
UNIVERSITE DE N'DJAMENA

N° d'ordre :

FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET APPLIQUEES

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE DE DE BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE,
MOLECULAIRE ET MICROBIOLOGIE(L2BC2M)



MEMOIRE

Présenté par :

DJERMO TALKISSAM

Licencié en Sciences Biologiques

Pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES APPLIQUEES

Parcours : Productions Animales

Sur le thème :

**EFFETS DE DIFFÉRENTS FERTILISANTS SUR LA QUANTITÉ ET LA QUALITÉ DES
FOURRAGES DE « *PENNISETUM SP* » (MARALFALFA) À LA STATION
EXPERIMENTALE DE L'IREN À N'DJAMENA, TCHAD**

Sous la Direction de :

KOUSSOU MIAN-LOUDANANG

Maître de recherche/CAMES

Université de N'Djamena

Année académique 2020/2021

Réalisé et présenté par DJERMO TALKISSAM

DÉDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :

*MON ÉPOUSE **FECKOUA ADAMSOU**, MES ENFANTS*

***DEB-HADI, AWATEBA, AWAILA ET BAIBA**, VU MON ABSENCE AU
PRÈS D'EUX DURANT LA JOURNÉE, MES FRÈRES ET SŒURS.*

*LE DROIT D'AÎNESSE M'OBLIGE À DONNER LE MEILLEUR DE MOI-
MÊME POUR QUE*

*VOUS FRÈRES, PUISSIEZ SUIVRE CET EXEMPLE, POUR FAIRE
MIEUX ET PLUS QUE MOI.*

J'ESPÈRE QUE J'AURAIS ÉTÉ UNE RÉFÉRENCE POUR VOUS.

JE VOUS AIME TOUS.

*À MES PARENTS (**TALKISSAM NGOISSALA ET NOUMRA
CÉLESTINE**),*

*VOTRE ÉDUCATION M'A PERMIS DE RÉSISTER À TOUTES LES
DIFFICULTÉS RENCONTRÉES AU COURS DE MA VIE.*

*VOUS M'AVEZ ÉDUQUÉ DANS LA PATIENCE, À L'OBÉISSANCE, LA
SAGESSE, L'AMOUR, LA PIÉTÉ, LE RESPECT, LE PARDON DU
PROCHAIN, L'HUMILITÉ ET LE TRAVAIL BIEN FAIT.*

POUR CELA, JAMAIS JE NE CESSERAI DE VOUS DIRE MERCI.

REMERCIEMENTS

Mes propres efforts n'ont pas suffi dans la réalisation de ce mémoire. Ainsi, je tiens à présenter ici mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé dans son accomplissement :

Docteur **MAHAMAT SALEH DAOUSSA HAGGAR**, Président de l'Université de Ndjamena. / Maître de Conférences ;

Docteur **NADJITONON NGARMAIN**, Doyen de la faculté de Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de Ndjamena/Maître de Conférences ;

Docteur **DJEKOTA Christophe NGARMARI**, Chef de Département de biologie à la faculté de Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de Ndjamena/Maître de Conférences ;

Docteur **MBAIGNONE Elysée**, Coordonnateur de master en biologie à la faculté de Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de Ndjamena/Maître de Conférences ;

Docteur **ADOUM GOUDJA**, Directeur de l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IRED) de nous 'avoir accepté pour le stage pratique.

Docteur **KOUSSOU MIAN-UDANANG**, Coordonnateur de projet ACCEPT/Maître de Recherches, en tant qu'encadreur pédagogique, durant la réalisation de ce mémoire. Je le remercie pour son dévouement inlassable et sa rigueur scientifique, manifestés tout au long de la durée de mes recherches. Ses précieux conseils, ses encouragements constants, et surtout sa grande disponibilité et compréhension ne m'ont sans cesse incité à persévérer dans mes travaux. Je tiens ainsi à lui exprimer, aujourd'hui et pour toujours, ma reconnaissance la plus sincère. A travers sa personne.

A tous ses collègues chercheurs de l'ACCEPT/IRED : **HASSAN AHMAT Djefil**, **MOUKHTAR YAYA ALHADJ ABBAS**, **Remy COURCIER** (plateforme pastorale), **KOFFI Alinon** (assistant technique de projet ACCEPT) pour leurs soutiens sur le terrain et **DJOMTCHAIGUE BOMARE Herbert**, merci pour son effort dans le cadre de fabrication de bloc multi-nutritionnels.

A tous les ouvriers d'ACCEPT/IRED.

A tous les corps professoraux et administratifs du Département de la biologie.

A toutes les personnes, les Ministères et organismes qui ont accepté de me donner des informations indispensables dans l'élaboration de ce mémoire.

A tous les membres du jury et ceux qui ont participé à la correction de ce document malgré leurs lourdes occupations.

A tous mes camarades de la 1^{ère} promotion de Master en Production Animale. Votre esprit de groupe a été remarquable durant toute la formation.

A tous les fermiers qui nous ont acceptés de faire le stage de pratique professionnelle dans leurs fermes et leurs conseils prodigués pour concrétiser les théories enseignées.

A mes enseignants de primaire, collège, lycée et les études supérieures pour leurs courages à me façonner à ce que je deviens aujourd'hui ce que je suis.

A mes parents spirituels, les amis pour soutiens chaque fois que le besoin se faisait sentir.

Aux éleveurs, et qu'ils chassent face à l'évolution du monde, on progresse vers l'élevage intensif.

Et finalement, je tiens vivement à remercier ma famille qui a beaucoup pris part au soutien moral et financier, durant toute ma scolarisation jusqu'alors.

A notre Seigneur Dieu, Tout Puissant, sans qui nos efforts sont vains.

Que Dieu vous bénisse !

Merci à tous !

Résumé

L'objectif était d'améliorer les connaissances techniques de culture *pennisetum sp* afin de comparer la quantité et la qualité de fourrage produits en fonction de l'effet de fertilisants organique et minéral appliqués, suivre son développement et estimer les coûts de fertilisants. Le dispositif comprend 20 parcelles (de 6m de long, 3m de large) réparties en quatre « groupes » de cinq parcelles à l'IREC/Farcha (N'Djamena /Tchad). Les traitements étaient de 50%, 75%, 100%, 125% et 150% dans les quatre groupes de cinq parcelles. Le matériel végétal était une bouture de Maralfalfa plantée sur des billons de 6m de long, 3m de large et espacées de 0,5m La surface exploitable était 18m² pour chaque parcelle. Le mode opératoire pour la fertilisation après la coupe consistait à nettoyer et irriguer le champ, arranger les billons, épandre l'engrais organique et minéral, mélanger l'engrais organique et minéral et arroser. Les récoltes de fourrage étaient donc effectuées tous les 45 jours. La Maralfalfa est donc une espèce de plante fourragère de bonne valeur alimentaire et de grande production de matière fraîche (27,5 à 37,7t /ha/coupe de MF), quand on l'améliore sa culture avec des fertilisants. Les besoins estimés en fertilisants ont pu augmenter la quantité et la qualité de *Pennisetum sp* (Maralfalfa). Une culture fourragère intensive a besoin de fertilisants pour leur production durable. Elles sont de plus en plus nécessaires, face à l'évolution du milieu et à la diminution des ressources pastorales naturelles. L'éleveur doit être conscient de la fragilité de la ressource qu'il exploite, soit naturelle ou cultivée.

Mots clés : *Pennisetum sp*, Quantité, Qualité, Fertilisants, IREC.

Abstract

The objective was to improve the technical knowledge of *pennisetum sp* cultivation in order to compare the quantity and quality of fodder produced according to the effect of applied organic and mineral fertilizers, monitor its development and estimate fertilizer costs. The scheme comprises 20 plots divided into four "groups" of five at IRED/Farcha (N'Djamena/Chad). Treatments were 50%, 75%, 100%, 125% and 150% in the four groups of five plots. The plant material was a cutting of Maralfalfa planted on ridges 6m long, 3m wide and spaced 0.5m apart. The exploitable area was 18m² for each plot. The procedure for fertilization after cutting was to clean and irrigate the field, arrange the ridges, spread the organic and mineral fertilizer, mix the organic and mineral fertilizer and water. Forage harvests were therefore carried out every 45 days. Maralfalfa is therefore a species of fodder plant of good food value and high production of fresh matter (27.5 to 37.7t / ha / cut of MF), when it is improved its cultivation with fertilizers. Estimated fertilizer requirements may have increased the quantity and quality of *Pennisetum sp* (Maralfalfa). An intensive fodder crop needs fertilizers for their sustainable production. They are increasingly necessary in the face of the changing environment and the decrease in natural pastoral resources. The breeder must be aware of the fragility of the resource he exploits, whether natural or cultivated.

Keywords: *Pennisetum sp*, Quantity, Quality, Fertilizers, IRED

SOMMAIRE

Dédicace	I
Remerciements	II
Résumé	IV
Abstract	V
Liste des photos	IV
Liste des figures	X
Liste des tableaux	XI
Liste des annexes	XII
Les abréviations	XIII
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE	3
1- Généralités sur les fourrages	3
1.1 fourrage	3
1.2 Cultures fourragères	4
1.3 Typologie des cultures fourragères	5
1. 4 Historique et taxonomie de la Maralfalfa	5
1.5 Caractéristiques de Maralfalfa	6
1.6 Pratiques culturelles	6
1.7 Fertilisation	8
1.7.1 L’Azote (N)	9
1.7. 1.1 Son rôle dans la plante	9
1.7.1.2 Les différentes formes d’Azote	9
1.7.2 Le phosphore (P) et son rôle dans la plante	9
1.7.3 Le potassium (K) et son Rôle dans la plante	9
2 -Les principaux atouts pour la production des cultures fourragère	11
2.1 La terre disponible	11

2-2-Ressources en eau.....	11
2.3 Les zones agro-écologiques du Tchad.....	12
a) La Zone soudanienne.....	12
b) La Zone sahélienne.....	13
c) La Zone saharienne	13
 DEUXIEME PARTIE	
3- M ATERIEL ET METHODES.....	14
3. 1 Méthodes	14
3.1.1 Site d'études	14
.3.1.2 Type et période d'études	15
3.1.3 Variables d'études	16
2.1.5 Analyses statistiques	16
3.2 Matériels.....	16
3.2.1 Matériels utilisés	16
3.2.2 Matériel végétal	18
3.2.3 Dispositif expérimental	18
3.2.4 Fertilisation du sol	20
3.2.5 Mode opératoire pour la fertilisation après la coupe.....	22
3.2.6 Irrigation	23
3.2.7 Collecte des informations	23
3.2.7.1 Pesée de biomasse	23
3.2.7.2 Nombre de souches vivantes	24
3.2.7.3 Hauteurs des plantes	24
4 Opération culturale après la coupe	26
5 Analyse bromatologique.....	26

TROIXIEME PARTIE

6- RESULTATS ET DISCUSSION	27
6.1 RESULTATS.....	27
6.1.1 Production de la biomasse.....	28
6.1.2 Rendement annuel.....	28
6.1.3 Mesure des hauteurs des plantes.....	28
6.1.4 Nombre des souches vivantes.....	29
6.1.5 Coûts de fertilisants	30
6.1.6 L'analyse de la qualité de fourrages	32
6.2 DISCUSSION.....	33
CONCLUSION.....	36
REFERENCES.....	37
ANNEXES.....	39

Liste des photos

Photo 1 : fourrage sec.....	3
Photo 2 : fourrage vert.....	3
Photo 3 : Matériel de labour.....	16
Photo 4 : Matériel de coupe	16
Photo 5 : le râteau	17
Photo 6 : L'étuve	17
Photo 7 : Le moulin	17
Photo 8 : La balance à précision	17
Photo 9 : Arrosoir.....	17
Photo10 : Les fertilisants utilisés	18
Photo 11 : Boutures de Maralfalfa	19
Photo 12 : Souches de Maralfalfa en touffe.....	19
Photo 13 : La fertilisation	24
Photo 14 : Les gerbes	25
Photo 15 : La pesée	26
Photo16 : la mesure des hauteurs de plantes	27

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la zone d'étude.....	15
Figure 2 : Dispositif expérimental.....	21
Figure 3 : Courbe de biomasse.....	28
Figure 4 : courbe de hauteur des plantes.....	29
Figure 5 : courbe de nombre de souches vivantes	30

Liste des tableaux

Tableau I : Coût d’engrais organique (bouse de bovins séchés) / coupe	31
Tableau II : cout d’engrais minéral(Urée)	32
Tableau III : Calcul de frais de volume d’eau de traitement 100% par coupe	32
Tableau IV : Analyse de qualité de la première coupe	33
Tableau V : Analyse de qualité de la deuxième coupe	34

Listes des annexes

Annexe 1 : Calcul de fertilisants	XV
Annexe 2 : Fiche de résultat essai n°iv, 1 ^{ère} coupe	XVI
Annexe 3 : suivi du développement des plantes, 1ère coupe	XVIII
Annexe 4 : fiche de résultat essai n°iv ,2 ^e coupe	XIX
Annexe 5 : suivi du développement des plantes, 2 ^e coupe	XXI
Annexe 6 : fiche de résultat essai n°iv 3 ^e coupe	XXII
Annexe 7 : suivi du développement des plantes, 3 ^e coupe	XXIV
Annexe 8 : Les tableaux de résultats sur la biomasse, hauteurs et nombre de souches vivantes	XXV
Annexe 9 : Autorisation de stage.....	XXVI

Les abréviations

ACCEPT : Adapter l'accès aux ressources agro-pastorales dans un Contexte de mobilité et de Changement climatique pour l'Elevage Pastoral au Tchad

APG: Angiosperme Philo Genie

ATP: Adenosine Tri phosphate

Cm : Centimètre

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

CST : Compagnie Sucrière du Tchad

°C : Degré Celsius

DMS : Digestibilité de Matière Sèche

DMO : Digestibilité de Matière Organique

ETP : Evapotranspiration potentielle

EPST : Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique

FSEA : Faculté des Sciences Exactes et Appliquées

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

FCFA : Franc de la Communauté Financière Africaine

g : gramme

ha: hectare

HIB: Heteroingerto Bernal

IRED : Institut de Recherche en Elevage pour le Développement

INSEED : Institut National de la Statistique, des Etudes Economiques et Démographiques

ITRAD : Institut Tchadien de Recherches Agronomiques pour le Développement

Kg : Kilogramme

K: Potassium

Kc : Coefficient

km²:	kilomètre carré
km³:	kilomètre cube
LRVZ :	Laboratoire de Recherche Vétérinaire et Zootechnique
m:	mètre
m² :	mètre carré
m³ :	mètre cube
MAD :	Matière Azoté Digestible
MF :	Matière Fraiche
MS :	Matière Sèche
MEPA :	Ministère d'Elevage et des Productions Animales
N :	Azote
N° :	Numéro
P:	Phosphore
% :	Pourcentage
SP :	Sans Pression
SQB :	Système chimique Biologique
SPIR :	Spectrophotométrie à Infra-Rouge
STE :	Société Tchadienne d'Eau
UF :	Unité fourragère

INTRODUCTION

Tchad, pays d'élevage par excellence, 80% de sa population vivent dans les zones rurales, pratiquent l'agriculture et l'élevage (Nomaye et al., 2008,2016). Le cheptel tchadien est composé surtout des bovins, ovins, caprins et camélidés pour un effectif de 93 803 192 têtes suivant le dernier recensement général de bétail en 2015 (Mopaté et al., 2020). L'élevage est une activité économique et commerciale au Tchad ainsi que dans des nombreux pays.

Les modes d'exploitation d'élevage tchadien sont : le système pastoral transhumant, le nomade et le sédentaire (Sayouba, 2013).

L'augmentation de population humaines et animales et l'appropriation de terre par les sédentaires diminuent la mobilité des pasteurs et provoquent des conflits entre agriculteurs et éleveurs (Pabamé et al., 2010). La saison appelée le « Seif » en arabe (mois de mars à mai) et le « Rouchach » (mois de juin) constituent les périodes difficiles pour les animaux (Koussou, 2004). La principale contrainte que rencontrent les éleveurs tchadiens est l'indisponibilité de fourrages naturels en fin de saison sèche. Tous les systèmes de production végétale et animale sont extensifs au Tchad (ACCEPT, 2020).

Une mauvaise alimentation entraîne une chute de production de lait et des performances de reproduction (Aziada et al., 2021). Chaque année, une période de soudure pastorale pendant laquelle les pâturages et les sous-produits agricoles ne sont plus disponibles avec pour conséquence l'amaigrissement des animaux, chute de la production de lait et importante mortalité et baisse des prix des animaux (Koussou, 2022).

L'éleveur doit atténuer les déficits saisonniers par un approvisionnement de quantité et de qualité de fourrage, car les cultures fourragères irriguées sont nécessaires face à l'évolution du milieu et à la diminution des ressources pastorales naturelles. Dans le Sahel tchadien qui est la zone où l'élevage domine, tous les éleveurs profitent principalement des fourrages naturels qui sont disponibles gratuitement sur de grandes surfaces « ouvertes », (Bénard et al., Hiernaux et al., pour ACCEPT, 2021).

L'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IRED) dans le cadre du projet « Adapter l'accès aux ressources agro-pastorales dans un Contexte de mobilité et de Changement climatique pour l'Elevage Pastoral au Tchad » (ACCEPT) a mené depuis Juillet 2020 un essai de comparaison de cinq espèces des plantes fourragères irriguées (*Pennisetum sp* (Maralfalfa), *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Brachiaria ruzizensis* et *Sorgho fourrager* (Abu sabéen). La Maralfalfa (*Pennisetum sp*) est la nouvelle espèce d'origine Sud-

américaine obtenue au Sénégal, qui a semblé la plus prometteuse (ACCEPT, 2021). La Maralfalfa (*Pennisetum sp*) étant une culture nouvelle au Tchad, IRED a mené des essais sur les techniques des cultures de cette plante. Les essais souhaités sont, les effets de différents rythmes de coupe, les effets de différents volumes d'eau d'irrigation et les effets de différents fertilisants sur la quantité et la qualité des fourrages de *Pennisetum Sp* (Maralfalfa) à la station expérimentale de l'IRED à N'Djamena (Tchad).

Les effets de différents fertilisants sur la quantité et la qualité des fourrages de *Pennisetum Sp* (Maralfalfa) font l'objet de mon travail.

La fertilisation est un ensemble des techniques d'apports de fertilisants visant à maintenir ou à augmenter la fertilité d'un sol, pour placer les plantes cultivées dans les meilleures conditions d'alimentation. (Knoden, 2007).

Cette étude a pour objectifs :

Objectif global

Contribuer à l'amélioration des connaissances techniques des cultures fourragères irriguées de haute productivité (Maralfalfa (*Pennisetum Sp*)) pour appuyer l'éventuel développement au Tchad.

Objectifs spécifiques :

- Comparer la quantité des fourrages produits, en fonction des quantités de fertilisants apportées à la culture ;
- Comparer la qualité des fourrages produits, en fonction des quantités de fertilisants apportées à la culture ;
- Suivre le développement végétatif des plantes ;
- Estimer dans chaque cas les coûts de la fertilisation en fonction des quantités produites.

Notre document est structuré en trois parties après une brève introduction :

- Présentation du contexte général sur les fourrages;
- Méthodologie et matériels utilisés ;
- Résultats attendus, discussion, conclusion et perspectives.

PREMIERE PARTIE : Revue de Littérature

1 Généralités sur les fourrages

1.1 Fourrage

Un fourrage est, dans les domaines de l'agriculture et de l'élevage, une plante ou un mélange de plantes utilisé pour l'alimentation des animaux (bovins, caprins, ovins, équins, mais également pour porcins, camélidés, canards, oies, lapins, etc.). Il s'agit des parties végétatives (feuilles, tiges) de la plante (Ministère de l'agriculture, 2013).

Les fourrages naturels tropicaux sont carencés en azote. La valeur azotée des graminées baisse rapidement avec l'âge de la repousse. Un déficit nutritionnel est constaté durant la saison sèche. En zone humide, la fin de la saison des pluies est aussi une épreuve pour le bétail, car si l'herbe y est abondante, sa valeur azotée est dérisoire. En saison sèche s'ajoute encore des difficultés d'approvisionnement en sous-produits riches en protéines (César, 2004).



Photo 1 : fourrage sec



Photo 2 : fourrage frais

1.2 Cultures fourragères irriguées

Les cultures fourragères sont des productions agricoles destinées à l'élevage. Elles relèvent de l'agronomie et servent aux productions animales. Elles produisent des éléments nutritifs pour les animaux et sont importantes dans la gestion des ressources naturelles.

Le choix des cultures fourragères est fait selon l'espèce, sa composition et son apport pour l'animal. En effet, la production des cultures fourragère donne à l'éleveur la possibilité de gérer les apports alimentaires de son troupeau. Elles permettent d'améliorer les performances des animaux.

Leurs introductions peuvent concerner aussi les milieux naturels (dont les espèces fourragères sont issues) que les espaces cultivés (intensification en irrigué). Elles sont de plus en plus nécessaires, face à l'évolution du milieu et à la diminution des ressources pastorales naturelles. La place des productions fourragères est prépondérante. Elles peuvent être classées comme temporaires ou permanentes. Les premières sont pratiquées et récoltées comme n'importe quelle autre culture. Les cultures fourragères permanentes correspondent à des terres occupées en permanence (c'est-à-dire pendant cinq ans ou plus) par des plantes fourragères herbacées, qu'elles soient cultivées ou sauvages (Ministère de l'agriculture, 2013 et 2020).

Les espèces fourragères cultivées, ont été repérées dans les milieux naturels par ce qu'elles étaient consommées par le bétail. Elles se répartissent en deux grandes familles botaniques, les graminées et les légumineuses. Leurs biologies ainsi que les exigences techniques pour les cultiver sont différentes. On trouve environ 10 000 espèces de graminées et 17 000 espèces de légumineuses. Les graminées fourragères sont la plupart héliophiles, c'est-à-dire qu'elles poussent en plein soleil, en terrain un peu ombragé. (Henri, 2014).

La disponibilité et la qualité des fourrages étaient la contrainte majeure du développement de l'élevage (Hiernaux et al., 2015). Depuis longtemps, des tentatives d'introduction de plantes fourragères cultivées ont été faites dans de nombreux pays d'Afrique tropicale. Comme toute culture, celle des plantes fourragères nécessite des techniques appropriées. Au Tchad, plusieurs tentatives d'introduction des plantes fourragères ont eu lieu à l'initiative de divers services chargés du développement rural (Koussou, 2022).

L'avantage essentiel de la production fourragère en irrigué est de lever la principale contrainte du rendement. En effet, la maîtrise de l'eau combinée aux autres facteurs du rendement (fumure) assure à coup sûr l'optimisation des rendements des cultures irriguées (Ministère de l'agriculture, 2013).

Les essais effectués en 2021 à l'IRED, nous ont montré que l'espèce de l'herbe fourragère cultivée la plus prometteuse semble la Maralfalfa (*Pennisetum sp*) (ACCEPT, 2021). Les éleveurs tchadiens ne s'intéressaient pas à la production de culture fourragère. C'est maintenant qu'ils sont conscients de la valeur fourragère cultivée pour le bétail vu la production de la Maralfalfa qui donne l'envie d'élever des bétails.

1.3 Typologie des cultures fourragères

Les cultures fourragères peuvent être classées comme temporaires ou permanentes. Les cultures fourragères permanentes correspondent à des terres occupées en permanence (c'est-à-dire pendant cinq ans ou plus) par des plantes fourragères herbacées, qu'elles soient cultivées ou sauvages et peuvent comprendre certaines parties de terres forestières si elles sont utilisées comme pâturages.

Les cultures temporaires pratiquées de manière intensive avec plusieurs coupes par an comprennent trois groupes principaux :

- les graminées y compris les céréales récoltées vertes (sorgho, maïs, mil), elles sont riches en cellulose brute, matières azotées brutes et quelques sels minéraux ;
- les légumineuses y compris celles récoltées vertes (niébé, arachide) riche en protéines et en sels minéraux. Elles possèdent une propriété essentielle, celle de capturer l'azote atmosphérique et de le fixer dans des nodosités situées sur les racines, grâce à des bactéries du genre *Rhizobium*. Ce qui leur donne trois grandes qualités : elles fournissent un fourrage riche en protéines, ne nécessitent pas de fertilisation azotée et procurent un effet améliorant sur la fertilité du sol (César et al., 2004).
- les racines (betterave à sucre) cultivées pour l'affouragement riches en amidon et en sucre et pauvres en fibres, ce qui les rend particulièrement digestes.

Les fibres que contiennent la plupart des cultures fourragères se composent de cellulose (polysaccharide complexe d'hydrates de carbone) non assimilable pour les humains, mais qui constitue une bonne source d'énergie pour les animaux, et en particulier les ruminants.

Ces trois types de cultures sont donnés aux animaux soit comme fourrage vert, soit sous forme de foin (c'est-à-dire que les plantes sont récoltées sèches ou séchées après la récolte), soit sous forme de produits d'ensilage.

1. 4 Historique et taxonomie de la Maralfalfa.

La Maralfalfa (*pennisetum sp*) est un pâturage amélioré d'origine colombienne créé par le Père José Bernal Restrepo, Prêtre Jésuite, Généticien Biologiste né à Medellín le 27 novembre 1908, en utilisant son système Chimique Biologique (SQB) appelé Heteroingerto Bernal (HIB)

Comment le Père José Bernal va-t-il obtenu la Maralfalfa ?

Le 4 octobre 1965, le Père José Bernal, à l'aide de son système Biologique Chimique, croise l'herbe à éléphant Napier (*Pennisetum purpureum*), originaire d'Afrique, et l'herbe Paspalumy, il obtient une variété qu'il nomme **Gramafant**.

Plus tard, le 30 juin 1969, en utilisant le même Système Chimique Biologique, a croisé l'herbe de Gramafant (Elephant et Grama) et l'herbe appelée Guaratara (*Axonopus Purpussi*) originaire de la plaine colombienne. Il obtient la variété qu'il appelle « **Maravilla** ou **Gramatara** ». De là, le Père Bernal, utilisant à nouveau son SQB, a croisé l'herbe de Maravilla ou Gramatara et la luzerne péruvienne (*Mediated Sativa Linn*) avec l'herbe du Brésil (*Phalaris Azudinacea Linn*) et l'herbe résultante qu'il a nommée « **Maralfalfa** (Florian, 2015). *Cenchrus purpureus* est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des Poaceae,

Classification Angiospermes Philo-Génies (APG III, 2009)

Règne : Plantae

Classe : Angiospermes

Ordre : Poales

Famille : Poaceae

Sous-famille : Panicoideae

Super-tribu : Panicodae

Tribu : Paniceae

Sous-tribu : Cenchrinae

Genre : Pennisetum

Espèce : *Pennisetum purpureum* (*pennisetum sp*)

Source : Schumach. Morrone, 2010

1.5 Caractéristiques de la Maralfalfa

L'herbe de Maralfalfa est une graminée tropicale de haute qualité qui a un potentiel fourrager pour les ruminants (Clavero et al., 2021). La Maralfalfa (*Pennisetum sp*) est une graminée avec une grande capacité à produire un fourrage de bonne qualité nutritionnelle. De par son rendement, il permet d'augmenter la charge de bétail par hectare.

C'est une herbe douce très peu ligneuse. C'est un fourrage appétant et sucré qui peut remplacer l'utilisation de mélasse. La Maralfalfa se développe dans des sols limono-argileux et limono-sableux, quand le climat est relativement sec et le Ph du sol autour de 4,5 à 5. La principale originalité est l'effet en protéines brutes (17%) de la matière sèche. Nous connaissons l'importance des protéines (production de viande et lait) dans l'alimentation animale et les coûts élevés des aliments qui fournissent les protéines pour les animaux (tourteaux et concentrés) qui existent sur le marché. Avec cette culture, la différence de coûts pour obtenir la ration quotidienne de l'énergie et des protéines pour nourrir votre bétail est énorme, réduisant considérablement les coûts de votre exploitation. La durée de vie de cette culture est de 10 à 15 ans selon la manipulation et les soins apportés. Étant une culture pérenne dans les zones irriguées, elle ne supporte pas l'excès d'eau. Ce qui rend cette culture très intéressante pour tous les types d'élevage (bovins laitiers, bovins à l'engrais, ovins et caprins, équidés, etc.)

Productions de Maralfalfa (Etudes à ACCEPT en 2021) :

- Matière fraîche (MF) maximum : 150 tonnes à 250 tonnes/ha/an
- Matière sèche (MS) maximum : 35 tonnes à 55 tonnes/ha/an
- Unités fourragères (énergie) : 0,50 à 0,55 UF/kg de MS
- Protéines Brutes, % PB (matières azotées = protéines) : 10 à 16 %

1.6 Pratiques culturales

- Défrichage du champ ;
- Un labour profond (25 cm) à la charrue ou le tracteur ;
- Le nivellement du sol ;
- La Construction des planches avec des billons ;
- La Plantation de boutures ;
- L'irrigation ;
- La fertilisation.

1.7 Fertilisation

L'amélioration des ressources fourragères porte sur les masses et la qualité de fourrage produites. La fertilisation est un ensemble des techniques de fumure visant à maintenir ou à augmenter la fertilité d'un sol, pour placer les plantes cultivées dans les meilleures conditions d'alimentation. Elle est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments nécessaires au développement de la plante et l'entretien ou l'amélioration de la vie du sol. Elle est donc l'un des facteurs les plus importants qui agissent sur le rendement des cultures. Le sol s'épuise quand il donne plus qu'il ne reçoive.

Il existe trois grandes lois de fertilisation :

- Compenser les exportations

Les exportations d'éléments minéraux par les récoltes doivent être compensées par des restitutions pour éviter l'épuisement du sol.

- Loi du minimum

Le rendement d'une culture est fixé par le niveau de l'élément le plus limitant. Pratiquement, c'est souvent l'azote qui a l'action la plus marquée. Les autres éléments nutritifs peuvent cependant aussi devenir limitant.

- Loi des accroissements moins que proportionnels (loi de Mitscherlich)

Les augmentations de rendement obtenues par application de doses croissantes d'un élément fertilisant sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que les doses apportées augmentent (loi de Mitscherlich)

Le pH du sol joue un rôle important dans la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes. Selon le caractère plus ou moins acide ou basique du sol, certains éléments sont plus ou moins assimilables. Ainsi, des valeurs de pH comprises entre 6,2 et 6,6 représentent un bon résultat (Knoden et al., 2007).

Les différents pH du sol sont :

- acide : < à 5.8
- légèrement acide à neutre : compris entre 5.8 et 6.5
- basique : voisin de 7 ou plus (Guignand, 2016).

Les éléments minéraux contenus dans les fertilisants organiques (exemple de bouses de bovin séchées du Tchad) : azote(N) = 12 ,0 kg/t, phosphore(P) = 6,4 kg/t, potassium (k)=21,6 kg/t (ACCEPT, 2021).

1.7.1 L’Azote (N)

1.7. 1.1 Son rôle dans la plante

L’azote entre dans la composition des protéines, et de la chlorophylle. C’est aussi un élément essentiel de la constitution des cellules. Il est le principal facteur de croissance des plantes. Il joue également un rôle sur la qualité puisqu’il influence sur le taux de matières azotées des végétaux. L'azote joue un rôle dans le développement de l'appareil végétatif (feuillage), le lieu de synthèse des hydrates de carbone par le phénomène de photosynthèse.

1.7. 1. 2 Les différentes formes d’azote

Dans les engrais, l’azote se présente sous trois formes.

- **Azote nitrique** : le nitrate (NO_3) est directement assimilable par les plantes.
- **Azote ammoniacal** : les ions ammonium (NH_4^+) doivent être transformés en nitrate par la flore bactérienne du sol pour être assimilable.
- **Azote uréique** : de forme plus complexe ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), il doit être hydrolysé en ammonium puis transformé en nitrate pour être assimilable.

1.7.2 Le phosphore (P) et son rôle dans la plante

Composant central de l’ATP et des acides nucléiques constituant de la plante, le phosphore a un rôle physiologique essentiel. Il influence sur la multiplication cellulaire et sur les transferts d’énergie dans la plante.

1.7.3 Le potassium (K) et son rôle dans la plante

Le potassium a un rôle essentiel dans les mécanismes de régulation des échanges gazeux et l’intensité de la photosynthèse. Il assure aussi le maintien du port des plantes. De ce fait, les éléments chimiques issus de la décomposition des engrais apportés ont dû enrichir le sol et occasionner les meilleurs rendements chez la plante fertilisée. L'apport d'engrais mettrait plus facilement les éléments minéraux à la disposition de la plante, favorisant ainsi sa croissance et le bon développement de ses organes végétatifs (Imrani et al., 2014, Guignand, 2016).

En effet, certains sols sont plus fertiles que d'autres naturellement. Or, même les sols riches en nutriments vont finir par s'appauvrir s'ils sont l'objet de culture intensive. Lorsque l’on

cultive, les cultures puisent dans le sol divers éléments nécessaires à leur croissance. Si on ne comble pas ses pertes régulières, le sol va s'appauvrir lentement, les récoltes vont diminuer, des problèmes de croissances de carence ou des maladies vont apparaître.

Les besoins en azote des plantes fourragères étant important, une gestion efficace est nécessaire. L'application des fertilisants après chaque coupe permet de combler les prélèvements et ses exportations et de redémarrer rapidement le cycle de production de la plante.

Comme pour toute culture, la fertilisation des champs doit permettre de couvrir au mieux les besoins des plantes en veillant à ne pas appauvrir les sols, ni à exagérer les apports. La rentabilité n'implique pas nécessairement la recherche de la production la plus élevée possible. Il faut plutôt viser l'autonomie en alimentation animale, avec une quantité et une qualité de fourrages répondant aux besoins du cheptel, tout en préservant l'environnement.

Le sol est un bien écologique vital qui renouvelle continuellement sa capacité de rendement. Si nous ne tenons pas assez compte de ses besoins, il en souffre, perd sa vitalité, devient plus sensible aux conditions météorologiques et à l'érosion et fournit des récoltes moins abondantes. La nécessité d'améliorer la fertilité du sol est ressentie par tous les paysans, certainement d'une façon bien plus cruciale que celle d'améliorer l'alimentation des animaux. Dans un sol sain, les êtres vivants qui l'habitent transforment efficacement les engrais en rendement impressionnant, fabriquent de l'humus, protègent les plantes contre les maladies et rendent le sol grumeleux. Ce genre de sol est facile à travailler, absorbe bien l'eau de pluie résiste efficacement à la pluie violente et à l'érosion.

Pour évaluer la fertilité du sol, l'on observe les plantes, la surface du sol, le sol et ses habitants. Quand une espèce ou un groupe d'espèces de plantes ne peut plus être cultivé normalement sur une parcelle après un intervalle de culture de trois à quatre ans, le phénomène est appelé fatigue du sol. La nature fertile du sol a besoin d'une nature humaine fertile, et les sols cultivés ont besoins d'hommes cultivés. Cela complète la maxime « sols sains, plantes saines, animaux et hommes sains ». Plus la fertilité du sol est élevée et plus elle s'auto entretient, plus les plantes sont à même de tolérer le stress et de résister aux conditions météorologiques extrêmes. L'amélioration de la fertilité du sol est une valeur fondamentale pour les agriculteurs (Bio SUISSE, 2013).

2. Les principaux atouts pour la production fourragère

2.1 La terre disponible

Le Tchad dispose d'un potentiel des terres cultivables de 39 millions d'ha, représentant 30% du territoire national et 5.6 millions d'ha de terres irrigables, soit 44,6 millions d'ha de terre à exploiter dont 335. 000 ha sont facilement irrigables. Sur l'ensemble de ces terres on peut faire de la culture fourragère irriguée. Les superficies cultivées annuellement sont d'environ 3 millions d'ha, dont les 2/3 sont cultivés en zone sahélienne et le 1/3 en zone soudanienne, représentant à peine 1 % des potentialités du pays.

Cependant, une attention particulière doit être portée sur le potentiel des terres facilement irrigables déjà identifiées dans le pays qui s'élève à environ 335.000 ha, répartis autour du Lac Tchad (90.000 ha), dans la vallée du Chari-Logone (80. 000 ha), dans les ouadis du Kanem et Lac (10. 000 ha) et autour du Lac Fitri (15. 000 ha) dans la zone sahélienne et dans la vallée du Chari (20. 000 ha) et dans celle du Logone (115. 000 ha) en zone soudanienne. Ces terres facilement irrigables peuvent être regroupées en terres de décrue, terres des zones des plaines inondables, les polders et les Ouadis (FAO, 2013).

2.2 Les ressources en eau

Le Chari prend sa source en République centrafricaine et est constitué par le Bamingui, le Gribingui, et le Bangoran (bassin de 80 000 km² en République centrafricaine). Le Bahr Aouk (bassin de 100 000 km²) le rejoint ensuite. Les débits moyens annuels du Chari à Ndjamena étaient de 39,1 km³ pour la période 1950-1971 et 21.8 km³ pour 1972-2000. On observe donc une tendance à la diminution des débits, depuis le début des années 1960 jusqu'au faible niveau de 1984-1985.

Le Logone prend sa source au Cameroun et est formé de la Vina et de la Mbéré. Il reçoit la Lim (45 000 km²), la Nya (3 000 km²) et la Pendé (15 000 km²).

Le bassin du Mayo - Kébbi, affluent de la Bénoué, qui constitue le trait d'union entre les bassins du Tchad et du Niger.

Le bassin du Batha, fleuve temporaire qui coule environ trois mois par an et apporte au lac Fitri un volume d'eau de l'ordre de 1-2 km³/an avec des fortes irrégularités interannuelles.

Le lac plus important est le Lac Tchad. Dans les années 1960, sa surface mesurait 19 000 km² et sa côte 281.5 m. Le lac s'étend sur quatre pays riverains (Tchad, Niger, Nigeria,

Cameroun). Actuellement, il existe des zones couvertes de végétation marécageuse qui sont inondées saisonnièrement ou en permanence. Le Lac Tchad s'est complètement asséché en 1985, c'est pourquoi sa surface en eau varie entre 0 (1985, 1987, 1988) et 7 000 km² (1979, 1989 et 2000) suivant les années. Les lacs Fitri, Léré, Iro et Toupouris sont plus petits.

Les eaux de surface ne dépendent que de la pluviométrie caractérisée par une forte variabilité. Les ressources renouvelables internes des eaux de surface sont estimées à 13,5 km³/an. Le Tchad dispose d'importantes ressources en eau souterraine. On rencontre de vastes régions constituées de formations sédimentaires (sables, grès), sièges d'aquifères continus sous forme de nappes libres et de nappes profondes captives ou semi-captives. Ces aquifères représentent près des trois quarts de la superficie totale du pays ; ils sont repartis dans les trois zones géo climatiques, mais se situent principalement au Nord, à l'Ouest et au Sud du Tchad. Les ressources renouvelables des eaux souterraines sont estimées annuellement à près de 11,5 km³. Considérant une partie commune entre eaux de surface et eaux souterraines, estimée à 10 km³/an, les ressources renouvelables totales internes seraient de 15 km³. Le débit moyen d'eau qui entre dans le pays actuellement par le Chari est estimé à 28 km³/an, ce qui donne une quantité totale de ressources renouvelables de 43 km³/an (FAO, 2005).

2.3 Les zones agro-écologiques du Tchad :

Le territoire du Tchad est partagé en trois zones agro-écologiques caractérisées par des conditions climatiques et agricoles différentes, largement influencées par une pluviométrie, qui varie du Nord au Sud. Ces zones agro-écologiques, avec des potentialités naturelles et productives spécifiques sont, du Sud au Nord, la zone soudanienne, la zone sahélienne et la zone saharienne.

a) La Zone soudanienne

La zone soudanienne s'étend sur environ 10% du territoire national et est caractérisée par des systèmes de production diversifiés, associant les cultures vivrières (céréales, légumineuses, oléagineux et tubercules) et la culture du coton à un élevage de petits ruminants et des animaux(bœufs) de trait, auquel s'ajoute un élevage transhumant, avec une tendance à la sédentarisation de plus en plus marquée.

b) La Zone sahélienne

Elle occupe 43% du territoire national et doit son hétérogénéité à une pluviométrie variante entre 100 et 600 mm Les systèmes de production sont de type agropastoral et pastoral,

caractérisés par l'association d'une agriculture pluviale à un élevage transhumant constitué de troupeaux de petits ruminants, de bovidés et dans une moindre mesure, de dromadaires. La zone sahélienne est la zone d'élevage par excellence, cependant l'agriculture y est largement pratiquée. Le riz et les produits maraîchers sont cultivés dans les bas-fonds, les ouadis et tout au long du fleuve Chari.

c) La Zone saharienne

Cette zone qui s'étend sur 47% de la superficie du pays est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 100 mm et un système oasien complexe associant production de dattes, agriculture irriguée de subsistance, petit élevage sédentaire et élevage camelin transhumant. En plus du palmier dattier, on y pratique la culture des arbres fruitiers, du blé, mil, des légumes, et des cultures fourragères pour couvrir les besoins des exploitants locaux. Cette zone est prédisposée à un système d'intégration agriculture/élevage intensif du fait des espaces agricoles limités et d'importantes ressources en eau artésiennes facilement exploitables par les méthodes d'irrigation modernes. L'élément déterminant de l'organisation structurante de l'espace naturel et de la société est dictée par la disponibilité d'eau. L'eau oblige les populations à se regrouper sur des petites superficies autour des oasis, où les densités atteignent des niveaux que ne peut traduire la densité moyenne normale de la population en milieu saharien généralement la plus faible du pays. L'agriculture y est pratiquée dans les oasis et l'élevage se limite aux camelins, aux caprins et aux asins.

DEUXIEME PARTIE

3. MATERIEL ET METHODES

3.1 METHODES

3.1.1 Site d'études

L'étude a été faite dans la ville de N'Djamena, capitale du Tchad. Situé au Centre Ouest du Tchad entre 14°58'0'' et le 15°9'0'' Est de Longitude et le 12°1'0'' et 12°13'0'' Nord de Latitude, a environ 280 mètres d'altitude (Adibord, 1998). Les températures moyennes mensuelles sont de 28°C à 42°C le jour, selon les mois, pouvant toutefois chuter la nuit à 14°C. Les maximas des pluies dans l'année se situent en juillet/août. On distingue deux saisons pour les zones sahéliennes : Plus précisément cette étude a été menée au sein de l'Institut de Recherche en Elevage pour le Développement (IRED) dans le quartier Farcha (1^{er} Arrondissement) N'Djamena (Tchad) d'octobre 2021 à mars 2022. L'IRED est limité au Nord par le Ministère d'Elevage et de la production Animales (MEPA), la Faculté des Sciences Exactes et appliquées (FSEA) et le cimetière de Farcha, au Sud par le fleuve Chari à l'Ouest par le commissariat du 1^{er} Arrondissement, l'école pilote de Farcha, et à l'Est par la Société Sucrière du Tchad (CST).

Farcha se trouve la zone sahélienne où la pluviométrie est comprise entre 300 et 600 mm/an, avec une température moyenne 28,7°C et caractérisé par deux saisons nettement distinctes (saison des pluies de juin à septembre et saison froide et sèche d'octobre à mai) (FAO, 2005).

- Une saison des pluies de juin à septembre ;
- Une saison sèche d'octobre à mai.

Les sols du lieu d'implantation sont tous de type argilo- sableux et argileux (argile gonflante) et contiennent des nodules calcaires. Le sol de la parcelle à proximité du fleuve Chari est une alluvion profonde (plus d'un mètre) avec une teneur élevée en sable (45% - 55%), pH 6 à 6,5, taux de matière organique de 1,5 à 1,9 % analyses faites par l'Institut Tchadien de Recherches Agronomiques pour le Développement (ITRAD) en 2020 pour le projet ACCEPT

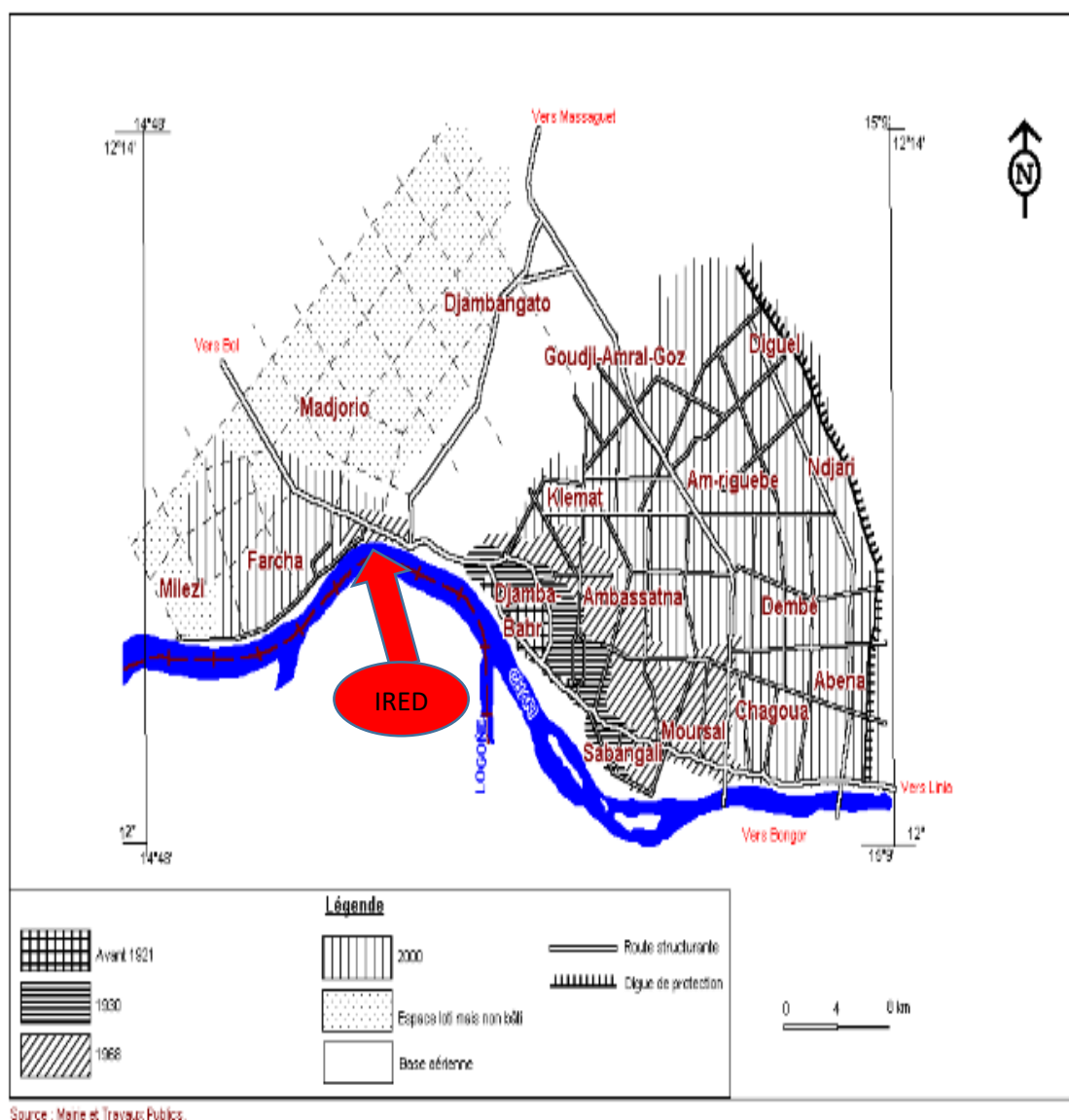


Figure 1 : Carte de la zone d'études

3.1.2 Type et période d'études

Il s'agit d'un essai agronomique en station expérimentale de l'IRED, parcelle 2 d'ACCEPT, qui s'est déroulé du 25 Octobre 2021 au 28 Mars 2022.

L'étude s'est déroulée à la parcelle 2 d'ACCEPT, portée sur l'essai, quatre groupe de cinq parcelles chacun, de 6m de long et 3m de large. Sur chaque billon ont été plantées 12 boutures de Maralfalfa espacées de 0,5m, soit 72 boutures par parcelle.

3.1.3 Variables d'études

Effet de fertilisants sur la production de biomasse, le nombre de souches vivantes, la hauteur des plantes et le coût de fertilisants considérés comme variables d'étude.

3.1.4 Analyses statistiques

Les données collectées ainsi que les différents calculs de biomasse et qualité nutritionnelle ont été saisies dans Excel et Word version 2010. Ensuite, les données ont été soumises à une analyse de variance.

3.2 Matériels

3.2.1 Matériels utilisés :

La houe, la pioche, la pelle, le gant, la blouse, le cache nez, les chaussures de sécurités, la faucille, la cisaille, le trépied, la corde, le peson, l'enveloppe A4, le tuyau, l'arrosoir, le forage, le moulin, l'étuve, la balance à précision, l'appareil photo, la brouette, le râteau, l'urée et les bouses de bovins séchés.

Quelques photos de matériels utilisés :



Photo 3 : Matériel de labour



Photo 4 : Matériel de coupe



Réalisé et prés



Photo 5 : le râteau

Photo 6 : L'étuve



Photo 7 : Le moulin



Photo 8 : La balance à précision



Photo 9 : Arrosoir



L'engrais organique
bouses séchées en
poudre

L'engrais
minéral(urée)

Photo 10 : Les fertilisants utilisés

3. 2.2 Matériel végétal

C'est une bouture de Maralfalfa que l'on coupe avec trois nœuds et qui sera plantée de façon oblique tout en laissant un nœud dehors sur les billons préparés à cet effet.



Photo 12 : Souches de Maralfalfa
en touffe

Photo11 : Boutures de Maralfalfa

3.2.3 Dispositif expérimental

C'est une zone qui mesure 60 mètres de long et 30 mètres de large a été préparée, c'est-à-dire déboisée, clôturée, système d'irrigation installé. Une plantation était faite en juin avant essai et c'est après la première coupe qu'on a démarré avec l'essai pour effectuer de comparaison de dose de fertilisants des productions d'un fourrage irrigué le *Pennisetum sp* (Maralfalfa).

Pour cet essai, le dispositif comprend 20 parcelles réparties en quatre « groupes » de cinq. Chaque parcelle mesure 6 m de long et 3 m de large.

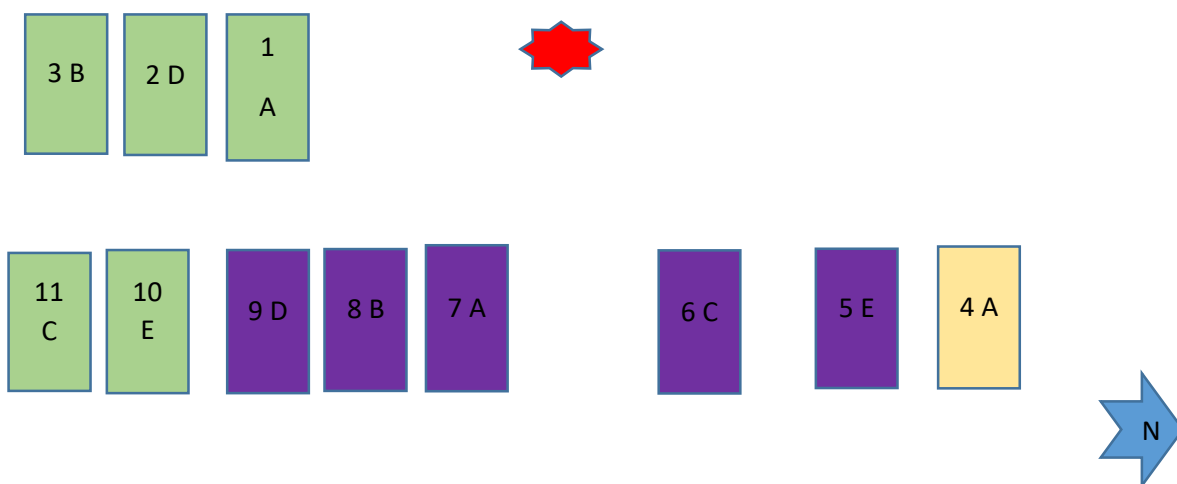
Des tirages au sort (disponible sur le site Web) de 5 lettres ont permis la répartition de l'ordre du placement des divers cinq traitements dans les divers groupes de parcelles (exemple de tirage au sort pour 5 parcelles d'un groupe) : 1) ADBCE, 2) DBACE, 3) ABCDE, 4) ABDEC. Le groupe est un ensemble de cinq parcelles, chacun avec un traitement différent

Les groupes se composent des parcelles suivantes :

- Le groupe1 (1, 2, 3, 11,10), avec le traitement respectif 50%, 125%, 75% ,100% et 150% des besoins estimés en fertilisants ;
- Le groupe 2 (9, 8, 7, 6, 5), avec le traitement respectif 125%, 75% ,50%,100% et 150% ;
- Le groupe 3 (4, 12, 13, 14, 15), avec le traitement 50% ,75% ,100%, 125% et 150% ;
- Le groupe 4 (16, 17, 18, 19, 20) avec le traitement 50%, 75%, 125% ,150% et 100%.

La surface exploitée de chaque parcelle est de 18 m².

La parcelle est une planche fermée comportant six billons et six sillons de six mètre de long et distants de 0,5 m et hauts de 0,3 m. Sur chaque billon ont été plantées 12 boutures (fragment de tige que l'on coupe avec trois nœuds et plante de façon oblique) de Maralfalfa espacées de 0,5 m, soit 72 boutures par parcelle.



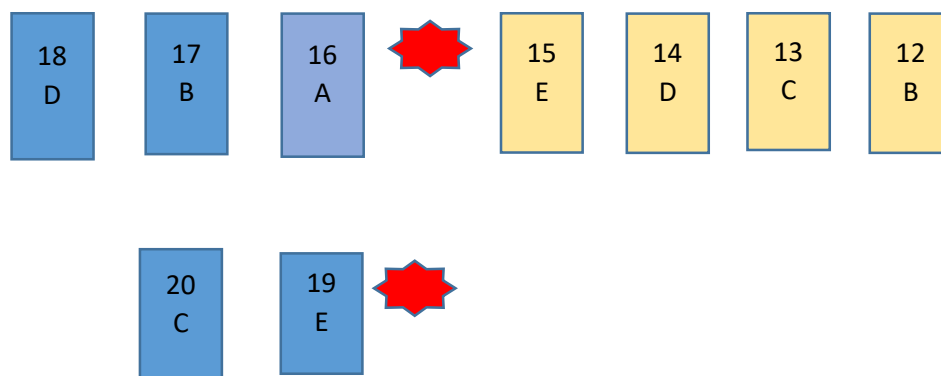
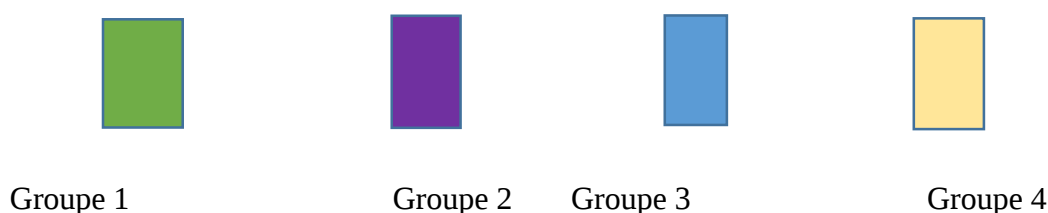


Figure 2 : Dispositif expérimental



Traitements : A = 50%, B = 75%, C = 100%, D = 125%, E=150%



3.2.4 Fertilisation du sol

Avant la plantation des boutures de Maralfalfa en Juin 2021, un apport de bouses de bovins séchées réduites en poudre à raison de 2 kg par m² soit 36 kg par parcelle a été effectué comme fertilisation de fonds afin de réduire les hétérogénéités observées à divers endroits du site [Source](#).

En se basant sur les analyses moyennes des taux de minéraux exportés (% matières sèches) de Pennisetum, on peut considérer que chaque exportation d'une tonne de MS le sol perd :

- Pour chaque tonne de MS de fourrage exportée les éléments minéraux sont :
 - Azote (N) : 17,6 kg
 - Phosphore (p) : 2,3 kg
 - Potassium (kg) : 9,5 kg [Source](#)

- Pour un rendement moyen de 40 tonnes de MS par hectare et par an les minéraux exportés sont :
 - Azote (N) : $17,6 \times 40 = 704 \text{ kg}$
 - Phosphore(P) : $2,3 \times 40 = 92 \text{ kg}$
 - Potassium (k) : $9,5 \times 40 = 380 \text{ kg}$?????Source

Les estimations d'exportations des éléments N, P, K à prévoir pour un rendement « moyen » de 40 tonnes de MS/ha/an de Maralfalfa faites à partir des analyses CIRAD pour ACCEPT sont par hectare et par an de : 704 kg d'azote (N), 92 kg de Phosphore (P), 380 kg de Potassium(k).

Pour compenser ces exportations de N P K par hectare et par an, les besoins en fertilisants sont considérés sur cette base.

Par ailleurs les analyses au CIRA D des quantités des éléments fertilisants (N P K) dans les échantillons des bouses de bovins séchés acheté par l'IRED comme fertilisants (envoyés par ACCEPT en juin 2021) ont été : N azote 12,0g/kg de MS, P phosphore 6,4g/kg de MS et K potassium 21,6g/kg de MS.

Un apport total annuel de $1,6 \text{ kg/m}^2$ (16 tonnes/ha/an) de bouses de bovins séchées réduites en poudre constitue une fertilisation de : 192kg d'azote(N), 102,4kg de phosphore(P) et 345,6kg de potassium (K). Les apports en phosphore et potassium apparaissent suffisants mais 500kg d'azote/ha/an manquent.

Le taux d'azote dans l'urée commercial étant de 48%(480kg), un total de 1100kg d'urée/ha/an soit $0,11 \text{ kg/m}^2/\text{an}$ d'urée a été considéré comme l'apport additionnel permettant de correspondre aux besoins en fertilisants des cultures. Il a été réalisé par des apports partiels régulièrement répartis dans les parcelles, une semaine après chaque coupe. Chaque traitement (groupe) a quatre parcelles.

Pour l'essai « quantités de fertilisants » pour les cinq traitements, après chaque coupe, un épandage de :

a) 50% des besoins en fertilisants des cultures :

- Engrais organique (bouses de bovins séchés), a été utilisé 28,8 kg (36 coros) / groupe (4parcelles) en raison de 7,2kg (9 coros) / parcelle, 1,2kg (1,5 coros) / sillons.
- Engrais minéral (urée) 1,8kg/groupe (4 parcelles) en raison de 0,45kg / parcelle, 0,075kg/sillons.

b) 75% des besoins en fertilisants des cultures :

- Engrais organique, 43,2 kg (54 coros) /groupe (4 parcelles) en raison de 10,8kg (18 coros) / parcelle, 1,8kg (3 coros) / sillons.

- Engrais minéral (urée), 2,7 kg/groupe (4 parcelles) en raison de 0,675 kg / parcelle, 0,1125 kg/ sillons.

c) 100% des besoins en fertilisants des cultures :

- engrais organique, 57,6 kg (72 coros) /groupe (4 parcelles) en raison de 14,4kg (18 coros) / parcelle, 2,4kg (3 coros) / sillons.

- Engrais minéral, 3,6 kg/groupe (4 parcelles) en raison de 0,9kg / parcelle, 0,15 kg/ sillons.

d) 125% des besoins en fertilisants des cultures :

- Engrais organique, 72 kg (90 coros) /groupe (4 parcelles) en raison de 18kg (22,5 coros) /Parcelle, 3kg (3, 75 coros) / sillons.

- Engrais minéral, 4,5 kg/groupe (4 parcelles) en raison de 1,125kg / parcelle, 0,1875 kg/ sillons.

e) 150 % des besoins en fertilisants des cultures.

- Engrais organique, 86,4 kg (108 coros) /groupe (4 parcelles) en raison de 21,6kg (27 coros) / parcelle, 3,6kg (4,5 coros) / sillons.

- Engrais minéral, 5,4 kg /groupe (4 parcelles) en raison de 1,35kg / parcelle, 0,225 kg/ sillons.

3.2.5 Mode opératoire pour la fertilisation après la coupe :

- Nettoyer le champ ;
- Irriguer le champ ;
- Arranger les billons ;
- Epandre l'engrais organique et minéral ;
- Mélanger l'engrais organique et minéral ;
- Arroser.

Car les plantes puisent ses éléments nutritifs en présence de l'humidité



Photo 13 : La fertilisation

3.2.6 Irrigation

La technique d'irrigation utilisée est gravitaire à l'intérieur de planches (6 m par 3 m) dans des sillons entre des billons (distants de 0,5 m), l'eau étant acheminée par des tuyaux PVC enterrés qui débouchent sur des vannes où sont placés des tuyaux flexibles et déplaçables successivement pour irriguer chaque parcelle.

Des irrigations ont été faites une fois par semaine en fonction des besoins (niveau de développement des plantes et évapotranspiration estimée).

Pour chaque semaine les besoins en eau des cultures ont été estimés pour chaque parcelle à partir des ETP moyennes de la période, du K_c de la plantation, de l'efficacité estimée du système d'irrigation et éventuellement de corrections basées sur les indications que donnait la lecture de tensiomètres (water marks).

L'estimation des besoins en eau a été basée sur :

- L'évapotranspiration potentielle ETP moyenne à Ndjamena selon les moyennes publiées par le CROPWAT de la FAO (variant de 3 à 10 mm/jour),
- Le coefficient K_c qui a permis d'estimer les besoins en eau des plantations qui ont été calculés en le multipliant par l'ETP estimée. Le K_c est le coefficient qui varie avec le stade de développement des plantes (plus la plante se développe plus elle « évapore et transpire » de l'eau). Il varie de 0,3 lors de la première décade à 1,0 lors de la cinquième décade quand les plantes ont occupé tout l'espace et développé leur feuillage.
- Le coefficient d'efficacité du système d'irrigation : qui est estimé à 70% pour la technique « semi-californien » de tuyaux enterrés alimentant des tuyaux flexibles qui a donné l'eau aux plantes. Le coefficient K_c pour le pennisetum sp proposé est basé sur le K_c du sorgho qui est parmi ceux, dont le K_c est étudié

3.2.7 Collecte d'informations

3.2.7.1 Pesée de biomasse

Les mesures de la biomasse (matière fraîche) produite ont été donc effectuées tous les 45 jours pour toutes les parcelles expérimentales.

À chaque récolte, toutes les plantes de la parcelle ont été coupées à 5 cm au-dessus du sol. Elles ont été mises en gerbes. Toutes les gerbes étaient pesées, suspendues à un trépied muni d'un peson. La pesée de gerbe par parcelle et par traitement a été enregistrée différemment.



Photo 14 : Les gerbes

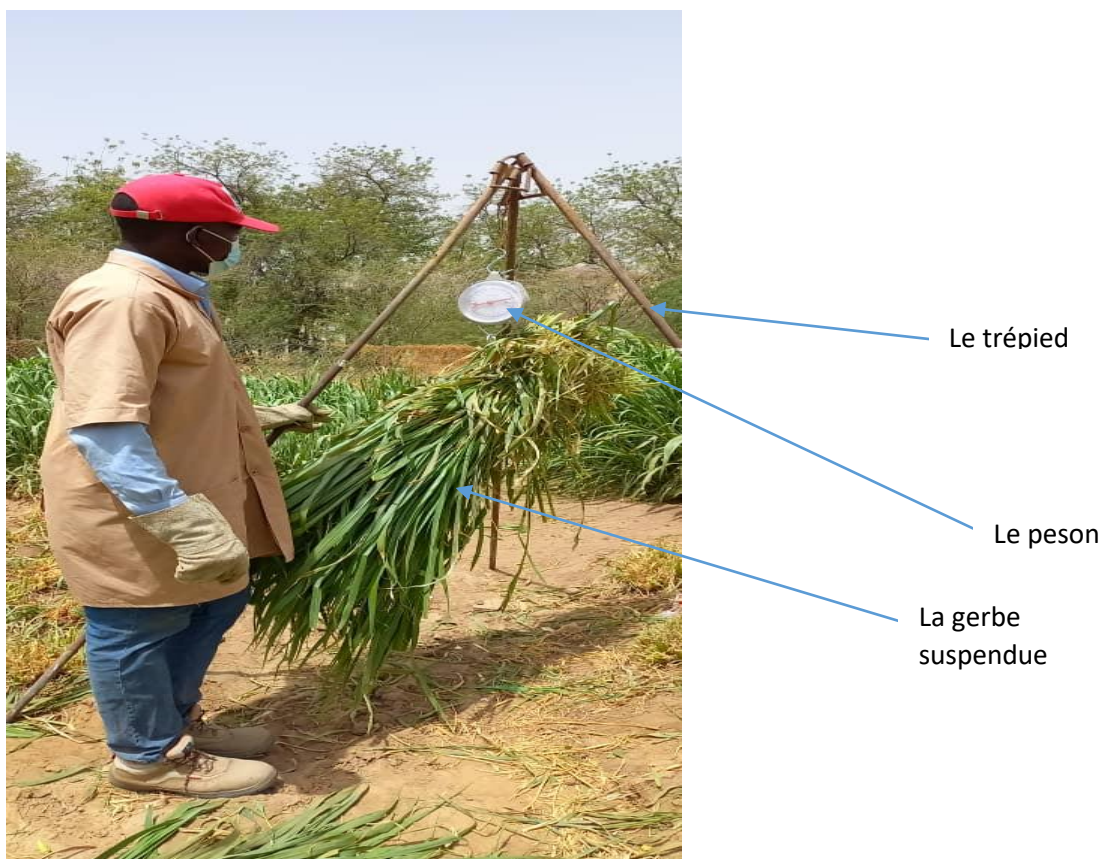


Photo 15 : La pesée

3.2.7.2 Nombre de souches vivantes

Les taux de germination observés ayant été généralement assez satisfaisants (70 à 90%). Les plantes manquantes ayant le plus possible remplacées en (mise en place de boutures ou repiquage de plantes déjà développées) de façon à ce que des différences entre les parcelles en nombre de souches vivantes soient le moindre possible. Pour suivre si le rythme de coupe affecte le nombre de souches mortes, le nombre de souches vivantes a été donc contrôlé chaque coupe.

3.2.7.3 Hauteur des plantes

Pour l'essai de doses de fertilisants, un suivi des hauteurs moyennes des plantes a été effectué pour compléter les mesures de biomasse. Dans chaque parcelle quatre souches tirées au hasard sont marquées avec un bandeau coloré et la hauteur maximale de chaque plante a été mesurée et enregistrée chaque semaine. Pour mesurer la hauteur, on pose la règle graduée sur le billon tout en visant la courbure de plus haute feuille.



Photo16 : la mesure des hauteurs de plantes

4 Opérations culturales après la coupe

Après la coupe on a procédé au nettoyage du champ, irrigation, arrangement des billons, la fertilisation et on a continué à respecter le rythme d'irrigation, la surveillance du champ jusqu'à nouvelle coupe.

5 Analyse bromatologique

Pendant les récoltes un échantillon d'un kilo de plantes (feuilles et tiges) représentatif de l'ensemble de la récolte de quatre parcelles par traitement a été prélevé, haché en morceaux de 5 à 10 cm et conservé dans un sachet plastique numéroté pour les analyses.

Les échantillons de matière fraîche (MF) ont été conservés au froid pour ne pas sécher, avant leur séchage à l'étuve. Chaque échantillon a été repesé précisément au laboratoire avant la mise à l'étuve. Le séchage a été effectué dans une étuve à 55°C pendant 48 heures. Après le séchage l'échantillon a été pesé sur la balance de précision et passé au moulin produisant des éléments de 1mm de diamètre maximum.

Une part représentative de la matière sèche de cet échantillon moulue a été analysée avec le « spectromètre en proche infrarouge » (SPIR) et le spectre obtenu a été enregistré par traitement et pour chaque récolte. Les spectres ont été analysés par le CIRAD qui a envoyé des prédictions d'un ensemble de variables de qualité fourragère (MAT, UF, SMS, SMO, ADL).

TROIXIEME PARTIE

6 RESULTATS ET DISCUSSION

6.1 RESULTATS

6.1.1 Production de la biomasse

Les résultats des activités effectuées se présentent comme suit :

➤ **La première coupe :**

50% ($81,8 \pm 12,9$ kg de MF) est supérieur à 150% ($73,9 \pm 14,0$ kg de MF), 75% ($59,1 \pm 41,9$ kg de MF), 125% ($57,9 \pm 4,7$ kg de MF) et à 100% ($45,9 \pm 25,0$ kg de MF).

➤ **La deuxième coupe :**

150% ($64,3 \pm 17,7$ kg de MF) est supérieur à 50% ($52,7 \pm 12,0$ kg/MF), 100% ($52,2 \pm 28,6$ kg de MF), 125% ($46,8 \pm 18,3$ kg/MF) et à 75% ($37,7 \pm 18,6$ kg de MF)

➤ **La troisième coupe :**

150% ($65,9 \pm 15,7$ kg de MF) est supérieur à 125% ($57,3 \pm 3,9$ kg de MF), 50% ($55,9 \pm 8,2$ kg de MF), 100% ($51,3 \pm 28,7$ kg de MF) et à 75% ($48,8 \pm 29,0$ kg de MF).

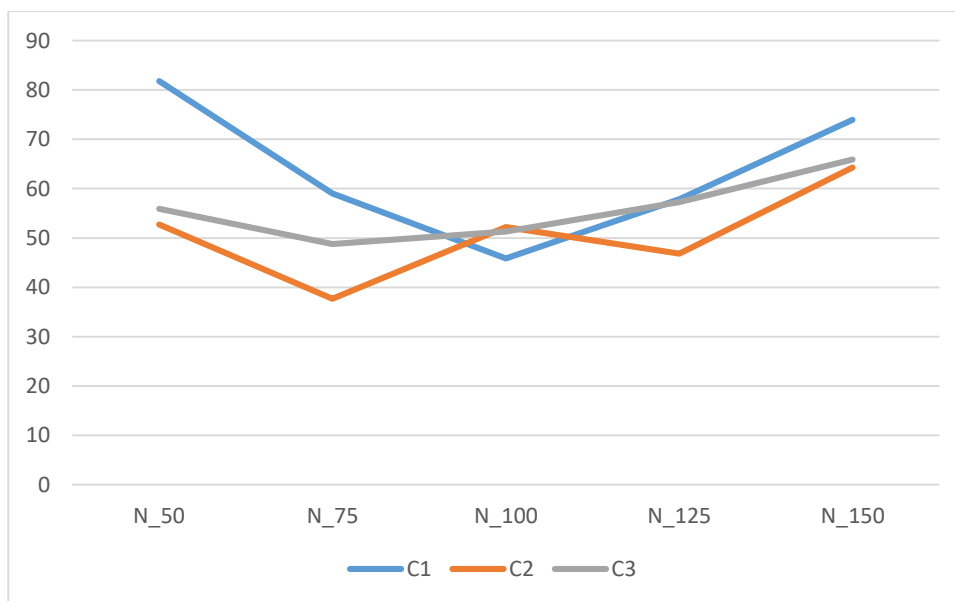


Figure 3 : Courbe de biomasse **????Quel rapport avec les coupes ?**

A la première coupe d'essai, la production de bœuf (50%) semble anormale aux quatre autres productions de bœufs (75%, 100%, 125%, 150%) estimés. Les productions de bœufs de 75% à 150% estimés reflètent mieux les différentes doses appliquées.

Dans tous les cas, on observe une évolution de 75% à 150% assez logique mais La production de besoins (50%) estimés en fertilisants se régresse progressivement, car le sol reçoit peu mais il perd plus ses éléments nutritifs. La productivité de besoin estimés 150% (3,77kg/m² de MF) de dose de fertilisant est restée supérieure au traitement de 50% (3,52kg/m² de MF), 125 % (3 kg/m² de MF), 75% (2,86kg/m² de MF) et 100%(2,75kg/m² de MF)

6.1.2 Rendement annuel

Selon les études antérieures, pour que les plantes conservent leurs éléments nutritifs il faut 45 jours pour les couper. De cela, dans l'année on peut faire huit coupes

- 50% : 35 tonnes de matière fraîche à l'hectare/coupe et 280t/ha/an.
- 75% : 28,6 tonnes de matière fraîche à l'hectare/coupe et 228,8t/ha/an.
- 100% : 27,5 tonnes de matière fraîche à l'hectare/coupe et 220t/ha/an.
- 125% : 30 tonnes de matière fraîche à l'hectare/coupe et 240t/ha/an.
- 150% : 37,7 tonnes de matière fraîche à l'hectare/coupe et 301,6t/ha/an.

De 75%, 100%, 125% et 150% de besoins estimés en fertilisants, nous constatons une évolution douce de matière fraîche. La fertilisation répond donc à la production de culture de Maralfalfa.

6.1.3 Mesure des hauteurs des plantes



Figure 4 : courbe de hauteur des plantes

➤ **La première coupe :**

50% ($186,3 \pm 16\text{cm}$) est supérieure à 150% ($109,5 \pm 35\text{cm}$), 100% ($102,3 \pm 25\text{cm}$), 125% ($83 \pm 45\text{cm}$) et à 75% ($51,8 \pm 10\text{cm}$).

➤ **La deuxième coupe :**

50% ($120,8 \pm 21,3\text{cm}$) est égale à 150% ($120,8 \pm 21,3\text{cm}$) supérieure à 100% ($117,5 \pm 25,9\text{cm}$), 75% ($111 \pm 19,4\text{cm}$) et à 125% ($98 \pm 18,3\text{cm}$).

➤ **La troisième coupe :**

150% ($150 \pm 18,3\text{cm}$) est supérieure à 100% ($143,8 \pm 26,3\text{cm}$), 125% ($132,5 \pm 11,9\text{cm}$), 75% ($132,5 \pm 9,6\text{cm}$) et à 50% ($131,5 \pm 21,8\text{cm}$).

A la première coupe la hauteur des plantes de besoin (50%) estimé n'est pas logique mais de 75% à 150% les hauteurs étaient logiques.

A la fin, la hauteur des plantes diminue chez le 50% de besoins estimés en fertilisant, tandis que chez les 75%, 100%, 125% et 150% de besoins estimés en fertilisants, les hauteurs des plantes augmentent. Les fertilisants favorisent le développement et la croissance des plantes selon la quantité appliquée.

6.1.4 Nombre des souches vivantes

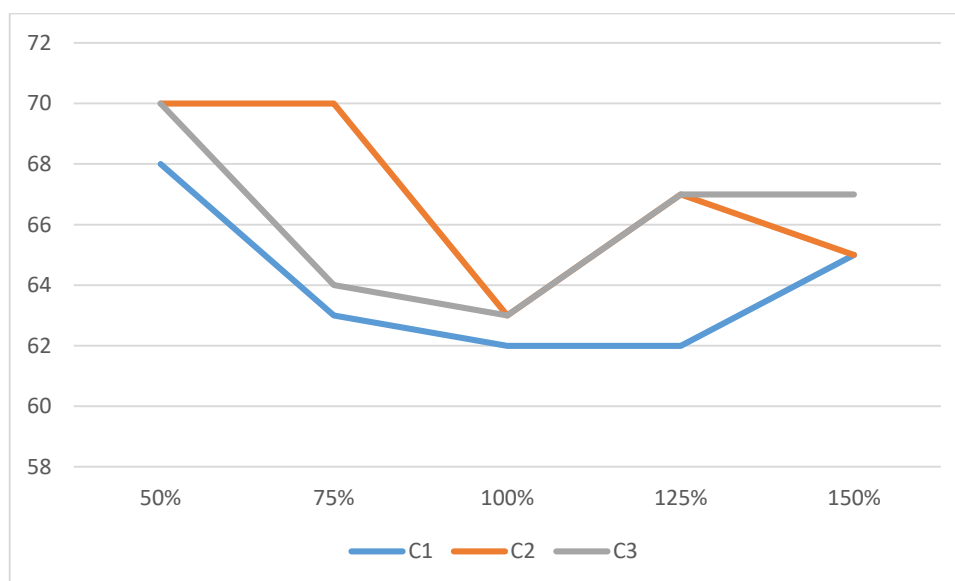


Figure 5 : courbe de nombre de souches vivantes

➤ **La première coupe**

50% ($68 \pm 3,2$) est supérieur à 150% ($65 \pm 4,7$), 75% ($63 \pm 8,2$), 125% ($62 \pm 6,3$) et à 100% ($62 \pm 7,0$).

➤ **La deuxième coupe**

50% ($70 \pm 1,8$) est égal à 75% ($70 \pm 1,8$), supérieur à 125% ($67 \pm 2,2$), 150% ($65 \pm 4,7$) et à 125% ($63 \pm 8,5$).

➤ **La troisième coupe**

50% ($70 \pm 1,8$) est supérieur à 150% ($67 \pm 2,9$) et 125% ($67 \pm 2,2$), 75% ($64 \pm 1,7$) et à 100% ($63 \pm 8,3$).

De la première et à la troisième coupe, le nombre de souches vivantes variaient. Les souches manquantes ont été remplacées, cela se traduit par l'augmentation de nombre de souches dans les parcelles. En effet, on a constaté que, ceux qui ont plus de de souches ne sont pas ceux qui ont reçu plus de fertilisants

6.1.5 Coûts des fertilisants

Le projet ACCEPT a acheté les bouses de bovins pour la fertilisation, un sac de 25kg coûtait 1000F et le pillage était à 500F. Le prix d'un sac revenait à 1500F

Le prix d'un kg de bouse de bovin est $1500F/25kg = 60F$

Tableau I : Coût d'engrais organique (bouse de bovins séchés) / coupe

Chaque traitement a quatre parcelles

Traitements	Engrais organique (bouse de bovins séchés) utilisé (kg)	Prix unitaire (kg)	Prix total FCFA
50%	28,8	60F	1728
75%	43,2		2592
100%	57,6		3456
125%	72		4320
150%	86,4		5184

Le prix unitaire de fertilisants organique, bouse de bovin séché est 60F/kg, c'est moins cher que l'urée qui est de 900F/kg. En utilisant plus de kg de bouses de bovin que l'urée, cela se traduit par des hausses des prix de bouses de bovin par rapport à l'urée. Le prix varie selon les

besoins de fertilisant estimés. Ceux qui ont reçu plus de fertilisants (150%,125% et 100%,) ont aussi un prix élevé que ceux de 50% et 75%. Les bouses de bovin sont disponibles au marché tandis que pour l'urée est difficile de le trouver au marché.

Un sac d'urée de 50kg coûte 45000f. Le prix d'un kg est $45000F/50kg = 900f$

Chaque traitement a quatre parcelles.

Tableau II : coût d'engrais minéral (Urée)

Traitements	Engrais minéral (Urée) utilisé (kg)	Prix unitaire (kg)	Prix total
50%	1,8	900F	1620
75%	2,7		2430
100%	3,6		3240
125%	4,5		4050
150%	5,4		4860

Le prix unitaire de fertilisant minéral (urée) est 900F par kg, est cher que l'engrais organique qui est de 40f par kg. Le prix varie selon les besoins de fertilisant estimés. Ceux qui ont reçu plus de fertilisants (150% et 125%, 100%) ont aussi un prix élevé (4860F, 4050F et 3240F) que ceux de 50%(1620F) et 75%(2430F). L'urée est utilisée à faible dose en kg, cela lui donne une d'être moins cher.

En comparant les prix de deux engrais en fonction de leurs nombres de kg utilisé, le prix de l'engrais minéral (urée) est moins cher par rapport au prix de l'engrais organique (bouses de bovin), sauf pour les en avoir, l'urée est un rare au marché tandis que les bouses de bovin sont disponibles.

Tableau III : Calcul de coûts de volume d'eau de traitement 100% par coupe

Coupe	Nombre de Parcelles	Traitement en eau 100%/L/parcelle	Volume d'eau en m ³ pour 20 parcelles	Coût en FCFA
1 ^{er}	20	1790,5	35,81	10950
2 ^e		1911,05	38,22	12165
3 ^e		2769,98	55,39	24050

Pour le calcul de volume d'eau on a utilisé celui de Société Tchadienne des Eaux (STE, 2022). Les tranches de consommation varient comme suit :

- De 0 à 12m³, le prix est 200FCFA
- De 12,1 à 21m³, le prix est 320F
- De 21,1 à 56m³, le prix est 405F

Pour toutes les trois coupes, l'eau utilisée donne un prix de 47165FCFA. On constate que le prix d'eau est abordable.

Main-d'œuvre

Frais journalier est de 2000fcfa pour une main-d'œuvre.

Pour une coupe de 45 jour : 2000 x 39J= **78 000 FCFA** pour le permanent.

Le jour de la coupe plus 2000 x5 =**10 000fcfa**.

Total 2= 88 000FCFA

6.1.6 L'analyse de la qualité de fourrages des trois coupes

Tableau IV : Analyse de qualité de la première coupe

Fertilisation	MAT	UFL	SMS	SMO	ADL
50% de besoin	20,08	0,73	60,11	55,68	2,89
75% de besoin	14,80	0,69	56,10	51,77	2,49
100% d3e besoin	13,72	0,69	55,97	55,26	1,59
125% de besoin	15,85	0,73	60,31	55,57	2,12
150% de besoin	16,24	0,72	58,84	55,76	2,25

De 75% à 150% de besoins estimés en fertilisants, les protéines sont légèrement variables les énergies bonnes, les digestibilités fortes et moins de lignines. On constate qu'à la première coupe, le 50% a une production supérieure, cela s'explique par la nature fertile des parcelles avant la fertilisation.

Tableau V : Analyse de qualité de la deuxième coupe

Fertilisation	MAT	UFL	SMS	SMO	ADL
50% de besoins	18,43	0,73	60,11	55,68	2,89
75% de besoins	18,03	0,73	56,10	51,77	2,49
100% de besoins	18,30	0,72	55,97	55,26	1,59
125% de besoins	18,16	0,72	60,31	55,57	2,12

150% de besoins	18,38	0,74	58,84	55,76	2,25
-----------------	-------	------	-------	-------	------

De 75% à 150%, les taux de protéines (13,72 à 18,38MAT) augmentent doucement et le 50% chute (20,08 à 18,43 MAT). Le taux de l'énergie, des digestibilités et de lignines restent peu variables. La quantité de doses de fertilisants augmente légèrement la qualité.

6. 2 DISCUSSION

Le résultat de la première coupe sur la biomasse, nous a montré que le 50% de besoins en fertilisant a eu une production ($81,8 \pm 12,9\text{kg/MF}$) supérieure à ceux de 150% ($73,9 \pm 14,0\text{kg/MF}$), 75% ($59,1 \pm 41,9\text{kg/MF}$), 125% ($57,9 \pm 4,7 \text{ kg/MF}$) et 100% ($45,9 \pm 25,0 \text{ kg/MF}$). A la deuxième coupe, le 150% de besoins en fertilisants a eu une production ($64,3 \pm 17,7\text{kg/MF}$) supérieur à 50% ($52,7 \pm 12,0\text{kg/MF}$), 100% ($52,2 \pm 28,6\text{kg/MF}$), 125% ($46, 8 \pm 18,3\text{kg/MF}$), 75% ($37,7 \pm 18,6\text{kg/MF}$).

A la troisième coupe, le 150% de besoins en fertilisants a eu une production ($65,9 \pm 15,7\text{kg/MF}$) supérieure à 125% ($57,3 \pm 3,9\text{kg/MF}$) supérieur à 50% ($55,9 \pm 8,2\text{kg/MF}$) supérieur à 100% ($51,3 \pm 28,7\text{kg/MF}$) et supérieur à 75% ($48,8 \pm 29,0\text{kg/MF}$).

Les résultats ont montré que la productivité de Maralfalfa est liée aux doses des fertilisants. La production de besoins (50%) en fertilisant se régresse progressivement, car le sol reçoit peu mais il perd plus ses éléments nutritifs. La production de besoin 150% ($3,77\text{kg/MF/m}^2$) de dose de fertilisant est resté supérieur au traitement de 50% ($3,52\text{kg/MF/ m}^2$). Les informations collaborent avec celui de (Imrani et al., 2014), qui disait les éléments chimiques issus de la décomposition des engrais apportés ont dû enrichir le sol et à occasionner une amélioration des rendements chez les plantes fertilisées. L'apport d'engrais mettrait plus facilement les éléments minéraux à la disposition de la plante, favorisant ainsi sa croissance et le bon développement de ses organes végétatifs.

Le rendement se situe entre 220(100%) à 301,6(150%) tonnes de matière fraîche à l'hectare/an, cela correspond avec celui de (Florian, 2015) qui a approuvé que la production annuelle de Maralfalfa atteignait entre 200 et 400t/ha/an, avec un cycle végétatif de 75 jours. La matière fraîche (220 à 301t/ha/an) des plantes fertilisées était plus que celui des plantes non fertilisées rapporté par ACCEPT, 2021 dont leur matière fraîche maximum était de 150 à 250 t/ha/an.

L'examen des résultats indique que dans chaque différent traitement il y'a l'effet de fertilisants sur le poids moyen de matières fraîche récoltées quel que soit la petite quantité appliquée.

La fertilisation est donc l'un des facteurs les plus importants qui agissent sur le rendement des cultures.

L'examen des résultats concernant les hauteurs des plantes indique :

- A la première coupe, les plantes dont le besoin de fertilisant était à 50% a cru ?? à une hauteur de $(186,3 \pm 16\text{cm})$ supérieure à $(150\%(109,5 \pm 35\text{cm})$, $100\%(102,3 \pm 25\text{cm})$, $125\%(83 \pm 45\text{cm})$ et $75\% (51,8 \pm 10\text{cm})$).
- A la deuxième coupe, le 50% $(120,8 \pm 21,3\text{cm})$ est égale à $150\%(120,8 \pm 21,3\text{cm})$ supérieure à $(100\% (117,5 \pm 25,9\text{cm})$, $75\%(111 \pm 19,4\text{cm})$ et $125\%(98 \pm 18,3\text{cm})$).
- A la troisième coupe, le 150% $(150 \pm 18,3\text{cm})$ est supérieure à $(100\%(143,8 \pm 26,3\text{cm})$, $125\%(132,5 \pm 11,9\text{cm})$, $75\%(132,5 \pm 9,6\text{cm})$ et $50\%(131,5 \pm 21,8\text{cm})$).

A 50% de besoins en fertilisant, la hauteur des plantes diminue, tandis que chez les 75%,100% ,125%et 150% leurs hauteurs augmentent. Ces informations sont similaires à celui de Sawadago et al 2021qui ont indiqué que l'azote est l'élément fertilisant le plus important pour les graminées. Il stimule la croissance rapide en hauteur des plantes.

Pour le nombre de souches vivantes, à La première coupe, le résultat a montré que le besoin de 50% $(68 \pm 3,2)$ a un nombre de souches vivantes supérieur à $(150\%(65 \pm 4,7)$ $75\%(63 \pm 8,2)$, $125\%(62 \pm 6,3)$ et à $100\% (62 \pm 7,0)$).

A La deuxième coupe, le 50% $(70 \pm 1,8)$ est égal à $75\% (70 \pm 1,8)$ supérieur à $125\%(67 \pm 2,2)$, $150\%(65 \pm 4,7)$ et $125\% (63 \pm 8,5)$.

A la troisième coupe, le 50% $(70 \pm 1,8)$ est supérieur à $150\%(67 \pm 2,9)$ et $125\%(67 \pm 2,2)$, $75\%(64 \pm 1,7)$ et à $100\%(63 \pm 8,3)$.

Les estimations de besoins en fertilisant n'ont pas d'effet sur le nombre de souches vivantes. On a constaté que, ceux qui ont plus de de souche ne sont pas ceux qui ont reçu plus de fertilisants et par contre ceux qui ont reçu plus de fertilisants ont moins de souches La quantité de fertilisant a influencé la croissance et la production des plantes

En utilisant plus de kg de l'engrais organique (bouses de bovin), le coût de fertilisants organique augmente et sa devient plus cher que l'engrais minéral (Urée), mais on ne constate pas cela par ce que les bouses de bovin sont disponible au marché. La faible dose d'urée appliquée par kg réduit son prix.

Le résultat de l'analyse de la qualité de l'herbe de Maralfalfa nous montre que cette plante a une bonne valeur alimentaire (protéines(18kg/MS), d'énergie (0,74UF/kg de MS) de digestibilités (50 à 60kg/MS) et de moins ligne (1 à 2kg/MS)) La teneur en énergie de Maralfalfa dépasse légèrement celle des autres graminées fourragères (0,65 UF/kg de MS pour l'herbe à éléphant (*pennisetum purpureum*), 0,68 UF/kg de MS pour l'herbe de Guinée rapporté par Le Trouher Alice, 2019.

Sa teneur en énergie (74UF/kg de MS) a dépassé celle rapporté par ACCEPT, 2021 sans fertilisant qui était de 0,50 à 0,55 UF/kg de MS. On a constaté une légère augmentation des matières azotées (18kg/MS) par rapport à celles de ACCEPT, 2021 qui étaient de 10 à16% sans apport des fertilisants.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectifs d'évaluer l'effet de différentes doses de fertilisants (50% ,75% ,100% ,125% et 150%) sur la croissance, la production de biomasse, la qualité fourragère et le nombre de souches vivantes de l'herbe Maralfalfa.

Les résultats obtenus ont montré que la dose de 150% a eu un effet sur la croissance, la production de biomasse et légère évolution de la qualité, par contre aucune différence n'a été observée pour le nombre de souches. La quantité de fertilisant a influencé la croissance et la biomasse des plantes. La croissance des plantes a agi sur la biomasse. De ce fait l'apport d'engrais organique et minéral a un effet significatif sur la production de culture. Une culture fourragère intensive a besoin de fertilisants pour leur production durable. Les cultures fourragères sont de plus en plus nécessaires, face à l'évolution du milieu et à la diminution des ressources pastorales naturelles. L'intensification fourragère irriguée est une voie d'avenir indispensable pour aider les éleveurs à nourrir leurs animaux pendant la saison sèche. Le traitement de 50% réduit du fait la plus grande part d'une fertilisation organique avec fumier, on peut envisager la production de biomasse qui est supérieure et plus utile économiquement que l'urée. Le traitement de 100% de besoin peut être recommandé comme dose applicable.

Les perspectives se résument comme suit :

- Continuer la fertilisation de la culture fourragère ;
- Sensibiliser les éleveurs et les cultivateurs sur la fertilisation des cultures vivrières ;
- Disposer la production de semences de cultures fourragères ;
- Rendre disponible et accessibilité des intrants agricoles (semences, fertilisants et produit phytosanitaire) ;
- Sensibiliser les éleveurs à cultiver les cultures fourragères irriguées pour nourrir leurs animaux.

REFERENCES

1. **ACCEPT**, 2020. Rapport narratif intermédiaire
2. **ACCEPT**, 2021. Formation Techniques de culture et d'utilisation du Pennisetum Sp « Maralfalfa »
3. **Adi bord M.Y., 1998**. Sites urbains, les problèmes des inondations à N'Djamena. Mémoire de DEA de géographie. Université de Provence Aix-Marseille, France ??Nombre de pages
4. **Bénard C., Minaïngar M. D., 2021**. Disponibilité structurelle et accessibilité des sous-produits agricoles et agro-industriels utilisables dans les filières fourrages aliments-bétail, Rapport IRAM-CCEPT, 115 p.
5. **Bio Suisse**, 2013. Les principes de la fertilité des sols, p : 1 à 4
6. **César J**, 2004. « Production fourragère en zone tropicale et conseils aux éleveurs » PROCORDEL
7. **Clavero T et al., 2021**. Valeur nutritive de l'herbe de Maralfalfa dans des conditions de défoliation
8. **FAO**, 2013. plan quinquennal de développement de l'agriculture au Tchad.
9. **FAO**, 2005. AQUASTAT Profil de Pays – Tchad.
10. **Florian**, 2015. Historique de la Maralfalfa (Pennisetum Sp)
11. **Guignand et al., 2016**. Raisonnement de la fertilisation des prairies et des cultures fourragères
12. **Hervé R**, 1978 élevage de bovin, alimentation des animaux p : 70
13. **Hiernaux et al., 2015**. La contrainte fourragère des élevages pastoraux et agro-pastoraux du Sahel Escape-P2 1/07/15 14 :03 Page 59
14. **Imrani et al., 2014**. Effet de la fertilisation par différents niveaux de N P K sur le développement des maladies foliaire du riz
15. **ISSEED**, 2012. Système statistique national.
16. **Jean César et Abdoulaye Gouro**, 2001. Productions fourragères en zone tropicale les légumineuses fourragères herbacées, 8P.
17. **Klein H. –D, Rippstein G, Huguein J, Toutain B, Guerin H, Louppe D**, 2014. Les cultures fourragères.

- 18. Knoden D., Lambert R., Nihoul P., Stilmant D., Pochet P., Crémer S., Luxen P.,** 2007. Fertilisation raisonnée des prairies. Les livrets de l'Agriculture n°15. SPW. 45 p.
- 19. Koussou,** 2004, 2022. Dynamisme des innovations dans le secteur de l'élevage au Tchad : le cas de filière d'approvisionnement en lait de la ville de Ndjamena. P.5. 2022. Rapport national Tchad : Evaluation du potentiel d'amélioration du disponible fourrager cultiver dans les six (06) pays du PRAPS (Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal,
- 20.Le Trouher Alice,** 2019. Evaluation des impacts des options d'amélioration des productions fourragères dans les exploitations en polyculture élevage des zones montagneuses du nord-ouest vietnam.p.41
- 21. Mairie :** Travaux publics, carte de la ville de N'Djamena ??Quelle année ??
- 22. Ministère de l'Agriculture,** 2013 Techniques de production des cultures irriguées (Cultures fourragères) Niger.
- 23. Molid Aziada et al.,** 2021. Pratiques et contraintes de l'élevage de la chèvre rousse de Maradi en milieu rural au Niger
- 24. Mopaté et al., 2020.** Rendement carcasse des ovins sahéliens dans la Province du Guera au Centre-Est du Tchad.
- 25.Nomaye et al.,** 2008,2016. Livre de géographie cours moyen, vie rurale traditionnelle, vie en ville, habitat, p : 33,51. Livre d'agriculture et d'élevage cours moyen, principales espèces animales domestiques, p.70 ,71.
- 26. Pabamé,** 2010. Pastoralisme en quête d'espaces en savane tchadienne
- 27. Sawadogo et al.,** 2021. Effet de la fertilisation minérale sur la biomasse et la valeur nutritive de l'herbe de guinée (*Megathyrsus maximus* cv "C1")
- 28. Sayouba,** 2013. Les problèmes de l'élevage au Tchad.
- 29. Schumach. Morrone,** 2009,2010. Classification APGIII.
- 30. STE,** 2022. Facturation mensuelle.

ANNEXES

Annexe 1 : Calcul de fertilisants

Engrais organique (bouses de bovins séché), on sait que 1 coros de bouses de bovin séché pèse 0,8kg

Les besoins estimés de fertilisants en culture sont :

- $5\% = 1 + \frac{1}{2} = 1,5$ coros par sillon
- $75\% = 2 + \frac{1}{4} = 2,25$ coros par sillon
- $100\% = 3$ coros par sillon
- $125\% = 3 + \frac{3}{4} = 3,75$ coros par sillon
- $150\% = 4 + \frac{1}{2} = 4,5$ coros par sillon

Or on a 6 sillons/parcelle et 4 parcelles/traitements, donc on trouve :

- $50\% = 1,5 \times 6 = 9$ coros $\times 4 = 36$ coros $\times 0,8\text{kg} = 28,8\text{kg}$
- $75\% = 2,25 \times 6 = 13,5$ coros $\times 4 = 54$ coros $\times 0,8\text{kg} = 43,2\text{kg}$
- $100\% = 3 \times 6 = 18$ coros $\times 4 = 72$ coros $\times 0,8\text{kg} = 57,6\text{kg}$
- $125\% = 3,75 \times 6 = 22,5$ coros $\times 4 = 90$ coros $\times 0,8\text{kg} = 72\text{kg}$
- $150\% = 4,5 \times 6 = 27$ coros $\times 4 = 108$ coros $\times 0,8\text{kg} = 86,4\text{kg}$

Urée

On sait que le 100% est 150g, donc le 50% est la moitié de 100% qui donne 75g, la moitié de 50% est 37,5g.

- $50\% = 75\text{g} \times 6 = 450\text{g} \times 4 = 1800\text{g}$ ou 1,8kg
- $75\% = 112,5\text{g} \times 6 = 675\text{g} \times 4 = 2700\text{g}$ ou 2,7kg
- $100\% = 150\text{g} \times 6 = 900\text{g} \times 4 = 3600\text{g}$ ou 3,6kg
- $125\% = 187,5\text{g} \times 6 = 1125\text{g} \times 4 = 4500\text{g}$ ou 4,5kg
- $150\% = 225\text{g} \times 6 = 1350\text{g} \times 4 = 5400\text{g}$ ou 5,4kg

Annexe 2 : Fiche de résultat essai n° iv différentes doses des fertilisants ; 1^{ère} coupe

Date de la coupe : 27/ 12/ 2021

Bloc de traitement	N° Sous parcelle	% quantité de fertilisants reçus selon les besoins estimés	Poids fourrages de Maralfalfa frais par sous parcelle (Kg)	Poids échantillon frais (g)	Poids échantillon étuvé (MS en g)	Nombre de souches	Observations
50%	F1	50%	71,6	1000	508	69	
	F4	50%	70,9			71	
	F7	50%	87,5			72	
	F16	50%	97,3			68	
		Total	327,3			280	
		Moyen	81,82			70	
75%	F3	75%	10,5	1000	519	69	
	F8	75%	92,7			65	
	F12	75%	37,7			51	
	F17	75%	95,3			67	
		Total	273,9			252	
		Moyen	68,47			63	
100%	F6	100%	74,4	1000	477	71	
	F11	100%	15,1			60	
	F13	100%	39,5			67	
	F20	100%	54,4			68	

		Total	180,8			266	
		Moyen	45,2			66	
125%	F2	125%	51,1	1000	516	69	
	F9	125%	61,8			64	
	F14	125%	58,2			68	
	F18	125%	60,3			67	
		Total	231,4			268	
		Moyen	57,85			67	
150%	F5	150%	91	1000	557	71	
	F10	150%	78,7			66	
	F15	150%	58,9			63	
	F19	150%	67,1			60	
		total	295,7			260	
		Moyen	73,92			65	

Annexe 3 : Suivi du développement des plantes 1^{ère} coupe

Date de la coupe_: 27/12/2021

Bloc de traitements	Numéros de souches	Tailles des plantes (cm)					Observation
		1ere Sem	2 ^e Sem	3 ^e Sem	4 ^e Sem	5 ^e Sem	
50%							
	57	49	82	134	175	200	
	54	36	55	80	115	175	
	26	45	103	130	163	200	
	15	44	67	85	110	170	
	Moyenne	43,5	76,75	107,25	140,75	186,25	
75%	69	25	36	43	51	60	
	54	30	35	38	40	60	
	34	20	39	40	42	45	
	67	17	30	35	38	42	
	Moyenne	23	35	39	42,75	51,75	
100%	46	27	39	45	59	69	
	53	30	50	70	79	110	
	65	36	83	91	116	130	
	47	30	73	93	95	100	
	Moyenne	30,75	61,25	74,75	87,25	102,25	
125%	39	12	22	32	38	40	
	64	30	37	40	50	60	
	65	12	30	68	79	144	
	70	20	54	66	78	88	
	Moyenne	18,5	35,75	51,5	61,25	83	
150%	25	24	30	46	59	78	
	14	24	89	103	135	140	
	20	22	46	52	69	80	
	50	34	65	74	103	140	
	Moyenne	26	57,5	68,75	91,5	109,5	

Annexe 4 : fiche résultats essai n°4 différentes doses des fertilisants ; 2^e coupe

Date de la coupe : 11/ 02/ 2022

Bloc de traitement	N° Sous parcelle	% quantité de fertilisants reçus selon les besoins estimés	Poids fourrages de Maralfalfa frais par sous parcelle (Kg)	Poids échantillon frais (g)	Poids échantillon étuvé (MS en g)	Nombre de souches	Observations
50%	F1	50%	49	1000	400	69	
	F4	50%	40,5			71	
	F7	50%	52			72	
	F16	50%	69,2			68	
		Total	210,7			280	
		Moyenne	52,67			70	
75%	F3	75%	16	1000	382	68	
	F8	75%	55,1			66	
	F12	75%	28,5			51	
	F7	75%	51,2			67	
		Total	150,8			252	
		Moyenne	37,7			63	
100%	F6	100%	92,25	1000	356	70	
	F11	100%	24,5			51	
	F13	100%	46,7			65	
	F20	100%	45,4			68	
		Total	208,85			264	

		Moyenne	52,21			66	
125%	F2	125%	40,9	1000	368	69	
	F9	125%	32,9			64	
	F14	125%	73,7			68	
	F18	125%	39,7			67	
		Total	187,2			268	
		Moyenne	46,8			67	
150%	F5	150%	48	1000	394	71	
	F10	150%	51,1			66	
	F15	150%	84,9			63	
	F19	150%	73,2			60	
		Total	256,2			260	
		Moyenne	64,05			65	

Annexe 5 : Suivi du développement des plantes, 2^e coupe

Date de la coupe : 11/02/2022

Bloc de traitements	Numéros de souches	Tailles de plantes (cm)					Observation
50%		1 ^{ère} Sem	2 ^e Sem	3 ^e Sem	4 ^e Sem	5 ^e Sem	
	07	30	40	66	100	130	
	26	32	43	66	85	108	
	30	40	52	70	85	108	
	32	51	55	73	85	108	
	Moyenne	38,25	47,5	68,75	88,75	113,5	
75%	01	36	51	65	100	140	
	45	22	24	38	73	104	
	50	20	30	40	62	100	
	69	30	31	50	70	100	
	Moyenne	27	34	48,25	76,25	111	
100%	12	37	46	24	75	87	
	21	34	62	30	102	107	
	28	32	43	31	110	130	
	71	40	64	34	125	146	
	Moyenne	35,75	53,75	80,75	103	117,5	
125%	30	40	47	60	73	102	
	38	42	50	70	100	110	
	45	41	60	85	100	109	
	69	37	40	50	60	71	
	Moyenne	40	49,25	66,25	83,25	95,75	
150%	03	36	46	66	85	100	
	04	54	60	70	104	112	
	26	39	65	76	141	150	
	27	41	53	85	90	121	
	Moyenne	42,5	56	74,25	105	120,75	

Annexe 6 : Fiche résultats essai n°4 différentes doses des fertilisants ; 3^e coupe

Date de la coupe : 28/ 03/ 2022

Bloc de traitement	N° Sous parcelle	% quantité de fertilisants reçus selon les besoins estimés	Poids fourrages de Maralfalfa frais par sous parcelle (Kg)	Poids échantillon frais (g)	Poids échantillon étuvé (MS en g)	Nombre de souches	Observation
50%	F1	50%	56	1000	287	69	
	F4	50%	46,5			71	
	F7	50%	54,5			72	
	F16	50%	66,5			68	
		Total	223,5			280	
		Moyenne	55,87			70	
75%	F3	75%	20	1000	260	65	
	F8	75%	46			65	
	F12	75%	40			60	
	F17	75%	89			62	
		Total	195			252	
		Moyenne	48,75			63	
100%	F6	100%	91	1000	318	70	
	F11	100%	25,5			51	
	F13	100%	52,5			66	
	F20	100%	36			65	
		Total	205			264	

		Moyenne	51,25			66	
125%	F2	125%	55	1000	287	69	
	F9	125%	63			64	
	F14	125%	54,5			68	
	F18	125%	56,5			67	
		Total	229			268	
		Moyenne	57,25			67	
150%	F5	150%	70,5	1000	305	71	
	F10	150%	60			66	
	F15	150%	85			63	
	F19	150%	48			67	
		Total	263,5			260	
		Moyenne	65,87			65	

Annexe 7 : Suivi du développement des plantes ,3^e coupe

Date de la coupe : 28/03/2022

Bloc de traitements	Numéros de souches	Tailles de plantes (cm)					Observation
50%		1 ^{ere} Sem	2 ^e Sem	3 ^e Sem	4 ^e Sem	5 ^e Sem	
	07	38	70	80	90	100	
	26	60	80	109	120	150	
	30	60	75	102	110	140	
	32	60	80	101	110	136	
	Moyenne	54,5	76,25	98	107,5	131,5	
75%	01	43	65	100	120	140	
	45	31	50	68	90	120	
	50	50	70	100	110	140	
	69	60	75	100	120	130	
	Moyenne	46	65	92	110	132,5	
100%	12	20	48	65	75	105	
	21	34	68	100	120	150	
	28	40	70	100	120	160	
	71	60	85	104	125	160	
	Moyenne	38,5	67,75	92,25	110	143,75	
125%	30	38	55	80	90	120	
	38	40	70	101	117	145	
	45	50	68	96	120	140	
	69	50	75	100	110	125	
	Moyenne	44,5	64,5	94,25	109,25	131,25	
150%	03	47	70	90	110	130	
	04	60	80	100	120	140	
	26	45	64	100	135	170	
	27	52	75	107	135	160	
	Moyenne	51	67,25	99,25	123,75	150	

Annexe 8 : Les tableaux de résultats sur la biomasse, hauteurs et nombre de souches vivantes

Biomasse

	50%	75%	100%	125%	150%
C1	81,8 ± 12,9	59,1 ± 41,9	45,9 ± 25,0	57,9 ± 4,7	73,9 ± 14,0
C2	52,7 ± 12,0	37,7 ± 18,6	52,2 ± 28,6	46,8 ± 18,3	64,3 ± 17,7
C3	55,9 ± 8,2	48,8 ± 29,0	51,3 ± 28,7	57,3 ± 3,9	65,9 ± 15,7

Hauteur des plantes

	50%	75%	100%	125%	150%
C1	186,3 ± 16	51,8 ± 10	102,3 ± 25	83 ± 45	109,5 ± 35
C2	120,8 ± 21,3	111 ± 19,4	117,5 ± 25,9	98 ± 18,3	120,8 ± 21,3
C3	131,5 ± 21,8	132,5 ± 9,6	143,8 ± 26,3	132,5 ± 11,9	150 ± 18,3

Nombre de souches vivantes

coupe	50%	75%	100%	125%	150%
C1	68 ± 3,2	63 ± 8,2	62 ± 7,0	62 ± 6,3	65 ± 4,7
C2	70 ± 1,8	70 ± 1,8	63 ± 8,5	67 ± 2,2	65 ± 4,7
C3	70 ± 1,8	64 ± 1,7	63 ± 8,3	67 ± 2,2	67 ± 2,9

ANNEXE 9 : Autorisation de stage

REPUBLIQUE DU TCHAD

CONSEIL MILITAIRE DE TRANSITION

PRESIDENCE DU CONSEIL MILITAIRE
TRANSITION

MINISTRE DE L'ELEVAGE
ET DES PRODUCTIONS ANIMALES

DIRECTION GENERALE

INSTITUT DE RECHERCHE EN
ELEVAGE POUR LE DEVELOPPEMENT

DIVISION ADMINISTRATIVE ET FINANCIERE

SERVICE DU PERSONNEL

UNITE - TRAVAIL - PROGRES

وحدة - عمل - تقدم



جمهورية تشاد

رئاسة الجمهورية

وزارة الثروة الحيوانية

معهد بحوث الثروة الحيوانية
للتربية

N° 271 / IRED/DAF/ 2021 / SP/2021

Visa : DPAE

AUTORISATION DE STAGE

Dans le cadre de la mise en œuvre des activités du projet ACCEPT, les étudiants inscrits en Master 2 de Productions Animales de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de l'Université de N'Djaména cités ci-dessous ont été retenus et sont autorisés à effectuer un stage au sein dudit projet pour la période allant du 25 octobre 2021 au 25 février 2022.

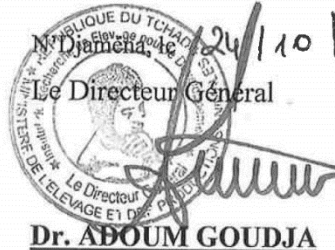
Il s'agit de :

- 1) ZAKARIA AHMAT ADOUM, licencié en Biologie
- 2) DAWE KEBANG, licencié en Biologie
- 3) DJERMO TALKISSAM, licencié en Biologie
- 4) DJEKOURBOAYOM HONORE, licencié en Biologie.

Cette autorisation leur est délivrée pour leur permettre d'avoir accès aux services de l'IRED et de bien mener leur stage sanctionné par le dépôt de mémoire de fin d'études.

Ampliations :

- Intéressés
- Divisions et Services IRED
- Coordination projet ACCEPT
- Dossiers et Archives



ED

Route de Farcha - BP 433 - N'Djaména - TCHAD Tél. (235) 252 74 75 & 252 74 76