistaient à couper quatre plants sur des lignes prédéfinies puis les apporter au laboratoire pour le scan de la surface foliaire et la prise de poids frais et secs des feuilles et tiges.

La récolte a été effectué dans un quadrant prédéfini par le protocole entre la 3^{ème} et la 5^{ème} ligne dont 21 plants sont a coupé, a commencé par le 6^{ème} plant au 12^{ème} plant par parcelle dont sept (7) plants par ligne.

Analyse statistique :

Le model mixte linéaire a été utilisé pour évaluer l'effet des différents facteurs et de leur interaction sur les différents paramètres observés. C'est un modèle statistique qui comporte à la fois des effets fixes et des effets aléatoires. Les analyses ont été effectuées dans le logiciel GentSat (Edition 19)

4.3 Résultats

La date de semis 3 a été éliminée de l'analyse des rendements grains à cause d'une contrainte de temps.

4.3.1 Effet de la fertilisation sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain

La figure 11, 12, 13,14 présentent l'effet de la fertilisation sur le nombre de feuilles totales, la hauteur finale des plants, le rendement fourrage et le rendement grain de Soubatimi et Peke. On constate que des 3 types de fertilisation étudiés, la bouse de vache est celui qui présente un effet positif sur les quatre paramètres considérés. La différence entre les 3 types de fertilisation est significative au seuil de 5% (Tableau 3).

Sur la figure 11, l'analyse de la variance montre une différence hautement significative (Tableau 3) entre le nombre total de feuilles produit par les 2 variétés sous les 3 types de fertilisation. Les deux variétés ont produit moins de feuille sous « Zéro fertilisation (F3) ». Et Peke est la variété qui a produit plus de feuilles, (28), que Soubatimi (24).

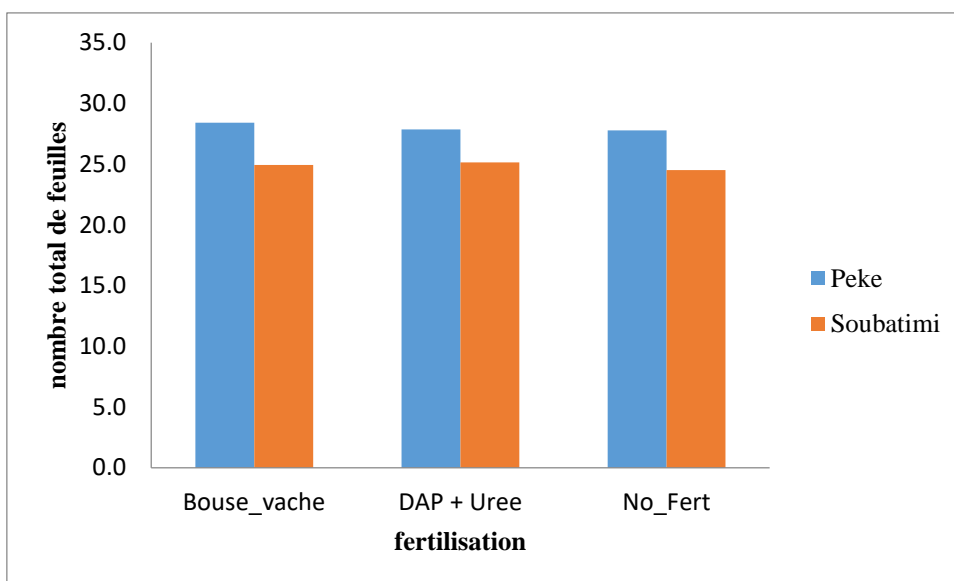


Figure 11 : Effets de différents types de fertilisation sur le nombre total de feuilles

La figure 12 présente la hauteur finale des deux variétés obtenue sous les 3 types de fertilisation. De façon générale, Soubatimi a une hauteur supérieure à celle de Peke de 3%, 9% et 4% respectivement pour DAP+uree (F1), la bouse de vache (F2) et Zéro fertilisation (F3). De ce fait, l'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les niveaux de fertilisation de l'ordre de 1% et une différence variétale de l'ordre de 5% (Tableau 3). La plus faible hauteur a été enregistrée en Zéro fertilisation (F3) pour les deux variétés.

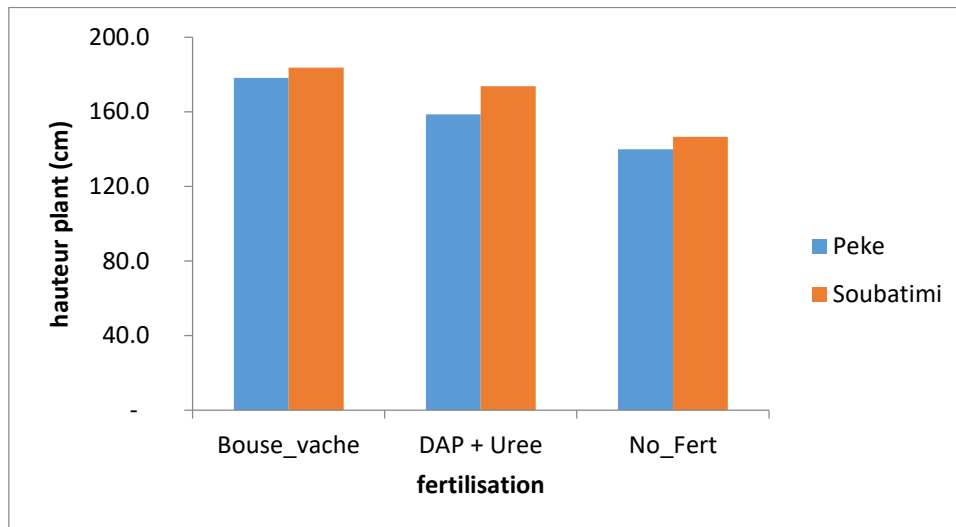


Figure 12 : Effets de différents types de fertilisation sur la hauteur des plant

La figure 13 montre l'effet des 3 types de fertilisation sur le rendement fourrage. On remarque que lorsque la fertilisation est apportée Peke produit plus de fourrage que Soubatimi et sans fertilisation, c'est l'inverse que l'on observe. L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les rendements fourrage obtenus sous les 3 types de fertilisation (Tableau 3). Les plus faibles rendements fourrage sont observés sous F3.

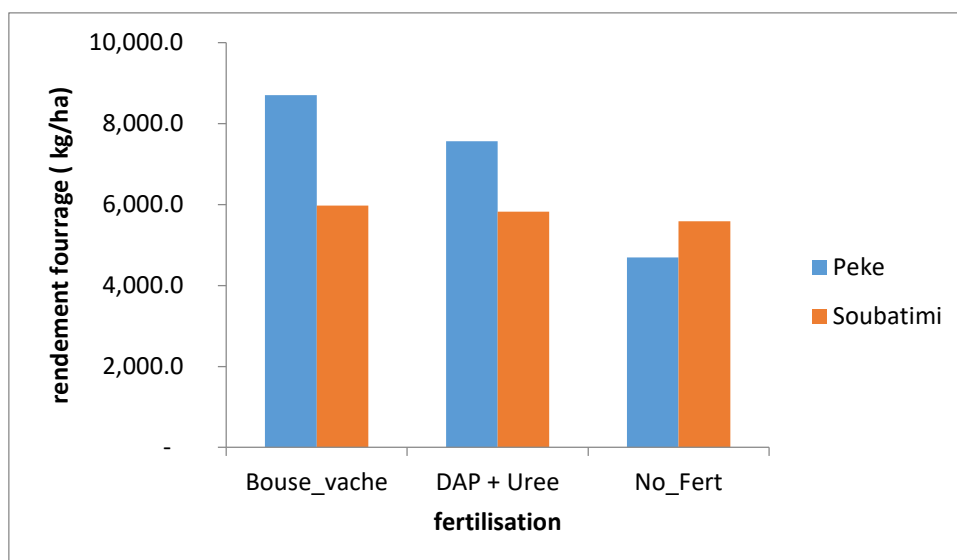


Figure 13 : Effets de différents types de fertilisation sur le rendement fourrage

Par rapport au rendement grain (fig. 14), Soubatimi a eu le rendement le plus élevé sous tous les 3 types de fertilisation excepté sous F3 sous lequel Peke a eu un rendement plus élevé et (1117,2 kg/ha pour Peke contre 518,5 kg/ha pour Soubatimi). L'analyse de la variance ne montre pas d'effet significatif ni du facteur variétés ni du facteur fertilisation sur les rendements grains des deux variétés.

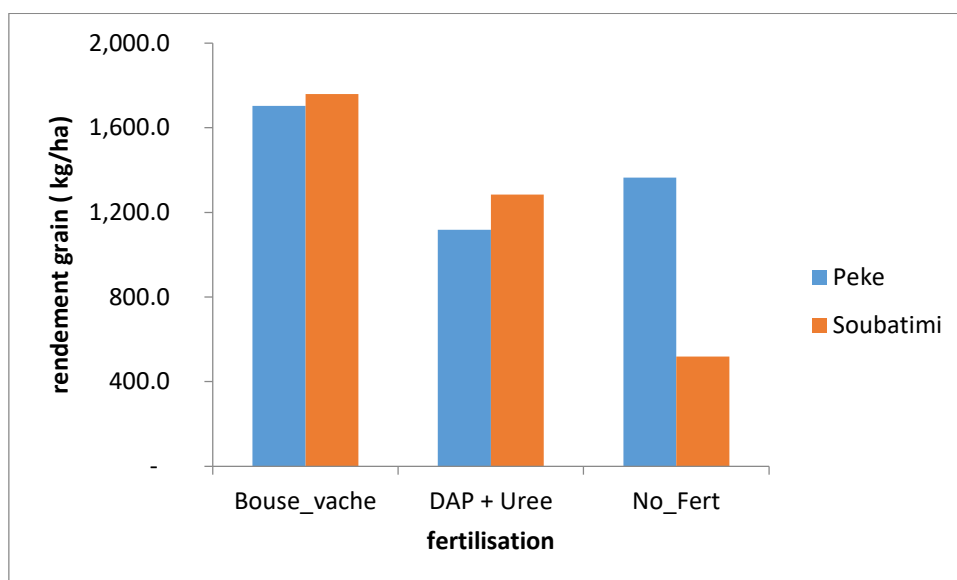


Figure 14 : Effets de différents types de fertilisation sur le rendement grain

4.3.2 Effet de la date de semis sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain

L'effet de la date de semis sur le nombre de feuilles total, la hauteur des plants, le rendement fourrage et le rendement grain de Soubatimi et Peke a été évalué (fig. 15,16 ,17 ,18). On remarque une variabilité dans la réponse des deux variétés aux différentes dates de semis.

La figure 15 présente la réponse des deux variétés, en termes de nombre total de feuille, aux 3 dates de semis. De manière générale, Péke a produit plus de feuilles que Soubatimi. En plus, on observe une décroissance du nombre total de feuille du semis précoce (DS1) au semis tardif (DS3) de 17% et 19% respectivement pour Soubatimi et Peke. L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de la date de semis et de la variété sur le nombre total de feuilles (Tableau 3).

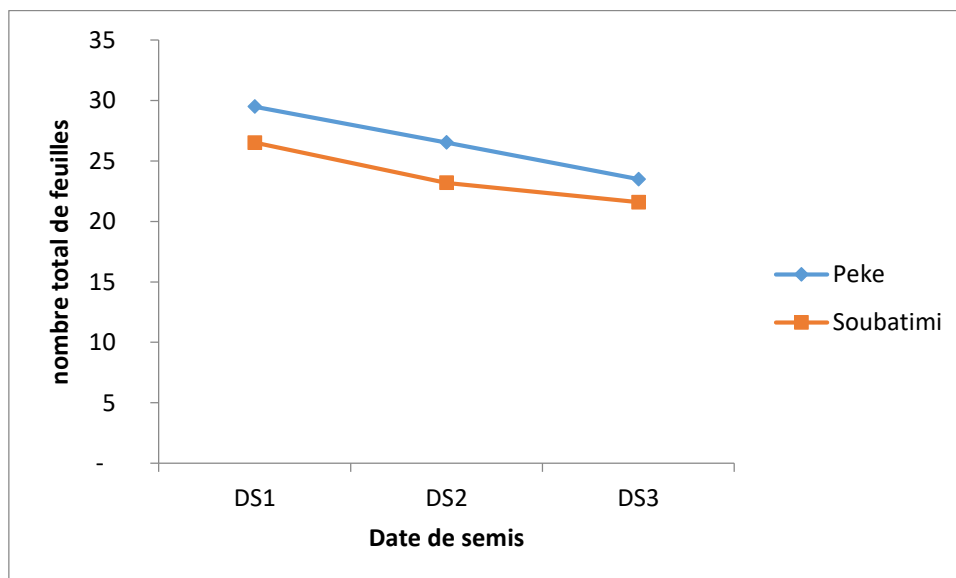


Figure 15 : Effets des dates de semis sur le nombre total de feuilles

Sur la figure 16, on observe une tendance largement similaire à celle observée sur la figure 12A, c'est-à-dire que pour les deux variétés, la hauteur finale décroît du semis précoce au semis tardif. L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les hauteurs obtenues avec les différentes dates de semis. La hauteur la moins élevée a été observée avec Peke pour les 3 dates de semis.

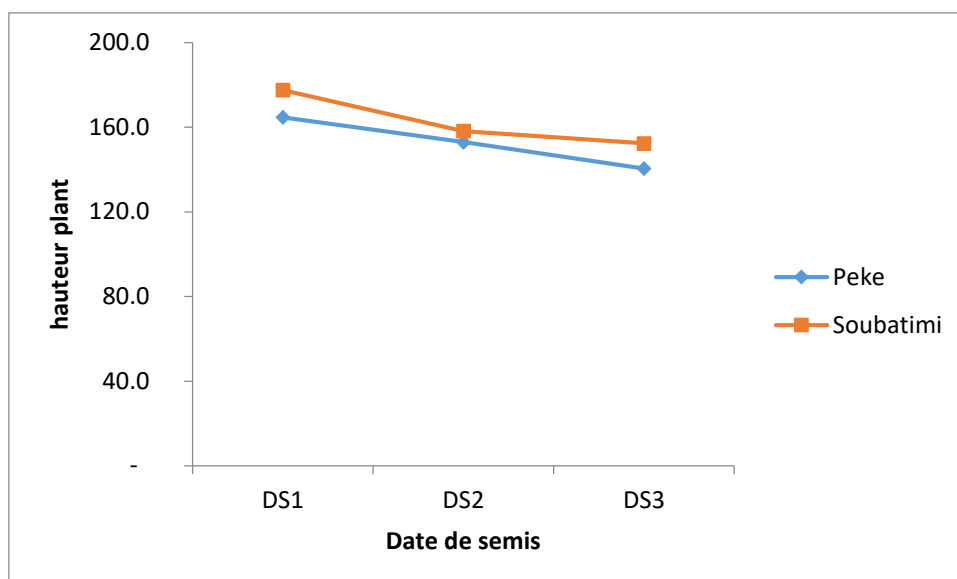


Figure 16 : Effets des dates de semis sur la hauteur des plants

La figure 17 montre l'effet des 3 dates de semis étudiés sur le rendement fourrage. On remarque que Peke produit plus de fourrage lorsqu'il est semé tôt et son rendement fourrage baisse lorsque le semis est tardif. Cependant, Soubatimi produit plus lorsque le semis est moins précoce, son rendement fourrage baisse également lorsque le semis est tardif. L'analyse de la variance montre une différence hautement significative de la date de semis sur le rendement fourrage (Tableau 3).

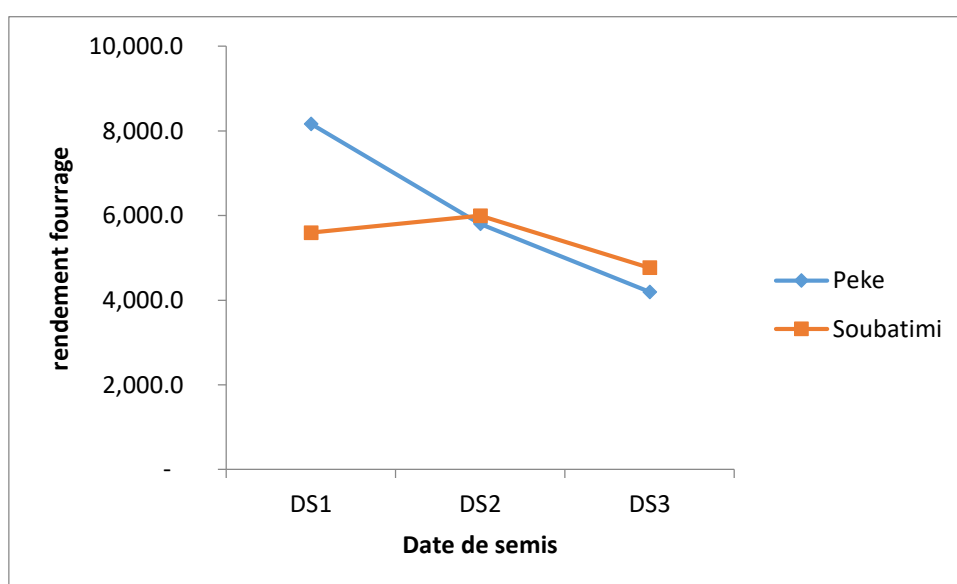


Figure 17 : Effets des dates de semis sur le rendement fourrage

Par rapport au rendement grain (fig. 18) nous avons travaillé avec les deux premières dates de semis vu que les plants de la troisième date de semis n'avaient pas bouclé leur cycle.

De façon générale, Péké a eu le rendement grain le plus élevé. Il a enregistré avec la deuxième date de semis un rendement grain (1522,6 kg/ha) de 17% supérieur à celui de la première date de semis (1267,5 kg/ha). Quant à Soubatimi, il a enregistré avec la première date de semis un rendement (1238,7 kg/ha) de 8% supérieur à celui de la deuxième date de semis (1135,8kg/ha). Tout comme pour le facteur fertilisation, l'analyse de la variance ne montre pas d'effet significatif du facteur dates de semis sur les rendements grains des deux variétés.

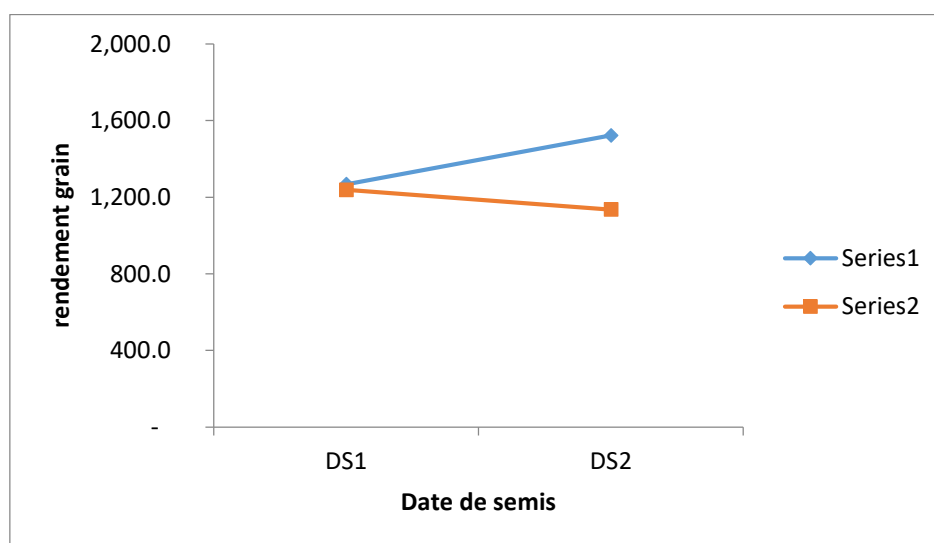


Figure 18 : Effets des dates de semis sur le rendement grain

4.3.3 Effet de l'interaction date de semis et fertilisation sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain

L'analyse de l'effet de l'interaction des différents facteurs (fertilisation, dates de semis et variétés) sur : le nombre total de feuille, la hauteur des plants, rendement fourrage et rendement grain a été effectuée. L'interaction dates de semis x variétés à un impact hautement significatif sur le rendement fourrage ($p\text{-val} < .001$). De même, l'interaction fertilisation x dates de semis x variétés à un effet significatif sur le même trait ($p\text{-val} < .01$).

Tableau 2 : Analyse de variance des effets combinés des différents facteurs sur les paramètres étudiés

	hauteur	feuille tot	Rdt ff	Rdt gr
Rep				
Fe	40***	8*	38***	
Ds	25***	271***	51***	
G	5*	91***		
FexDS				

FexG	
DSxG	20***
FexDSxG	19**

*: p-val<.05 **: p-val<.01 ***: p-val<.001

5 Conclusion et suggestions

Cette étude sur le sorgho à double usages menée dans la station agronomique de Samanko nous a permis de voir que la fertilisation et le semis précoce a moins précoce (première et deuxième dates de semis) ont un effet positif sur le nombre de feuille, la hauteur et les rendements grain et fourrage de Soubatimi et Peke.

Des 3 types de fertilisation étudiés et pour les 2 variétés, la bouse de vache est celle qui impacte positivement tous les paramètres étudiés. De façon générale, on constate que le semis précoce à un effet positif sur tous les paramètres étudiés sauf sur le rendement fourrage pour Soubatimi et le rendement grain pour Peke.

L'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif de la fertilisation sur la hauteur et le rendement fourrage de l'ordre de 1% et un effet significatif sur le nombre total de feuille de l'ordre de 5%. Cependant, l'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif de la date de semis sur tous les paramètres étudiés excepté sur le rendement grain des deux variétés.

Ainsi, cet essai nous renseigne sur les réponses des variétés à double usage aux traitements de fertilisation et de dates de semis. Les résultats obtenus dans ce rapport ne sont cependant pas conclusifs. D'autres essais de ce genre doivent être conduits dans le futur afin que l'on puisse tirer des conclusions définitives.

Au terme de cette étude :

Nous suggérons aux autorités en charge de prolonger la durée du stage qui est courte afin de prendre en charge le maximum des observations,

La poursuite de ces travaux pour une confirmation des résultats .

Références bibliographiques

- Allain R., 2005. Formation sur la production de sorgho, Document pédagogique, FAO, CF, CRET, FOFIFA, 21-22 février, 1-13.
- André, 1974. Gestion de la fertilité des sols.
- Bruggers R.L. et Jaeger M. M., 1982. Ravageurs des oiseaux et stratégies de protection des cultures pour les céréales des zones tropicales semi-arides d'Afrique. Dans : Sorgho dans les années quatre-vingt. Centre ICRISAT, Patencheru, Inde, ICRISAT, Patencheru, Inde, pp. 303-312
- -CHANTEREAU J. et NICOU R., 1991. *Le sorgho*. Paris, Maisonneuve et Larose, Collection le technicien de l'agriculture tropicale, 159p ;
- Chantereau.etal.1991.Taxonomie du sorgho proceeding.Atelier de formation sur les variétés locales de sorgho.Octobrep10, 14,1994 samanko (mali) ;
- Doggest .1965.The Origin of Sorghum bicolor. II. Distribution and Domestication.P.787
- -FAOSTAT, 2018.<http://faostat.fao.org>;statistique de FAO: données sur les superficie emblavées(en ha), les production(en tonnes) et les rendement(en kg/ha de sorgho 2017;
- Harlan J.R., And De Wet, 1992.A Simplified classification of cultivated sorghum, Crop science 12(2) 172-176.
- -House L. R., 1987. Manuel pour la sélection du sorgho deuxième édition ICRISAT, HYDERABAD, INDE ;
- G.TROUCHE, G.fliedel,J.Chantereau et C.Barro . Productivité et la qualité des grain de sorgho pour le tot en Afrique de l'ouest : les nouvelles voies d'amélioration ;
- Touré A., A.Diallo. , A.O.Touré, 2004. Mise au point de variétés de Sorgho dans une perspective d'utilisation industrielle au Mali, Rapport de Recherche, campagne 2004-2005.
- Toure A.1980.Etude de l'effet Hétérosis Chez le Sorgho auMali,Mémoire de fin d'études cycle Ingénieur d'Agriculture,Institut Polytechnique Rural de Katibougou,Mali.

Annexes

Annexe 1 : Nombre total de feuilles

Fixed term	Wald statistic	ddl	F statistic	F pr
fertilisation	8.56	2	4.28	0.022
date de semis	271.65	2	135.82	<0.001
variété	91.23	1	91.23	<0.001
fert*variété	6.95	4	1.74	0.165
fert*variété	3.73	2	1.86	0.170
date de semis*variété	5.35	2	2.67	0.083
fert*date de semis*variété	2.34	4	0.58	0.676

Annexe 2 : Hauteur des plants

Fixed term	Wald statistic	ddl	F statistic	F pr
fertilisation	40.31	2	20.16	<0.001
date de semis	25.09	2	12.55	<0.001
variété	5.75	1	5.75	0.022
fert* date de semis	3.89	4	0.97	0.436
fert*variété	1.73	2	0.86	0.431
date de semis*variété	0.73	2	0.36	0.698
fert*date de semis*variété	1.53	4	0.38	0.820

Annexe 3 : Rendement fourrage

Fixed term	Wald statistic	ddl	F statistic	F pr
fertilisation	38.57	2	19.29	<0.001
date de semis	51.35	2	25.67	<0.001
DESIGNATION	4.07	1	4.07	0.052
fert*variété	1.74	4	0.44	0.782
fert*variété	4.63	2	2.32	0.114
date de semis*variété	20.59	2	10.30	<0.001
fert*date de semis*variété	19.47	4	4.87	0.003

Annexe 4 : Rendement grain

Fixed term	Wald statistic	ddl	F statistic	F pr
fertilisation	16.61	2	8.30	0,001
date de semis	25.41	2	12.70	<0.001
variété	0.39	1	0.39	0.538
fert* date de semis	8.31	4	2.08	0.105
fert*variété	5.92	2	2.96	0.065
date de semis*variété	0.94	2	0.47	0.630
fert*date de semis*variété	5.15	4	1.29	0.294

Annexe 5 : Image illustrant la méthode de collecte des plants pour les rendements finaux

Ligne1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ligne2	x	1x	x	x	x	x	x	x	4x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ligne3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ligne4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2x	x	x	x	x	x
Ligne5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ligne6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ligne7	x	3x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5x	x	x	x	x	x
Ligne8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Annexe 6 : Sarclage et épandage



Annexe 7 : Récolte



Annexe 8 : Panicule des variétés



Soubatimi



Péke

Annexe 9 : Pèsés des rendements fourrage et grain

