

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(MESSRS)

UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO
(UPB)

LABORATOIRES PHYTOFLA

INSTITUT DU DÉVELOPPEMENT RURAL
(IDR)

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : **AGRONOMIE**

EFFETS DE LA FERTILISATION ORGANIQUE ET MINERALE SUR LA PRODUCTION EN BIOMASSE ET EN HUILE ESSENTIELLE DE LA CITRONNELLE (*CYMBOPOGON CITRATUS* (D.C.) STAPF) DANS LA REGION DES CASCADES (OUEST DU BURKINA FASO)



Directeur de mémoire : Dr SOMDA Irénée
Maîtres de stage : Dr SOMDA Irénée
Dr KAMBIRE Hyacinthe

AVANT PROPOS

L'intensification et la diversification des productions végétales permettront de renforcer et de diversifier les sources de revenus des populations rurales. Ceci va permettre d'amorcer leur développement économique et social. Pour cela, il faut accompagner ces populations par la recherche des facteurs pour l'optimisation de leurs productions par les structures de recherche notamment.

De nos jours, on assiste à la baisse des financements alloués à la recherche par l'état et les organismes régionaux et/ou internationaux. Par conséquent, il faut de nouvelles sources de financement pour combler ce vide. Le secteur privé est, sans aucun doute, la principale voie pour la recherche de ces nouveaux fonds. Ainsi, on va tendre vers la recherche développement où le privé finance les recherches en fonction de ses besoins.

Certains acteurs privés ont déjà compris la nécessité d'appuyer la recherche en fonction de leurs besoins. Parmi eux, on peut citer le Dr DAKUYO P. Zéphirin, directeur fondateur des Laboratoires Phytofla. En effet, les Laboratoires Phytofla, à travers son directeur, sont à l'origine de la présente étude sur la recherche de l'optimisation des facteurs de production de la citronnelle dans la région des Cascades, ceci en collaboration avec une structure de recherche (INERA) et une structure de formation (IDR).

Les Laboratoires Phytofla sont une PME évoluant dans le secteur de la phytothérapie et de l'agroalimentaire. Ils emploient vingt sept (27) personnes dont vingt (20) permanents, deux (02) contractuels et cinq (05) temporaires. Implantés à Banfora, au sud-ouest du Burkina Faso, les Laboratoires Phytofla évoluent dans le secteur depuis une vingtaine d'années et proposent une soixantaine de produits qui sont distribués à travers le territoire national et dans certains pays étrangers (Niger, Côte d'Ivoire, Mali, Sénégal, Gabon, France, etc.).

L'activité principale consiste en la transformation des plantes médicinales et en leur commercialisation sous forme de médicaments ou de compléments alimentaires (potions, sirops, tisanes, solutions, pommades, savons, gélules, poudres, infusions, etc.) et quelques produits alimentaires (mangues séchées, sirops de fleurs d'oseille à la menthe, infusettes de citronnelle, etc.).

Toute cette production nécessite diverses matières premières et pour ce faire, les Laboratoires Phytofla encouragent et soutiennent les initiatives pour la culture des plantes médicinales.

DÉDICACE

Je dédie ce document
À mon père et à ma mère,
Mes sœurs, mon petit frère
Et à mes deux nièces.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT PROPOS.....	I
DÉDICACE	II
REMERCIEMENTS	VI
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES PHOTOS.....	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
RÉSUMÉ	X
INTRODUCTION	1
JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE	4
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	6
1.1. GÉNÉRALITÉS SUR <i>CYMOPOGON CITRATUS</i>	6
1.1.1. Les plantes aromatiques.....	6
1.1.2. Origine.....	6
1.1.3. Systématique	7
1.1.3.1. Le genre <i>Cymbopogon</i>	7
1.1.3.2. <i>Cymbopogon citratus</i>	7
1.1.4. Intérêts socio-économiques	9
1.1.4.1. Gastronomie.....	9
1.1.4.2. Médecine traditionnelle	9
1.1.4.3. Industries cosmétiques.....	9
1.1.4.4. Agriculture	10
1.1.5. Exigences climatiques et édaphiques.....	10
1.1.5.1. Exigences climatiques	10
1.1.5.2. Exigences édaphiques.....	10
1.1.6. Procédés de culture.....	10
1.1.6.1. Repiquage	10
1.1.6.2. Fertilisation	11
1.1.6.3. Irrigation	11
1.1.6.4. Entretien de la culture.....	11
1.1.6.5. Association culturale	11
1.1.6.6. Récolte	12
1.1.6.7. Traitement phytosanitaire	12
1.1.7. Huile essentielle de la citronnelle.....	13
1.1.7.1. Définition de l'huile essentielle.....	13
1.1.7.2. Extraction de l'huile essentielle	13
1.1.7.3. Teneur en huile essentielle.....	15
1.1.7.4. Composition de l'huile essentielle	15
1.2. EFFET DES ENGRAIS SUR LES RENDEMENTS DES CULTURES.....	15
1.2.1. Effet des amendements sur les rendements des cultures.....	15
1.2.1.1. Effet de la dolomie	16
1.2.1.2. Effet du fumier	16
1.2.2. Effet des engrais chimiques sur les rendements des cultures.....	17
1.2.2.1. Effet de l'azote	18
1.2.2.2. Effets de phosphore et du potassium	19

1.2.3. Effets des fumures organo-minérales sur les rendements des cultures.....	20
1.2.4. Interaction entre l'irrigation et la fertilisation.....	20
CHAPITRE 2 : MATÉRIELS ET MÉTHODES	21
2.1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	21
2.1.1. Situation géographique	21
2.1.2. Végétation.....	22
2.1.3. Conditions climatiques.....	22
2.1.4. Sols.....	22
2.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	24
2.2.1. Matériels d'étude	24
2.2.1.1. Plants de citronnelle	24
2.2.1.2. Fertilisants.....	24
2.2.2. Méthodes.....	25
2.2.2.1. Dispositif expérimental.....	25
2.2.2.2. Conduite de l'essai	26
2.2.2.3. Méthodes de séchage du matériel végétal.....	27
2.2.2.4. Extraction de l'huile essentielle	28
2.2.2.5. Paramètres étudiés.....	28
2.2.2.5.1. Variables mesurées	28
2.2.2.5.2. Variables calculées	29
2.2.2.6. Analyse statistique des données	30
2.2.2.7. Présentation des résultats.....	30
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS.....	31
3.1. RÉSULTATS.....	31
3.1.1. Effets des fumures à la première récolte (janvier 2006).....	31
3.1.1.1. Effets des fumures sur la production en matières fraîche et sèche à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)	31
3.1.1.2. Effets des fumures sur la teneur et la production en huile essentielle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)	32
3.1.1.3. Effets des fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de tiges et le nombre moyen de feuilles par tige de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)	33
3.1.1.4. Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)	34
3.1.2. Effets des fumures à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)	35
3.1.2.1. Effets des fumures sur la production en matières fraîche et sèche à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	35
3.1.2.2. Effets des fumures sur la teneur et la production en huile essentielle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	37
3.1.2.3. Effets des fumures sur les paramètres agronomiques à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	37
3.1.2.4. Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	38
3.1.3. Analyse comparée des résultats des deux récoltes de la citronnelle	39
3.1.3.1. Production en matière fraîche	39
3.1.3.2. Production en matière sèche	40
3.1.3.3. Teneur en huile essentielle.....	41
3.1.3.4. Production en huile essentielle.....	41
3.1.3.5. Paramètres agronomiques	42
3.1.3.6. Teneur en matière sèche des feuilles, des tiges et des racines	44
3.2. DISCUSSIONS	46

3.2.1. Effet du traitement "témoin sans engrais".....	46
3.2.2. Effet du traitement "15-15-15-0,5-17".....	47
3.2.2.1. Effet sur la matière fraîche et la matière sèche.....	47
3.2.2.2. Effet sur la teneur en huile essentielle et production d'huile essentielle.....	47
3.2.2.3. Effet sur les paramètres agronomiques.....	48
3.2.3. Effet du traitement "fumier".....	49
3.2.4. Effet du traitement "dolomie".....	50
3.2.5. Effet du traitement "Fumier+dolomie".....	51
3.2.6. Effet du traitement "Fumier+NPK".....	51
3.2.7. Effet du traitement "Dolomie+NPK".....	52
3.2.8. Effet des différentes fumures sur la teneur en matières sèches des feuilles, tiges et racines.....	52
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	53
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	55
ANNEXES.....	59

REMERCIEMENTS

Le présent document est le couronnement d'un long processus de formation au cours duquel nous avons bénéficié du soutien de plusieurs personnes qu'il nous plaît de remercier.

Nous remercions vont à :

- ✓ Dr DAKUYO P. Zéphirin, Directeur des Laboratoire phytofla pour avoir proposé le thème d'étude. Nous lui remercions également pour son soutien moral matériel et financier et ses différents conseils ;
- ✓ Dr SOMDA Irénée, Enseignant à l'IDR, notre directeur de mémoire pour son encadrement et sa disponibilité ;
- ✓ Dr KAMBIRE Hyacinthe chercheur à l'INERA, notre maître de stage pour l'encadrement qu'il nous a assuré et pour tous ses conseils ;
- ✓ M. BALIMA, Superviseur aux laboratoires Phytofla pour sa disponibilité tout au long de notre stage, ses encouragements et ses conseils ;
- ✓ M. TAMINI, directeur commercial de Phytofla pour avoir corrigé notre document ;
- ✓ Tout le personnel des laboratoires phytofla pour leur sympathie et leur encouragement, en particulier, M. OUATTARA, M. GNANOU, M. ZIO, M. SANGARE ;
- ✓ Les sœurs de la petite enfance de Niangoloko pour avoir accepté la réalisation de l'essai dans leur champ. Je remercie également les ouvriers Daouda et Issouf pour leur soutien ;
- ✓ M. OUATTARA Amoro, M. SANKARA Constantin, techniciens au programme GRN/SP Ouest et la secrétaire dudit programme, Mme DIAKITE Mariam ;
- ✓ Mon père TOUGMA Siméon et Ma mère TOUGMA Hélène née GUIBRE, pour leur amour et leur soutien sans faille ;
- ✓ Mes sœurs, Mireille, Roseline, Nadine et Natacha, mon petit frère Bénéwendé ainsi que mes deux nièces Carine et Nelly pour leur amour fraternel et leurs encouragements ;
- ✓ M. et Mme OUATTARA à Saint Etienne (Bobo-Dioulasso) pour leur gentillesse, leur soutien et pour m'avoir accueilli à mon arrivé à Bobo-Dioulasso ;
- ✓ M. MOUGNIGA Salif, informaticien à la DSONG pour son soutien technique et matériel lors de l'analyse de nos données ;
- ✓ Mes amis, en particulier SANOU Adama, ZANGO Aïcha, TIEMTORE Natalie, DIALLO Yaye, SAWADOGO Mahamadi pour leur soutien ;
- ✓ Mes camarades de l'IDR, en particulier BITIE Abdramane, KABORE Ousmane et PALE Eric pour les moments passés ensemble pendant notre formation à l'IDR.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

CEC	: Capacité d'Échange Cationique
DGPSA	: Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles
DRED	: Direction Régionale de l'Économie et du Développement
DSONG	: Direction de Suivi des Organisations Non Gouvernementales
FAO	: Food and Agriculture Organization of United Nations
GRN/SP	: Gestion des Ressources Naturelles/Système de Production
IDR	: Institut du Développement Rural
INERA	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
JAR	: Jour Après Repiquage
MAE	: Ministère des Affaires Étrangères
MAHRH	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MCD	: Ministère de la Coopération et du Développement
MED	: Ministère de l'Économie et du Développement
MESSRS	: Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique
PME	: Petite et Moyenne Entreprise
PIB	: Produit Intérieur Brut
SDR	: Stratégie de Développement Rural
UO	: Université de Ouagadougou
UPB	: Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

LISTE DES TABLEAUX

Titres	Pages
Tableau I : Liste de quelques espèces du genre <i>Cymbopogon</i> et leurs noms communs.....	7
Tableau II : Rendement (en %) de quelques plantes aromatiques.....	14
Tableau III : Composition chimique de la dolomie (%).....	24
Tableau IV : Composition chimique moyenne du fumier d'étable.....	24
Tableau V : Liste des différents traitements appliqués.....	25
Tableau VI : Quantité d'engrais, de fumier et de dolomie appliquée par traitement.....	26
Tableau VII : Quantités d'éléments chimiques apportés à l'hectare et par parcelle élémentaire pour l'engrais composé et la dolomie.....	26
Tableau VIII : Effets des fumures sur le rendement en matières fraîche et sèche de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR).....	31
Tableau IX : Effets des fumures sur la teneur et le rendement en huile essentielle de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR).....	32
Tableau X : Effets des fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles par touffe et le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR).....	33
Tableau XI : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR).....	35
Tableau XII : Effets des fumures sur le rendement en matières fraîche et sèche de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	36
Tableau XIII : Effets des fumures sur la teneur et le rendement en huile essentielle de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006).....	37
Tableau XIV : Effets des fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles par touffe et le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	38
Tableau XV : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).....	39

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Plant de citronnelle.....	8
Photo 2 : Talle de citronnelle.....	8
Photo 3 : Feuille de citronnelle.....	8
Photo 4 : Partie souterraine d'un plant de citronnelle.....	8

Photo 5 : Buttes séparant les parcelles élémentaires	25
Photo 6 : La parcelle élémentaire.....	25
Photo 7 : Distillateur.....	28
Photo 8 : Échantillons de feuilles de citronnelle séchées.....	28

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Différentes parties d'un alambic utilisé pour la distillation des plantes aromatiques. .	14
Figure 2 : Carte administrative et routière de la région des Cascades.....	21
Figure 3 : Évolution de la pluviométrie et nombre de jours de pluie de Niangoloko en 2005.	23
Figure 4 : Évolution pluri-annuelle de la pluviométrie et nombre de jours de pluie de Niangoloko de 1996 à 2005.	23
Figure 5 : Effets des fumures sur la production en matière fraîche de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	40
Figure 6 : Effets des fumures sur la production en matière sèche de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	40
Figure 7 : Effets des fumures sur la teneur en huile essentielle de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	41
Figure 8 : Effets des fumures sur la production en huile essentielle de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	42
Figure 9 : Effets des fumures sur la hauteur des touffes de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR).....	42
Figure 10 : Effets des fumures sur le nombre de talles par touffe de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	43
Figure 11 : Effets des fumures sur le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	43
Figure 12 : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	44
Figure 13 : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des tiges de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	45
Figure 14 : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des racines de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)	45

RÉSUMÉ

La citronnelle (*Cymbopogon citratus*) est une plante aromatique vivace dont la culture est rentable à cause des nombreuses utilisations de son huile essentielle extraite à partir de ses feuilles. Sa culture permettra de diversifier les sources de revenus des populations rurales du Burkina Faso.

Afin d'étudier l'effet de la fertilisation sur la production en biomasse et en huile essentielle de *C. citratus*, une expérimentation au champ a été menée à Niangoloko dans la région des Cascades (Burkina Faso). Le dispositif expérimental utilisé est le Bloc Fisher avec quatre (04) répétitions et sept (07) traitements. Les traitements comparés sont : témoin sans engrais (T1), NPK (T2), fumier (T3), dolomie (T4), fumier+dolomie (T5), fumier+NPK (T6) et dolomie+NPK (T7). L'analyse des résultats est faite à l'aide du logiciel XLSTAT2006.

Les résultats montrent que tous les traitements ont donné des rendements en matière fraîche, en matière sèche et en huile essentielle, supérieurs au témoin sans engrais. Les meilleurs rendements, en matière fraîche (2382 kg/ha), matière sèche (795 kg/ha) et en huile essentielle (15,1 l/ha) sont obtenus avec le traitement Fumier+NPK. Les différents traitements n'ont pas influencé significativement la teneur en huile essentielle lors des deux récoltes. Les teneurs en huile essentielle ont connu une baisse à la seconde récolte par rapport à la première récolte. Les fumures n'ont pas entraîné une augmentation significative de la hauteur des touffes. Par contre, l'effet des fumures sur le nombre de tiges par touffe a été significatif avec un effet meilleur pour le traitement Fumier+NPK. Le nombre moyen de feuilles par tige, à la première récolte, a été influencé significativement par les fumures, par contre à la seconde récolte l'effet n'a pas été significatif. Les résultats montrent que les différentes fumures n'ont pas eu d'effets significatifs sur la teneur en matière sèche des feuilles, des tiges et des racines aussi bien à la première récolte qu'à la seconde récolte.

Mots clés : citronnelle, engrais, fumure organique, fumure minérale, fumier+NPK, biomasse, huile essentielle, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, notamment au Burkina Faso, l'activité agricole constitue la principale source d'emplois et de revenus des populations rurales. Ainsi, l'activité agricole au Burkina Faso (MAHRH, 2004), emploie 86 % de la population totale du pays. L'économie nationale est basée sur cette activité qui contribue pour environ 40 % au PIB. L'agriculture contribue pour 25 % au PIB, l'élevage pour 12 % et enfin la foresterie et la pêche pour 3 % (MAHRH, 2004).

L'objectif global de la politique agricole à travers la Stratégie de Développement Rural est d'assurer une croissance soutenue du secteur rural en vue de contribuer à la lutte contre la pauvreté, au renforcement de la sécurité alimentaire et à la promotion d'un développement durable (MAHRH, 2004). Selon FAO (2002), la sécurité alimentaire consiste à assurer à toute personne et à tout moment un accès physique et économique aux denrées alimentaires dont elle a besoin.

Par conséquent, le concept de la sécurité alimentaire comprend trois dimensions que sont, la disponibilité des denrées alimentaires, la stabilité des approvisionnements dans le temps et l'espace et l'accès pour tous les individus aux denrées disponibles (Azoulay et Dillon, 2001). L'accès physique suppose l'existence des denrées soit par l'autoproduction soit par l'importation, tandis que l'accès économique traduit la capacité en terme monétaire d'accès aux denrées alimentaires par toute la population. Au vu de cela, l'une des stratégies de lutte contre l'insécurité alimentaire est le développement des activités qui peuvent procurer des revenus aux populations rurales.

La production végétale constituée de cultures vivrières et de cultures de rente n'arrive pas à satisfaire d'une manière générale les besoins alimentaires des populations, ni à procurer des revenus à même d'amorcer un développement économique et social des populations notamment rurales. Les cultures vivrières sont composées essentiellement de céréales (sorgho, mil, maïs, riz, fonio), de niébé et de tubercules (Igname, Manioc, patate douce, etc.) (MAHRH, 2004). Les rendements actuels de ces cultures vivrières ne permettent pas de satisfaire les besoins de toute la population. Les cultures de rente composées de coton, arachide, sésame, soja (MAHRH, 2004), procurent des revenus aux producteurs. Mais, ces revenus ne permettent pas aux producteurs de satisfaire leurs besoins, ni d'assurer leur bien-être.

Le coton est la principale culture de rente du pays (Poda, 2004). Les exportations annuelles de coton sont passées de 21,865 milliards en 1992 à plus de 100 milliards à partir de 1998 (Vognan, 2002 cité par Poda, 2004). Le coton procure des revenus aux producteurs et participe pour beaucoup à l'économie nationale. Il représente 40 à 50 % des recettes d'exportation du Burkina Faso (Schwartz, 2000 cité par Poda, 2004).

Or, la filière cotonnière est confrontée de nos jours à de nombreux problèmes. Ces problèmes sont liés d'une part à la hausse des prix des intrants et d'autre part à la baisse des cours du coton. La culture du coton nécessite l'application de grandes quantités d'engrais et d'importants traitements contre les ravageurs. Ainsi, les fluctuations du cours mondial de coton et le renchérissement des prix des insecticides sont les principaux facteurs de vulnérabilité de cette filière (Vognan et Ouédraogo, 2004). La baisse des cours du coton est liée aux subventions que les pays développés accordent à leurs cotonculteurs. Ces subventions ont des effets négatifs sur l'économie nationale. En effet, les pertes de revenus dues aux subventions ont été en moyenne selon Poda (2004), de 19 millions de dollars courants par an pour le Burkina Faso entre 1997 et 2002.

De ce fait, il est important de chercher de nouvelles alternatives pour accroître les revenus des producteurs, promouvoir leur véritable développement économique et partant de l'économie nationale qui en dépend fortement. La lutte contre les subventions aux producteurs occidentaux de coton, menée depuis un certain temps par les pays africains producteurs de coton est une solution pour la résolution du problème. Mais, la recherche d'autres alternatives comme la transformation du coton sur place et surtout la diversification des spéculations d'une manière générale et des cultures de rente en particulier apparaît comme étant la solution la plus appropriée pour un développement durable. Ainsi, la diversification des productions agricoles est l'un des axes prioritaires de la Stratégie de Développement Rural (SDR) du Burkina Faso (MAHRH, 2004).

Le Burkina Faso présente une biodiversité locale riche dont l'exploitation pourrait apporter de nouveaux revenus aux populations rurales (Abessolo, 2004). La région des Hauts Bassins et celle des Cascades présentent des avantages pour la diversification des productions végétales compte tenu de la bonne pluviométrie, des conditions pédo-climatiques et de la disponibilité des terres irrigables (Lankoandé et Sebego, 2005).

L'exploitation des ressources du secteur primaire locales, notamment les plantes aromatiques, pourrait diversifier les activités du secteur agricole (Abessolo, 2004). Ainsi, la culture des plantes aromatiques est considérée dans certains pays d'Afrique comme des cultures

qui procurent des revenus non moins importants pour les producteurs. La culture des plantes aromatiques notamment la citronnelle et la production d'huile essentielle pourraient constituer une alternative pour le développement économique et social des populations rurales. De nombreuses plantes aromatiques sont cultivées au Burkina Faso parmi lesquelles on a la menthe (*Mentha piperita*), la citronnelle (*Cymbopogon citratus*), l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus* et *E. camendulensis*), lippia (*Lippia citriodora*), lantana (*Lantana camara*), fagara (*Fagara xantoxylodes*) et le basilic (*Ocimum basilicum*).

La citronnelle est cultivée en Afrique, et particulièrement au Burkina Faso, de façon traditionnelle à proximité des habitations ou dans les jardins (Larousse, 1986). Les feuilles de citronnelle sont de plus en plus utilisées pour l'extraction de l'huile essentielle. Cette huile essentielle est soit utilisée localement soit exportée. Une enquête menée par Abessolo (2004) révèle que la presque totalité des essences utilisées sont importées d'Europe et que la production locale serait insuffisante. Les entreprises cosmétiques et alimentaires sont prêtes à utiliser l'huile essentielle de *Mentha piperita* et *Cymbopogon citratus* (Abessolo, 2004).

Mais, au Burkina Faso, la plupart des cultures présentent de faibles rendements qui s'expliquent en grande partie par la faible pluviométrie et la pauvreté des sols (Sedego *et al.*, 1997 cités par Diallo, 2002). Une bonne fertilisation est nécessaire pour optimiser les productions de la citronnelle. D'où l'intérêt de la présente étude intitulée : « **Effets de la fertilisation organique et minérale sur la production en biomasse et en huile essentielle de la citronnelle (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf) dans la région des Cascades (Ouest du Burkina Faso)** ».

L'objectif global de cette étude est de comparer les effets des différentes fumures sur les productions en biomasse aérienne et en huile essentielle de la citronnelle.

Le présent document s'articule sur trois parties que sont : la revue bibliographique qui fait la synthèse des connaissances théoriques sur la plante et les effets des engrais sur la production en biomasse et en huile essentielle de la citronnelle, la deuxième partie qui concerne la méthodologie utilisée pour atteindre les objectifs et enfin les résultats et discussions qui constituent la troisième partie.

JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE

Les plantes aromatiques sont des plantes d'une grande importance de par les nombreuses utilisations particulièrement celle des huiles essentielles. Ces plantes sont cultivées sur tous les continents depuis très longtemps pour de multiples usages. Elles sont représentées dans de nombreuses familles botaniques dont la famille des Poacées (Franchomme *et al.*, 1990). Les huiles essentielles produites par ces plantes sont très variées par leur composition chimique. Elles sont utilisées dans la fabrication de produits pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires. Les feuilles quant à elles sont utilisées dans la gastronomie et la médecine traditionnelle (Beech, 1990 et Van Damme, 2001).

Les plantes aromatiques sont considérées comme des cultures de rente grâce à leur huile essentielle qui coûte très cher et qui est très demandée. Le commerce des huiles essentielles a un caractère suffisamment lucratif (Silou *et al.*, 2004). Elles procurent ainsi des revenus substantiels aux producteurs.

La citronnelle est une plante aromatique vivace dans les régions tropicales et peut être cultivée durant plusieurs années (Van Damme, 2001). La culture de la citronnelle permettrait alors aux producteurs de diversifier les cultures de rente, d'accroître les recettes des produits agricoles du pays et aider ainsi au développement de l'économie rurale. Elle permettrait également de procurer des revenus, durant toute l'année, aux producteurs et de diversifier leurs sources de revenus.

Par ailleurs, pour que la culture de la citronnelle puisse donner les résultats escomptés, il faut intensifier sa production en apportant des engrais en quantité et en qualité. En effet, dans de nombreux pays du monde surtout dans les zones tropicales comme l'Australie et l'Inde, les études menées ont montré les effets bénéfiques de la fertilisation minérale et organique sur la production en biomasse et en huile essentielle de la citronnelle ainsi que la plupart des espèces du genre *Cymbopogon*. *Cymbopogon citratus* est l'une des plantes les plus étudiées dans le monde pour son huile essentielle (Silou *et al.*, 1999b cités par Silou *et al.*, 2004). Au Congo, plusieurs études ont été faites sur l'efficacité des amendements organiques et minéraux sur la production de la biomasse et de l'huile essentielle, sur l'impact des stress consécutifs à la coupe, la sécheresse et le feu (Silou *et al.*, 2004). Ainsi, Silou *et al.* (1999a) ont montré l'effet bénéfique du fumier et du NPK sur la production quantitative et qualitative de l'huile essentielle de *C. citratus*.

Au Burkina Faso, la citronnelle est cultivée sur de petites superficies et de façon traditionnelle. Elle est surtout cultivée dans la zone Ouest du pays. Jusqu'à nos jours les études réalisées ont concerné surtout la composition chimique et l'utilisation de l'huile essentielle en particulier dans le domaine de la protection des végétaux. Par contre, sur le plan de la fertilisation il n'existe pas d'études sur l'effet des différents fertilisants sur la production de l'huile de citronnelle.

Compte tenu des avantages de la citronnelle aussi bien pour les producteurs que pour le pays, il est indispensable d'accroître les quantités de matière fraîche et d'huile essentielle produites actuellement dans l'objectif de soutenir la production et satisfaire la demande. L'intensification de la culture est une nécessité et cela doit être accompagnée par des recherches sur l'optimisation des facteurs de production. La production de grandes quantités d'huile essentielle de citronnelle ne saurait se faire sans une bonne fertilisation (Beech, 1977 et 1990). Au Burkina Faso, il est d'autant plus indispensable de réaliser des études sur l'effet de la fertilisation que, la plupart des sols sont pauvres en matière organique et en éléments chimiques.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Généralités sur *Cymbopogon citratus*

1.1.1. Les plantes aromatiques

Les plantes aromatiques sont des plantes qui synthétisent des substances aromatiques. Chez les végétaux, il existe plusieurs types de tissus que sont les tissus de protection, les tissus de nutrition, les tissus de soutien, les tissus conducteurs et les tissus sécréteurs (Vilain, 1997). Selon Vilain (1997), les déchets ne sont pas rejetés à l'extérieur par les végétaux, mais sont accumulés dans les vacuoles des tissus sécréteurs sous diverses formes comme l'oxalate de calcium, les essences, les alcaloïdes, le latex, etc.

Les cellules sécrétrices peuvent être isolées ou groupées. Les plantes aromatiques comportent trois principales catégories d'appareils sécréteurs que sont : les poils glandulaires épidermiques, les poches et les canaux glandulaires schizogènes ou schizolysigènes (Franchomme *et al.*, 1990). Les structures glandulaires et les cellules sécrétrices isolées peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux et reproducteurs et rares sont les plantes chez qui ces structures sont présentes dans un seul organe (Franchomme *et al.*, 1990).

Selon Franchomme *et al.* (1990), il existe une diversité d'espèces aromatiques dont plusieurs espèces herbeuses. Parmi les espèces herbeuses aromatiques on a le genre *Cymbopogon* dans lequel il existe de nombreuses espèces.

1.1.2. Origine

Cymbopogon citratus est originaire de l'Inde (M.C.D., 1991 et Van Damme, 2001). Cette espèce se rencontre dans de nombreux pays tropicaux, en Caraïbe, en Amérique centrale, en Afrique, en Australie et en Indochine (Van Damme, 2001). Elle est répandue en Afrique notamment à Madagascar, au Congo, au Sénégal, au Kenya, aux Comores, en Côte d'Ivoire, au Ghana et au Cameroun (Larousse, 1986). Cultivée essentiellement dans le monde tropical, la citronnelle se rencontre aussi bien dans les zones tropicales humides et sèches que dans les régions subtropicales sèches.

Par ailleurs, *C. citratus* est à tort appelé citronnelle. Son nom commun est "lemongrass" qui signifie herbe citronnée, tandis que "citronnelle" est le nom commun de *C. nardus* (M.C.D., 1991 et Pousset, 2004). Les noms scientifiques et les noms communs correspondants des principales espèces cultivées sont présentés dans le tableau I.

Tableau I : Liste de quelques espèces du genre *Cymbopogon* et leurs noms communs

Noms scientifiques	Noms vulgaires
<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C.) Stapf	lemongrass ou verveine des Indes
<i>C. nardus</i> (L.) Rendle	Citronnelle ou Citronella grass
<i>C. martinii</i> (Roxb.) Wats.	Gingergrass ou Palmarosa
<i>C. flexuosus</i> (Steud) Wats.	lemongrass
<i>C. winterianus</i> Jowitt	Java citronella
<i>C. giganteus</i> (Hochst.) Chiov.	Citronnelle sauvage

1.1.3. Systématique

1.1.3.1. Le genre *Cymbopogon*

La famille des Poacées qui appartient à l'ordre des Cypéales est l'une des nombreuses familles dont plusieurs espèces sont aromatiques. Les Poacées dont les feuilles produisent les huiles essentielles appartiennent surtout au genre *Cymbopogon* (Larousse 1986 ; Van Damme 2001). Parmi les espèces aromatiques du genre, on peut citer : *Cymbopogon citratus*, *C. nardus*, *C. giganteus*, *C. martinii*, *C. flexuosus* et *C. winterianus* (Franchomme *et al.*, 1990).

1.1.3.2. *Cymbopogon citratus*

a) La tige

C. citratus possède des tiges aériennes et des rhizomes. C'est une herbe aromatique qui forme des épaisses touffes rhizomateuses pérennes (Van Damme, 2001). La hauteur des touffes peut atteindre un mètre (M.C.D., 1991 ; Van Damme, 2001) (Photos 1 et 2). Au cours du cycle de développement de la plante, on assiste à une division des touffes. La souche vivace s'éclate et chaque touffette se ramifiera à partir de la base. Les nouvelles tiges démarrent ainsi à partir de bourgeons adventifs (Génin, 1990).

b) Les feuilles

Cymbopogon citratus a des feuilles étroites, retombantes, à bords coupants et de coloration roussâtre (M.C.D., 1991 ; Van Damme, 2001) et sont munies de gaines (M.C.D., 1991) (Photo 1 et 3). Elles sont persistantes, aromatiques, gris vert, à odeur de citron. Les feuilles sont longues pouvant atteindre 30 à 60 cm, larges de 1 à 2 cm (Berhaut, 1967). Selon Pousset (2004), la longueur des feuilles peut atteindre 1m. La ligule est papyracée, longue de 1 à 2 mm et le limbe est rougissant en séchant (Berhaut, 1967).



Photo 1 : Plant de citronnelle



Photo 2 : Talle de citronnelle



Photo 3 : Feuille de citronnelle



Photo 4 : Partie souterraine d'un plant de citronnelle

c) L'inflorescence

Cymbopogon citratus est une espèce qui fleurit rarement ou presque pas, même en saison pluvieuse (Van Damme, 2001 ; Pousset, 2004). Mais lorsqu'elle fleurit, elle a une inflorescence longue de 15 à 25 cm (Berhaut, 1967). Elle possède également des glomérules sortant des aisselles des feuilles supérieures. Ces glomérules sont courtes (5 à 8 cm), distantes de 3 à 5 cm et ayant une hampe florale de 1 à 1,50 m, portant de nombreuses ramifications, terminées par des épis courts, de 10 à 15 mm, rougeâtres à maturité (Berhaut, 1967). Fleurissant rarement, la multiplication chez cette espèce se fait principalement par les éclats de souches (M.C.D., 1991 ; Van Damme, 2001).

d) La partie souterraine

Cymbopogon citratus possède des rhizomes pourvus de fines radicelles superficielles (Photo 4). Comme la plupart des graminées, *C. citratus* a des racines fasciculées peu profondes (Génin, 1990). Des racines adventives se développent sur les nouvelles tiges qui démarrent lors de la division de touffes (Génin, 1990).

1.1.4. Intérêts socio-économiques

Les utilisations de la citronnelle sont multiples. Elles vont de la gastronomie à l'utilisation cosmétique de son huile essentielle en passant par l'utilisation dans la médecine traditionnelle.

1.1.4.1. Gastronomie

Les feuilles de *Cymbopogon* spp. sont utilisées pour aromatiser les soupes, les currys et les sauces (Van Damme, 2001). La base des tiges fraîches, coupée en rondelles, ciselée est utilisée pour aromatiser les crudités, les salades, les marinades et les potages. C'est un ingrédient de la cuisine traditionnelle du Sud-Est de l'Asie (Inde, Thaïlande, Vietnam, Indonésie, etc.) (Van Damme, 2001).

1.1.4.2. Médecine traditionnelle

Les feuilles de citronnelle sont très utilisées en décoction ou en infusion comme boisson rafraîchissante, digestive et sédative (Pousset, 2004). La décoction des feuilles et des racines est utilisée comme fébrifuge en Afrique, mais on préfère alors une autre espèce, *C. giganteus*. La fumée dégagée par les feuilles séchées et brûlées à petit feu éloigne les insectes (Pousset, 2004).

1.1.4.3. Industries cosmétiques

L'huile essentielle extraite des feuilles de citronnelle est utilisée par les industries de parfum et les industries cosmétiques ainsi que les industries pharmaceutiques (Beech, 1990 ; Van Damme, 2001). L'huile est utilisée dans l'industrie de parfum soit directement comme huile, soit comme source de citral qui fournit le parfum artificiel de la violette qu'est l'ionone. Ce dernier est employé en parfumerie et savonnerie ainsi que dans la fabrication de sels de bain et produits cosmétiques (Van Damme, 2001). Selon Beech (1990), l'huile est également utilisée pour fabriquer la vitamine A. L'huile de citronnelle seule ou mélangée à l'huile de santal (arbuste d'Asie) est utilisée dans les produits antimoustiques (Van Damme, 2001).

1.1.4.4. Agriculture

Des études faites par Prakasa Rao *et al.* (2001) ont montré que l'incorporation de feuilles mortes de Palmarosa (*Cymbopogon martinii*) au sol aide beaucoup dans la conservation de l'humidité du sol et par voie de conséquence améliore la production d'huile de palmarosa. Les résidus après distillation peuvent être utilisés dans l'alimentation du bétail (Van Damme, 2001).

1.1.5. Exigences climatiques et édaphiques

1.1.5.1. Exigences climatiques

Sur le plan des exigences climatiques, les espèces du genre *Cymbopogon* tolèrent des conditions climatiques assez variées. On les rencontre aussi bien dans les zones tropicales humides et sèches que dans les régions subtropicales sèches (Van Damme, 2001).

Les besoins en eau varient selon l'espèce. Ainsi, *C. citratus* et *C. nardus* poussent bien sous une pluviosité de 600 à 4100 mm et une température moyenne de 21 à 27 °C, tandis que la pluviosité maximale pour *C. martinii* est de 2400 mm (Van Damme, 2001).

La lumière influence la production qui sera d'autant plus importante que la luminosité est maximale (Van Damme, 2001).

1.1.5.2. Exigences édaphiques

La citronnelle pousse bien sur des sols de nature variée mais les meilleurs rendements sont obtenus dans des sols sablonneux à limoneux (Van Damme, 2001). Les espèces du genre *Cymbopogon* préfèrent les sols bien drainés dont le pH est compris entre 4,3 et 8,4 (Van Damme, 2001).

1.1.6. Procédés de culture

1.1.6.1. Repiquage

Avant le repiquage, il faut labourer le terrain et herser pour casser les mottes de terre. Le repiquage se fait avec des éclats de souches enracinés, taillés et repiqués à un écartement de 1 m x 0,45 m (Van Damme, 2001). Par contre, en Inde les plants de citronnelle sont repiqués généralement à un écartement de 0,45 m x 0,45 m. Par ailleurs, il est recommandé de réaliser des buttes assez élevées pour minimiser les problèmes de pourriture de sommets des racines qui peuvent être provoqués par l'eau d'irrigation (Valentia et Myers, 1991).

1.1.6.2. Fertilisation

Lorsqu'une culture est établie, elle peut rester productive pendant 10 à 15 années (Van Damme, 2001). Ainsi, pour maintenir une bonne production, une fertilisation régulière et suffisante est nécessaire (Van Damme, 2001). La fumure doit apporter les trois éléments majeurs que sont l'azote, le phosphore et le potassium. Selon Beech (1990), de grandes applications d'azote sont nécessaires pour obtenir de grandes productions de feuilles et d'huiles essentielles. Cet apport doit être fractionné au cours de l'année pour une plus grande efficacité. Avec une densité de 20.000 plants / ha, il faut deux applications d'azote par an, soit 614 et 480 kg de N/ha (Beech, 1990).

1.1.6.3. Irrigation

La citronnelle peut être cultivée avec ou sans irrigation. Mais pour faire plusieurs récoltes dans l'année, il faut irriguer surtout en saison sèche. L'irrigation permet non seulement d'obtenir plusieurs récoltes dans l'année mais permet également d'obtenir de grandes productions de feuilles et d'huile (Beech, 1990) et devient indispensable lorsqu'on pratique la fertilisation.

Selon des études réalisées dans la région irrigable d'Ord en Australie, le temps entre les apports d'eau ne doit pas dépasser 10 jours (Beech, 1977). L'apport d'eau suffisant augmente significativement la croissance, l'herbage et la production d'huile essentielle de *Cymbopogon martinii* (Singh *et al.*, 1997). La citronnelle a besoin en moyenne de 60,96 à 76,20 cm d'eau par an, mais cela dépend de l'humidité du sol, la nature du sol et des conditions environnementales (Valentia et Myers, 1991).

1.1.6.4. Entretien de la culture

Les travaux d'entretien consistent à faire des sarco-binages en fonction du niveau d'enherbement (Valentia et Myers, 1991). Le binage associé au sarclage permet d'ameublir le sol afin d'assurer une bonne infiltration de l'eau d'irrigation.

1.1.6.5. Association culturale

La citronnelle est une herbe pérenne ayant une phase initiale longue. Ainsi, on peut utiliser efficacement la phase de croissance comprise entre le repiquage et la première récolte. D'après des études faites par Prakasa *et al.* (1988), il est possible d'intercaler des céréales avec *C. winterianus*. Ces études montrent qu'on peut obtenir des productions supplémentaires en intercalant pendant les premières phases de *C. winterianus* avec *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Vigna mungo* (L.) Hepper ou *Vigna radiata* (L.) wilez (Prakasa *et al.*, 1988).

Aussi, Prakasa *et al.* (1988) indiquent qu'il est possible de faire la rotation de deux cultures, intercalées avec *C. winterianus* sans affecter la production de la culture principale. Le système de rotation testé est *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Vigna mungo* (L.) Hepper ou *Vigna radiata* (L.) Wilez suivi du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), *Eleusine coracana* (L.) Gaertn ou l'arachide (*Arachis hypogea* (L.)) (Prakasa *et al.*, 1988).

1.1.6.6. Récolte

La culture, une fois mise en place, reste productive pendant plusieurs années. La première récolte des feuilles se fait huit (08) mois après la plantation (Beech, 1977) ou douze (12) mois après la plantation (Van Damme, 2001). Sous condition irriguée, on peut enregistrer trois à quatre récoltes pour une période de douze mois (Beech, 1977 ; Van Damme, 2001). Pour optimiser la production d'huile, les feuilles doivent être coupées à un intervalle de 60 jours et à une hauteur de 20 cm (Beech, 1977).

Mais les recommandations sur la pratique de récolte, spécialement sur le nombre et la hauteur de coupe diffèrent. Le nombre de récoltes et la manière de couper peuvent changer selon l'objectif de la culture, c'est-à-dire la consommation des feuilles ou l'extraction de l'huile essentielle (Beech, 1977).

1.1.6.7. Traitement phytosanitaire

Pour certains auteurs tels que Beech (1977 et 1990), la citronnelle n'est pas susceptible d'attaques d'insectes, ni de maladies particulières. Ainsi, d'une manière générale les traitements phytosanitaires concernent la lutte contre les mauvaises herbes qui peuvent affecter le rendement en matières fraîche et sèche voire la production en huile essentielle. Par contre, certains auteurs font cas d'attaques de micro-organismes. Ainsi, en Floride, on a observé que *Cymbopogon citratus* a été infecté par *Helminthosporium ocellum* et *H. rostratum*. Étant considéré comme saprophytes sur la citronnelle, il n'y a pas lieu d'envisager des traitements (Baudin, 1955). Le sol doit être exempt de germes de certains champignons tels que *Fusarium* et *Verticillium* (Valencia et Myers, 1991).

1.1.7. Huile essentielle de la citronnelle

1.1.7.1. Définition de l'huile essentielle

Les huiles essentielles ou simplement essences sont des produits aromatiques légers, volatils, généralement liquides à température ambiante et insolubles dans l'eau (Ntezurubanza, 2000 cité par Abessolo, 2004).

1.1.7.2. Extraction de l'huile essentielle

Il existe plusieurs techniques et procédés d'extraction de l'huile essentielle que sont : l'expression, la distillation, la percolation, l'extraction au CO₂ supercritique, l'enfleurage, les macérations, le procédé par épuisement, etc. (Franchomme *et al.*, 1990). Le procédé par distillation reste le procédé le plus utilisé. La distillation est une méthode connue depuis la plus haute Antiquité, transmise par les Arabes et perfectionnée par les Grassois. C'est un procédé qui utilise l'entraînement des substances aromatiques grâce à la vapeur d'eau (Franchomme *et al.*, 1990).

Deux substances peu ou non miscibles, chauffées dans une même enceinte, émettent des vapeurs indépendantes l'une de l'autre. L'ébullition simultanée de deux substances insolubles l'une dans l'autre se produit à une température inférieure au point d'ébullition de la substance la plus volatile. Ainsi, eau et essence végétale distillent simultanément à une température inférieure à 100°C sous pression atmosphérique normale. Les vapeurs d'eau, l'eau distillée et l'essence (plus légère que l'eau), devenue huile essentielle se condensent dans le réfrigérant. À la sortie du réfrigérant, l'eau et l'huile essentielle se séparent dans l'essencier. L'appareil utilisé pour la distillation est appelé Alambic (Figure 1).

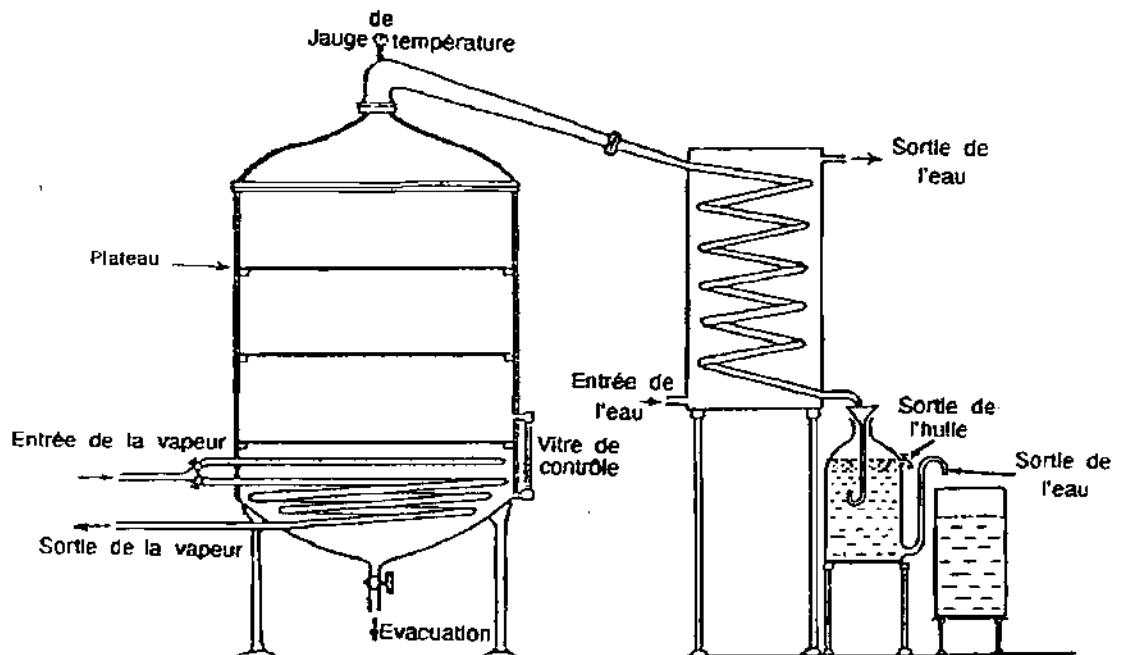
On distingue deux variantes de la distillation que sont l'hydrodistillation, méthode la plus archaïque où les substances végétales à traiter sont mélangées avec l'eau, et la distillation par entraînement à la vapeur d'eau où l'installation comporte une chaudière à vapeur séparée de l'Alambic.

Les rendements en huile essentielle de la distillation sont variables d'une espèce à l'autre. On a un rendement réel de 10 à 20 pour mille et 10 pour mille respectivement pour *Cymbopogon citratus* et *C. nardus* (Franchomme *et al.*, 1990) (Tableau II).

Tableau II : Rendement (en %) de quelques plantes aromatiques

Plantes	Distillation	
	Rendements réels en ‰	Durée moyenne en heure
<i>Citrus aurantium</i> ssp. Aur. (fl.)	0,5 – 1	-
<i>Cymbopogon citratus</i>	10 – 20	-
<i>Cymbopogon nardus</i>	10	-
<i>Eucalyptus globulus</i>	10 - 30	-
<i>Lippia citriodora</i> (fe.)	0,72 – 1,95	1,5
<i>Mentha piperita</i>	8 – 12	1,5

Source : Franchomme *et al.* (1990).



Source : Franchomme *et al.* (1990).

Figure 1 : Différentes parties d'un alambic utilisé pour la distillation des plantes aromatiques.

1.1.7.3. Teneur en huile essentielle

La teneur en huile essentielle varie selon l'espèce. En effet, selon Van Damme (2001), les teneurs en huile essentielle dans la matière sèche de *C. martinii* et *C. nardus* sont respectivement de 1,4 % et 0,4 %. Elle est également influencée par les conditions culturales ainsi que la période de récolte au cours de l'année. Selon Beech (1990), la teneur en huile essentielle de *C. citratus* connaît une variation saisonnière. La matière fraîche de *C. citratus* contient de 0,26 à 0,52 % d'huile essentielle et 75 à 85 % de citral. La matière sèche contient 0,4 % d'huile essentielle et 72 % de citral (Van Damme, 2001).

1.1.7.4. Composition de l'huile essentielle

La composition chimique des huiles essentielles produites par les différentes espèces du genre *Cymbopogon* sont différentes, et peut même varier au sein d'une même espèce en fonction de divers facteurs comme l'ensoleillement, la nature et composantes du sol, etc. (Franchomme *et al.*, 1990). L'huile essentielle de la citronnelle contient principalement le citral (Van Damme, 2001 ; Pousset, 2004). Le citral est composé de gèranial et de néral. Le myrcène est l'élément le plus important après le citral (Pousset, 2004).

1.2. Effet des engrais sur les rendements des cultures

1.2.1. Effet des amendements sur les rendements des cultures

Selon Kéita (1985), les amendements sont des substances incorporées au sol pour améliorer, en bloc, ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Ils permettent d'ameublir le sol, de le rendre plus perméable à l'eau et à l'air et favorise ainsi un bon développement du système racinaire. Ils permettent également de créer les conditions nécessaires à la prolifération microbienne et enfin à la nutrition des plantes.

On dénombre deux familles d'amendements à savoir : les amendements calcaires et magnésiens, les amendements organiques ou humifères (Kéita, 1985). Selon Kéita (1985), on a une troisième famille qu'on peut appeler les amendements spéciaux. On distingue deux types d'amendements calco-magnésiens :

- Les produits crus que sont les craies, les marnes et la dolomie ;
- Les produits cuits tels que la chaux vive et la chaux éteinte.

Parmi les amendements organiques ou humifères, on peut citer les fumiers, les lisiers, les purins, le compost, etc.

1.2.1.1. Effet de la dolomie

La dolomie est un amendement calco-magnésien, un carbonate double de chaux et de magnésie. Encore appelées calcaires magnésiens, les dolomies sont des mélanges naturels de carbonate de calcium et de carbonate de magnésium (Gros, 1974). Elle peut être composée par exemple de 30 % de CaO et 20 % de MgO. L'acidification des sols est un phénomène important en agriculture. Cette acidification se traduit par une désaturation du complexe absorbant principalement en calcium, magnésium et potassium (Sama, 1989).

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de l'acidification des sols parmi lesquels on peut citer la nature de la roche mère, le climat, la végétation et l'emploi d'intrants acidifiants tels que les engrais ammoniacaux, la lixiviation, etc. (Soltner, 1988 cité par Sama, 1989).

Les conséquences de l'acidité du sol sont généralement évidentes au niveau de la croissance des plantes et partant, sur la production qui baisse considérablement (Sama, 1989).

La dolomie est efficace pour lutter ou prévenir le phénomène d'acidité au niveau du sol. Son action directe sur la production n'est pas évidente, mais semble cependant répondre beaucoup plus favorablement lorsqu'elle est associée à une fumure potassique (Sama, 1989).

Avec la dolomie de Taria, les doses de chaulage ne doivent pas excéder 200 kg/ha de CaO. En effet, si nos sols sont sensibles au phénomène d'acidification, un chaulage trop intensif pourrait bien conduire à un déséquilibre chimique de ces sols (Sama, 1989).

Au Burkina Faso, la dolomie de Tiara est beaucoup utilisée pour corriger l'acidité des sols. Plusieurs études ont été faites sur l'efficacité de la dolomie de Tiara. Ces études dont celle de Sama (1989) montrent que la dolomie de Tiara est efficace pour la réduction du taux d'aluminium échangeable du sol, et l'élévation de son pH. En effet, la dolomie permet d'avoir après 5 ans d'application les pH les plus élevés et les teneurs en aluminium les plus faibles jusqu'au delà de l'horizon 0-20 cm (Sama, 1989).

1.2.1.2. Effet du fumier

Les matières organiques utilisées dans la fertilisation des sols sont de nature et de formes variées. Elles sont surtout constituées de fumier, de résidus de culture, des engrais verts, du compost, etc. (Kéita, 1985 ; Diallo, 2002). Ces matières organiques subissent une série de transformations qui les décomposent, les transforment en humus, puis les minéralisent. Ces transformations sont assurées par les micro-organismes. La matière organique a des effets

bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol et joue un rôle important dans la fertilisation minérale (Sedogo, 1981 et Kabrah *et al.*, 1993 cités par Diallo, 2002).

Le fumier est un amendement organique constitué d'un mélange de litières et d'excréments d'animaux ayant subi des fermentations plus ou moins poussées (Kéita, 1985). L'action positive du fumier sur le sol se traduit sur plusieurs composantes du sol. Ainsi, Delville (1996) cité par Lompo (2005) indique que la matière organique accroît la capacité d'échange cationique et donc la quantité et la disponibilité des éléments minéraux dans le sol. De plus, elle améliore la structure du sol et la rétention de l'eau permettant de réduire l'impact des périodes sèches en cours de culture. L'efficacité des fumures organiques serait due à leur capacité à limiter la baisse du taux de matière organique du sol, à entretenir la CEC et à limiter le taux d'aluminium échangeable par le processus de complexation (Bado, 1994 cité par Diallo, 2002).

Les amendements organiques ont des effets positifs aussi bien sur la structure du sol que sur les composantes de rendement des cultures en général et sur la production en biomasse et en huile essentielle de plusieurs espèces appartenant au genre *Cymbopogon*. Des études ont été faites en Inde par Tanu *et al.* (2004) sur l'effet de quatre amendements organiques appliqués à quatre doses (40, 80, 100 et 120 t/ha) sur la production d'herbage et le pourcentage en huile essentielle de *Cymbopogon winterimus*. Les résultats de ces études ont montré que les différents amendements augmentent la production en herbage et en huile essentielle de *C. winterimus*. La fiente de volaille appliquée à 100 t/ha suivie par les eaux d'égouts augmente significativement l'herbage, l'huile essentielle et la production de matière sèche (Tanu *et al.*, 2004).

D'autres études conduites en Inde entre 1994 et 1996 par Rajeswara Rao (2001), en zone semi aride à climat tropical du sud de l'Inde, ont permis de voir l'effet des différents niveaux du fumier de ferme (0 et 15 t/ha/an) sur la production en biomasse et en huile essentielle de *C. martinii* cultivée en conditions irriguées. Les résultats montrent que l'application du fumier de ferme à 15 t/ha/an augmente la production totale en biomasse de 10,7 % et la production totale d'huile essentielle de 10,3 % par rapport au témoin (sans application de fumier) (Rajeswara Rao, 2001).

1.2.2. Effet des engrais chimiques sur les rendements des cultures

Un engrais est une substance destinée à fournir aux plantes (par l'intermédiaire du sol) les éléments nécessaires à leur nutrition. Cela peut être un ou plusieurs éléments minéraux, jugés insuffisamment abondants dans le sol pour nourrir les cultures (Kéita, 1985). La valeur fertilisante d'un engrais s'exprime par sa teneur en éléments ou les éléments qu'il doit apporter.

On distingue deux types d'engrais : Les engrais minéraux et les engrais organiques. (Kéita, 1985). Les engrais minéraux comprennent les engrais simples et les engrais composés en fonction du nombre d'éléments qu'ils apportent, les engrais solubles, insolubles ou peu solubles en fonction de leurs origines et leurs formes (Kéita, 1985). Au Burkina Faso, l'engrais le plus utilisé est l'engrais composé NPKSB dit « engrais coton » de formule 14-23-14-6-1. Ces trois éléments sont des éléments de base et sont dits éléments majeurs compte tenu des rôles essentiels joués par chacun d'eux.

1.2.2.1. Effet de l'azote

L'azote est le principal facteur de la croissance et des rendements des plantes. Il exerce une action de choc sur la végétation (Gros, 1974). Il est également considéré comme le pivot de la fumure.

De nombreuses recherches ont été faites sur l'effet de l'azote sur quelques espèces du genre *Cymbopogon*. Ainsi, l'addition de l'azote (N) à 80 kg/ha/an augmente la production totale de biomasse de 57,6 % et la production d'huile essentielle de 60,3 % de *C. martinii* par rapport au témoin (sans application d'azote) (Rajeswara Rao, 2001). L'application de l'azote (200 kg/ha), de phosphore (35,5 kg/ha) et de potassium (66,4 kg/ha) augmente significativement l'herbage et la production en huile essentielle de *C. flexuosus* (Singh *et al.*, 2005). La teneur et la composition de l'huile essentielle ne sont pas influencées par l'application de N, P₂O₅ et K₂O (Singh *et al.*, 2005).

L'apport de grandes quantités d'azote est nécessaire pour obtenir de grandes productions en biomasse et en huile essentielle (Beech, 1990). La matière fraîche, sèche et la production d'huile augmentent avec les doses d'azote jusqu'à la dose de 600 Kg/ha, à partir de laquelle la réponse est linéaire (Beech, 1990). Avec 600 kg N/ha, la matière fraîche, la matière sèche et la production d'huile sur 390 jours sont de 115 t/ha, 28,4 t/ha et 433 l/ha, respectivement (Beech, 1990).

L'application de l'azote augmente le nombre de talles, de feuilles et l'indice foliaire et baisse l'indice foliaire spécifique et la concentration en huile (Beech, 1990). La partie non récoltée de la citronnelle (tiges, rhizomes, racines) décroît de 44 à 27 % de la matière sèche totale avec l'application de l'azote (Beech, 1990). Les résultats des études faites par Beech (1990), Rajeswara Rao (2001) et Singh *et al.* (2005), mettent en évidence l'importance des engrais chimiques en particulier l'azote pour l'obtention de bons rendements en matières fraîche et sèche et en huile essentielle de *Cymbopogon* spp.

1.2.2.2. Effets de phosphore et du potassium

Le phosphore est un constituant essentiel dans les végétaux. Le phosphore est un élément majeur dans la nutrition des plantes et limite souvent leur croissance (Gianinazzi-Pearson, 1986). Il participe étroitement à la plupart des activités biologiques complexes à l'intérieur de la plante (Gros, 1974). C'est un élément important pour l'agriculture. L'acide phosphorique est un important facteur de croissance et l'interaction azote-P₂O₅ est indispensable pour une bonne croissance surtout dans la phase végétative.

Durant la première année d'application il n'y a pas de réponse de *C. flexuosus* à l'application de phosphore. L'effet devient significatif sur la production en biomasse et en huile essentielle de *C. flexuosus* à partir de la deuxième année (Singh *et al.*, 2005). Des résultats similaires ont été trouvés par Prakasa Rao *et al.* (2001) sur *C. martinii*.

Également, le potassium est un élément important de la fertilisation et constitue en plus de l'azote et du phosphore, les trois éléments de base (Gros, 1974). Il intervient comme régulateur des fonctions, dans l'assimilation chlorophyllienne. Elle permet une meilleure économie de l'eau dans les tissus et leur donne une plus grande rigidité. C'est l'élément d'équilibre de santé et de qualité (M.C.D., 1991).

L'application du potassium augmente la production en biomasse et en huile essentielle de *C. martinii* (Prakasa Rao *et al.*, 2001). Également sur *C. flexuosus*, l'application du potassium augmente les productions en biomasse et en huile essentielle (Singh *et al.*, 2005). L'application du phosphore et/ou du potassium ne modifie pas significativement la teneur en huile essentielle, ni la qualité de cette huile essentielle.

Mais, l'emploi de fumure exclusivement minérale (NPK et urée) contribue à une augmentation des rendements qui subissent une baisse après quelques années de culture (Sama, 1989). L'engrais minéral améliore les rendements des cultures, mais pour une courte période de 3 ans maximum (Bado, 1994 cité par Diallo, 2002). Les rendements des cultures à long terme, (Hien *et al.*, 1992 cités par Lompo, 2005), baissent quelle que soit la dose d'engrais apportée.

De plus, les fumures minérales sont acidifiantes et entraînent une baisse du taux de matières organiques, un appauvrissement en bases échangeables et une augmentation de l'aluminium qui peut être toxique pour les plantes (Sédogo, 1981 et Pieri, 1989 cités par Lompo, 2005).

1.2.3. Effets des fumures organo-minérales sur les rendements des cultures

L'usage exclusif du fumier ne peut résoudre le problème de l'alimentation minérale des plantes (IRAT, 1980) et lorsqu'il n'est pas associé à la fumure minérale, donne des rendements qui ne sont que très peu différents du témoin (Sama, 1989). Les fumures minérales en combinaison avec la matière organique donnent les rendements les plus élevés (Sama, 1989).

L'utilisation de la matière organique comme le fumier combiné aux fumures minérales peut permettre une production agricole durable (Lompo, 2005). Les fumures organo-minérales permettent d'obtenir des rendements plus ou moins stables et plus élevés que ceux obtenus avec les fumures exclusivement minérales. Elles permettent d'avoir également le meilleur bilan azoté, un bilan positif en calcium, une stabilité ou une augmentation du taux de matière organique et de la capacité d'échange cationique (Lompo *et al.*, 1993 cités par Lompo, 2005). La fumure organique est donc un facteur important de maintien de la fertilité et l'efficacité des engrais minéraux semble liée à la quantité de matière organique présente dans le sol (Sedogo *et al.*, 1997 cités par Diallo, 2002).

1.2.4. Interaction entre l'irrigation et la fertilisation

Il existe une interaction positive entre la fumure et l'irrigation (Gros, 1974). D'une part, l'efficacité de la fumure est accrue par l'irrigation puisque l'engrais jouera son rôle sans que le manque d'eau agisse comme facteur limitant (Gros, 1974). D'autre part, l'efficacité de l'irrigation est accrue par la fumure puisque le volume d'eau utilisé par unité de matière sèche sera réduit grâce à une bonne alimentation en N, P₂O₅ et K₂O. Les engrais agiront d'autant mieux que le sol sera assez mouillé pour qu'ils puissent être facilement dissouts dans les solutions du sol (Gros, 1974).

En culture irriguée, le niveau de la fumure doit être nettement plus élevé qu'en culture sèche puisque les rendements seront plus importants et que les pertes par lessivage sont accrues, surtout pour l'azote (Gros, 1974). Sous les climats semi-arides, l'irrigation permet d'atteindre des rendements tout à fait comparables à ceux des régions tempérées (Gros, 1974). Dans les terres irriguées, la minéralisation des réserves organiques est rapide, des apports répétés de matières organiques de tous ordres (surtout le fumier) s'imposent (Gros, 1974). Si en culture sèche, la fumure doit être prudente et étroitement liée à la pluviométrie, tout change en culture irriguée quand l'eau cesse d'être un facteur limitant. Avec le soleil, de l'eau et des engrais, tout devient possible comme dans les régions tempérées (Gros, 1974).

CHAPITRE 2 : MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

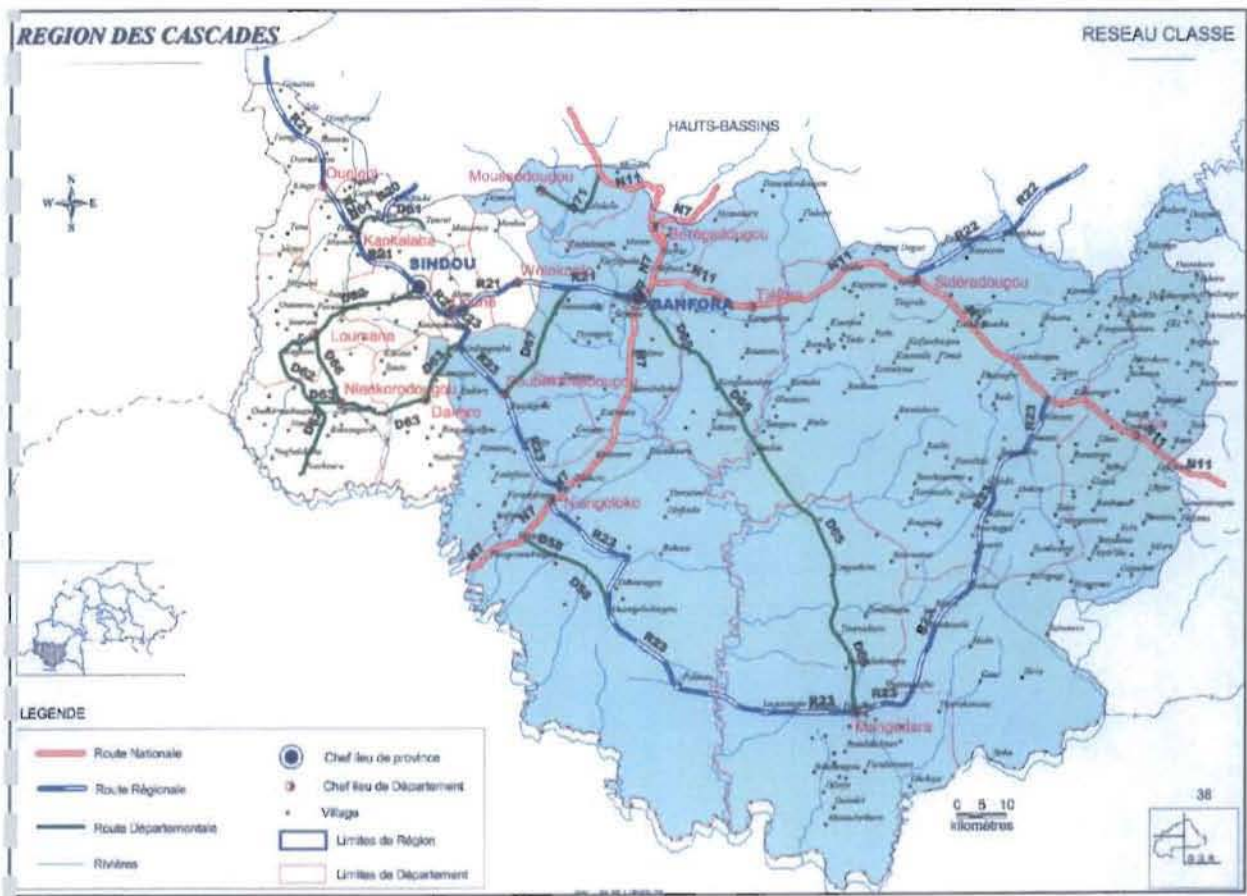
2.1.1. Situation géographique

L'étude a été réalisée à l'exploitation de la congrégation des sœurs de la petite enfance de Niangoloko. La ville de Niangoloko est située au sud-ouest du Burkina Faso (Figure 2). C'est une commune de plein exercice située dans la région des cascades. Elle est située à 20 km de la frontière Ivoir-Burkinabè, sur l'axe ferroviaire Abidjan-Niger.

Les coordonnées géographiques de Niangoloko sont :

5° de latitude Ouest,

10° de latitude Nord.



Source : Lankoande et Sebego (2005).

Figure 2 : Carte administrative et routière de la région des Cascades.

2.1.2. Végétation

La végétation naturelle est une savane caractérisée par un assez fort peuplement d'arbres et d'arbustes. Le tapis herbacé est en général dense, surtout en saison de pluie (Soura, 2005). Les principales espèces rencontrées sont : *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Kaya senegalensis* (caïlcedrat), etc. (Soura, 2005).

2.1.3. Conditions climatiques

Niangoloko est située dans la zone climatique du type soudano-guinéen. Elle est caractérisée par une saison de pluie qui va d'Avril à Octobre et une saison sèche de Novembre à Mars. Les mois les plus pluvieux sont Juillet, Août et Septembre. De 1996 à 2005, la hauteur de pluie a varié de 931,7 à 1341 mm (figure 3). La plus forte pluviométrie a été enregistrée en 1997 avec 1341 mm et la plus faible en 2002 avec 931,7 mm. La moyenne des pluies des dix dernières années est de 1119,52 mm pour un nombre de jours moyen de 79,1.

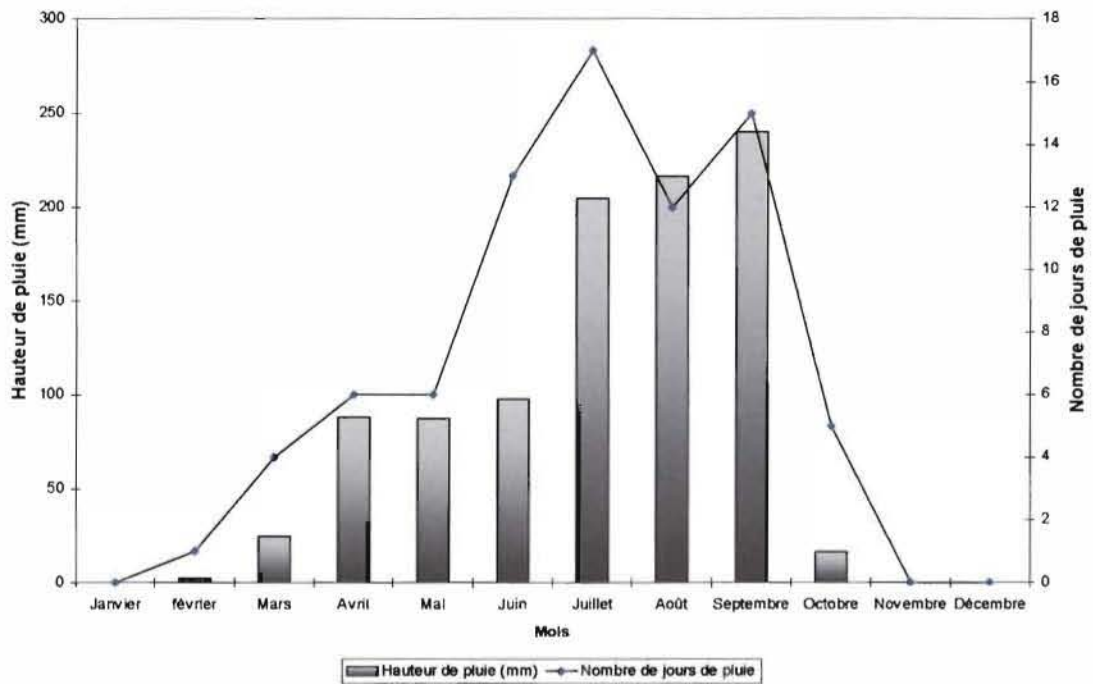
Avec une hauteur de pluie de 997,7 mm pour 79 jours de pluie, l'année 2005 n'a pas été très pluvieuse. La pluviométrie de 2005 a été inférieure à la moyenne des dix dernières années (1119,52 mm) tandis que le nombre de jours de pluie correspond à la moyenne des dix dernières années (79,1). Plus de la moitié de la pluviométrie de l'année 2005 a été enregistrée dans les mois de juillet, août et septembre. Le mois septembre a été le plus pluvieux de 2005 avec 240,1 mm (figure 4).

2.1.4. Sols

Il existe plusieurs types de sols à Niangoloko, mais les principaux sols cultivables sont :

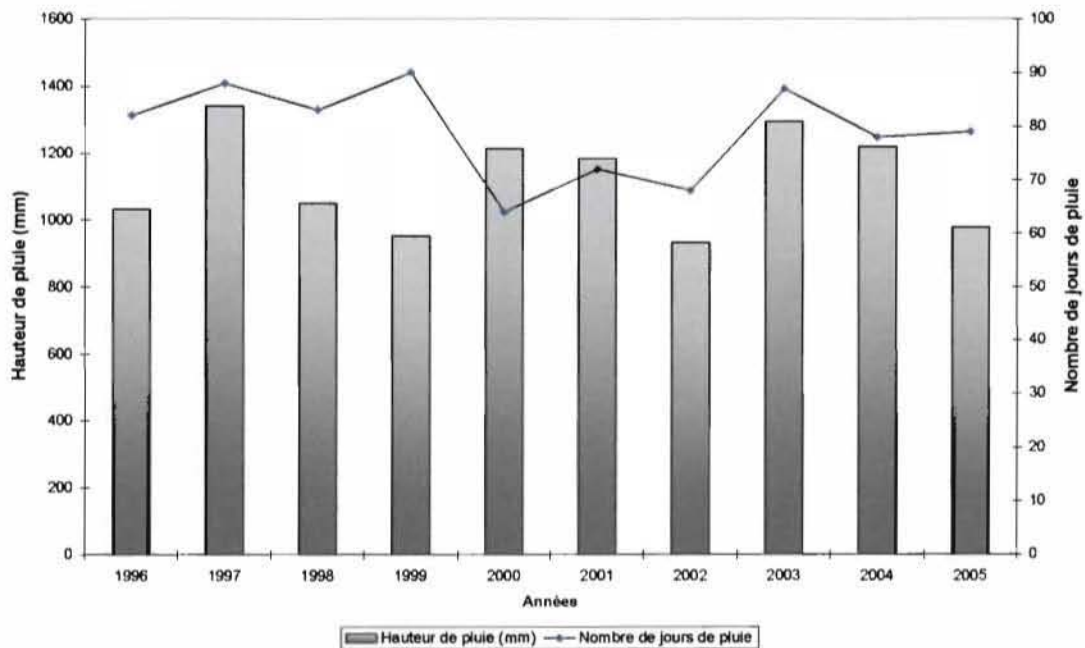
- Les sols beiges faiblement ferrallitiques extrêmement sableux, très perméables du fait de leur pauvreté en colloïdes organiques et minéraux ;
- Les sols à concrétion ferrugineuse avec en surface de nombreux gravillons latéritiques mais plus profonds que les premiers. Leur horizon d'accumulation latéritique durci se trouve en moyenne à 50 cm de la surface.

Fortement lessivés, ces deux types de sols sont pauvres en bases échangeables, en azote minéral et en phosphore assimilable (Soura, 2005).



Source : Données météorologiques de la station INERA de Niangoloko.

Figure 3 : Évolution de la pluviométrie et nombre de jours de pluie de Niangoloko en 2005.



Source : Données météorologiques de la station INERA de Niangoloko.

Figure 4 : Évolution pluri-annuelle de la pluviométrie et nombre de jours de pluie de Niangoloko de 1996 à 2005.

MENTION BIEN

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Matériels d'étude

2.2.1.1. Plants de citronnelle

Les plants de citronnelle utilisés pour l'essai au champ à Niangoloko a été prélevé dans l'exploitation de la congrégation des sœurs de la petite enfance de Niangoloko. Nous avons utilisé des rejets défeuillés de 40 cm de hauteur.

2.2.1.2. Fertilisants

Nous avons utilisé pour la constitution des traitements trois fertilisants que sont l'engrais chimique, la dolomie et le fumier. La dolomie utilisée pour l'essai au champ contient 27 % de CaO et 19 % de MgO (Tableau III). Le fumier utilisé pour l'essai au champ est celui de l'étable de Farako-Bâ dont la composition chimique moyenne est présentée dans le tableau IV. L'engrais chimique utilisé pour l'essai est l'engrais composé N-P-K-S-CaO micro granulé de formule 15-15-15-0,5-17.

Tableau III : Composition chimique de la dolomie (%)

Composants	Teneurs (%)
CaO	27
MgO	19
Al ₂ O ₃	1
Fe ₂ O ₃	1
SiO ₂	17
Perte en eau	34
Granulométrie	0,001 mm

Source : Bado (2002).

Tableau IV : Composition chimique moyenne du fumier d'étable

Composants	Teneurs en matière sèche (%)
Matière organique	18,3-60
Azote total	1,4
Carbone	18,4
P ₂ O ₅	0,5
K ₂ O	1,5
CaO	0,9
MgO	0,9

Source : Dakouo (1994) cité par Edzang Mba (1999).

2.2.2. Méthodes

2.2.2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est le Bloc Fisher avec quatre (04) répétitions et sept (07) traitements (Annexe 3). Les parcelles élémentaires mesurent 2,4 m sur 10 m chacune. Elles sont séparées entre elles par des buttes dont la largeur est d'environ 0,4 m (Photos 5 et 6). L'engrais chimique, la dolomie et le fumier ont été appliqués respectivement à la dose de 100 kg/ha, 1 t/ha et 10 t/ha. Les différents traitements appliqués sont le témoin sans engrais (T1), NPK (T2), fumier (T3), dolomie (T4), fumier+dolomie (T5), fumier+NPK (T6) et dolomie+NPK (T7) (Tableau V).

Tableau V : Liste des différents traitements appliqués

Numéros des traitements	Traitements
T ₁	Témoin sans engrais
T ₂	NPK
T ₃	Fumier
T ₄	Dolomie
T ₅	Fumier+Dolomie
T ₆	Fumier+NPK
T ₇	Dolomie+NPK

L'essai mesure 702 m² (70,2 m x 10 m) et compte 28 parcelles élémentaires correspondant aux traitements. Chaque bloc mesure 16,8 m de long et 10 m de large, soit une superficie de 168 m². Les blocs sont séparés entre eux par des allées de 1 m (annexe 3).



Photo 5 : Buttes séparant les parcelles élémentaires



Photo 6 : La parcelle élémentaire

2.2.2.2. Conduite de l'essai

a) Repiquage

Le repiquage de la citronnelle a été fait, les 28 et 29 août 2005 (Annexe 1), avec des rejets défeuillés de 40 cm. Les plants sont repiqués à un écartement de 0,8 m entre les lignes et 0,4 m sur les lignes à raison de deux (02) rejets par poquets. Nous obtenons ainsi une densité 62.500 plants par hectare.

b) Application des engrais

Les différents engrais ont été appliqués manuellement à la volée à la dose de 10 t/ha pour le fumier, 1 t/ha pour la dolomie et 100 kg/ha pour l'engrais composé 15-15-15. Le tableau VI présente les quantités d'engrais appliqués à l'hectare et sur la parcelle élémentaire. L'application des engrais a été faite en un apport unique, deux semaines après le repiquage. Les différentes quantités d'éléments nutritifs apportées à l'hectare et à la parcelle élémentaire sont données dans le tableau VII.

Tableau VI : Quantité d'engrais, de fumier et de dolomie appliquée par traitement

Quantité	Quantité (en t) à l'hectare			Quantité (en kg) par parcelle élémentaire (24 m ²)		
	Fumier	Dolomie	NPK	Fumier	Dolomie	NPK
T1	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	0,1	-	-	0,24
T3	10	-	-	24	-	-
T4	-	1	-	-	2,4	-
T5	10	1	-	24	2,4	-
T6	10	-	0,1	24	-	0,24
T7	-	1	0,1	-	2,4	0,24

Les tirets (-) signifient qu'il n'y a pas eu d'application.

Tableau VII : Quantités d'éléments chimiques apportés à l'hectare et par parcelle élémentaire pour l'engrais composé et la dolomie

	Quantité à l'hectare (en kg/ha)						Quantité par parcelle élémentaire (en g/24 m ²)							
	Engrais composé					Dolomie		Engrais composé					Dolomie	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	CaO	MgO
T1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	15	15	15	0,5	17	-	-	36	36	36	1,2	40,8	-	-
T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	-	-	-	-	-	270	190	-	-	-	-	-	648	456
T5	-	-	-	-	-	270	190	-	-	-	-	-	648	456
T6	15	15	15	0,5	17	-	-	36	36	36	1,2	40,8	-	-
T7	15	15	15	0,5	17	270	190	36	36	36	1,2	40,8	648	456

Les tirets (-) signifient qu'il n'y a pas eu d'application.

c) Entretien des parcelles

Après la mise en place de la culture, nous avons effectué des sarclo-binages chaque mois, cela en fonction de l'enherbement. Les parcelles ont été irriguées régulièrement en saison sèche. L'apport d'eau a été fait chaque semaine. Nous avons effectué une coupe d'égalisation à une hauteur de 10 cm à partir sol neuf (09) semaines après le repiquage.

d) Récolte

Nous avons effectué deux récoltes ; la première en janvier cinq (05) mois après repiquage (150 JAR), la seconde récolte en mars sept (07) après repiquage (210 JAR). La coupe de la citronnelle a été réalisée manuellement et s'est déroulée dans la matinée. La partie récoltée concerne la ligne du milieu. Nous avons coupé les feuilles de dix plants, en éliminant les poquets externes de la ligne. La superficie utile est alors de 3,2 m² (4 m x 0,8 m). Les feuilles obtenues sont séchées afin d'extraire l'huile essentielle. Les conditions de séchage sont détaillées dans le 2.2.2.3.

Pour la détermination de la teneur en matière sèche, nous avons prélevé entièrement les plants de quatre poquets par traitement sur la ligne du milieu en évitant les poquets externes.

2.2.2.3. Méthodes de séchage du matériel végétal

a) Séchage à l'ombre

Les feuilles utilisées pour l'extraction de l'huile essentielle ont été séchées à l'ombre pendant 48 heures. Le séchoir utilisé est un séchoir à claies couplé à un système de circulation d'air naturel. Les feuilles sont déposées sur des claies. Après ce séchage à l'ombre nous avons constitué un échantillon de 100 g par traitement en vue de l'extraction de l'huile essentielle.

b) Séchage à l'étuve

Pour la détermination de la teneur en matière sèche, chaque plant a été divisé en trois parties que sont les feuilles, les tiges et les racines. Chaque partie a été séchée à l'étuve à 105°C pendant 48 heures.

2.2.2.4. Extraction de l'huile essentielle

Un échantillon de 100 g de feuilles séchées à l'ombre prélevé dans chaque traitement a été broyé et distillé avec un distillateur de laboratoire (Photos 7 et 8). Le broyat de feuilles de 100 g est mélangé à 300 g d'eau dans le ballon du distillateur. Ce dernier est chauffé avec un chauffe-ballon électrique. La distillation dure 2 heures 30 minutes.



Photo 7 : Distillateur.



Photo 8 : Échantillons de feuilles de citronnelle séchées.

2.2.2.5. Paramètres étudiés

2.2.2.5.1. Variables mesurées

Pour les paramètres agronomiques, nous avons mesuré la hauteur de plantes de 10 touffes par parcelle. Sur les mêmes plants, nous avons compté le nombre de tiges de chaque touffe et le nombre moyen de feuilles par tige. Concernant le nombre moyen de feuilles par tige, nous avons considéré quatre tiges externes et une tige interne. Ensuite sur ces cinq tiges, nous avons compté le nombre de feuilles et calculé ensuite le nombre moyen de feuilles par tige.

Pour les rendements en matières fraîche et sèche et le rendement en huile essentielle, nous avons mesuré le poids frais, le poids sec et le poids de l'huile essentielle. Nous avons mesuré le poids frais, les poids sec des feuilles, des tiges et des racines pour l'estimation de la teneur en matière sèche.

2.2.2.5.2. Variables calculées

a) Teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche des tiges, des feuilles et des racines a été calculée séparément. A la récolte, nous avons mesuré le poids frais (m_1), puis le poids sec (m_2). La teneur en matière sèche est donnée par la formule suivante : Teneur en matière sèche (% M.S.) = $\frac{m_2}{m_1} \times 100$

b) Rendement en matières fraîche et sèche

Les feuilles coupées sur la parcelle utile (3,2 m²) sont pesées. On obtient les quantités en kg, notées Q1 pour la matière fraîche et Q2 pour la matière sèche (après séchage à l'ombre). Les rendements en matières fraîche et sèche sont obtenus en ramenant les quantités à l'hectare selon les formules suivantes :

$$\text{Rendement en matière fraîche (kg/ha)} = \frac{Q1 \times 10.000}{3,2}$$

$$\text{Rendement en matière sèche (kg/ha)} = \frac{Q2 \times 10.000}{3,2}$$

c) Teneur en huile essentielle

Nous avons mesuré le poids de l'huile essentielle noté h et le poids de la matière sèche utilisée pour l'extraction, noté ms. La teneur en huile essentielle est donnée par la formule suivante : Teneur en huile essentielle (% H.E.) = $\frac{h}{ms} \times 100$

d) Rendement en huile essentielle

Après la distillation, on obtient les quantités d'huile essentielle par gramme de matière sèche (ml/g ou l/kg). Le rendement en huile essentielle (l/ha) est obtenu en faisant le produit de la teneur en huile essentielle (l/kg) et du rendement en matière sèche (kg/ha).

e) Augmentation de rendement (%)

L'augmentation de rendement par rapport au témoin montre l'effet des fumures sur les rendements. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Augmentation (\%)} = \frac{\text{Rendement parcelle fertilisée} - \text{Rendement parcelle témoin}}{\text{Rendement parcelle témoin}} \times 100$$

2.2.2.6. Analyse statistique des données

Les logiciels EXCEL et XLSTAT 2006 ont été utilisés pour le traitement statistique des données. Les données ont été saisies à l'aide de EXCEL et analysées avec XLSTAT 2006. La séparation des moyennes effectuée par le test de FISHER au seuil des 5 % de probabilité.

2.2.2.7. Présentation des résultats

Les résultats de la première et de la seconde récolte sont présentés sous forme de tableaux. Les résultats ont été présentés également sous forme de figures pour les comparaisons des récoltes.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Résultats

3.1.1. Effets des fumures à la première récolte (janvier 2006)

3.1.1.1. Effets des fumures sur la production en matières fraîche et sèche à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Le tableau VIII présente les effets des différentes fumures sur le rendement en matières fraîche et sèche de la citronnelle lors de la première récolte effectuée en janvier.

Tableau VIII : Effets des fumures sur le rendement en matières fraîche et sèche de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Traitements	Rendements en matière fraîche (kg/ha)	Indice (%)	Rendements en matière sèche (kg/ha)	Indice (%)
Témoin sans engrais (T1)	1230 ^c	100	328 ^b	100
NPK (T2)	1590 ^{bc}	129	444 ^b	135
Fumier (T3)	1688 ^b	137	455 ^{ab}	139
Dolomie (T4)	1414 ^{bc}	115	372 ^b	113
Fumier+Dolomie (T5)	1719 ^b	140	457 ^{ab}	140
Fumier+NPK (T6)	2293 ^a	186	587 ^a	179
Dolomie+NPK (T7)	1613 ^{bc}	131	406 ^b	124
Test de Fisher (5%)	HS		S	
Probabilité	0,001		0,019	

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; S = significatif ; HS = hautement significatif.

Les résultats obtenus montrent que le meilleur rendement en matière fraîche (2293 kg/ha) est obtenu avec le traitement fumier+NPK (Tableau VIII). Les traitements fumier et fumier+dolomie donnent également de bons rendements en matière fraîche avec respectivement 1688 kg/ha et 1719 kg/ha. De même pour la matière sèche, le traitement fumier+NPK a eu le meilleur rendement (587 kg/ha) (Tableau VIII).

Par rapport au témoin sans engrais, le traitement fumier+NPK a donné la plus grande augmentation avec 86 % pour la matière fraîche et 79 % pour la matière sèche. Les plus faibles augmentations sont obtenues avec la dolomie seule avec respectivement 15 % et 13 % pour les matières fraîche et sèche.

Les effets des traitements NPK, dolomie et dolomie+NPK sur la matière fraîche ne sont pas significativement différents du témoin sans engrais. Par contre, les traitements fumier+NPK, fumier+dolomie et fumier ont eu des effets significativement supérieurs au témoin sans engrais. Le traitement fumier+NPK a eu un effet significativement supérieur à tous les traitements. Les différences observées entre NPK, fumier, dolomie, fumier+dolomie et dolomie+NPK ne sont pas significatives.

Pour la matière sèche, les différences observées entre les traitements et le témoin sans engrais ne sont pas significatives, sauf le traitement fumier+NPK. Aussi, les traitements fumier, fumier+dolomie ne sont pas significativement différents du traitement fumier+NPK.

3.1.1.2. Effets des fumures sur la teneur et la production en huile essentielle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Les résultats sur les effets des différentes fumures sur la teneur et la production en huile essentielle de la citronnelle en janvier (première récolte) sont présentés dans le tableau IX.

Tableau IX : Effets des fumures sur la teneur et le rendement en huile essentielle de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Traitements	Rendements en huile essentielle (L/ha)	Indice (%)	Teneurs en huile essentielle (%)	Indice (%)
Témoin sans engrais (T1)	8,29 ^c	100	1,58	100
NPK (T2)	11,94 ^{ab}	144	1,70	108
Fumier (T3)	11,24 ^{bc}	136	1,51	96
Dolomie (T4)	8,82 ^{bc}	106	1,48	94
Fumier+Dolomie (T5)	10,2 ^{bc}	123	1,46	92
Fumier+NPK (T6)	15,1 ^a	182	1,64	104
Dolomie+NPK (T7)	9,17 ^{bc}	111	1,45	95
Test de Fisher (5%)	S		NS	
Probabilité	0,013		0,565	

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; S = significatif ; NS = non significatif.

La plus faible production en huile essentielle qui est de 8,29 l/ha est enregistrée avec le témoin sans engrais tandis que le traitement fumier+NPK a donnée la plus grande production en huile essentielle (15,1 l/ha).

Les traitements fumier, dolomie, fumier+dolomie et dolomie+NPK ne sont pas significativement différents du témoin sans engrais. Les traitements fumier+NPK et NPK ont eu des effets significativement supérieurs au témoin sans engrais, mais il n'y a pas de différences significatives entre eux. Le traitement fumier+NPK a eu des effets significativement supérieurs à tous les traitements sauf le NPK.

Le traitement fumier+NPK a engendré la plus grande augmentation par rapport au témoin sans engrais (82 %). Par contre, la plus faible augmentation est donnée par le traitement constitué par la dolomie seule (6 %).

Pour la teneur en huile essentielle, le tableau IX montre que les différences observées entre les différents traitements ne sont pas significatives. Néanmoins, les traitements NPK et fumier+NPK ont eu de légères augmentations par rapport au témoin sans engrais tandis que les autres ont engendré de légères baisses par rapport au témoin sans engrais. Le traitement NPK a donné la teneur en huile essentielle la plus élevée.

3.1.1.3. Effets des fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles et le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Le tableau X met en évidence les effets des différentes fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles par touffe et sur le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR).

Tableau X : Effets des fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles par touffe et le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Traitements	Hauteur des Touffes (cm)	Indice (%)	Nombre de talles par touffe	Indice (%)	Nombre de feuilles par talle	Indice (%)
Témoin sans engrais (T1)	50,28	100	9 ^d	100	40,70 ^c	100
NPK (T2)	50,98	101	14 ^{bc}	156	44,75 ^b	110
Fumier (T3)	52,75	105	15 ^b	167	45,98 ^{ab}	113
Dolomie (T4)	51,35	102	11 ^{cd}	122	44,25 ^b	109
Fumier+Dolomie (T5)	52,73	105	13 ^{bc}	144	45,43 ^b	112
Fumier+NPK (T6)	54,23	108	19 ^a	211	47,93 ^a	118
Dolomie+NPK (T7)	50,95	101	11 ^{cd}	122	45,43 ^b	112
Test de Fisher (5%)	NS		THS		THS	
Probabilité	0,412		< 0,0001		0,0001	

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; NS = non significatif ; THS = très hautement significatif.

-Hauteur des touffes

L'analyse de variance des hauteurs des touffes n'a pas montré de différences significatives entre les traitements. Ainsi, les différences observées entre les traitements fumier+NPK, fumier+dolomie, fumier, dolomie+NPK, le NPK et dolomie ne sont pas significatives.

La hauteur des touffes dans les parcelles ayant reçu les différents traitements est d'une manière générale supérieure à celle des touffes dans la parcelle témoin sans engrais (tableau X). La plus grande hauteur de touffe est mesurée sur la parcelle ayant reçu la fumure fumier+NPK avec une hauteur de 54 cm et une augmentation de 8 % par rapport au témoin sans engrais.

Les augmentations par rapport au témoin sans engrais sont de 1 %, 5 %, 2 %, 5 %, et 1 % respectivement pour les traitements NPK, fumier, dolomie, fumier+dolomie, et dolomie+NPK.

-Nombre de talles par touffe

Le traitement fumier+NPK a donné le plus grand nombre de talles avec 19 talles par touffe, ce qui donne une augmentation de 111 % par rapport au témoin sans engrais (9 talles par touffes). Les traitements dolomie et dolomie+NPK ne sont pas significativement différents du témoin sans engrais. Les parcelles ayant reçu du fumier ont eu des effets significativement supérieurs au témoin sans engrais (Tableau X).

-Nombre moyen de feuilles par talle

Les traitements ont eu des effets significatifs le nombre moyen de feuilles par talle. Le plus petit nombre de feuilles par talle est obtenu sur le témoin sans engrais (41 feuilles par talle) tandis que le plus élevé est obtenu avec le traitement fumier+NPK (48 feuilles par talle). Le traitement fumier+NPK n'est pas significativement différent du fumier. Également, les différences observées entre les traitements NPK, fumier, dolomie, fumier+dolomie, dolomie+NPK ne sont pas significatives.

La plus grande augmentation par rapport au témoin sans engrais est obtenue avec fumier+NPK correspondant à 18 %. Nous avons enregistré des augmentations par rapport au témoin sans engrais de 10 %, 13 %, 9 %, 12 %, respectivement pour NPK, fumier, dolomie, fumier+dolomie et dolomie+NPK.

3.1.1.4. Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Le tableau XI montre les effets des différentes fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, des tiges et des racines de la citronnelle à la première récolte (janvier//150 JAR).

Tableau XI : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la première récolte (janvier 2006/150 JAR)

Traitements	Teneurs en matière sèche (%)		
	Feuilles	Tiges	Racines
Témoin sans engrais (T1)	33,77	32,11	62,02
NPK (T2)	29,59	29,25	51,91
Fumier (T3)	27,37	27,05	58,52
Dolomie (T4)	28,14	29,47	50,19
Fumier+Dolomie (T5)	30,68	29,79	53,83
Fumier+NPK (T6)	29,31	28,02	54,71
Dolomie+NPK (T7)	34,70	37,86	50,79
Test de Fisher (5%)	NS	NS	NS
Probabilité	0,466	0,196	0,188

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; NS = non significatif.

L'analyse de variance a montré que les différences observées entre les différents traitements ne sont pas significatives aussi bien pour la teneur en matière sèche des feuilles que celle des tiges et des racines.

La teneur en matière sèche des feuilles à la première récolte est comprise entre 27,37 et 34,70 %. La teneur en matière sèche des tiges est comprise entre 27,05 et 37,86 % tandis que celle des racines se situe entre 50,19 et 62,02 % (tableau XI).

3.1.2 Effets des fumures à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

3.1.2.1. Effets des fumures sur la production en matières fraîche et sèche à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Les résultats sur les effets des différentes fumures sur la production en matières fraîche et sèche de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR) sont consignés dans le tableau XII.

Tableau XII : Effets des fumures sur le rendement en matières fraîche et sèche de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Traitements	Rendements en matière fraîche (kg/ha)	Indice (%)	Rendements en matière sèche (kg/ha)	Indice (%)
Témoin sans engrais (T1)	923 ^d	100	259 ^c	100
NPK (T2)	1561 ^{cd}	169	502 ^b	194
Fumier (T3)	2338 ^{ab}	253	732 ^{ab}	283
Dolomie (T4)	1886 ^{abc}	204	580 ^{ab}	224
Fumier+Dolomie (T5)	2038 ^{abc}	221	605 ^{ab}	234
Fumier+NPK (T6)	2382 ^a	258	795 ^a	307
Dolomie+NPK (T7)	1570 ^{bcd}	170	491 ^{bc}	190
Test de Fisher (5%)	S		HS	
Probabilité	0,010		0,004	

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; S = significatif ; HS = hautement significatif.

L'analyse du tableau XII montre que le traitement fumier+NPK a généré une production en matière fraîche de 2382 kg/ha qui est la plus élevée ce qui a induit la plus grande augmentation de 158 % par rapport au témoin sans engrais (923 kg/ha). Avec des augmentations respectivement de 153 % et 121 %, le fumier et fumier+dolomie ont eu des effets proches de celui du traitement fumier+NPK.

Les traitements NPK et dolomie+NPK ne sont pas significativement différents du témoin sans engrais après l'analyse de variance. Aussi, les différences observées entre les traitements fumier, dolomie, fumier+dolomie et fumier+NPK, ne sont pas significatives.

Pour la matière sèche, la plus grande augmentation est donnée par le traitement fumier+NPK (207 %), pendant que le traitement dolomie+NPK donnait la plus faible augmentation (90 %). Par conséquent, le traitement fumier+NPK a engendré le meilleur rendement (795 kg/ha), tandis que le plus faible rendement (250 kg/ha) est enregistré au niveau du témoin sans engrais.

Tous les traitements sont significativement différents du témoin sans engrais sauf la fumure dolomie+NPK. Les différences observées entre les traitements fumier, dolomie, fumier+dolomie et fumier+NPK ne sont pas significatives.

3.1.2.2. Effets des fumures sur la teneur et la production en huile essentielle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Les résultats sur les effets des différentes fumures sur la teneur et la production en huile essentielle de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR) sont résumés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Effets des fumures sur la teneur et le rendement en huile essentielle de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006)

Traitements	Rendements en huile essentielle (L/ha)	Indice (%)	Teneurs en huile essentielle (%)	Indice (%)
Témoin sans engrais (T1)	5,04 ^b	100	1,34	100
NPK (T2)	10,55 ^a	209	1,49	111
Fumier (T3)	14,60 ^a	290	1,47	110
Dolomie (T4)	10,98 ^a	218	1,35	101
Fumier+Dolomie (T5)	11,41 ^a	226	0,91	67
Fumier+NPK (T6)	14,01 ^a	278	0,92	68
Dolomie+NPK (T7)	9,76 ^{ab}	194	1,23	108
Test de Fisher (5%)	S		NS	
Probabilité	0,020		0,374	

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; S = significatif ; NS = non significatif.

La plus grande production est induite par l'application de la fumure fumier seul avec 14,6 l/ha avec une augmentation de 190 % par rapport au rapport au témoin sans engrais (5,04 l/ha). La plus faible augmentation par rapport au témoin sans engrais est donnée par le traitement dolomie+NPK avec 94 %.

L'analyse de variance a montré que les différences observées, entre le traitement dolomie+NPK et le témoin sans engrais, ne sont pas significatives. De même, les traitements NPK, fumier, dolomie, fumier+dolomie et fumier+NPK ne sont pas significativement différents entre eux, mais le sont avec le témoin sans engrais.

Il ressort du tableau XIII que les effets des différents traitements sur la teneur en huile essentielle ne sont pas significatifs au seuil de 5 %.

3.1.2.3. Effets des fumures sur les paramètres agronomiques à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Le tableau XIV présente les résultats sur les effets des différentes fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles par touffe et le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle lors de la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).

Tableau XIV : Effets des fumures sur la hauteur des touffes, le nombre de talles par touffe et le nombre moyen de feuilles par talle de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Traitements	Hauteur des touffes (cm)	Indice (%)	Nombre de talles par touffe	Indice (%)	Nombre de feuilles par talle	Indice (%)
Témoin sans engrais (T1)	55,33	100	12 ^c	100	44,73	100
NPK (T2)	57,78	104	15 ^c	125	46,73	104
Fumier (T3)	61,80	112	21 ^{ab}	175	44,45	99
Dolomie (T4)	57,55	104	15 ^c	125	46,43	104
Fumier+Dolomie (T5)	59,30	107	17 ^{bc}	142	47,13	105
Fumier+NPK (T6)	62,43	113	22 ^a	183	46,15	103
Dolomie+NPK (T7)	54,60	99	16 ^c	133	44,48	99
Test de Fisher (5%)	NS		HS		NS	
Probabilité	0,110		0,006		0,877	

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% de probabilité ; HS = hautement significatif ; NS = non significatif.

Le plus grand nombre de talles par touffe est obtenu avec les traitements fumier+NPK (22 talles par touffe) et fumier seul (21 talles par touffe), tandis que le plus petit nombre est observé avec le témoin sans engrais avec 12 talles.

Les traitements fumier+NPK et fumier seul ne sont pas significativement différents mais les deux ont eu des effets significativement supérieurs aux autres traitements. Les différences observées entre le témoin sans engrais et les traitements que sont NPK, dolomie, fumier+dolomie et dolomie+NPK ne sont pas significatives.

Les différents traitements n'ont pas eu d'effets significativement différents sur la hauteur des touffes et le nombre moyen de feuilles par talle au seuil de 5%.

3.1.2.4. Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Le tableau XV montre les effets des différentes fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, des tiges et des racines de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR).

Tableau XV : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles, tiges et racines de la citronnelle à la seconde récolte (mars 2006/210 JAR)

Traitements	Teneurs en matière sèche (%)		
	Feuilles	Tiges	Racines
Témoin sans engrais (T1)	20,82	32,21 ^a	58,94
NPK (T2)	25,78	28,58 ^{ab}	57,06
Fumier (T3)	25,51	27,12 ^b	54,96
Dolomie (T4)	25,05	26,28 ^b	56,26
Fumier+Dolomie (T5)	23,39	25,86 ^b	52,02
Fumier+NPK (T6)	25,09	28,95 ^{ab}	54,75
Dolomie+NPK (T7)	25,55	28,79 ^{ab}	54,52
Test de Fisher (5%)	NS	S	NS
Probabilité	0,664	0,045	0,693

Les valeurs suivies de la même lettre, dans une colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % de probabilité ; NS = non significatif ; S = significatif.

Les différences observées entre les effets des traitements sur la teneur en matière sèche des feuilles et des racines ne sont pas significatives.

Par contre, les différences observées entre les effets des traitements sur la teneur en matière sèche des tiges sont significatives. Ainsi, les traitements NPK, fumier+NPK et dolomie+NPK n'ont pas eu des effets significativement différents du témoin sans engrais. Par ailleurs, les différences observées entre NPK, fumier, dolomie, fumier+dolomie, fumier+NPK et dolomie ne sont pas significatives.

Le tableau XV montre que les teneurs en matière sèche obtenues au niveau des fumures sont comprises entre 20,82 et 25,78 % pour les feuilles et entre 25,86 et 32,21 % pour les tiges. Celles obtenues au niveau des racines sont comprises entre 52,02 et 58,94 %.

3.1.3 Analyse comparée des résultats des deux récoltes de la citronnelle

3.1.3.1. Production en matière fraîche

La production en matière fraîche à la seconde récolte (mars/210 JAR) est relativement inférieure à celle de la première récolte (janvier/150 JAR) au niveau du témoin sans engrais (figure 5). Par contre, nous avons observé une tendance à l'augmentation de la production de la matière fraîche à la seconde récolte pour les traitements suivants : fumier, dolomie, fumier+dolomie. Pour les fumures NPK, fumier+NPK et dolomie+NPK, les productions en matière fraîche ont été stables. Malgré que la production ait été stable au niveau du traitement fumier+NPK, ce traitement a eu la plus grande production en matière fraîche.

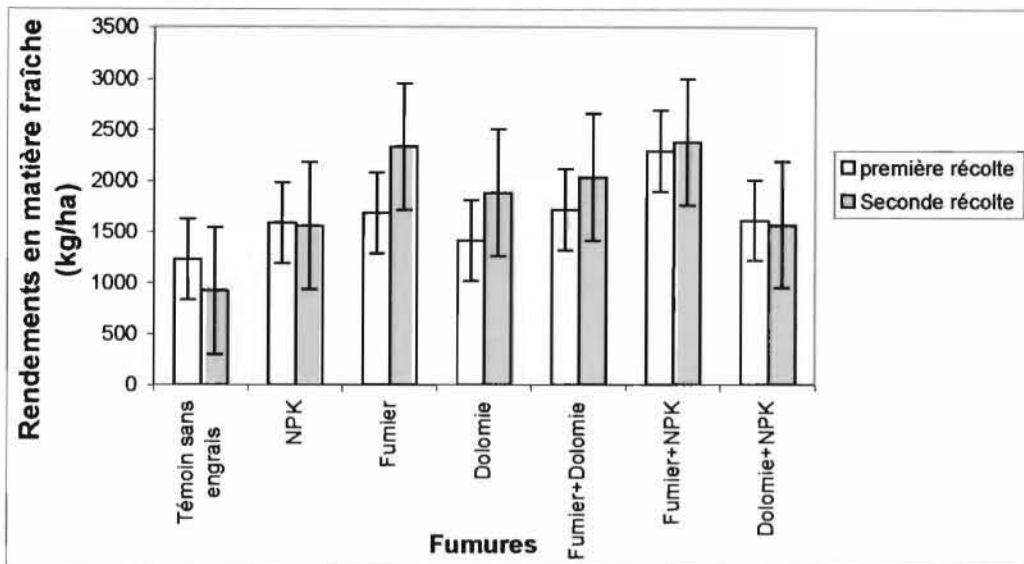


Figure 5 : Effets des fumures sur la production en matière fraîche de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

3.1.3.2. Production en matière sèche

La production en matière sèche a baissé à la seconde récolte (mars/210 JAR) par rapport à la première récolte pour le témoin sans engrais qui passe de 328 à 259 kg/ha. En revanche, pour les autres traitements on a enregistré des hausses de la production en matière sèche à la seconde récolte (mars/210 JAR) comparativement à la première récolte (janvier/150 JAR) (figure 6). Les augmentations de rendements par rapport au témoin sans engrais sont plus élevées à la seconde récolte (mars/210 JAR) qu'à la première récolte pour tous les traitements. Il est à noter que les baisses et les hausses sont des tendances.

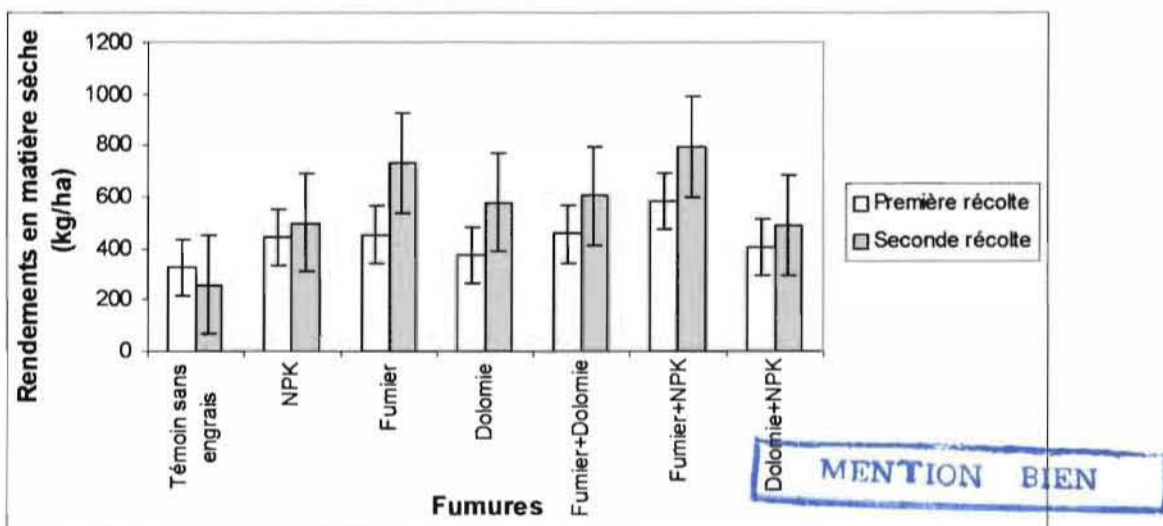


Figure 6 : Effets des fumures sur la production en matière sèche de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

3.1.3.3. Teneur en huile essentielle

Il ressort de la figure 7 que les effets des traitements sur les teneurs en huile essentielle ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % aussi bien à la première récolte (janvier/150 JAR) qu'à la seconde récolte (mars/210 JAR). Mais, on remarque que les teneurs en huile essentielle au niveau de tous les traitements ont baissé lors de la seconde récolte (mars/210 JAR) par rapport à la première récolte (janvier/150 JAR).

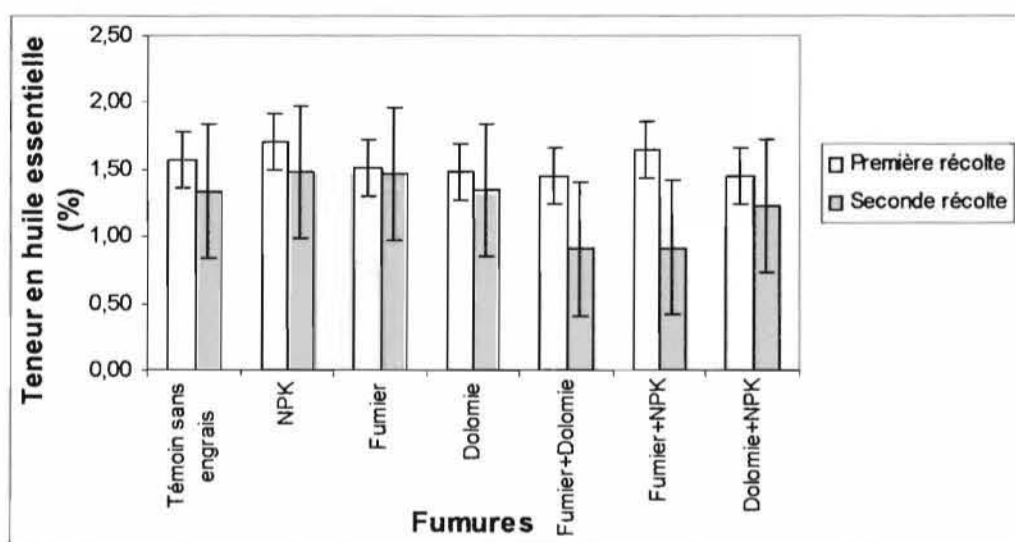


Figure 7 : Effets des fumures sur la teneur en huile essentielle de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

3.1.3.4. Production en huile essentielle

La figure 8 révèle que pour le témoin sans engrais, la production en huile essentielle a baissé à la seconde récolte (mars/210 JAR), ainsi que pour les traitements NPK et fumier+NPK. Au niveau des autres traitements on a enregistré des tendances à la hausse de la production d'huile essentielle à la seconde récolte (mars/210 JAR).

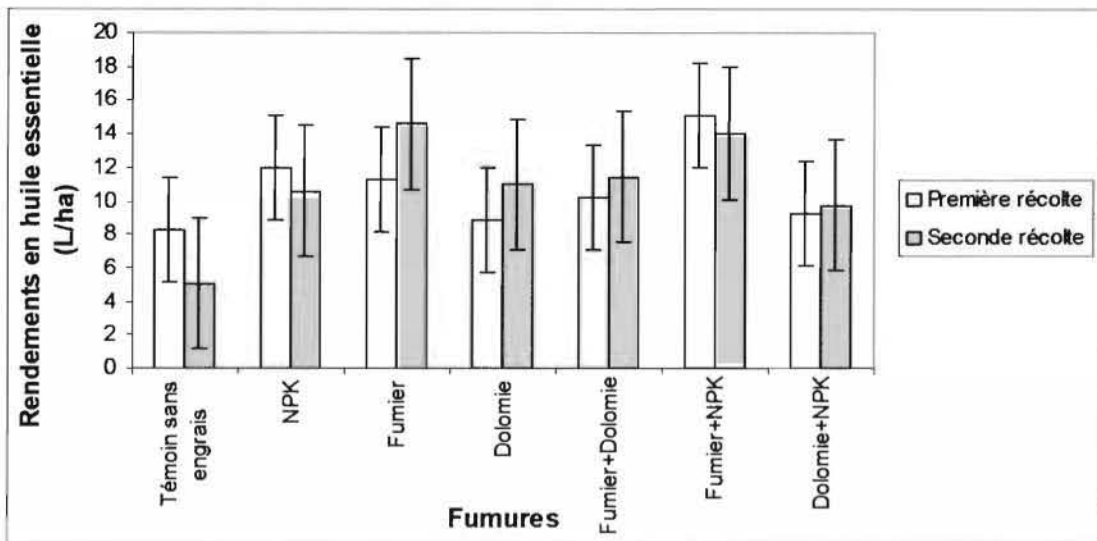


Figure 8 : Effets des fumures sur la production en huile essentielle de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

3.1.3.5. Paramètres agronomiques

L'examen de la figure 9 montre que la hauteur des touffes a augmenté au niveau de tous les traitements lors de la seconde récolte (mars/210 JAR). Le nombre de talles par touffe a augmenté lors de la seconde récolte (mars/210 JAR) pour tous les traitements y compris le témoin sans engrais (figure 10). La figure 11 révèle que le nombre moyen de feuilles a augmenté au niveau du témoin sans engrais, NPK, dolomie, fumier+dolomie. Par contre, il a baissé pour les traitements fumier, fumier+NPK et dolomie+NPK.

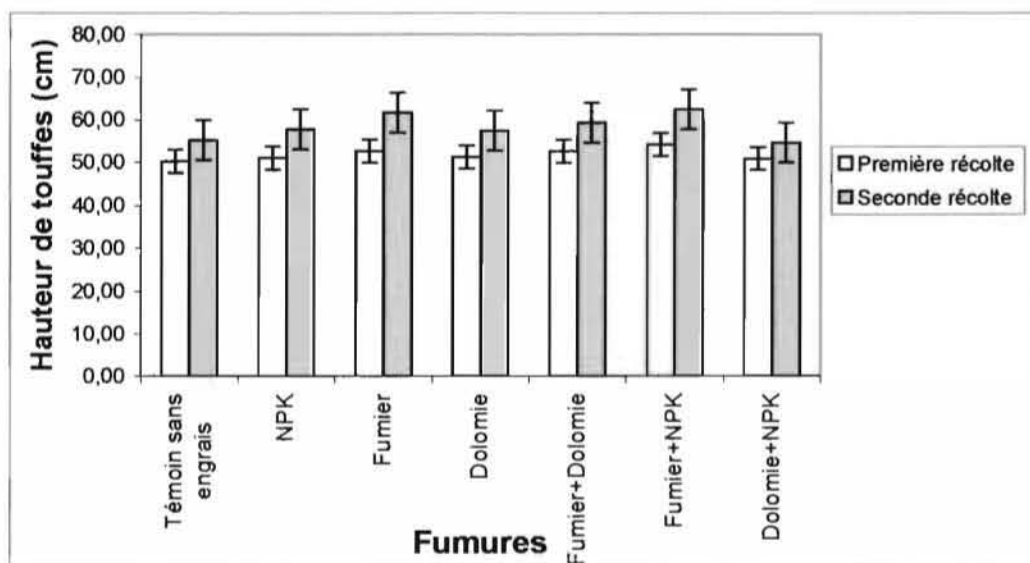


Figure 9 : Effets des fumures sur la hauteur des touffes de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

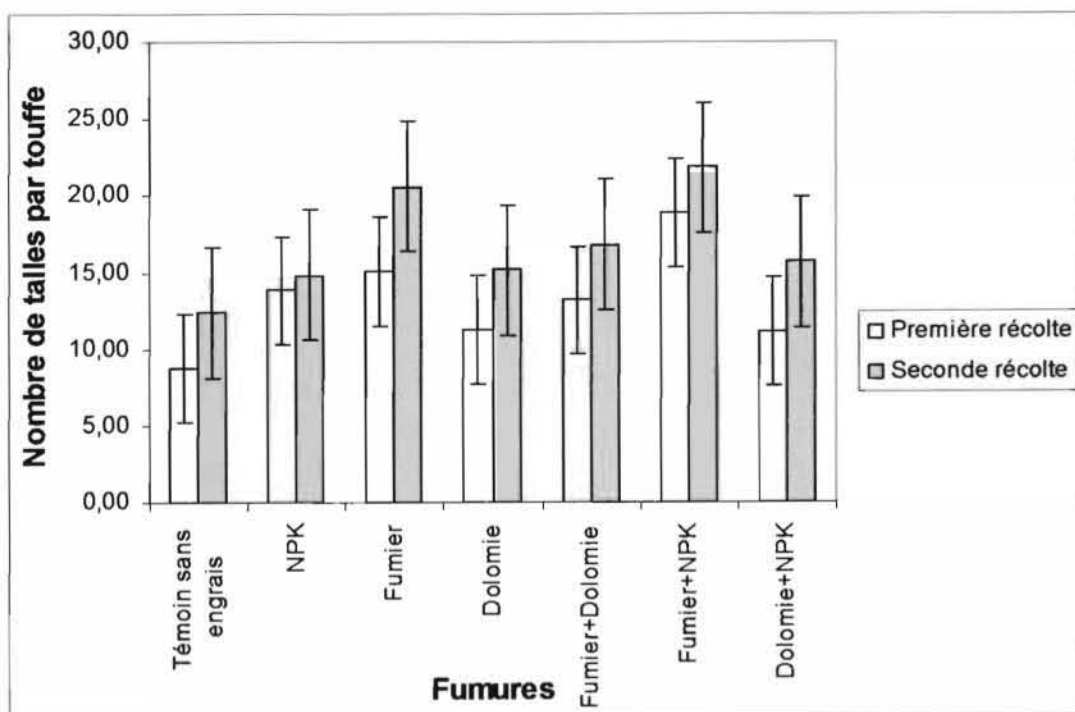


Figure 10 : Effets des fumures sur le nombre de tiges par touffe de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

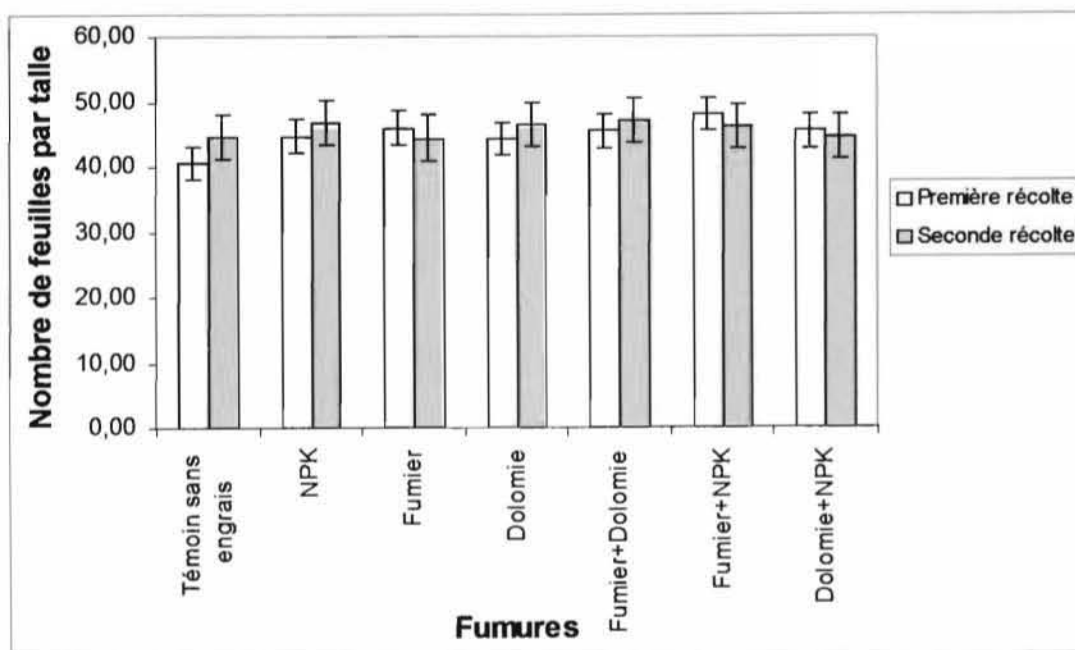


Figure 11 : Effets des fumures sur le nombre moyen de feuilles par tige de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

3.1.3.6. Teneur en matière sèche des feuilles, des tiges et des racines

Les teneurs en matière sèche des feuilles ont connu une baisse significative à la seconde récolte (mars/210 JAR) comparativement à la première récolte (janvier/150 JAR). La figure 12 montre que la plus grande baisse de la teneur des feuilles est observée surtout au niveau du témoin sans engrais ainsi qu'au niveau du traitement dolomie+NPK. Également au niveau des tiges, les teneurs en matière sèche ont baissé à la seconde récolte (figure 13). Concernant les racines, la baisse de la teneur en matière sèche a été observée au niveau des traitements fumier, fumier+dolomie et le témoin sans engrais, tandis que les traitements NPK, dolomie et dolomie+NPK ont donné des augmentations de la teneur en matière sèche (figure 14).

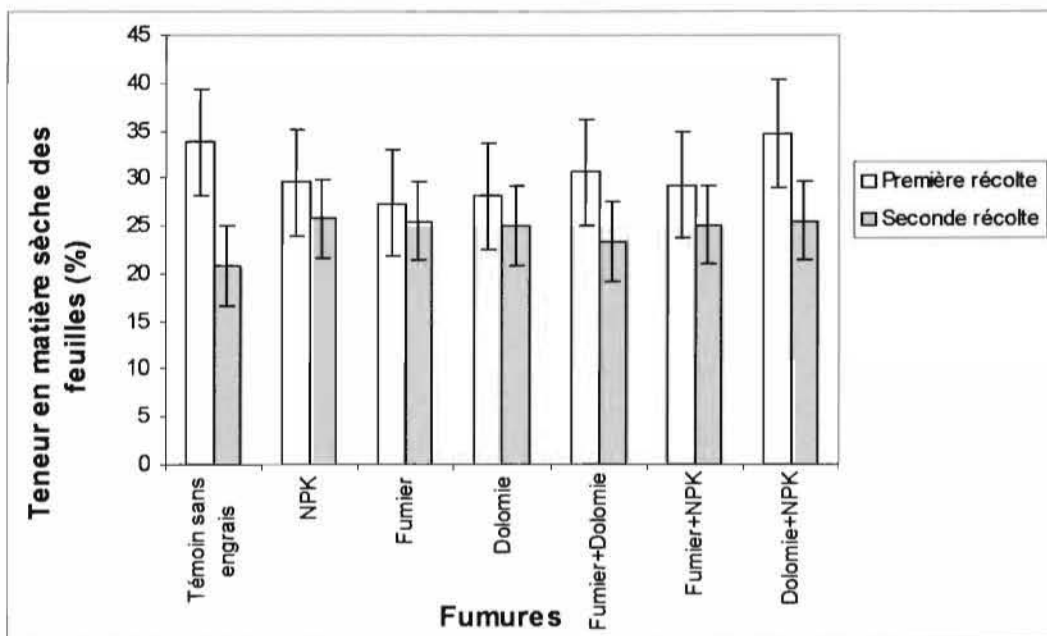


Figure 12 : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des feuilles de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

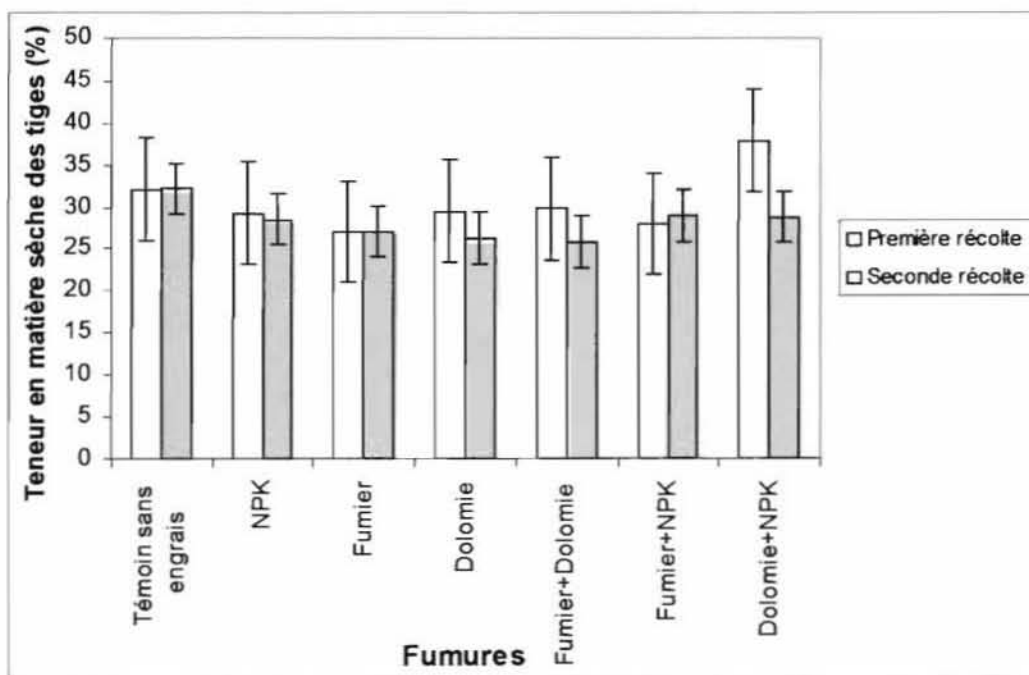


Figure 13 : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des tiges de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

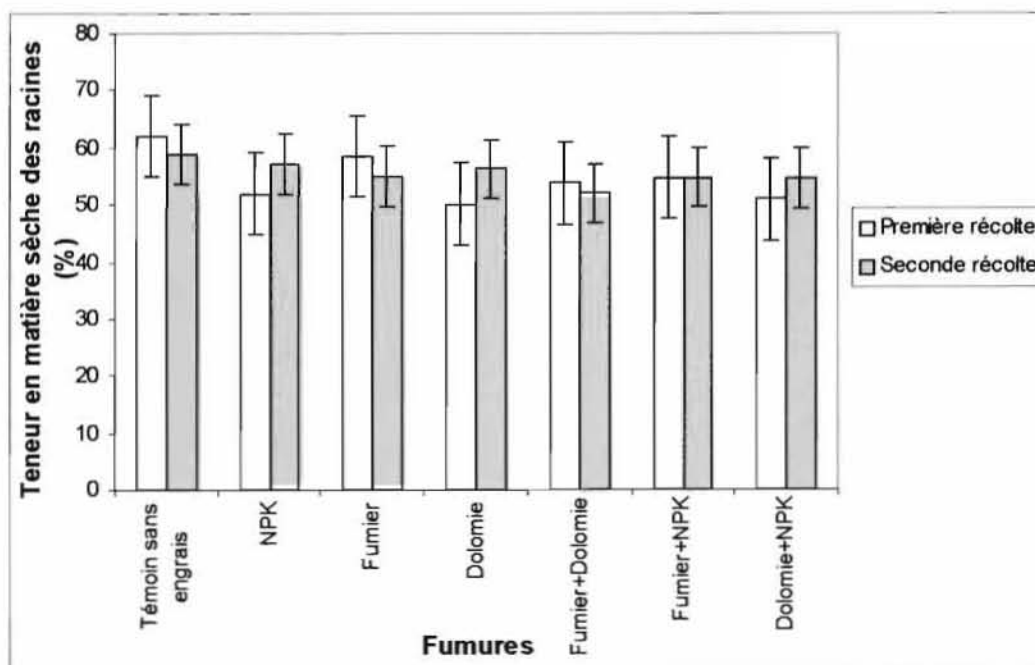


Figure 14 : Effets des fumures sur la teneur en matière sèche des racines de la citronnelle à la première récolte (janvier/150 JAR) et à la seconde récolte (mars/210 JAR)

3.2. Discussions

3.2.1. Effet du traitement "témoin sans engrais"

Le traitement témoin sans engrais a donné les productions les plus faibles aussi bien à la première récolte (janvier) qu'à la seconde récolte (mars). En effet, les productions en matières fraîche, sèche et en huile essentielle, ainsi que la hauteur des touffes, le nombre de tiges par touffe et le nombre de feuilles par tige obtenus au niveau du témoin sans engrais sont les plus faibles.

D'une manière générale, les études faites sur les effets des engrais sur la production en biomasse et en huile essentielle de *Cymbopogon citratus* montrent que le témoin sans engrais donne les plus faibles rendements (Beech, 1990 et Silou *et al.*, 1999). Des résultats similaires ont été trouvés par Singh et Sharma (2001) et Rajeswara Rao (2001) sur *C. martinii*. La pauvreté des sols pourrait être la raison principale de ces résultats. Ces résultats traduisent la nécessité de fertiliser pour obtenir de bons rendements sur ces sols.

Les éléments nutritifs N, P et K jouent des rôles importants dans le développement et la croissance des plantes. L'insuffisance ou l'absence de ces éléments provoque des baisses de rendements. Parmi ces trois éléments, l'azote influence plus le rendement. L'azote est le stimulant principal de la croissance des végétaux (Cedra, 1996 cité par Kaboré, 2004) et toute forme de vie ne peut croître et fonctionner sans acquérir de l'azote sous forme acceptable (FAO, 1986 cité par Kaboré, 2004).

Entre la première et la seconde récolte, nous avons enregistré des baisses de la production en matières fraîche, sèche et la production d'huile essentielle uniquement au niveau du témoin sans engrais. Cela montre que le sol n'a pas pu satisfaire les besoins des plantes. L'offre du sol est restée constante voire même décroissante alors que les besoins de la plante ont augmenté. Cette augmentation des besoins de la plante est accentuée par l'irrigation. En effet, les besoins des plantes sont plus élevés en culture irriguée qu'en culture pluviale (Gros, 1974).

3.2.2. Effet du traitement "15-15-15-0,5-17"

3.2.2.1. Effet sur la matière fraîche et la matière sèche

L'application de l'engrais composé seul a permis d'avoir une augmentation des rendements en matière fraîche et sèche de la citronnelle par rapport au témoin sans engrais. Cela est vraisemblablement dû aux éléments nutritifs N, P et K que l'engrais composé a apporté au sol, ce qui a permis aux plantes de satisfaire partiellement leurs besoins en ces éléments. En plus les éléments nutritifs libérés par les engrais minéraux sont directement utilisés par les plantes (Kaboré, 2004).

En outre, l'application des engrais chimiques qui apportent les éléments nutritifs comme l'azote accroît significativement la production de biomasse de *Cymbopogon citratus* (Beech, 1990) ainsi que celle de *C. martinii* (Rajeswara Rao, 2001).

L'application du phosphore et du potassium augmente également la production en biomasse de *C. martinii* (Prakasa Rao *et al.*, 2001). Mais, leurs effets ne sont pas perceptibles en première année d'application. Les mêmes résultats ont été mis en évidence par Singh *et al.* (2005) sur *C. flexuosus*.

Cependant, l'effet du traitement NPK seul sur les productions en matière fraîche et sèche n'est pas significativement différent du témoin sans engrais hormis la production en matière sèche à la seconde récolte. La faiblesse des rendements obtenus avec le traitement NPK seul serait liée à la dose d'application de l'engrais. Ainsi, la dose de 15 kg/ha de N, de P₂O₅ et K₂O n'a pas été suffisante pour induire des effets significatifs de ces éléments sur la production en biomasse de *C. citratus*. Rajeswara Rao (2001) a trouvé que l'application de 40 et 80 kg de N/ha accroissent significativement la production en biomasse de *C. martinii*. Par conséquent, il serait intéressant d'orienter les études vers la recherche des doses optimales d'engrais pour avoir les meilleurs rendements.

3.2.2.2. Effet sur la teneur en huile essentielle et production d'huile essentielle

Les résultats montrent que l'engrais composé NPK n'a pas eu d'effet significatif (au cours des deux récoltes) sur la teneur en huile essentielle de la citronnelle bien que la teneur obtenue au niveau de ce traitement soit la plus élevée (1,7 %). Ainsi, on pourrait conclure que les éléments nutritifs (l'azote, le phosphore et le potassium) n'ont pas d'effets significatifs sur la teneur en huile essentielle. L'application de P et K n'affecte pas la teneur en huile essentielle de *C. martinii* (Prakasa Rao *et al.*, 2001). Avec l'azote, Singh et Sharma (2001) ont abouti aux mêmes résultats.

Silou *et al.* (1999) sont arrivés également à la conclusion que l'effet des engrais chimique et organique sur la teneur en huile essentielle de *C. citratus* n'est pas significatif.

Par ailleurs, les teneurs en huile essentielle de *C. citratus* ont baissé à la seconde récolte (mars) par rapport à la première récolte (janvier). Cette baisse de la teneur en huile essentielle serait plus liée à la période de récolte plutôt qu'aux différents traitements. Cette variation saisonnière de la teneur en huile essentielle de *C. citratus* a été mise en évidence par Beech (1977 et 1990) tandis que sur *C. flexuosus*, Singh *et al.* (2005) sont arrivés aux mêmes résultats.

Contrairement à la teneur en huile essentielle, la production d'huile essentielle est influencée par l'application de N, P et K que l'engrais composé a apporté. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Beech (1990) sur *C. citratus* et Singh *et al.* (2005) sur *C. flexuosus*. Cela est dû à l'effet positif de l'engrais sur la matière sèche. En effet, la production d'huile essentielle s'obtient en multipliant le rendement en matière sèche par la teneur en huile essentielle. Ainsi, l'engrais aurait un effet indirect sur la production en huile essentielle en augmentant les rendements en matière sèche (Silou *et al.*, 1999).

3.2.2.3. Effet sur les paramètres agronomiques

La plus grande hauteur obtenue (50,28 cm) correspond à la description faite par Djibo (2000) cité par Abessolo (2004), mais elle est largement inférieure à la hauteur donnée par Prakasa Rao *et al.* (2001). Cela pourrait expliquer en partie les rendements très élevés obtenus dans les pays tels que l'Inde et l'Australie. Selon Prakasa Rao *et al.* (2001), l'augmentation des rendements est aussi liée à la croissance des plantes par ses différents composants tels que la hauteur des plants, le nombre de talles et le nombre moyen de feuilles par touffe.

Les résultats montrent que l'engrais composé NPK n'a pas d'effets significatifs sur la hauteur des touffes. Cela est contraire aux résultats de Singh et Sharma (2001) qui ont trouvé que la taille des plants de *Cymbopogon martinii* augmente significativement avec l'accroissement des doses d'azote jusqu'à 200 kg/ha. Ces différences sont probablement liées aux doses d'engrais appliquées.

Par contre, l'application de l'engrais minéral NPK a eu un effet significativement supérieur au témoin sans engrais sur le nombre de talles à la première récolte. Cet effet est en grande partie dû à l'azote. En effet, l'application de l'azote augmente le nombre de talles des plants de *C. citratus* (Beech, 1990). Aussi, selon Singh et Sharma (2001) l'augmentation des doses d'azote accroît le nombre de talles par plant de *C. martinii*. L'application de 40 kg/ha de N

donne 18 % d'augmentation du nombre de tiges de *C. martinii* par rapport au témoin sans engrais (Pareek *et al.*, 1984).

Les paramètres agronomiques ont enregistré des augmentations à la seconde récolte traduisant ainsi le développement et la croissance progressive des plants à travers les différentes composantes. Les augmentations de la taille des touffes et du nombre de tiges par plant sont liées à la rapide prolifération de la biomasse racinaire consécutive à l'augmentation de l'absorption des nutriments et de l'eau du sol entraînant une grande production de la biomasse végétative (Hamblin, 1985 cité par Singh et Sharma, 2001).

3.2.3. Effet du traitement "fumier"

Le fumier a eu un effet positif sur la production en matières fraîche et sèche, et indirectement sur la production en huile essentielle, aussi bien à la première récolte (janvier) qu'à la seconde récolte (mars). Son effet est supérieur à l'engrais composé et à la dolomie. Cela est probablement lié à la pauvreté des sols en matière organique.

La production en biomasse et en huile essentielle de *Cymbopogon martinii* augmente significativement avec l'application de 15 t/ha par an de fumier d'étable (Rajeswara Rao, 2001). La réponse de la culture au fumier, selon Rajeswara Rao (2001), serait liée à la capacité du fumier à améliorer l'humidité du sol assurant ainsi à la plante une disponibilité en eau. Elle serait liée également à la capacité du fumier à fournir les éléments nutritifs (N, P₂O₅ et K₂O), satisfaisant partiellement les besoins de la plante.

L'application du fumier n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur en huile essentielle de *C. citratus*. Des résultats similaires ont été trouvés par Prakasa Rao *et al.* (1989) et Silou *et al.* (1999) respectivement sur *C. martinii* et *C. citratus*.

Nous avons constaté également un effet positif du fumier sur la croissance des plants qui se traduit par l'augmentation de la hauteur, des nombres de tiges et de feuilles. Le fumier a un effet significatif sur le nombre de tiges et le nombre de feuilles. Par contre, l'effet n'est pas significatif sur la hauteur des plants. Pareek *et al.* (1984) est arrivé aux mêmes conclusions pour le nombre de tiges, mais sur la hauteur des plants, leurs résultats sont contraires aux nôtres. En effet, selon Pareek *et al.* (1984) l'application de 10 t/ha de fumier d'étable entraîne l'augmentation significative de la hauteur des plants.

Par ailleurs, à la première récolte, l'engrais chimique a donné une production en huile essentielle supérieure à celle donnée par le fumier seul. Ces résultats sont en conformité avec ceux trouvés par Silou *et al.* (1999). Selon leur étude, l'engrais minéral donnerait des résultats plus intéressants que l'amendement organique.

À la seconde récolte, l'amendement organique (fumier) a donné des résultats meilleurs que l'amendement minéral (engrais composé). L'augmentation de l'effet du fumier est liée à la libération progressive des éléments nutritifs du fumier lors de sa décomposition. En effet, Les nutriments apportés par la matière organique sont libérés progressivement par la minéralisation. Leur action est plus lente mais avec un bon arrière effet (Roose, 1978 cité par Rishirumuhirwa et Roose, 1998).

3.2.4. Effet du traitement "dolomie"

Nous avons enregistré un effet positif de la dolomie sur la production en matière fraîche, matière sèche et en huile essentielle ainsi que sur le nombre de talles et de feuilles. Par contre, elle n'a pas eu d'effet sur la teneur en huile essentielle et la hauteur des plants. Cela signifie que les productions en biomasse et d'huile essentielle de *C. citratus* sont influencées par l'acidité du sol. L'application de la dolomie aurait corrigé le pH du sol, influençant ainsi les rendements (Kaboré, 2004).

À la première récolte, la dolomie a enregistré les plus faibles augmentations par rapport au témoin sans engrais. Cela est dû au fait que l'effet de la dolomie est plus lent. En effet, sur certaines céréales tel que le maïs, l'effet de la dolomie n'est perceptible qu'en deuxième année de culture après l'application (Bado, 2002). Une étude, faite sur l'effet de la dolomie sur le haricot, le maïs et le manioc a montré qu'elle n'entraîne aucun accroissement de la production de ces cultures (Rishirumuhirwa et Roose, 1998).

En revanche, à la seconde récolte (mars) c'est-à-dire sept mois après l'application de la dolomie, nous avons constaté l'augmentation de l'effet de la dolomie dont les rendements sont supérieurs à ceux de la première récolte. À la seconde récolte, l'effet de la dolomie s'explique par son action sur le pH du sol. En effet, la dolomie est un calco-magnésien utilisé pour le chaulage. Elle améliore le pH du sol, augmente la capacité d'échange cationique, ainsi que la nutrition calcique et magnésique des cultures (Bado *et al.*, 1993 cités par Lompo, 2005). Aussi, les rendements sont plus élevés que les rendements donnés par l'engrais composé seul mais ils sont inférieurs à ceux donnés par le fumier seul, fumier+NPK ou fumier+dolomie.

3.2.5. Effet du traitement "Fumier+dolomie"

La combinaison fumier+dolomie a donné des rendements meilleurs par rapport à la dolomie seule sur toutes les mesures, même si cet effet n'est pas significatif. À la seconde récolte, le fumier seul et combiné au NPK a donné des rendements en biomasse et en huile essentielle supérieurs à la combinaison fumier+dolomie. Une étude faite par Rishirumuhirwa et Roose (1998) a montré que la combinaison fumier+dolomie entraîne une légère baisse des rendements des cultures par rapport à la combinaison fumier+NPK. Cela s'explique par le fait que ce sont deux amendements dont l'application est délicate. En effet, la dolomie (amendement calcaire) ne doit pas être appliquée au contact du fumier. Le mélange de ces deux engrais provoque un dégagement d'ammoniac qui entraîne la perte des éléments nutritifs (Gros, 1974).

3.2.6. Effet du traitement "Fumier+NPK"

Pour toutes les mesures faites, la fumure fumier+NPK a donné les meilleures productions lors de la première récolte et pendant la seconde récolte. Les meilleures productions que sont matière fraîche (2382 kg/ha), matière sèche (795 kg/ha) et huile essentielle (15,1 l/ha) sont obtenues avec le traitement fumier+NPK. Aussi, des trois combinaisons testées à savoir fumier+dolomie, dolomie+NPK et fumier+NPK, la combinaison fumier+NPK semble avoir le meilleur effet sur la production en biomasse et huile essentielle de *Cymbopogon citratus*. Elle a donné des rendements supérieurs à la fumure constituée par le fumier seul ou dolomie seule. Les fumures organo-minérales permettent d'obtenir des rendements plus ou moins stables et plus élevés que ceux obtenus avec les fumures exclusivement minérales (Lompo *et al.*, 1993 cités par Lompo, 2005). Les résultats que nous avons trouvés sont en conformité avec ceux de Pareek *et al.* (1984). En effet, la combinaison de l'azote (40 kg/ha) et du fumier (10 t/ha) donne les meilleurs rendements en biomasse et en huile essentielle (Pareek *et al.*, 1984).

Le NPK, dès le départ, a fourni partiellement aux plantes les éléments nutritifs dont elles ont besoin tandis que le fumier a contribué à augmenter la fourniture des différents nutriments (N, P₂O₅ et K₂O) du sol en les libérant progressivement. L'action de la fumure organo-minérale est due à son effet sur le sol. En effet, les fumures organo-minérales permettent d'obtenir le meilleur bilan azoté, un bilan positif en calcium et une stabilité ou une augmentation du taux de matière organique et de la capacité d'échange cationique (Lompo *et al.*, 1993 cités par Lompo, 2005).

3.2.7. Effet du traitement "Dolomie+NPK"

La combinaison dolomie+NPK n'a pas donné des effets significativement différents du témoin sans engrais pour toutes les mesures. Ainsi, à la première récolte, l'effet de la combinaison dolomie+NPK est supérieur à l'effet de la dolomie seule mais il est inférieur à celui du NPK seul. En plus, cet effet n'est pas significatif. Ces résultats sont contraires à ceux trouvés par Kaboré (2004). En effet, la combinaison dolomie+NPK donne de fortes augmentations de rendements des cultures (Kaboré, 2004). Ainsi, les associations de fumures (NPK+fumier ou dolomie) permettent d'accroître significativement les rendements des cultures.

3.2.8. Effet des différentes fumures sur la teneur en matières sèches des feuilles, tiges et racines

L'application des différents traitements n'a pas entraîné d'effets significatifs sur la teneur en matières sèches des feuilles, des tiges et des racines de *Cymbopogon citratus*. Ces résultats sont contraires à ceux trouvés par Silou *et al.* (1999). En effet, selon ces auteurs, l'application du fumier (10 t/ha) et du NPK (63 kg/ha) entraîne une augmentation de la teneur en matière sèche des feuilles de *C. citratus* un mois après le repiquage. La teneur en matière sèche qui traduit la capacité de mobilisation de biomasse d'un plant, se consolide dans le temps de façon plus importante dans les sols non amendés que dans les sols amendés (Silou *et al.*, 1999). En fin de cycle de *C. citratus*, c'est-à-dire quatre (04) mois après le repiquage, les traitements donnent approximativement les mêmes teneurs en matière sèche. Ces constats faits par Silou *et al.* (1999) pourraient expliquer les résultats que nous avons trouvés à savoir que les traitements n'ont pas eu d'effet significatif sur la teneur en matière sèche des feuilles de *C. citratus*. En effet, les récoltes ont été effectuées après le repiquage, cinq (05) mois pour la première récolte et sept (07) mois pour la seconde récolte.

Par ailleurs, les teneurs en matières sèches des feuilles sont inférieures à celles obtenues par Silou *et al.* (1999). En effet, Silou *et al.* (1999) ont obtenu des teneurs en matière sèche qui varient de 30,8 à 50,2 % tandis que nos résultats donnent des teneurs en matière sèche comprises entre 20,82 et 33,77 %.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'amélioration du rendement en huile essentielle de *Cymbopogon citratus* nécessite la maîtrise de plusieurs facteurs parmi lesquels l'irrigation, la fertilisation, etc. L'utilisation des engrais revêt une grande importance compte tenu de la pauvreté en phosphore et en matière organique de la plupart des sols du Burkina Faso.

La présente étude nous a permis d'atteindre l'objectif de départ qui était de comparer les effets de sept fumures sur la production en biomasse et en huile essentielle de *C. citratus*. Les fumures ont été constituées à partir de l'engrais composé NPK de formule 15-15-15, du fumier et de la dolomie. Les fumures comparées sont un témoin sans engrais, le NPK seul, le fumier seul, la dolomie seule, fumier+dolomie, fumier+NPK et dolomie+NPK.

Des résultats obtenus nous pouvons retenir que :

- L'application des différents engrais permet d'accroître les productions en matières fraîche, sèche et en huile essentielle de *C. citratus* ;
- L'engrais composé en apportant les éléments nutritifs, en particulier l'azote, permet d'avoir des rendements supérieurs au témoin sans engrais ;
- Avec une dose de 10 t/ha, le fumier a eu un effet meilleur que l'engrais composé 15-15-15 (appliqué à 100 kg/ha) sur la production en biomasse et en huile essentielle. L'effet du fumier sur les différentes productions s'est fait progressivement. Ainsi, pour assurer une bonne production l'utilisation du fumier est indispensable ;
- La combinaison fumier+NPK a engendré les meilleurs effets sur les productions en biomasse et en huile essentielle ainsi que sur les paramètres agronomiques. Elle a induit les plus grandes augmentations par rapport au témoin avec 186 %, 207 %, et 182 % respectivement pour la production en matières fraîche, sèche et en huile essentielle ;
- Le traitement dolomie a donné les plus faibles rendements en biomasse et en huile essentielle. Néanmoins, la dolomie a eu un meilleur effet à la seconde récolte ;
- Les différents traitements n'ont pas eu d'effets significatifs sur les teneurs en huile essentielle. Les teneurs en huile essentielle obtenues en janvier sont plus élevées que celles de mars. Ainsi, les teneurs en huile essentielle de *C. citratus* seraient liées à la période de récolte. L'augmentation de la production en huile essentielle est plutôt liée à l'augmentation de la production en biomasse.
- Les différents traitements ont eu des effets significatifs sur le nombre de talles par touffe avec un meilleur effet pour le traitement fumier+NPK. Par contre, l'effet sur la hauteur des touffes n'a pas été significatif.

Au Burkina Faso et particulièrement dans la région des Cascades, la citronnelle peut donner de bons rendements. La fumure organo-minérale est conseillée pour assurer des rendements élevés et stables à long terme. La culture biologique de la citronnelle est également possible avec l'utilisation de la matière organique. Ainsi, l'application du fumier d'étable (10 t/ha) permet d'avoir de bons rendements qui sont parfois supérieurs à ceux de la fumure organo-minérale.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence les effets positifs des engrais sur les productions et la croissance de *Cymbopogon citratus*. Mais, elle devra être complétée par:

- la détermination des doses optimales de fumier et d'engrais composé NPK qui donnent les meilleurs rendements en biomasse et en huile essentielle ;

- la détermination des besoins en eau de *C. citratus* ;

- la détermination de la hauteur de coupe et la date de récolte optimales sur les rendements en biomasse et en huile essentielle de la citronnelle ;

- des recherches sur les aspects socio-économiques liés à la culture de la citronnelle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abessolo A.N., 2004** : Études de deux plantes aromatiques d'utilisation courante au Burkina Faso : *Mentha piperita* L. et *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. Mémoire de fin d'études / Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées (D.E.S.S.) / UO. Burkina Faso. 47p.
- Azoulay G. et Dillon J-C., 2001** : La sécurité alimentaire en Afrique. Manuel d'analyse et d'élaboration des stratégies. ACCT-KARTHALA. Paris. France ; 296p.
- Bado B.V., 2002** : Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de philosophie Doctor, Université de Laval. Canada. 184p.
- Baudin P., 1955** : Les maladies des plantes à parfum tropicales. *Revue de Mycologie*. Supplément colonial (France). 1955, Vol. 20, N°2, 73-112.
- Beech D.F., 1977** : Growth and oil production of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) in the Ord Irrigation Area, Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 17 (85) 301-307.
- Beech D.F., 1990** : The effect of carrier and rate of nitrogen application on the growth and oil production of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) in the Ord Irrigation Area, Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 30 (2) 243-250.
- Berhaut J., 1967** : Flore du Sénégal. 2^e édition. Éditions Clairafrique. 485p.
- Diallo L., 2002** : Effet de l'urée et du fumier sur les rendements du maïs. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Agronomie. IDR/UPB. Burkina Faso. 54p.
- Edzang Mba J-J., 1999** : Incidence des systèmes de culture sur la productivité d'un sol ferrallitique du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Agronomie. IDR/UPB. Burkina Faso. 76p.
- F.A.O., 2002** : Engrais. Annuaire, Vol. 52 ; 199p.
- Franchomme P. ; Pénoel D. et Jollois R., 1990** : Aromatologie. De la plante aromatique à l'huile essentielle. In L'aromathérapie exactement. Roger Jollois Éditeur. France. 13-69pp.
- Génin A., 1990** : La botanique appliquée à l'horticulture. Technique et Documentation (TEC & DOC)-Lavoisier. 221p.
- Gianinazzi-Pearson V., 1986** : Les mycorhizes : Moyen d'améliorer l'utilisation des engrais phosphatés. *Fertilisants et Agriculture*. 40^e année juin 1986 N°92. Paris. 11p.
- Gros A., 1974** : Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 6^e édition, La Maison Rustique. Paris. 436p.
- IRAT, 1980** : Fertilisation minérale : Propositions, Conditions d'application. IRAT.France.19p.

- Kaboré B., 2004** : Les contributions en azote des légumineuses, des amendements organo-minéraux dans les système de culture : Impact sur les rendements des céréales et sur la fertilité des sols à long terme. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Agronomie IDR/UPB. Burkina Faso. 85p.
- Kéita C., 1985** : Fumures minérales et Organiques. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Agronomie. IDR/UO. Burkina Faso. 90p.
- Lankoandé O. et Sebeogo M., 2005** : Monographie de la province de la Comoé. MED/DRED des Cascades. Burkina Faso. 131p.
- Larousse, 1986** : Encyclopédie médicale de l'Afrique. Édition Librairie Larousse. Paris. 1150p.
- Lompo D. J-P., 2005** : Gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture de l'Ouest du Burkina Faso : Évaluation des effets agronomiques et de la rentabilité économique de trois formules de fumure. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Agronomie. IDR/UPB. Burkina Faso. 50p.
- MAHRH, 2004** : Document de Stratégie de Développement Rural. À l'horizon 2015. Version définitive. Burkina Faso. 143p.
- M.C.D., 1991** : Mémento de l'Agronome. Collection «Techniques rurales en Afrique». France. 1635p.
- Pareek S. K. ; Maheshwari M. L. et Gupta R., 1984** : Effect of farm yard and micro-nutrients on yield and quality of palmarosa oil grass (*Cymbopogon martinii* var. *motia*). *Indian perfumer*. 28(2), 108-111.
- Poda A., 2004** : Culture du coton et sécurité alimentaire dans la zone cotonnière de l'Ouest du Burkina Faso : Cas des villages de Daboura, GombéléDougou et Sidéradougou. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural / Option Sociologie et Économie Rurales. IDR/UPB. Burkina Faso. 75p.
- Pousset J-L., 2004** : Plantes médicinales d'Afrique. Comment les utiliser ? Secum/Edisud. 287p.
- Prakasa Rao E.V.S. ; Ganesh Rao R.S et Puttanna K., 2001**: Studies on *in situ* soil moisture conservation and additions of phosphorus and potassium in rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* var. *motia*) in a semi-raïd tropical region of India. *European Journal of Agronomy*. Vol. 14, Issue 3, 167-172.
- Prakasa Rao E.V.S. ; Singh M. et Ganesh Rao R.S., 1988** : Intercropping studies in Java citronella (*Cymbopogon winterianus*). *Field Crops Research*. Vol. 18, Issue 4, 279-286.
- Prakasa Rao E.V.S. ; Singh M. ; Ganesh Rao A.R.S. et Narayana M.R., 1989** : Response of palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb) Wats. Var. *motia*) to farm yard manure and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy*. 34 (3) 376-378.

- Prasad A. ; Kumar D. et Singh D.V., 2001** : Effect of residual sodium carbonate in irrigation water on the soil sodification and yield of palmarosa (*Cymbopogon martinii*) and citronnelle (*Cymbopogon flexuosus*). *Agricultural Water Management*. 50 (3) 161-172.
- Rajeswara Rao B.R., 2001**: Biomass and essential oil yield of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) wats.var. motia Burk.) supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*. Vol. 14, Issue 3, 171-178.
- Rishirumuhirwa T. et Roose E., 1998** : Effets des matières organiques et minérales sur la réhabilitation des sols acides de montagne du Burundi. ORSTOM, Montpellier (FRA). 16^e Congrès Mondial de la Science du Sol, 20-26 août 1998, Montpellier (France). 10p.
- Sama A., 1989** : Acidification des sols sous culture. Valorisation de la Dolomie de Tiara. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural /Option Agronomie. IDR/UO. Burkina Faso. 67p.
- Silou T. ; Bassia A. et Molanguï T., 1999a** : Effet de l'amendement chimique et organique sur la production quantitative et qualitative de *Cymbopogon citratus*. Recueil de travaux scientifiques. 1^{er} Atelier Régionale sur les huiles essentielles, 19-21 avril 1999, Cotonou Bénin. 110-117
- Silou T. ; Malanda M. et Loubaki L., 2004** : Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* grâce à un plan factoriel complet 2³. *Journal of Food Engineering*. Vol. 65, Issue 2 ; 219-223.
- Singh M. ; Ganesha Rao R.S. and Ramesh S., 2005** : Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on herbage, oil yield, oil quality and soil fertility status of lemongrass in a semi-arid tropical region of India. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. Vol. 80, Number 4, 493-497.
- Singh S. ; Ram M. ; Ram D. ; Sharma S. and Singh V., 1997** : Water requirement and productivity of palmarosa on sandy loam soil under a sub-tropical climate. *Agricultural Water Management*. Vol. 35, Issues 1-2, 1-10.
- Singh M. et Sharma S., 2001**: Influence of nitrogen on herbage and oil yield of palmarosa (*Cymbopogon martinii*) under semi-arid tropical conditions. *European Journal of Agronomy*. 14, 157-159.
- Soura B., 2005** : Évaluation de quelques variétés d'arachide pour la résistance à la rosette et l'étude de l'efficacité d'un insecticide systémique en traitement de semences dans la lutte contre la rosette de l'arachide. Rapport de stage de fin de cycle (BTS) / Option agronomie, Centre Agricole Polyvalent (CAP) / Matourkou. Burkina Faso, 45p.

- Tanu ; Prakash A. and Adholeya A., 2004** : Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. *Bioresource Technology*. Vol. 92, Issue 3, 311-319.
- Valentia J. and Myers C., 1991**: Lemongrass. www.Island.WSU.edu/Crops/LemonGra.htm 24/11/2005.
- Van Damme P., 2001** : Citronnelle. *Cymbopogon* spp. In : Agriculture en Afrique Tropicale. Direction générale de la coopération Internationale (DGCI). Bruxelles, Belgique. 1231-1232pp.
- Vilain M., 1997** : La production végétale. Les composantes de la production. 3è édition Vol.1 Collection Agriculture. Lavoisier TEC&DOC. France. 78p.
- Vognan G. et Ouédraogo L., 2004** : Dynamique de l'intensification durable des systèmes de production mixtes « coton-céréales-élevage » dans l'Ouest du Burkina Faso. Atelier sur les bonnes pratiques agricoles dans l'Ouest du Burkina. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, INERA-FAO 2004 ; 31p.

ANNEXES

Annexe 1 : Calendrier cultural

Labour : 28/07/2005

Sarclage et Planage : 27 et 28 août 2005

Rayonnage et Repiquage : 28 et 29 août 2005

Confection des buttes : 01 septembre 2005

Remplacement des plants morts : 05 septembre 2005

Application des engrais : 12 septembre 2005

Premier apport d'eau : 18 octobre 2005

Désherbage manuel : 17 octobre 2005

Désherbage manuel et Binage : 14 et 15 Novembre 2005

Coupe d'égalisation : 08 novembre 2005

Désherbage manuel : 16 décembre 2005

Mesure des paramètres agronomiques 08 et 09 janvier 2006

Première récolte des feuilles pour l'extraction : 11 janvier 2006

Pesée du poids frais : 11 janvier 2006

Séchage à l'ombre : 11 au 13 janvier 2006

Pesée du poids sec et confection des échantillons pour l'extraction : 13 janvier 2006

Désherbage manuel : 15 janvier 2006

Extraction de l'huile : 20 au 23 janvier

Récolte des plants pour la teneur en MS : 16 janvier 2006

Pesée du poids frais : 16 janvier 2006

Séchage à l'étuve : 19 au 21 janvier 2006

Pesée du poids sec : 21 janvier 2006

Mesure des paramètres agronomiques : 06 et 07 mars

Seconde récolte des feuilles pour l'extraction : 09 mars 2006

Pesée du poids frais : 09 mars 2006

Séchage à l'ombre : 09 au 11 mars 2006

Pesée du poids sec et confection des échantillons pour l'extraction : 11 mars 2006

Extraction de l'huile : 13 au 21 mars

Annexe 2 : Plan de masse de l'essai

