

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE SUPERIEUR

.....
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

.....
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME DE MASTER EN PRODUCTION VEGETALE

THEME

**Effet de la fertilisation sur la croissance et la production
de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-1
dans la Région des Cascades (Burkina Faso)**

Présenté par : Théophile MALO

Directeur de mémoire : Pr Irénée SOMDA

Maître de stage : Dr Sébastien KIEMA

N° :-2014/MaPV

Avril 2014

TABLE DES MATIERES

| | Pages |
|--|--------------|
| DEDICACE | i |
| REMERCIEMENTS | ii |
| LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS | iii |
| LISTE DES FIGURES | iv |
| LISTE DES TABLEAUX | v |
| RESUME | vii |
| ABSTRACT | viii |
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR <i>MORINGA OLEIFERA</i> | 3 |
| 1.1. Origine et historique..... | 3 |
| 1.2. Systématique et nomenclature..... | 3 |
| 1.3. Description botanique..... | 4 |
| 1.3.1. Port..... | 4 |
| 1.3.2. Racines, tiges et feuilles..... | 4 |
| 1.3.3. Fleurs et fruits..... | 5 |
| 1.4. Ecologie..... | 6 |
| 1.5. Biologie..... | 7 |
| 1.6. Itinéraire technique de production..... | 8 |
| 1.6.1. Préparation du sol..... | 8 |
| 1.6.2. Fertilisation..... | 8 |
| 1.6.3. Mise en place de la culture..... | 8 |
| 1.6.4. Entretien..... | 9 |
| 1.6.5. Irrigation..... | 9 |
| 1.6.6. Ravageurs et maladies..... | 10 |
| 1.6.7. Récolte et rendement..... | 11 |
| 1.7. Valeur nutritive et usages..... | 11 |
| 1.7.1. Composition chimique..... | 12 |
| 1.7.2. Importance alimentaire..... | 14 |
| 1.7.3. Importance industrielle..... | 14 |
| 1.7.4. Vertus thérapeutiques..... | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 1.7.5. Autres utilisations | 15 |
| 1.8. Contraintes de production..... | 16 |
| 1.9. Commercialisation des produits | 16 |
| 1.10. Variétés existantes au Burkina Faso | 16 |
| CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES | 18 |
| 2.1. Site de l'étude | 18 |
| 2.1.1. Situation géographique | 18 |
| 2.1.2. Climat..... | 18 |
| 2.1.3. Aspect physique et environnement | 20 |
| 2.2. Matériels | 21 |
| 2.2.1. Matériels végétaux | 21 |
| 2.2.2. Matériels fertilisants..... | 21 |
| 2.3. Méthodes | 22 |
| 2.3.1. Dispositif expérimental | 22 |
| 2.3.2. Semis..... | 23 |
| 2.3.3. Entretien | 23 |
| 2.3.4. Récolte des feuilles | 24 |
| 2.3.5. Collecte des données..... | 24 |
| 2.3.6. Analyse des données | 25 |
| CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS | 26 |
| 3.1. Résultats..... | 26 |
| 3.1.1. Emergence des plantules de <i>Moringa oleifera</i> | 26 |
| 3.1.2. Croissance et développement de la tige de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars .. | 27 |
| 3.1.3. Développement et production foliaire de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars..... | 28 |
| 3.1.4. Teneur en éléments minéraux de <i>Moringa oleifera</i> en fonction des cultivars..... | 29 |
| 3.1.5. Effet de la fertilisation sur la croissance et le développement de la tige de <i>M. oleifera</i> | 30 |
| 3.1.5.1. Effet de la fertilisation sur la croissance et le développement de la tige de <i>M. oleifera</i> local | 31 |
| 3.1.5.2. Effet de la fertilisation sur la croissance et le développement de la tige de <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 33 |
| 3.1.6. Effet de la fertilisation sur le développement foliaire de <i>M. oleifera</i> | 34 |
| 3.1.7. Effet de la fertilisation sur la production foliaire de <i>M. oleifera</i> | 37 |
| 3.2. Discussions | 39 |

| | |
|--|----|
| 3.2.1. Taux d'émergence des plantules de <i>M. oleifera</i> | 39 |
| 3.2.2. Croissance et production élevée de <i>M. oleifera</i> PKM-1 par rapport à <i>M. oleifera</i> local | 40 |
| 3.2.3. Valeur nutritive élevée de <i>M. oleifera</i> PKM-1 par rapport à <i>M. oleifera</i> local | 40 |
| 3.2.4. Amélioration des performances agronomiques de <i>M. oleifera</i> local par la fumure minérale..... | 42 |
| 3.2.5. Amélioration des performances agronomiques de <i>M. oleifera</i> PKM-1 par l'association fumure minérale et organique | 44 |
| CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES | 45 |
| BIBLIOGRAPHIE | 47 |

DEDICACE

A mes parents :

MALO Jean et GNEGONIO Madeleine

Pour tous les efforts et les sacrifices consentis pour mon éducation,

A mes frères et sœurs

Je dédie ce mémoire !

REMERCIEMENTS

Nous ne saurons présenter ce travail sans exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à son aboutissement.

Nous adressons nos sincères remerciements:

-Au **Dr Sébastien KIEMA**, chef de Station de l'Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA) de Banfora qui a bien voulu nous accueillir dans sa structure et pour son attention particulière à notre égard, son encadrement technique et scientifique, ses encouragements, sa disponibilité, son soutien matériel et financier tout au long de notre travail ;

-Au **Pr Irénée SOMDA**, notre directeur de mémoire pour l'encadrement scientifique de ce travail ;

-Au **Dr Moussa GUIRA**, chercheur à l'INERA/Banfora pour ses conseils ;

-A **M. Seydou SAGNON** de l'INERA/BANFORA, pour ses encouragements ;

-A **M. André Sié DA**, technicien à l'INERA/Banfora pour nous avoir suivis tout au long des travaux pratiques de cette étude ;

-A **M. Tamon SIRIMA**, chauffeur à l'INERA/BANFORA pour sa disponibilité et son engagement ;

-A **M. Joanny MILLOGO** pour sa participation aux différentes activités sur le terrain ;

-A **Mmes PALEY et SOGUIRI** pour leurs conseils et leur bonne collaboration ;

-A tout le personnel de l'INERA/BANFORA pour leurs soutiens multiformes ;

-A l'administration et à tout le corps enseignant de l'Institut du Développement Rural (IDR) pour la formation reçue, celle-ci nous a été très bénéfique pendant notre stage;

-Aux camarades **Momine BIDIGA, Issa KABORE, Souleymane OUATTARA et Lossi Parfait TRAORE** pour leur contribution au bon déroulement de ce travail ;

-A tous nos camarades de classe pour la collaboration et l'ambiance prévaluée durant notre formation ;

-Au **Pasteur Saybou DIASSO** ainsi que toute sa famille, pour leur hospitalité durant ma formation ;

-A nos frères, sœurs, oncles, tantes, cousins, cousines et amis pour leur assistance jusqu'à ce jour.

A tous, je dis MERCI.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|------------------|---|
| BUNASOLS | : Bureau National des Sols |
| CNRST | : Centre National de Recherche Scientifique et Technologique |
| CSLP | : Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté |
| DG | : Direction Générale |
| DRED | : Direction Régionale de l'Economie et du Développement |
| ENEC | : Enquête Nationale des Effectifs du Cheptel |
| ENIAM | : Enquête Nationale sur l'Insécurité Alimentaire et la Malnutrition |
| FAO | : Food and Agricultural Organisation |
| GRN/SP | : Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production |
| ICRISAT | : International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics |
| IDR | : Institut du Développement Rural |
| IN.E.R.A | : Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole |
| INSD | : Institut National des Statistiques et de la Démographie |
| IRA | : Infections Respiratoires Aiguës |
| JAS | : Jours Après Semis |
| M.O | : Matière Organique |
| MESS | : Ministère des Enseignements Secondaire et Supérieur |
| OMD | : Objectif du Millénaire pour le Développement |
| ONG | : Organisation Non Gouvernementale |
| PKM-1 | : Periyakulam 1 |
| PNSAN | : Politique Nationale de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle |
| PNSR | : Programme National du Secteur Rural |
| RGPH | : Recensement Général de la Population et de l'Habitat |
| SCADD | : Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable |
| SNSA | : Stratégie Nationale de Sécurité Alimentaire |
| SN-SOSUCO | : Nouvelle Société Sucrière de la Comoé |
| UPB | : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso |

LISTE DES FIGURES

| | Pages |
|---|--------------|
| Figure 1 : Variation de la pluviométrie et de la température de Banfora au cours des dix dernières années | 19 |
| Figure 2 : Pluviosité mensuelle (en mm) de Banfora au cours de l'année 2013 | 19 |
| Figure 3 : Température moyenne mensuelle (en °C) de Banfora au cours de l'année 2013.... | 19 |
| Figure 4 : Humidité relative moyenne mensuelle (en %) de Banfora au cours de l'année 2013 | 20 |
| Figure 5 : Durée d'insolation moyenne (en heures) à Banfora durant l'année 2013 | 20 |
| Figure 6 : Plan du dispositif expérimental | 22 |
| Figure 7 : Evolution de l'émergence des plantules de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars... | 26 |
| Figure 8 : Hauteur des plantes de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars | 27 |
| Figure 9: Diamètre au collet des tiges de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars | 28 |
| Figure 10 : Nombre de feuilles des plantes de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars | 28 |
| Figure 11 : Effet de la fertilisation sur la hauteur de <i>M. oleifera</i> local | 32 |
| Figure 12 : Effet de la fertilisation sur le diamètre au collet des tiges de <i>M. oleifera</i> local..... | 32 |
| Figure 13 : Effet de la fertilisation sur le nombre de feuilles de <i>M. oleifera</i> local | 32 |
| Figure 14 : Effet de la fertilisation sur la hauteur de <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 34 |
| Figure 15 : Effet de la fertilisation sur le diamètre au collet des tiges de <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 34 |
| Figure 16 : Effet de la fertilisation sur le nombre de feuilles de <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 34 |
| Figure 17 : Effet de la fertilisation sur la longueur des feuilles de <i>M. oleifera</i> local | 35 |
| Figure 18 : Effet de la fertilisation sur la largeur des feuilles de <i>M. oleifera</i> local..... | 36 |
| Figure 19 : Effet de la fertilisation sur la longueur du pétiole de <i>M. oleifera</i> local | 36 |
| Figure 20 : Effet de la fertilisation sur la longueur des feuilles de <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 36 |
| Figure 21 : Effet de la fertilisation sur la largeur des feuilles de <i>M. oleifera</i> PKM-1..... | 37 |
| Figure 22 : Effet de la fertilisation sur la longueur du pétiole de <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 37 |

LISTE DES TABLEAUX

| | Pages |
|--|--------------|
| Tableau I : Principales exigences écologiques de <i>Moringa oleifera</i> | 7 |
| Tableau II : Composition moyenne des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> | 13 |
| Tableau III : Caractéristiques des traitements..... | 23 |
| Tableau IV : Evaluation des paramètres d'émergence des plantules en fonction des cultivars | 26 |
| Tableau V: Paramètres de développement et de la production foliaire de <i>M. oleifera</i> en fonction des cultivars | 29 |
| Tableau VI : Teneurs moyennes en cinq minéraux des feuilles de deux cultivars de <i>Moringa oleifera</i> et résultats des tests statistiques | 30 |
| Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques du site d'étude..... | 31 |
| Tableau VIII : Valeurs moyennes de deux paramètres de production foliaire de <i>M. oleifera</i> local en fonction des traitements. | 38 |
| Tableau IX: Valeurs moyennes de deux paramètres de production foliaire de <i>M. oleifera</i> PKM-1 en fonction des traitements..... | 39 |

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

| | Pages |
|--|--------------|
| Photo 1 : Pied de <i>Moringa oleifera</i> à la station INERA de Banfora..... | 4 |
| Photo 2 : Feuille de <i>Moringa oleifera</i> | 5 |
| Photo 3 : Fleurs de <i>Moringa oleifera</i> | 6 |
| Photo 4 : Gousses de <i>M. oleifera</i> | 6 |
| Photo 5 : Graines de <i>M. oleifera</i> | 6 |
| Photo 6 : Fruits secs de <i>M. oleifera</i> | 17 |

RESUME

Les performances agronomiques et nutritionnelles de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-1 ont été comparées dans cette étude. Ensuite, l'influence du fumier, du NPK et du NPK+ fumier a été évaluée sur la croissance et la production des deux cultivars. L'étude a été réalisée à travers un dispositif en bloc de Fisher complètement randomisé constitué de 4 traitements (T0: sans fertilisation, T1 : NPK seul, T2: fumier seul, T3 : NPK+ fumier) et 4 répétitions sur deux parcelles principales. Chaque traitement a été appliqué sur une ligne de 5 plantes 20 JAS. Les graines semées ont été trempées pendant 17 heures dans l'eau de robinet. Il ressort de cette étude que le taux d'émergence des plantules de *M. oleifera* PKM-1 (59%) est supérieur à celui de *M. oleifera* local (52%). Aussi, la hauteur des plantes du cultivar PKM-1 est significativement supérieure ($p < 0,01$) à celle des plantes du cultivar local 20 JAS ; tandis que 80 JAS, la hauteur des plantes des deux cultivars est identique au seuil de 5%. De même, la longueur des pétioles du cultivar PKM-1 est significativement supérieure ($p < 0,01$) à celle des pétioles du cultivar local. Sur le plan nutritionnel, les résultats ont montré que les quantités de P, K, Ca et Mg sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) dans les feuilles de *M. oleifera* PKM-1 que dans celles de *M. oleifera* local, mais le taux de N est le même au seuil de 5%. En ce qui concerne l'effet de la fertilisation sur *M. oleifera* local, T1 et T3 ont engendré une amélioration significative ($p < 0,05$) de la hauteur (respectivement 90,82% et 100,4%), du diamètre (respectivement 63,01% et 82,7%), du nombre de feuilles (respectivement 60,97% et 46,34%), de la longueur des feuilles (respectivement 48,15% et 50,26%), de la largeur des feuilles (respectivement 75,17% et 63,55%) et de la longueur des pétioles (respectivement 33% et 41,34%) par rapport à T0. Quant à *M. oleifera* PKM-1, les résultats ont révélé que seul T3 a provoqué une amélioration significative ($p < 0,05$) de la hauteur (86,5%) par rapport à T0. Cependant, ce sont les traitements T1 et T3 qui ont engendré une augmentation significative ($p < 0,05$) du poids moyen d'une feuille (respectivement 103,9% et 93,25%).

Mots clés : *Moringa oleifera*, cultivars, fumier, NPK, performances agronomiques et nutritionnelles.

ABSTRACT

The agronomic and nutritional performances of local *Moringa oleifera* and *Moringa oleifera* PKM-1 has been compared in this study. The influence of the manure, of the NPK and of the NPK+ manure on the growth and the production of the two cultivars has been assessed. The experiment design is a block of Fisher completely randomized constituted by 4 treatments (T0: without fertilization, T1: only NPK, T2: only manure, T3: NPK+ manure) and 4 repetitions on two main parcels. Every treatment has been applied on a line of 5 plants at 20 DAS. The seeds have been soaked during 17 hours in water. It came out from this experiment that the rate of emergence of the plants of *M. oleifera* PKM-1 (59%) is superior than the plants of the local *M. oleifera* (52%) one. Therefore, the height of the plants of the cultivar PKM-1 is manifestly superior ($p < 0.01$) than the plants of the local cultivar one at 20 DAS; but at 80 DAS, the height of the plants of the two cultivars is equal at the probability level of 5%. In the same way, the length of the leafstalks of the cultivar PKM-1 is manifestly superior ($p < 0.01$) than the leafstalks of the local cultivar one. On the nutritional plan, it came out from results that the quantities of P, K, Ca and Mg are manifestly more high ($p < 0.05$) in the leaves of *M. oleifera* PKM-1 than in those of local *M. oleifera*, but the rate of N is the same at the probability level of 5%. Concerning the effect of fertilization on local *M. oleifera*, T1 and T3 generated a manifest improvement ($p < 0.05$) of the height (respectively 90.82% and 100.4%), of the diameter (respectively 63.01% and 82.7%), of the number of leaves (respectively 60.97% and 46.34%), of the length of the leaves (respectively 48.15% and 50.26%), of the width of the leaves (respectively 75.17% and 63.55%) and of the length of the leafstalks (respectively 33% and 41.34%) comparatively to T0. As for *M. oleifera* PKM-1, the results showed that only T3 have induced a manifest improvement ($p < 0.05$) of the height (86.5%) comparatively to T0. However, these are the T1 and T3 treatments that generated a manifest increase ($p < 0.05$) of the mean weight of a leaf (respectively 103.9% and 93.25%).

Key words: *Moringa oleifera*, cultivar, manure, NPK, agronomic and nutritional performances.

INTRODUCTION

Selon les estimations de la FAO (2012), environ 870 millions de personnes seraient sous-alimentées pendant la période 2010-2012, soit 12,5% de la population dans le monde. La plus grande partie d'entre elles, soit 852 millions de personnes vivent dans les pays en développement où on estime maintenant que 14,9% de la population est touchée par la sous alimentation. Comparativement à ce qui était estimé jusqu'à 2007, le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde a rapidement baissé. Cela prouve que l'ensemble des pays en développement s'est rapproché considérablement de la cible de l'Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD) consistant à réduire de moitié le pourcentage de personnes souffrant de faim chronique pour 2015. C'est dans ce sens que la FAO a établi un plan d'action destiné à être adopté par les chefs d'Etat et de gouvernement. Ce plan d'action a consisté à la mise en place de politiques pour améliorer l'accès physique et économique de tous à une alimentation suffisante à tout moment, adéquate du point de vue nutritionnel et sanitaire. Dans cette logique, plusieurs politiques ont été élaborées et d'autres mises en œuvre au Burkina Faso. Il s'agit du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP), de la Stratégie Nationale de Sécurité Alimentaire à l'horizon 2015 (SNSA), de l'adoption de la Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable (SCADD), Programme National du Secteur Rural (PNSR) et de la Politique Nationale de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (PNSAN) dont l'objectif global est la réalisation d'une sécurité alimentaire et nutritionnelle durable à l'horizon 2025. Avec toutes ces politiques, la dernière enquête nationale sur la sécurité alimentaire (ENIAM, 2008) a révélé que dans l'ensemble plus 35,4% des ménages sont atteints par l'insécurité alimentaire qui est plus ressentie en milieu rural (37%) qu'en milieu urbain (31%). Les ménages à faible revenu sont généralement les plus touchés d'où une grande proportion de la population rurale. En effet, 46,7% de la population burkinabè, soit environ 7,5 millions d'habitants, vivent en dessous du seuil minimum acceptable (INSD, 2012). Face à cette situation qui compromet particulièrement l'avenir physique et intellectuel de nombreux enfants, les acteurs (services publics, ONG) intervenant dans le domaine de la santé et de la nutrition sont demandeurs de compléments alimentaires (notamment les farines infantiles) à base de produits locaux, plus facilement disponibles et bon marché qu'ils intègrent dans leur programme d'action en matière de nutrition. Les vertus thérapeutiques, la forte valeur nutritionnelle et la facilité avec laquelle le *Moringa oleifera* peut être produit sont autant de facteurs qui en font un atout potentiel pour la lutte contre la malnutrition au Burkina Faso. En effet, les feuilles de *M. oleifera* contiennent une forte

concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux et possèdent les 10 acides aminés et les acides gras essentiels (Broin, 2005). Selon De Saint Sauveur et Broin (2010), la consommation de 100 g de feuilles fraîches de *M. oleifera* peut fournir entre 30 et 100% des apports journaliers recommandés en calcium ; 25 et 80% des apports journaliers recommandés en fer et 100% des apports journaliers recommandés pour la vitamine A et C. L'exploitation des produits de cette plante permet donc d'améliorer l'alimentation des populations, de générer des revenus très intéressants aux producteurs (Rajangam *et al.*, 2001) mais aussi de diversifier les revenus agricoles au Burkina Faso. Pour satisfaire la demande des populations, l'augmentation de la production des plantes est alors nécessaire. Cette augmentation passe par le choix de variétés productives et l'utilisation de fertilisants appropriés pour intensifier cette culture d'où l'importance de notre étude qui a pour thème : «Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de *Moringa oleifera* local et *Moringa oleifera* PKM-1 dans la région des Cascades (Burkina Faso)».

La présente étude a pour objectif global de contribuer à la lutte contre la malnutrition. Il s'agit spécifiquement :

- de comparer les performances de croissance et de production de *M. oleifera* local avec celles de *M. oleifera* PKM-1 ;
- d'évaluer et de comparer le potentiel en nutriments (valeur nutritive) des feuilles des deux cultivars (*M. oleifera* local et *M. oleifera* PKM-1) ;
- d'évaluer et de comparer l'effet de la fumure (NPK seul, fumier seul et NPK+ fumier) sur la croissance et la production de *M. oleifera* local et sur celles de *M. oleifera* PKM-1.

Pour mieux s'orienter dans notre étude, nous avons jugés bon de formuler les hypothèses suivantes :

- *M. oleifera* local et *M. oleifera* PKM-1 diffèrent par leur performance sur le plan agronomique;
- la valeur nutritive des feuilles de *M. oleifera* varie en fonction des cultivars;
- la fumure organique est le meilleur fertilisant stimulant la croissance et la production des deux cultivars de *M. oleifera* comparativement à la fumure minérale.

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre aborde la synthèse bibliographique qui traite des généralités sur *M. oleifera*. Le deuxième chapitre traite des matériels et des méthodes utilisés dans la conduite des travaux. Les résultats obtenus sont discutés dans le troisième chapitre qui est suivi d'une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR *MORINGA OLEIFERA*

1.1. Origine et historique

Moringa oleifera Lam. est une espèce originaire des régions d'Agra et d'Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya, mais elle est cultivée aujourd'hui dans toutes les régions tropicales et sub-tropicales du monde (Rajangam *et al.*, 2001). Son introduction en Afrique de l'Est a eu lieu au début du 20^e siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période (Foidl *et al.*, 2001). On peut rencontrer cette espèce sur trois continents et dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux (Afrique, Arabie, Sud-est asiatique, Iles du pacifique, Amérique du sud). Dans ces pays, elle est utilisée comme plante médicinale et alimentaire.

1.2. Systématique et nomenclature

La classification systématique de *Moringa* est la suivante :

- Règne : végétal
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous-embranchement : Angiosperme
- Classe : Dicotylédones
- Sous-classe : *Dillenidae*
- Ordre : Capparidales
- Famille : *Moringaceae*
- Genre : *Moringa*
- Espèce : *Moringa oleifera* Lamarck

Moringa appartient à une famille monogénérique dont on connaît 14 espèces. Neuf d'entre elles sont africaines, deux malgaches, deux indiennes et une en Arabie. Les espèces les plus courantes sont : *Moringa oleifera*, *M. stenopetala*, *M. conxanensis*, *M. Drouhardii*, *M. Longituba* et *M. Peregrina*.

« *Moringa* » vient de *muringa* en malayalam une langue indienne. La plupart des langues utilisent un dérivé phonétique de ce mot pour désigner la plante.

Moringa oleifera est un arbre qui est connu sous diverses appellations. En Afrique francophone, le nom le plus général est nébéday, nom vraisemblablement dérivé de l'anglais "*never die*" (immortel), en référence à sa capacité de résistance à la sécheresse, à son aptitude à se propager rapidement à partir de semis ou de boutures et à se régénérer même après des coupes très sévères (Fuglie, 2001). En Inde, il est appelé Dumstick pour rappeler la forme du

fruit qui ressemble à une baguette (Pousset, 1999). Au Burkina Faso, le nom varie en fonction des ethnies et reflète les qualités nutritionnelles miraculeuses de l'arbre :

- en mooré (*Arzan Tiiga*)
- en dioula (*Ardjina Yiri*)
- en fulfuldé (*Leggal Aljenna*)

Ces trois appellations signifient simplement « arbre du paradis ».

1.3. Description botanique

1.3.1. Port

Selon Rajangam *et al.* (2001), *Moringa oleifera* est une plante qui a l'aspect d'un arbuste dont la hauteur peut atteindre 4 à 5m (photo 1). Le diamètre du tronc varie entre 20 et 40 cm selon Foidl *et al.* (2001). Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il se ramifie lorsque la hauteur atteint 1,5 à 2m. Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (Foidl *et al.*, 2001).

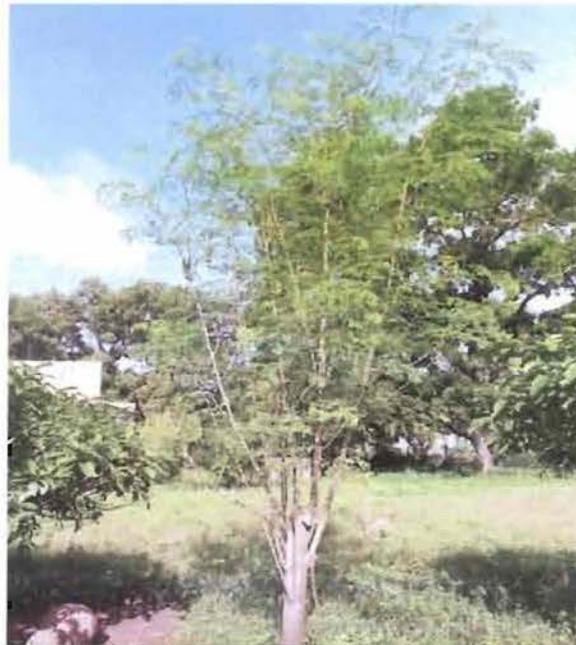


Photo 1 : Pied de *Moringa oleifera* à la station INERA de Banfora

1.3.2. Racines, tiges et feuilles

Le système racinaire est de structure tubulaire, il est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer dans le sol jusqu'à 1,30 m de profondeur lui offrant ainsi une grande résistance à la sécheresse. Des racines secondaires issues du pivot central se ramifient ensuite latéralement

jusqu'à constituer une chevelure dense (Rosa, 1993). Pour ce même auteur, la tige a une écorce de couleur brun-pâle et lisse, parfois tachetée de marron et son bois tendre et mou ne lui permet pas de résister aux vents agressifs.

Les feuilles (Foidl *et al.*, 2001) sont alternes, tripennées à la base et bipennées au sommet. Elles mesurent 20 à 70 cm de long avec un long pétiole et 8 à 10 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposées, plus une terminale; les folioles (Photo 2) sont ovales et longues de 1 à 2 cm (Morton, 1991).



Photo 2 : Feuille de *Moringa oleifera*

1.3.3. Fleurs et fruits

Les fleurs de 2,5 cm de large se développent en panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Elles sont odorantes, de couleur blanche ou crèmeuse, avec des points jaunes à la base (Photo 3). Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés. Les cinq pétales sont minces et spatulés, symétriques à l'exception du pétale inférieur, et entourent cinq étamines (Foidl *et al.*, 2001).

Les fruits sont en forme de gousses allongées à trois valves, déhiscents et mesurant 20 à 60 cm de long. Les gousses sont situées au sommet des branches (Photo 4) et chacune renferme environ 12 à 35 graines (Foidl *et al.*, 2001).

Les graines sont arrondies, ailées, avec une coque marron semi-perméable (Photo 5). Le poids moyen d'une graine est de 0,3g dont 25% sont représentés par la coque. La production annuelle par arbre est de 15 000 à 25 000 graines (Makkar et Becker, 1997).



Photo 3 : Fleurs de *Moringa oleifera*



Photo 4 : Gousses de *M. oleifera*



Photo 5 : Graines de *M. oleifera*

1.4. Ecologie

Le *Moringa oleifera* est une plante qui s'adapte à des milieux différents. Cependant, certaines conditions du milieu favorisent son épanouissement (tableau I).

Tableau I : Principales exigences écologiques de *Moringa oleifera*

| Paramètre | Valeur/Fourchette |
|--------------|--|
| Climat | Tropical ou subtropical |
| Altitude | 0-2000 m |
| Température | 25-35°C |
| Pluviométrie | 250 mm-2000 mm Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie < 800 mm |
| Type de sol | Limoneux, sableux ou sablo-limoneux |
| pH du sol | Légèrement acide à légèrement alcalin (pH : 5 à 9) |

Source : De Saint Sauveur et Broin, 2010

Le *Moringa oleifera* se plaît en milieu aride ou semi-aride mais il peut se trouver aussi dans les zones très arides comme le Sahara et peut s'adapter aux différents types de sols.

1.5. Biologie

Le *Moringa* peut se planter par semis, en repiquage ou en plein champ ou encore par boutures. Le semis se fait à mi- ombre, en situation pas trop chaude après un trempage des graines dans l'eau pendant 24 heures. Le taux moyen de germination est de 70% avec une durée de germination comprise entre 4 à 10 jours.

La croissance de l'arbre, la floraison et la production de fruits sont influencées par l'écartement entre les pieds et le mode de récolte des feuilles.

Une étude menée au sud du Niger par Abasse et Oni (2001) a montré que :

- Les meilleures performances en terme de valeurs moyennes de hauteur, diamètre, nombre de feuilles et nombre de branches ont été observées dans l'écartement de 2 x 1 m, avec des valeurs respectives de 30,68 cm ; 0,65 cm ; 36 et 6 ;
- Le plus grand nombre de fleurs (634,95 + 76,2) par arbre s'obtient en collectant directement les folioles sur la plante ;
- La meilleure production de fruits (7,7 + 1,2 fruits par arbre) s'obtient également avec la collecte des folioles ;
- La valeur la plus élevée en production de graines (13,8 + 0,4 graines par gousse) était rencontrée avec un écartement de 0,5 x 0,5 m.

Olivier (2004) prévoit six récoltes des feuilles par an au nord du Sénégal lorsque les plantes sont irriguées. En Inde du Sud, les variétés pérennes issues de boutures ne fructifient qu'au bout de près d'un an et les gousses sont récoltées en mars à avril avec une deuxième récolte en mars-octobre ; tandis que la fructification des variétés annuelles est saisonnière, et la récolte sur les plantes semées en septembre intervient six mois plus tard et se prolonge sur 2-3 mois (Rajangam *et al.*, 2001).

1.6. Itinéraire technique de production

La production de feuilles de *Moringa* passe par les étapes suivantes : la préparation du sol, la fertilisation, la mise en place de la culture, l'entretien, le contrôle des ravageurs et la récolte.

1.6.1. Préparation du sol

Dans le but de faciliter l'enracinement et favoriser le développement et la croissance de la plante, il est important de défricher et nettoyer le terrain si nécessaire. Ensuite, effectuer un labour et hersage de 30 cm de profondeur si la densité de plantation est forte, si non, des trous de 30 à 50 cm de profondeur et 20 à 40 cm de largeur sont creusés et remplis de fumier avant le semis ou la transplantation (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

1.6.2. Fertilisation

Les besoins en nutriments peuvent être satisfaits par apport de fumure organique ou minérale selon les objectifs de production. Selon De Saint Sauveur et Broin (2010), le *Moringa* peut produire des quantités importantes de feuilles lorsqu'il reçoit des apports organiques suffisants. De plus, l'application de la fumure organique comme fumure de fond est conseillée pour une production biologique. La dose à l'hectare varie en fonction de la densité de semis et selon Foidl *et al.* (2001), elle est de 6t/ha pour une densité de 1000 000 plants/ha. En plus des nutriments apportés, la fumure organique améliore la structure du sol. C'est pourquoi elle doit être appliquée d'abord avant le semis. Ensuite, elle peut être apportée comme fumure d'entretien au moins une fois par an (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

1.6.3. Mise en place de la culture

M. oleifera se multiplie soit par semis des graines à 2 cm de profondeur (Kokou *et al.*, 2001) soit par bouturage. Le semis direct est conseillé pour la monoculture à haute densité

(10x10 cm), tandis qu'en culture associée, la transplantation peut être préférée dans certains cas (2 à 5 m entre les plants et les rangées). La saison des pluies et la saison sèche fraîche sont les périodes favorables au semis des graines selon Jahn (2003). La densité de plants à l'hectare dépend des objectifs de production. La production de feuilles se fait soit en monoculture où la densité des plants à l'hectare est élevée (jusqu'à 1 000 000 de plants/ha) selon Foidl *et al.* (2001), soit en agroforesterie.

La production par bouturage permet d'avoir des plantes à croissance rapide mais développant un système racinaire superficiel qui les rend sensibles au stress hydrique et au vent. Les boutures de 45 à 150 cm de long avec un diamètre de 4 à 16 cm doivent être prélevées sur un arbre d'au moins un an et laissées à l'ombre pour sécher pendant au moins trois jours avant d'être plantées.

1.6.4. Entretien

Après l'installation de la culture, certaines pratiques sont nécessaires pour favoriser le développement des plants. Il s'agit du démariage, des désherbages et des sarclages manuels pour éliminer les mauvaises herbes mais aussi de l'application de pesticides pour protéger les plantes des insectes ravageurs.

Il existe également la taille d'entretien qui est la pratique culturelle la plus importante dans la production de feuilles de *Moringa*. Elle consiste à sectionner la tige principale à 10 cm de son sommet lorsqu'elle mesure 60 cm de haut ainsi que les ramifications lorsqu'elles atteignent 20 cm (www.moringanews.org). Cette pratique confère à l'arbre une forme buissonnante. Elle a les mêmes objectifs que le pinçage qui, selon De Saint Sauveur et Broin (2010), consiste à pincer le bourgeon terminal de la tige centrale lorsque la plante a une hauteur de 0,5 à 1 m et les branches secondaires sont également pincées. Toutes ces pratiques facilitent la récolte des feuilles et offre à la plante une certaine résistance aux vents violents.

1.6.5. Irrigation

L'irrigation est indispensable pour une production de feuilles continue en saison sèche. Une étude menée au Niger par Gamatie et De Saint Sauveur (2005) a montré que la combinaison de l'irrigation et de la fertilisation permet de faire 18 récoltes par an. Cependant, en saison pluvieuse, la culture de *Moringa* ne nécessite pas d'irrigation (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

Aussi, selon ces auteurs, tout système d'irrigation peut convenir: tuyau d'arrosage, arrosoir, asperseur, goutte à goutte. Cependant l'étude de Méda (2011) a montré que la méthode d'irrigation goutte à goutte donne les meilleures performances agronomiques et par conséquent le meilleur rendement. Il est le moins coûteux pour la production des feuilles fraîches. Le temps favorable à l'irrigation se situe dans la matinée très tôt, la soirée ou la nuit pour éviter les pertes par évaporation.

Les besoins en eau selon les zones climatiques sont donnés par De Saint Sauveur et Broin (2010).

- En zone soudanienne, la production de feuilles est possible toute l'année sans irrigation, toutefois une baisse de production est observée en période sèche comme dans la région des cascades où se déroule la présente étude ;

- En zone sahélienne, l'irrigation se fait durant toute l'année (tous les jours en saison sèche, deux ou trois fois par semaine en saison humide).

Quant à la quantité d'eau nécessaire, elle varie selon la période de l'année et est donnée par Olivier (2004) au nord du Sénégal.

- Hivernage (mi-juillet à octobre) : 72 000 litres/ha/jour, à raison d'une heure d'arrosage avec une pression d'un bar ;

- Période sèche (novembre à mi-juillet) : 108 000 litres/ha/jour, à raison d'une heure et demie d'arrosage avec la même pression.

1.6.6. Ravageurs et maladies

Les sauterelles, criquets, chenilles et les termites constituent les principaux ravageurs. Ces insectes mordent et mangent des parties de la plante entraînant de ce fait la destruction de feuilles, bourgeons, fleurs, pousses, fruits ou graines ainsi que l'interruption du flux de sève. Ces attaques sont surtout fréquentes en début de saison sèche lorsque les organes verts et tendres sont rares. La meilleure solution est de couper les arbres pour ne laisser aucune partie verte (De Saint Sauveur et Broin, 2010). En plus de cette méthode, il existe des moyens de lutte biologique pour contrôler ces insectes. Selon De Saint Sauveur et Broin (2010), la lutte biologique peut se faire par application de tourteaux de graines de *Azadirachta indica* (neem) dans le sol ; de feuilles de ricin, d'écorces d'acajou, de feuilles de *Melia azedarach* à la base du tronc ; de tas de cendres à la base des plantes et par la fabrication de pièges à termites avec des canaris remplis de paille humide, de terre et autres déchets végétaux.

Parmi les maladies, les mêmes auteurs soutiennent que les maladies fongiques sont de loin les plus sérieuses dans la culture du *Moringa*. Des taches sombres peuvent apparaître sur les feuilles et finir par les couvrir entièrement, ce qui cause le jaunissement de la feuille et sa mort. Ceci est provoqué par les champignons *Cercospora* spp et *Septoria lycopersici*.

L'alternariose serait également courante selon De Saint Sauveur et Broin (2010) : elle se présente sous forme de taches angulaires brunes noires avec des cercles concentriques, soit par des lésions noires ou brunes sur les branches. L'agent pathogène est *Alternaria solani*, les produits efficaces contre cet agent sont à base de mancozèbe ou de manèbe. Tout comme contre les insectes nuisibles, les extraits de feuilles, de graines de neem ou dans tous les cas les préparations contenant de l'Azadirachtine peuvent également être utilisés pour contrôler les attaques fongiques (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

1.6.7. Récolte et rendement

La récolte peut être manuelle avec un sécateur, une faucille, un couteau ou mécanique avec une faucheuse. La récolte peut se faire en coupant les branches feuillées à une hauteur de 30 cm à 1 m au-dessus du sol, ou en prélevant directement les feuilles sur l'arbre (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

Les fruits doivent être récoltés lorsqu'ils deviennent bruns et secs. Les graines sont extraites, mises en sacs et stockées dans un endroit sec. Les branches de *Moringa* étant fragiles, il est déconseillé de grimper dans l'arbre pour récolter des fruits (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

Le rendement est fortement influencé par la densité de semis, l'irrigation, la fertilisation, le traitement phytosanitaire et l'entretien de la culture. Foidl *et al.* (2001) a obtenu le maximum de feuilles vertes avec une densité d'un million de plants à l'hectare. Vijayakumar *et al.*, (2000) cités par Rajangam *et al.* (2001) ont constaté que le pincement précoce des points de croissance à 60 jours donne des rendements meilleurs que le pincement à 90 jours après le semis. L'irrigation goutte à goutte permet de doubler les rendements des variétés annuelles et un apport de 4 litres/jour permet d'augmenter les rendements de 57% par rapport aux plantations pluviales (Rajakrishnamoorthy *et al.*, 1994 cités par Rajangam *et al.*, 2001).

1.7. Valeur nutritive et usages

M. oleifera se distingue par une grande utilité de toutes ses différentes parties dans plusieurs domaines.

1.7.1. Composition chimique

La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée. En effet, les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux et, phénomène assez rare pour une plante, elle possède les 10 acides aminés et les acides gras essentiels (Broin, 2005). En effet, la teneur en ces éléments est élevée pour 100 grammes de matière sèche (tableau II).

Tableau II : Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera*

| Données pour 100 grammes de matière sèche | | | |
|--|-------|---------------------------|------|
| Composition globale | | Acides aminés (mg) | |
| Calories (kcal) | 300 | Arginine | 1600 |
| Protéines (g) | 25 | Histidine | 530 |
| Glucides (g) | 40 | Isoleucine | 1140 |
| Lipides (g) | 8 | Leucine | 2050 |
| Minéraux (g) | 12 | Lysine | 1200 |
| Fibres (g) | 15 | Méthionine | 370 |
| Teneur en eau | 75% | Phénylalanine | 1400 |
| | | Thréonine | 1080 |
| Minéraux (mg) | | Tryptophane | 580 |
| Calcium | 2100 | Valine | 1400 |
| Cuivre | 1 | Acide aspartique | 1670 |
| Fer | 27 | Acide glutamique | 2470 |
| Potassium | 1300 | Sérine | 840 |
| Magnésium | 405 | Glycine | 960 |
| Phosphore | 310 | Alanine | 1260 |
| Manganèse | 8 | Proline | 1230 |
| Soufre | 740 | Tyrosine | 910 |
| Sélénium | 2,6 | Cystéine | 360 |
| Zinc | 2,6 | | |
| Molibdène | 0,5 | Acides gras | |
| Sodium | 100 | C 16 : 0 | 530 |
| | | C 18 : 0 | 70 |
| Vitamines | | C 18 : 1 | 60 |
| Vitamine A (UI) | 14300 | C 18 : 2 | 170 |
| Vitamine C (mg) | 850 | C 18 : 3 | 1140 |

Source : Broin (2005)

La grande teneur en fer, protéines, cuivre et diverses vitamines et acides aminés essentiels font donc des feuilles de *Moringa* un complément nutritionnel idéal.

Ainsi, la consommation de 100 grammes de feuilles de *Moringa oleifera* fraîches peut fournir :

- Entre 30 et 100% des apports journaliers recommandés en calcium (30% à 50% pour les adolescents, 40% à 60% pour les adultes, les enfants, les femmes enceintes ou allaitantes, 80 à 100% pour les enfants en dessous de 3 ans) ;
- Entre 25 et 80% des apports journaliers recommandés en fer (25% pour les femmes enceintes, 40 à 60% pour les adolescents et les femmes, 50 à 100% pour les hommes et les enfants) ;
- 100% des apports journaliers recommandés pour la vitamine A et C, mais ceci dépend énormément des conditions de conservation et d'utilisation des feuilles (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

Selon Rajangam *et al.* (2001), les fleurs de *Moringa* contiennent du cuivre (0,62 mg), du soufre (137 mg), du chlore (423 mg), de l'acide oxalique (101 mg) et de la phytine P (44 mg). Les fruits contiennent des acides aminés (alanine, arginine, glycine, sérine, thréonine, valine) et de l'acide glutamique et aspartique. Quant aux graines, elles contiennent un dérivé de benzylisothiocyanate (glycoside d'huile de moutarde) et 4(4-acetyl-L-L-rhamnosyloxy)-benzoisothiocyanate ; les extraits de la tige contiennent de l'hydroxymelléine, de la vanilline, de l'acide octacosanoïque, du bêta-sitostérol et de la betasitosténone, identifiée pour la première fois dans une espèce végétale et les racines contiennent de l'anthomine et de la pterygospermine (Rajangam *et al.*, 2001).

1.7.2. Importance alimentaire

Les feuilles, les fruits, les jeunes tiges, les racines et les fleurs sont consommables et se consomment partout dans le monde. Les feuilles peuvent se consommer fraîches ou en poudre (Broin, 2005) et même associées aux épices comme le piment. Elles peuvent également être préparées en soupe ou en salade selon Foidl *et al.* (2001). Les jeunes gousses vertes peuvent être consommées bouillies comme des haricots. Les graines sèches peuvent être réduites en poudre et utilisées pour assaisonner les sauces tandis que la poudre des racines de jeunes plants peut servir à relever l'assaisonnement (Foidl *et al.*, 2001). Selon le même auteur, les fleurs peuvent également être utilisées comme ingrédient d'une salade.

1.7.3. Importance industrielle

Les graines de *Moringa* contiennent 42% d'huile et le profil de l'acide gras de l'huile démontre qu'elles contiennent 70% d'acide oléique. La teneur en acides gras saturés est de

13%, en acides gras insaturés 82% et celle en acides gras libres varie de 0,5 à 3% (Foidl *et al.*, 2001). L'huile de *Moringa* est donc équivalente sous tous ses aspects à une huile de qualité supérieure telle que l'huile d'olive et présente les mêmes avantages que celle-ci pour la santé (Creighton, 2001).

Grâce à ces propriétés l'huile de *Moringa* peut être utilisée comme lubrifiant dans la machinerie fine comme l'horlogerie pour sa faible tendance à se détériorer et devenir rance et collante (Ramachandran *et al.*, 1980 cités par Foidl *et al.*, 2001). Elle est aussi utilisée comme huile végétale comestible et huile de cuisson, comme huile de qualité dans l'industrie cosmétique et de parfums (Foidl *et al.*, 2001).

1.7.4. Vertus thérapeutiques

Les feuilles, les fruits, les graines, les racines, l'écorce mais aussi les fleurs possèdent chacun des vertus médicinales particulières. Bien qu'encore peu vérifié par la science, les différentes parties de *Moringa* sont utilisées dans le traitement contre l'anémie, la perte d'appétit, les douleurs gastriques, l'ulcère à l'estomac, la diarrhée, la dysenterie, la colique, la régulation du diabète et de la tension artérielle (Pousset, 1999). Selon De Saint Sauveur et Broin (2006), les feuilles de *Moringa* sont maintenant utilisées dans certains programmes de lutte contre la malnutrition en particulier au Sénégal, en Inde, au Bénin et au Zimbabwe. Au Sénégal, Mansaly (2001) a confirmé une amélioration nette de la santé des enfants atteints d'Infections Respiratoires Aiguës (IRA), de rougeole, de paludisme ou de diarrhée et mis sous régime de *M. oleifera*.

1.7.5. Autres utilisations

Selon Foidl *et al.* (2001), la poudre des graines de *M. oleifera* constitue un flocculant naturel qui peut clarifier les eaux troubles, dissipant de ce fait 99% des matières colloïdales. Il a démontré également que ce mélange de graines constitue un coagulant de premier ordre pour le traitement de l'eau des rivières possédant un haut niveau de matériel solide en suspension.

En outre, un extrait de feuilles de *M. oleifera* préparé avec de l'éthanol à 80% contient des facteurs de croissance comme les hormones du type cytokinine (Foidl *et al.*, 2001). Ces hormones de croissance augmentent la robustesse des plantes et leur résistance aux maladies.

1.8. Contraintes de production

La principale contrainte de production de *Moringa* est liée à sa grande diversité génétique. Le *Moringa* est en effet un arbre à pollinisation croisée, ce qui entraîne une très forte hétérogénéité de formes et de rendements à l'intérieur de chaque espèce (De Saint Sauveur, 2001). En Tanzanie et au Nicaragua, l'hétérogénéité occasionne des coûts élevés car certains arbres doivent être arrachés et d'autres sont éliminés par la compétition naturelle des plants plus vigoureux (De Saint Sauveur, 2001). La solution à la contrainte engendrée par la grande variabilité des rendements et de ses composantes consiste donc à maintenir une variété génétiquement pure (Rajangam *et al.*, 2001).

1.9. Commercialisation des produits

Tous les produits dérivés du *Moringa* sont vendus, mais c'est la commercialisation des feuilles qui est beaucoup plus développée. Selon Bonkougou (2001), au Niger où la commercialisation est organisée, les feuilles sont vendues fraîches ou séchées au soleil, et stockées pour la vente hors saison. Toutefois, une récente étude menée par Gamatie (2005) a montré que les feuilles de *M. oleifera* sont commercialisées au Niger selon trois filières : la filière feuilles fraîches, la filière feuilles cuites et la filière feuilles séchées. Les quantités de feuilles disponibles sur les marchés varient en fonction des saisons entraînant ainsi la variation des prix. Les prix diffèrent également d'un marché local à un marché urbain. Au Burkina Faso, la commercialisation concerne les feuilles fraîches et la poudre qui est beaucoup plus disponible en pharmacie. En 2011, la poudre de feuilles séchées de *M. oleifera* est vendue dans les pharmacies de PHYTOSALUS à 1000F CFA les 40g soit 25 000F CFA le kilogramme à Ouagadougou et 27 000F CFA à Bobo-Dioulasso (Méda, 2011).

1.10. Variétés existantes au Burkina Faso

En plus de la variété locale qui est beaucoup plus répandue, le Burkina Faso dispose d'une nouvelle variété de *M. oleifera*. Il s'agit de la variété Periyakulam 1 (PKM-1) créée par les chercheurs de l'Ecole horticole et de l'Institut de Recherche de l'Université Agricole de Tamil Nadu à Periyakulam (Inde du Sud). C'est une variété améliorée, caractérisée par une importante production de biomasse et de gousses et faisant l'objet de vulgarisation par le Centre Sahélien de l'ICRISAT à Niamey.

En effet, la variété PKM-1 a été obtenue par une sélection de lignées pures. Elle se reproduit par voie sexuée et se caractérise par un port nain moyen. Ses gousses ont une longueur comprise entre 60-70 cm, une circonférence de 6,3 cm avec un poids moyen de 120 g (Photo 6). Chaque arbre peut porter environ 220-250 fruits et le rendement gousses est estimé entre 50-54 tonnes par hectare. Enfin, c'est une variété qui est peu sensible aux parasites comme aux maladies et s'accommode de différents types de sol en plaine tropicale (Rajangam *et al.*, 2001).



Photo 6 : Fruits secs de *M. oleifera*

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

2.1. Site de l'étude

2.1.1. Situation géographique

L'étude a été conduite à la station de recherches environnementales et agricoles (INERA) de Banfora et les essais ont été conduits dans l'enceinte de la station.

Banfora est située au Sud-ouest du Burkina Faso, elle est comprise entre 9°25 et 10°37 de latitude nord et entre 3°50 et 4°46 de longitude ouest (LANKOANDE et SEBEGO, 2005).

2.1.2. Climat

Selon LANKOANDE et SEBEGO (2005), Banfora a un climat de type Sud-Soudanien, caractérisé par deux (02) saisons bien marquées : une saison pluvieuse d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. Les pluies s'étalent sur 5 à 6 mois et les températures moyennes annuelles sont comprises entre 17°C et 36°C.

Située entre les isohyètes 1000 et 1200 mm, Banfora est identifié comme une zone assez bien arrosée au plan national ; donc favorable aux activités agro-pastorales. Au cours des dix dernières années (2004-2013) on a enregistré une variation plus ou moins marquée de la pluviosité (figure 1). En cette année 2013, les pluies ont débuté en mars et le mois d'août a enregistré la plus grande quantité de pluies, soit 259 mm (figure 2).

Le mois de mars a été le plus chaud avec une température moyenne de 31,7°C tandis que celui d'août a enregistré la plus basse température avec une moyenne de 26°C (figure 3). L'hygrométrie moyenne de l'année 2013 a été de 63% avec une moyenne mensuelle comprise entre 22% en février et 88% en août (figure 4) tandis que la durée de l'ensoleillement a fluctué entre 5 heures et 10 heures (figure 5).

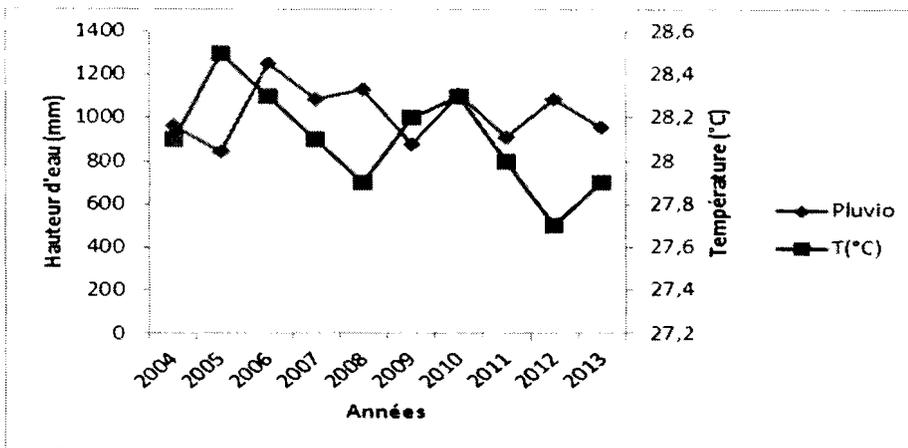


Figure 1 : Variation de la pluviométrie et de la température de Banfora au cours des dix dernières années

Données de la SN SOSUCO

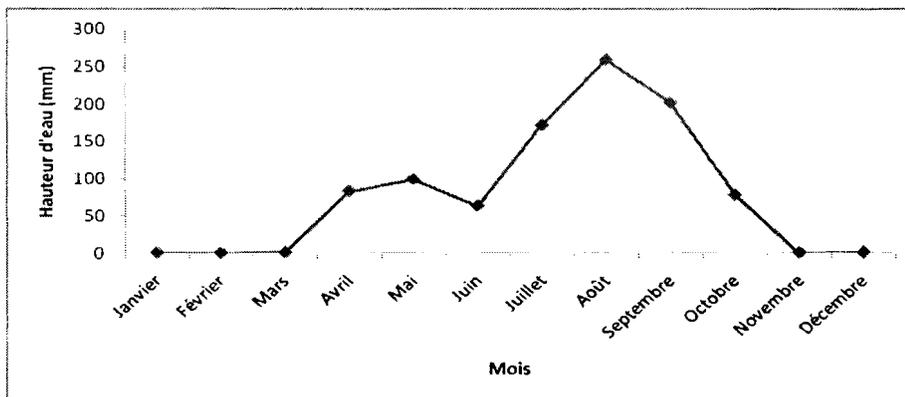


Figure 2 : Pluviosité mensuelle (en mm) de Banfora au cours de l'année 2013

Données de la SN SOSUCO (campagne 2013)

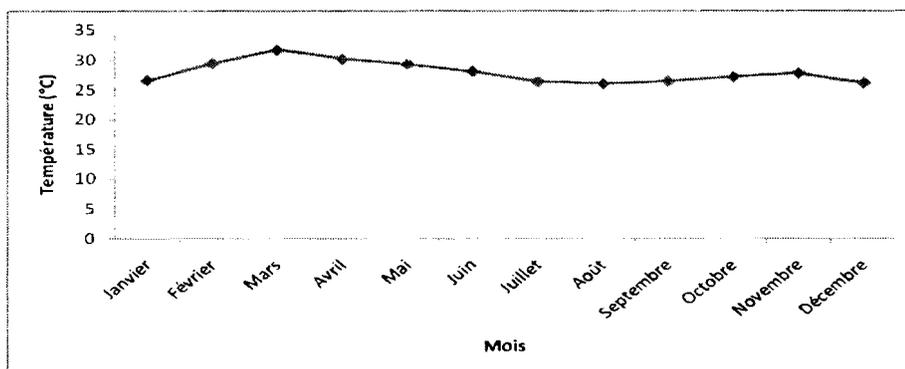


Figure 3 : Température moyenne mensuelle (en °C) de Banfora au cours de l'année 2013

Données de la SN SOSUCO (campagne 2013)

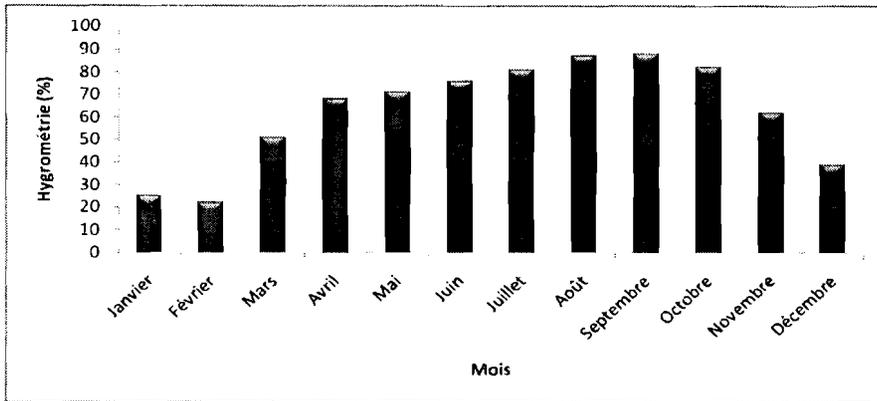


Figure 4 : Humidité relative moyenne mensuelle (en %) de Banfora au cours de l'année 2013
Données de la SN SOSUCO (campagne 2013)

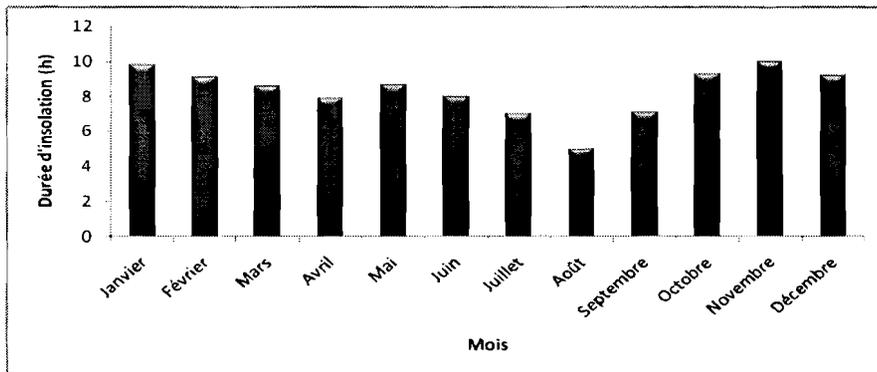


Figure 5 : Durée d'insolation moyenne (en heures) à Banfora durant l'année 2013
Données de la SN SOSUCO (campagne 2013)

2.1.3. Aspect physique et environnement

2.1.3.1. Relief

Le relief est constitué de plateaux d'une altitude moyenne de 450 mètres et de vastes plaines parcourues par d'importants cours d'eau. Les plateaux sont généralement écorchés par les principaux cours d'eau qui y dégagent des vallées en forme de « U » et sont constitués de matériaux sédimentaires parfois consolidés (LANKOANDE et SEBEGO, 2005). Le relief est particulièrement marqué par la falaise gréseuse de Banfora dont l'étalement est suivi par endroits par des cours d'eau donnant lieu à des cascades (LANKOANDE et SEBEGO, 2005) d'où le nom de la région.

2.1.3.2. Sols

Selon la description de BUNASOLS (1999), on distingue dans la province cinq grandes catégories de sols en fonction de la profondeur et de la position physiographique à savoir :

- les zones d'affleurements cuirassés et les zones d'affleurements de granite dans les départements de Sidéradougou, Moussodougou, Ouou ; ces sols sont inaptes aux cultures pluviales et à la sylviculture ;
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés, indurés, peu profonds et à inclusions gravillonnaires, rencontrés dans tous les départements sauf Douna, Soubakaniédougou et Niangoloko ; ce sont des sols marginalement ou moyennement aptes aux cultures pluviales, au pastoralisme et à l'arboriculture ;
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux ou lessivés indurés à concrétions et profonds, situés dans les départements de Ouou, Mangodara et Niangoloko ;
- les sols ferrugineux tropicaux sur grès et sur sédiments sablo-argileux couvrent les départements de Sindou, Douna, Loumana, Wolonkoto, Banfora et Bérégadougou ;
- les sols hydromorphes se rencontrent dans les zones situées sur le long des cours d'eau et sur les parties inférieures des glacis et dans tous les départements sauf celui de Niankorodougou. Ils sont inaptes au mil, maïs, coton et à l'arachide mais favorables au riz irrigué, au maraîchage et marginalement favorables au sorgho.

2.2. Matériels

2.2.1. Matériels végétaux

Les matériels végétaux sont constitués de graines de deux cultivars de *Moringa oleifera*. Il s'agit de *M. oleifera* PKM-1 qui provient de l'ICRISAT basé à SADOORE au Niger et de *M. oleifera* local dont les graines ont été récoltées sur les plantes de la station INERA/Banfora.

2.2.2. Matériels fertilisants

Les matériels fertilisants étaient composés de NPK, du fumier et de l'association NPK-fumier.

2.3. Méthodes

2.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc complètement randomisé constitué de 4 traitements avec 4 répétitions par traitement (figure 6).

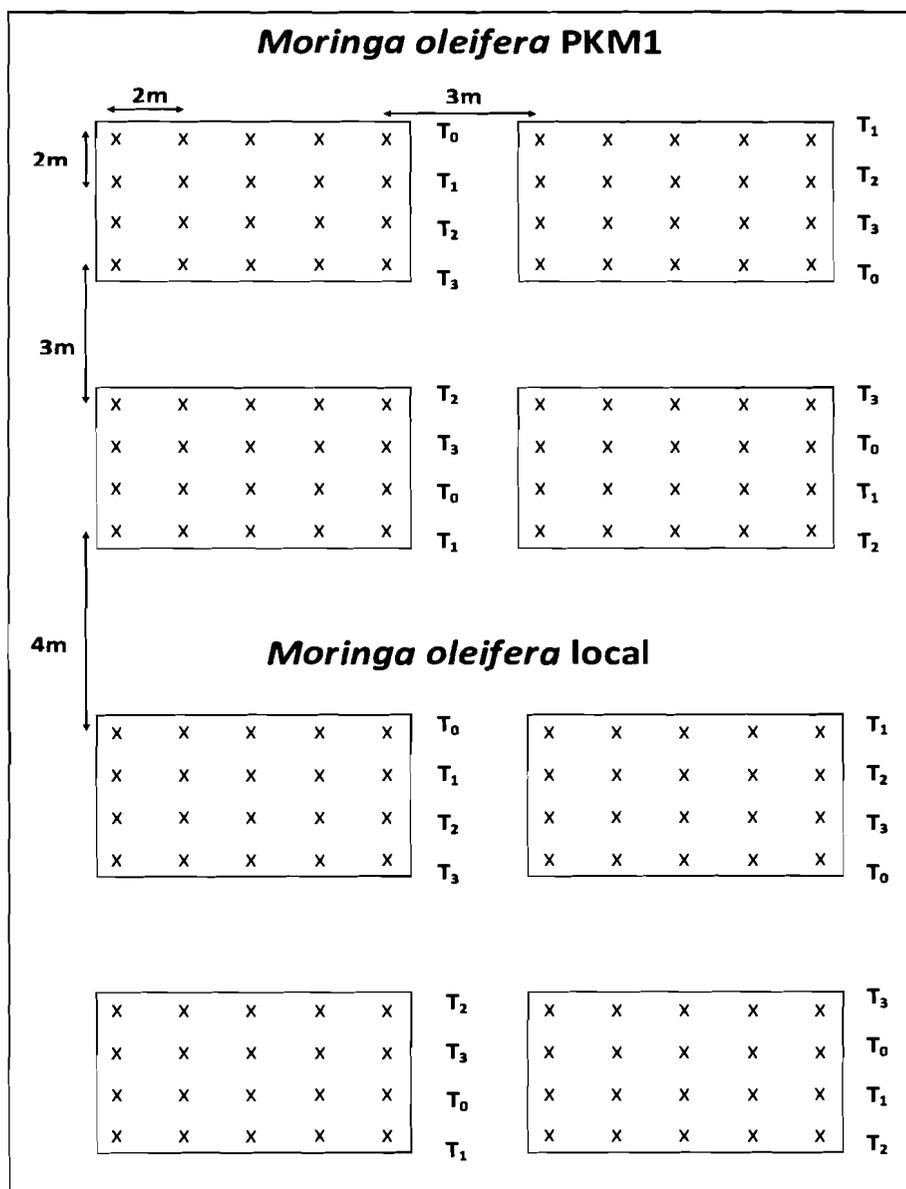


Figure 6 : Plan du dispositif expérimental

Les traitements sont constitués de différents types de fertilisants appliqués à des doses différentes sur les deux cultivars de *M. oleifera* (tableau III). Chaque cultivar est installé sur une parcelle principale de 285 m² constituée de 4 parcelles élémentaires. Chaque parcelle

élémentaire contient 4 lignes de 5 plantes. L'écartement est de 4 m entre les parcelles principales et 3 m entre les parcelles élémentaires (figure 6).

Tableau III : Caractéristiques des traitements

| Traitements | Caractéristiques |
|-------------------|--|
| Témoin (T0) | Sans fertilisation |
| Traitement 1 (T1) | Apport de 40 g de NPK (14-23-14+6S) par pied |
| Traitement 2 (T2) | Apport de 1 kg de fumier (bouse de bovins et matière végétale) par pied |
| Traitement 3 (T3) | Apport d'un mélange de NPK-fumier (40 g de NPK et 1 kg de fumier par pied) |

Chaque traitement est appliqué sur une ligne choisie au hasard dans une même parcelle élémentaire. La fertilisation a eu lieu le 20^{ème} JAS. Les fertilisants ont été enfouis à l'aide d'une daba de semis autour du pied des plantules à une distance de 5 cm.

Les deux parcelles principales ont été quotidiennement irriguées avec les mêmes quantités d'eau (1 à 2 litres par pied) en utilisant des arrosoirs. Les techniques d'entretien des cultures sont également identiques sur les deux parcelles. La différence entre les deux parcelles réside seulement au niveau du cultivar.

2.3.2. Semis

Les graines ont été trempées dans l'eau de robinet pendant 17 h avant d'être semées directement sur les parcelles d'essais le 26 octobre 2013. Les graines ont été semées en lignes séparées de 2 m. Les points de semis étaient distants de 2 m, soit 20 pieds par parcelle élémentaire. Le semis a été effectué le même jour pour les deux cultivars à une profondeur d'environ 2 cm, à raison de deux graines par poquet. A la fin de l'émergence des plantules (18 JAS), elles ont été démarquées et repiquées pour compléter les poquets vides.

2.3.3. Entretien

L'entretien des parcelles a consisté essentiellement au désherbage, sarclage et binage qui ont eu lieu tous les 15 jours.

Le traitement phytosanitaire a été réalisé suite aux observations d'attaques d'insectes. A cet effet, nous avons utilisé le K-Optimal, insecticide systémique pour les cultures maraîchères, formulé à base de lamda-cyhalothrine 15 g/l + acétamipride 20 g/l. Avec le lamda-cyhalothrine, le K-Optimal offre l'un des meilleurs effets de choc et est particulièrement efficace sur les chenilles mais aussi les mouches mineuses, les coléoptères, les thrips, les punaises, les cicadelles et fourmis. Avec acétamipride, le K-Optimal renforce l'action sur les mineuses, mais complète surtout son spectre grâce à son excellente efficacité à l'égard des insectes piqueurs-suceurs, cochenilles, jassides. Elle est dotée de propriétés systémiques qui permettent d'atteindre les insectes cibles même sous la végétation. Nous avons utilisé 250 ml pour 15 litres d'eau.

2.3.4. Récolte des feuilles

La récolte a été faite avec un sécateur en coupant les branches feuillées à la moitié de la hauteur des plantes. Elle a lieu 87 JAS dans le mois de janvier.

2.3.5. Collecte des données

2.3.5.1. Sur le terrain

Les données collectées ont porté sur le cycle végétatif de la plante depuis l'émergence des plantules jusqu'à la récolte des feuilles (annexe 1). Les mesures ont été prises sur toutes les plantes. Au total, 11 caractères ont fait l'objet de cette étude.

- Le taux d'émergence des plantules : c'est le rapport (Nombre de plantules émergées/Nombre total de graines semées) x100 ;
- Le délai d'émergence des plantules : c'est le nombre de jours nécessaire pour l'émergence des plantules ;
- Le nombre de plantules émergées par jour : c'est le rapport (Nombre total de plantules émergées/Nombre de jours nécessaire);
- La hauteur de la plante (cm) : elle correspond à la longueur de la tige principale, mesurée sur chaque plante tous les 15 jours à partir de la date de fertilisation. Nous avons utilisé un mètre ruban rigide pour cette mesure ;
- Le diamètre de la plante (mm) : c'est le diamètre au collet de la tige principale, mesuré sur chaque plante tous les 15 jours à partir de la date de la fertilisation. Nous avons utilisé un pied à coulisse électronique au millimètre près pour cette mesure ;

- Le nombre de feuilles de la plante : il est déterminé en comptant l'ensemble des feuilles depuis l'émergence des plantules jusqu'à la récolte. Il est compté sur chaque plante tous les 15 jours à partir de la date de fertilisation ;
- La longueur de la feuille (cm) : c'est la distance entre le point d'insertion du limbe sur le pétiole et la pointe supérieure, elle correspond à la moyenne des mesures de 5 feuilles basales par plante lors de la récolte des feuilles ;
- La largeur de la feuille (cm) : C'est la distance entre les bords latéraux de la feuille, elle correspond à la moyenne des mesures de 5 feuilles basales par plante lors de la récolte des feuilles ;
- La longueur du pétiole (cm) : elle correspond à la moyenne des mesures de 5 feuilles basales par plante lors de la récolte des feuilles ;
- Production foliaire/plante (g) : elle correspond au poids moyen des feuilles fraîches récoltées sur chacune des plantes et pesées à l'aide d'une balance électronique ;
- Poids moyen d'une feuille (g) : il correspond au poids des feuilles fraîches récoltées sur le nombre total de feuilles.

2.3.5.2. Au laboratoire

Les travaux au laboratoire ont consisté à déterminer la teneur en éléments minéraux comme l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) contenus dans les feuilles. Les feuilles fraîches de chaque variété de *Moringa* ont été prélevées sur toutes les plantes à partir du 87^{ème} JAS. Ensuite, ces feuilles ont été séchées et apportées au laboratoire eau-sol-plante de Farako-Bâ (INERA de Bobo) où elles ont été réduites en poudre. A partir de la poudre obtenue, les différents minéraux ont été dosés.

2.3.6. Analyse des données

Pour les 10 paramètres examinés sur le terrain ainsi que les données de l'état foliaire, une comparaison des moyennes entre les différents traitements a été faite à travers l'analyse de la variance (ANOVA). Lorsqu'une différence significative est observée entre les traitements pour un caractère donné, l'ANOVA est complétée par des comparaisons multiples par paires en effectuant le test de Fisher au seuil de 5%. Ce test permet d'identifier le traitement dont l'effet diffère significativement du ou des autres traitements. Pour tous ces tests, le logiciel XLSTAT 2007 a été utilisé.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Résultats

3.1.1. Emergence des plantules de *Moringa oleifera*

Cette étude a permis de déterminer le nombre moyen de plantules émergées/jour, le taux d'émergence et la durée d'émergence en fonction des cultivars (tableau IV).

Tableau IV : Evaluation des paramètres d'émergence des plantules en fonction des cultivars

| Cultivars | Nombre de plantules émergées/jour | Taux d'émergence (%) | Durée d'émergence (jours) |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|
| <i>M. oleifera</i> local | 7 | 52 | 6-17 |
| <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 13 | 59 | 6-12 |

Le nombre de plantules émergées/jour et le taux d'émergence de *M. oleifera* PKM-1 sont supérieurs à ceux de *M. oleifera* local. Aussi, la durée d'émergence des plantules de PKM-1 est inférieure à celle du cultivar local.

La vitesse d'émergence des plantules varie en fonction des cultivars (figure 7).

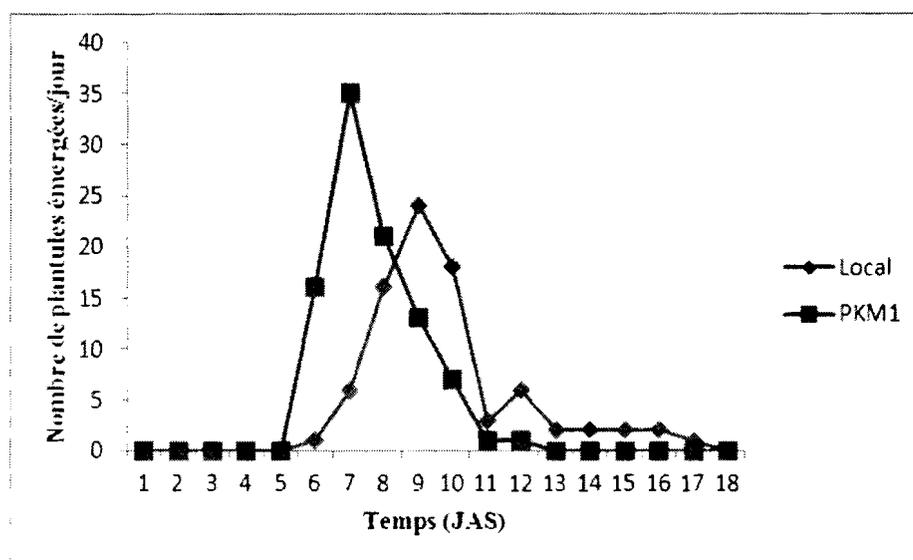


Figure 7 : Evolution de l'émergence des plantules de *M. oleifera* en fonction des cultivars

On constate pour l'ensemble des deux cultivars que le nombre de plantules émergées augmente depuis le début jusqu'à atteindre un niveau maximum où il commence à diminuer avant de s'annuler en fin de processus. Aussi l'émergence des plantules a commencé au même moment, soit 6 JAS. Cependant, le nombre de plantules émergées de *M. oleifera* PKM-1 est supérieur à celui de *M. oleifera* local. Le maximum de plantules émergées a été observé le 7^{ème} JAS chez PKM-1 et le 9^{ème} JAS chez le cultivar local. Le nombre maximum de plantules émergées de *M. oleifera* PKM-1 est supérieur à celui de *M. oleifera* local.

3.1.2. Croissance et développement de la tige de *M. oleifera* en fonction des cultivars

Cette étude a permis de tester et d'identifier le meilleur cultivar de *M. oleifera* dans la logique de l'expérimentation et de la vulgarisation en milieu paysan.

L'analyse de variance a révélé une différence hautement significative ($p < 0,01$) de la hauteur des plantes en fonction des cultivars 20 JAS (figure 8). A partir de 35 JAS, cette différence est devenue significative ($p < 0,05$) d'un cultivar à l'autre. Dans les deux cas, la hauteur des plantes de *M. oleifera* PKM-1 dépasse celle de *M. oleifera* local. Entre 50 à 80 JAS, l'analyse de variance a montré que la hauteur des plantes est identique d'un cultivar à l'autre (figure 8).

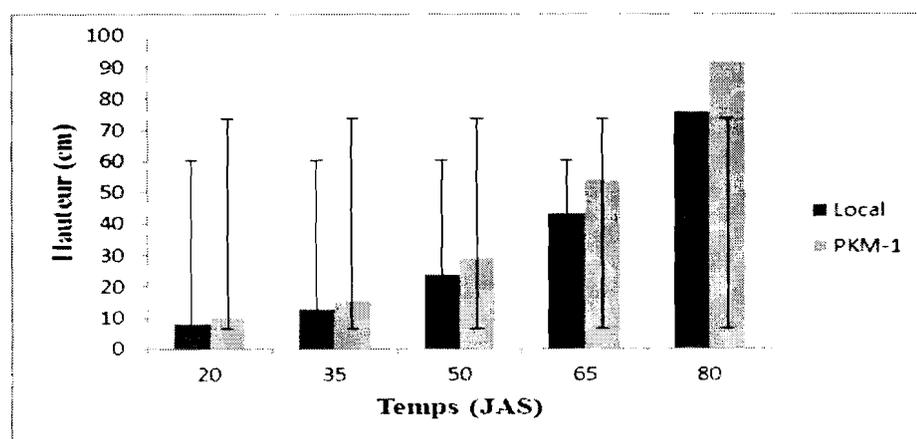


Figure 8 : Hauteur des plantes de *M. oleifera* en fonction des cultivars

Pour le diamètre au collet des tiges et le nombre de feuilles des plantes, aucune différence significative n'a été révélée entre les valeurs d'un cultivar à l'autre sur toute la période de production, soit 80 jours (figures 9 et 10).

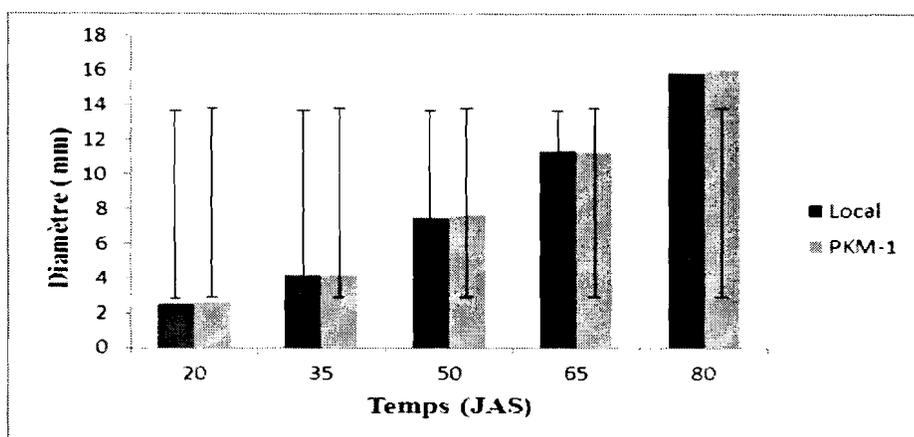


Figure 9: Diamètre au collet des tiges de *M. oleifera* en fonction des cultivars

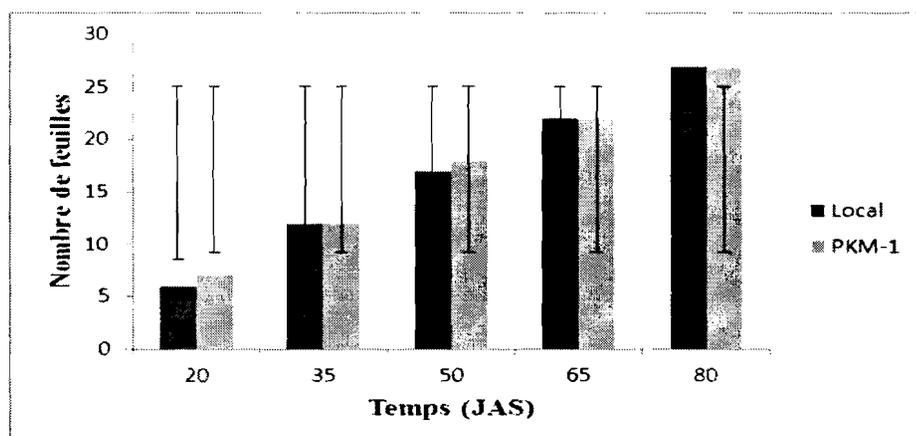


Figure 10 : Nombre de feuilles des plantes de *M. oleifera* en fonction des cultivars

3.1.3. Développement et production foliaire de *M. oleifera* en fonction des cultivars

Les paramètres de développement foliaire concernés dans cette étude sont : la longueur du pétiole (Lgp), la longueur (Lgf) et la largeur des feuilles (lgf). Le poids des feuilles fraîches par pied (Pf/pied) et le poids moyen d'une feuille (Pmf) constituent les paramètres de production foliaire.

Les données collectées par la mesure de ces différents paramètres ont permis de comparer les deux cultivars (Tableau V).

Tableau V: Paramètres de développement et de la production foliaire de *M. oleifera* en fonction des cultivars

| Paramètres mesurés | | | | | |
|--------------------------|------|------|-------|---------|------|
| | Lgf | lgf | Lgp | Pf/pied | Pmf |
| <i>M. oleifera</i> local | 29,4 | 27,6 | 9,3a | 47,82 | 6,27 |
| <i>M. oleifera</i> PKM-1 | 31,8 | 32 | 12,4b | 42,98 | 6,82 |
| Valeur de F | 0,84 | 1,92 | 13,14 | 0,17 | 0,18 |
| Probabilité | 0,37 | 0,18 | 0,001 | 0,69 | 0,67 |
| Signification | NS | NS | HS | NS | NS |

Lgf : Longueur de la feuille, *lgf* : largeur de la feuille, *Lgp* : Longueur du pétiole, *Pf* : Poids des feuilles fraîches, *Pmf* : Poids moyen d'une feuille.

Pour chaque paramètre, les valeurs de la même colonne affectées de la même lettre alphabétique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Fisher). HS : Hautement Significatif ; NS : Non Significatif.

Pour les trois paramètres de développement foliaire, l'analyse de variance a pu révéler une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les cultivars, seulement au niveau de la longueur des pétioles. En effet, le test de comparaisons multiples par paire a montré que la longueur des pétioles de *M. oleifera* PKM-1 est supérieure à celle de *M. oleifera* local.

Concernant les deux paramètres de production foliaire, la différence entre les valeurs n'est pas significative d'un cultivar à l'autre.

Cependant un autre paramètre comme la floraison nous a permis de comprendre que *M. oleifera* PKM-1 a un cycle précoce par rapport à *M. oleifera* local. En effet, l'apparition des premières fleurs a été observée chez PKM-1 55 JAS et 65 JAS chez le cultivar local. Ensuite, 80 JAS 50% des plantes de *M. oleifera* PKM-1 étaient en floraison contre 25% pour *M. oleifera* local.

3.1.4. Teneur en éléments minéraux de *Moringa oleifera* en fonction des cultivars

Une autre approche d'évaluation de *M. oleifera* menée dans cette étude est le diagnostic foliaire qui nous a permis de connaître la valeur nutritionnelle du cultivar local et du PKM-1.

L'analyse des feuilles sèches des cultivars de *M. oleifera* a permis de déterminer la concentration d'un certain nombre d'éléments minéraux tels que l'azote total (N total), le phosphore total (P total), le potassium total (K total), le calcium total (Ca total) et le magnésium total (Mg total).

L'analyse de variance a révélé pour les éléments K, P, Ca et Mg qu'il existe une différence significative entre les valeurs, d'un cultivar à l'autre ($p < 0,05$). La quantité de ces minéraux est plus élevée dans les feuilles de *M. oleifera* PKM-1 que dans celles de *M. oleifera* local (tableau VI). Pour le N aucune différence significative n'a été observée entre les différentes valeurs.

Tableau VI : Teneurs moyennes en cinq minéraux des feuilles de deux cultivars de *Moringa oleifera* et résultats des tests statistiques

| | Eléments minéraux | | | | |
|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | N total (%) | P total (mg/kg) | K total (mg/kg) | Ca total (mg/kg) | Mg total (mg/kg) |
| <i>M. oleifera</i> local | 5,04 | 2901,67a | 27957,67a | 10654a | 2187a |
| <i>M. oleifera</i> PKM1 | 5,25 | 3193,33b | 32574b | 11942,33b | 2754b |
| Valeur de F | 7,29 | 13,32 | 10,18 | 15,33 | 12,25 |
| Probabilité | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| Signification | NS | S | S | S | S |

N: Azote, P: Phosphore, K: Potassium, Ca: Calcium, Mg: Magnesium.

Pour chaque paramètre, les valeurs de la même colonne portant la même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (test de Fisher). NS : Non Significatif, S : Significatif.

3.1.5. Effet de la fertilisation sur la croissance et le développement de la tige de *M. oleifera*

Ces résultats nous ont permis d'identifier entre la fumure organique et la fumure minérale, celle qui est plus efficace dans la stimulation de la croissance et du développement

de *M. oleifera*. Les caractères agronomiques relatifs à la croissance et au développement de la tige sont la hauteur (H) de la plante, le diamètre (D) au collet de la tige et le nombre de feuilles (Nf) de la plante. Au cours de cette étude, la performance du traitement témoin est affectée à la fertilité initiale du sol. Ce sol offre des conditions favorables à la croissance et au développement des plantes de *M. oleifera* par la qualité de la M.O et un bon niveau de pH (tableau VII).

Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques du site d'étude

| Profondeur | pH- H ₂ O | pH- KCl | C (%) | M.O (%) | N (%) | C/N | Total P (mg/kg) | P-Bray assimi (mg/kg) | Total K (mg/kg) |
|------------|-------------------------|------------|----------|------------|----------|------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| 0-10 cm | 7,45 | 6,67 | 1,02 | 1,75 | 0,078 | 13,8 | 280,2 | 25,42 | 813 |
| 10-20 cm | 7,13 | 6,58 | 0,75 | 1,29 | 0,055 | 12,8 | 264 | 22,1 | 767,8 |
| 20-30 cm | 7,13 | 6,25 | 0,44 | 0,76 | 0,038 | 11,6 | 176,4 | 14,14 | 697,4 |

3.1.5.1. Effet de la fertilisation sur la croissance et le développement de la tige de *M. oleifera* local

Les résultats obtenus (figures 11, 12 et 13) montrent que les valeurs moyennes de la hauteur, du diamètre et du nombre de feuilles ne sont pas significativement différentes d'un traitement à l'autre au seuil de 5% entre 20 JAS et 35 JAS. C'est à partir de 50 JAS qu'une différence hautement significative ($p < 0,01$) en fonction des traitements a été révélée seulement pour le nombre de feuilles des plantes (figure 13). Pour ce paramètre, le test de comparaisons multiples par paires a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre T0 (sans fertilisation) et T2 (fumier seul) au seuil de 5%. Il en est de même entre T1 (NPK seul) et T3 (NPK+ fumier). Cependant, les plantes sous T1 et T3 ont un nombre de feuilles supérieur (20 et 19) à celui des plantes sous T2 et T0 (16 et 14).

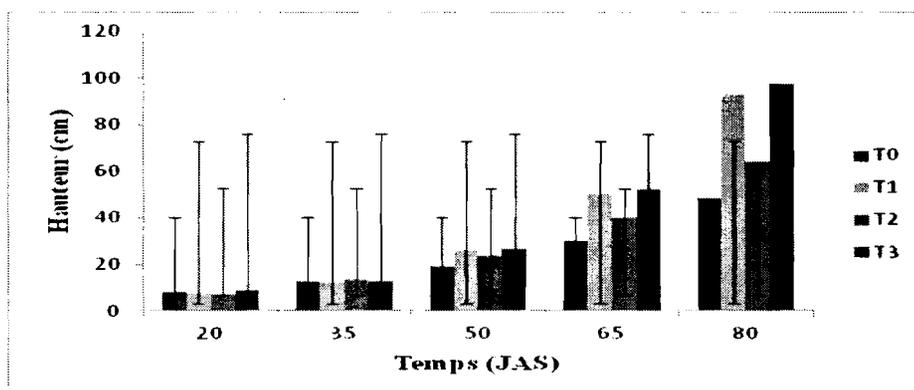


Figure 11 : Effet de la fertilisation sur la hauteur de *M. oleifera* local

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

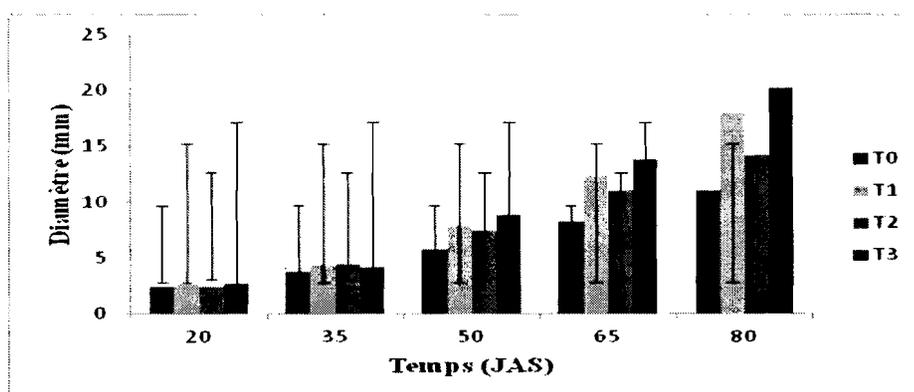


Figure 12 : Effet de la fertilisation sur le diamètre au collet des tiges de *M. oleifera* local

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

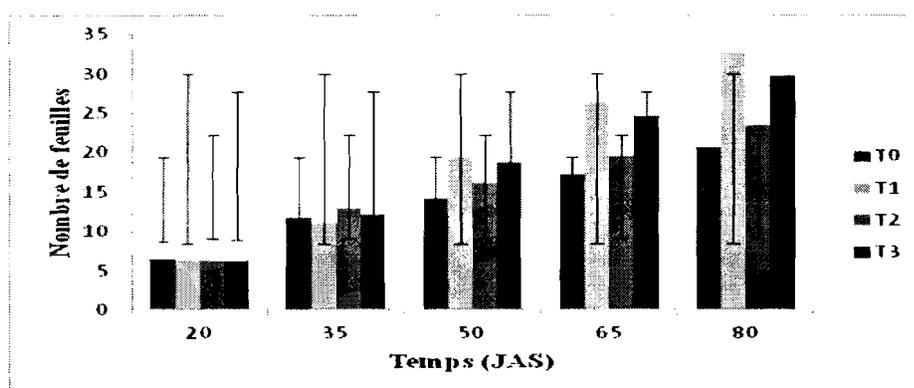


Figure 13 : Effet de la fertilisation sur le nombre de feuilles de *M. oleifera* local

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

A partir de 65 JAS, l'analyse de variance a montré qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) du diamètre en fonction des traitements (figure 12). C'est avec T1 et T3 que les plus

grands diamètres (12,35 mm et 13,82 mm) ont été observés. Cependant, en comparant les traitements deux à deux, on constate qu'il n'y a pas de différence significative entre T1, T2 et T3 ou encore entre T2 et T0 au seuil de 5%. A cette période, l'analyse de variance n'a pas pu révéler de différence significative de la hauteur en fonction des traitements.

Enfin, l'analyse de variance a révélé une différence significative ($p < 0,05$) de la hauteur en fonction des traitements à partir de 80 JAS (figure 11). Pourtant, le test de comparaisons multiples par paires a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre T1, T2 et T3 ou encore entre T2 et T0 au seuil de 5%. A cette période, ce sont les traitements T1 et T3 qui ont permis d'obtenir les plus grandes hauteurs (92,9 cm et 97,6 cm), les plus grands diamètres (17,99 mm et 20,17 mm) et les plus grands nombre de feuilles (33 et 30) par rapport à T0. A 80 JAS, les plantes sous T0 avaient une hauteur moyenne de 48,7 cm, un diamètre moyen de 11,03 mm et en moyenne 20 feuilles par plante. L'application de T1 et de T3 a engendré une augmentation significative de la hauteur, du diamètre et du nombre de feuilles des plantes. Ainsi, la hauteur est passée de 48,7 cm à 92,9 cm, soit un taux d'augmentation de 90,82% pour T1 ; de 48,7 cm à 97,6 cm, soit un taux d'augmentation de 100,4% pour T3. Le diamètre est passé de 11,03 mm à 17,99 mm soit un taux d'augmentation de 63,01% pour T1 ; de 11,03 mm à 20,17 mm, soit un taux d'augmentation de 82,7% pour T3. Le nombre de feuilles est passé de 20 à 33, soit un taux d'augmentation de 60,97% pour T1 ; de 20 à 30, soit un taux d'augmentation de 46,34% pour T3.

3.1.5.2. Effet de la fertilisation sur la croissance et le développement de la tige de *M. oleifera* PKM-1

Les résultats de l'effet de la fertilisation sur la hauteur, le diamètre et le nombre de feuilles des plantes de *M. oleifera* PKM-1 montrent qu'entre 20 JAS et 65 JAS, il n'y a pas de différence significative en fonction des fertilisants pour ces trois paramètres (figures 14, 15 et 16). C'est à partir de 80 JAS que l'analyse de variance a révélé une différence significative ($p < 0,05$) en fonction des traitements seulement pour le paramètre hauteur de la plante (figure 14). En effet, la hauteur des plantes sous T3 est supérieure à celle des plantes sous T0 et T2. Pourtant, le test de comparaisons multiples par paire a montré au seuil de 5% que la hauteur des plantes ne diffère pas significativement entre les traitements T0, T1 et T2. Il en est de même entre les traitements T1 et T3. La hauteur des plantes sous T0 est de 66,2 cm 80 JAS. L'application de T3 a engendré une augmentation significative de la hauteur qui est passée de 66,2 cm à 123,5 cm, soit un taux d'augmentation de 86,5%.

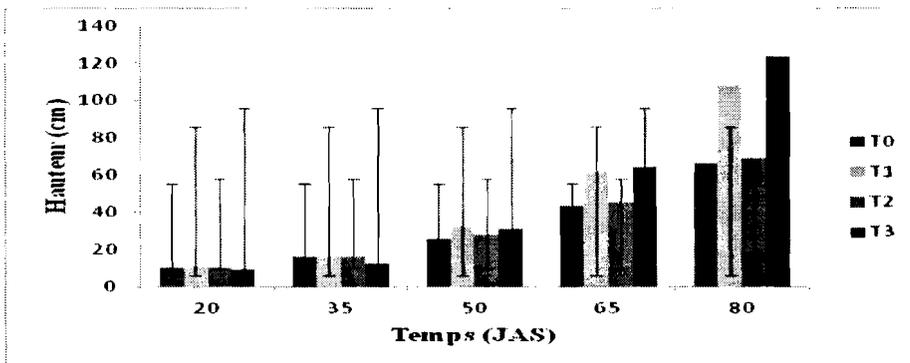


Figure 14 : Effet de la fertilisation sur la hauteur de *M. oleifera* PKM-1

T0 = sans fertilisation ; *T1* = NPK seul ; *T2* = fumier seul ; *T3* = NPK+ fumier

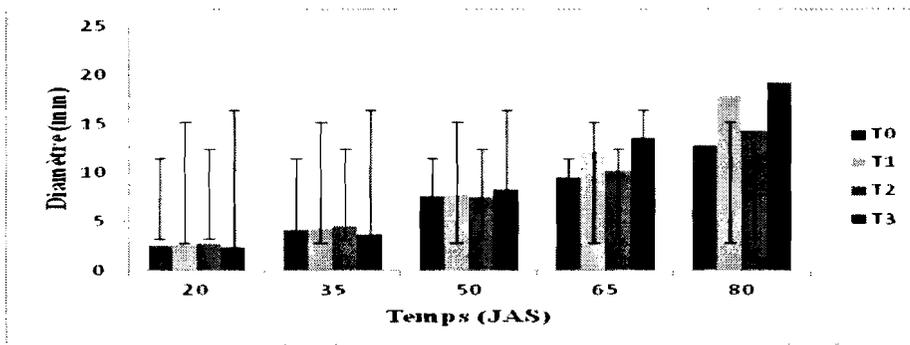


Figure 15 : Effet de la fertilisation sur le diamètre au collet des tiges de *M. oleifera* PKM-1

T0 = sans fertilisation ; *T1* = NPK seul ; *T2* = fumier seul ; *T3* = NPK+ fumier

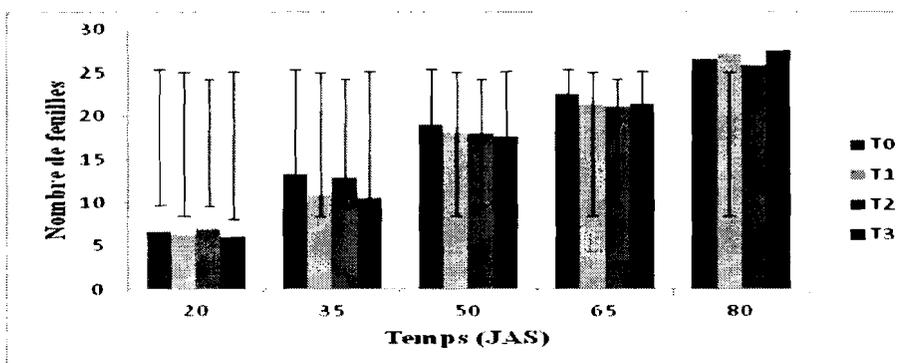


Figure 16 : Effet de la fertilisation sur le nombre de feuilles de *M. oleifera* PKM-1

T0 = sans fertilisation ; *T1* = NPK seul ; *T2* = fumier seul ; *T3* = NPK+ fumier

3.1.6. Effet de la fertilisation sur le développement foliaire de *M. oleifera*

Les résultats obtenus dans cette partie ont permis d'identifier la forme de fumure la plus efficace dans la stimulation du développement foliaire de *M. oleifera*. La longueur et la

largeur des feuilles ainsi que la longueur des pétioles constituent les caractères agronomiques permettant de décrire le développement foliaire de *M. oleifera* dans cette étude.

3.1.6.1. Effet de la fertilisation sur le développement foliaire de *M. oleifera* local

Les valeurs moyennes de la longueur et de la largeur des feuilles mais aussi de la longueur des pétioles sont significativement différentes ($p < 0,05$) d'un traitement à l'autre (figures 17, 18 et 19). En effet, les feuilles produites sous T1 et T3 sont plus longues et plus larges que celles produites sous T0 et la longueur du pétiole sous T1 et T3 est supérieure à la longueur du pétiole sous T0. De même, la longueur du pétiole sous T3 est supérieure à la longueur du pétiole sous T2. Cependant, le test de comparaisons multiples par paires a permis de constater qu'il n'y a pas de différence significative entre l'action de T1, T2 et T3 pour les paramètres longueur et largeur des feuilles au seuil de 5%. Il en est de même entre T0 et T2. En ce qui concerne la longueur des pétioles, il n'y a pas de différence significative entre T1 et T3 d'une part et d'autre part entre T1 et T2 ou encore entre T0 et T2 au seuil de 5%.

Les feuilles des plantes sous T0 avaient une longueur de 22,5 cm, une largeur de 19,5 cm et les pétioles mesuraient 7,6 cm 87 JAS. Avec l'application de T1 et T3, la longueur des feuilles est passée de 22,5 cm à 33,4 cm soit un taux d'augmentation de 48,15% provoqué par T1 et de 22,5 cm à 33,9 cm soit un taux d'augmentation de 50,26% provoqué par T3. La largeur est passée de 19,5 cm à 34,1 cm soit un taux d'augmentation de 75,17% provoqué par T1 et de 19,5 cm à 31,8 cm soit un taux d'augmentation de 63,55% provoqué par T3. Quant à la longueur des pétioles, elle est passée de 7,6 cm à 10,1 cm et de 7,6 cm à 10,8 cm soit un taux d'augmentation de 33% provoqué par T1 et 41,34% provoqué par T3 par rapport à T0.



Figure 17 : Effet de la fertilisation sur la longueur des feuilles de *M. oleifera* local

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

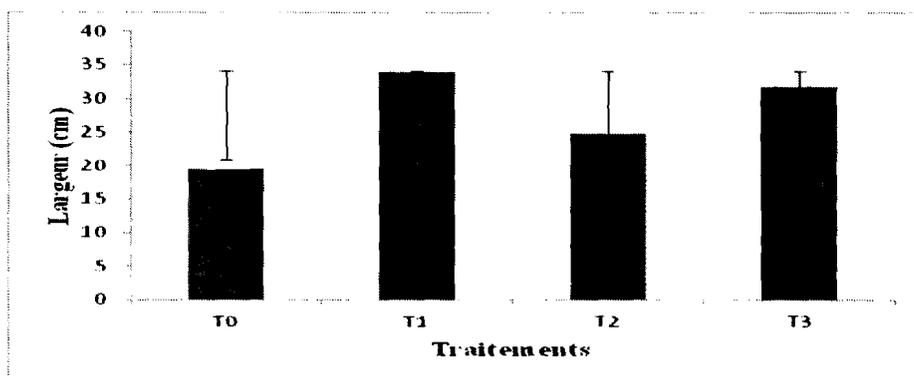


Figure 18 : Effet de la fertilisation sur la largeur des feuilles de *M. oleifera* local

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

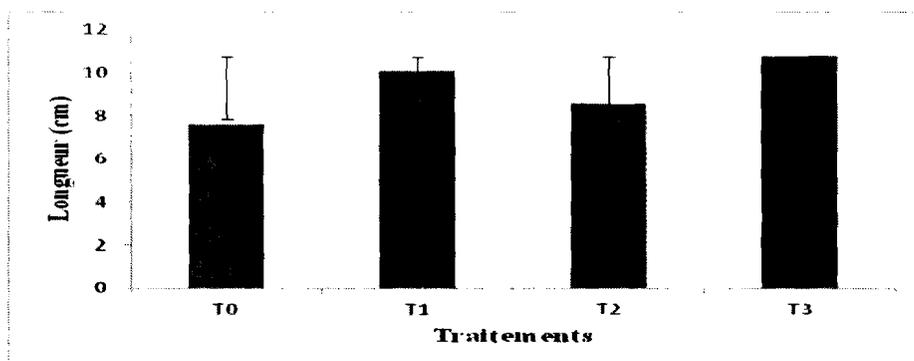


Figure 19 : Effet de la fertilisation sur la longueur du pétiole de *M. oleifera* local

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

3.1.6.2. Effet de la fertilisation sur le développement foliaire de *M. oleifera* PKM-1

Les valeurs moyennes de la longueur et de la largeur des feuilles mais aussi de la longueur du pétiole ne sont pas significativement différentes d'un traitement à l'autre au seuil de 5% (Figures 20, 21 et 22).

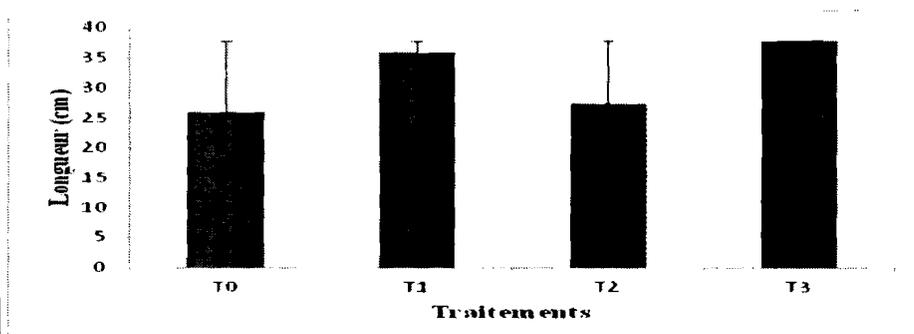


Figure 20 : Effet de la fertilisation sur la longueur des feuilles de *M. oleifera* PKM-1

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

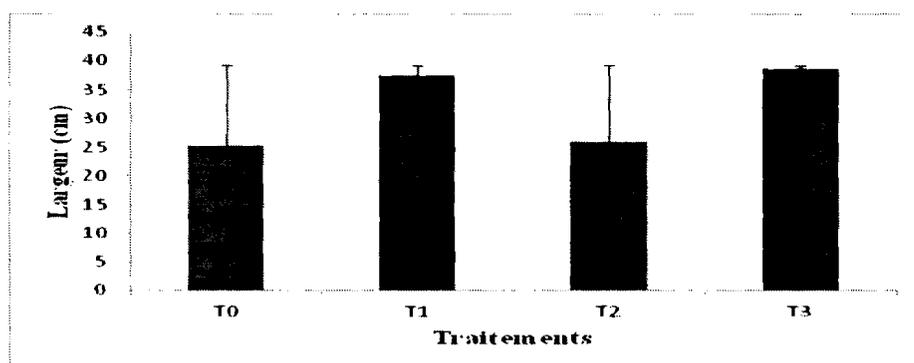


Figure 21 : Effet de la fertilisation sur la largeur des feuilles de *M. oleifera* PKM-1

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

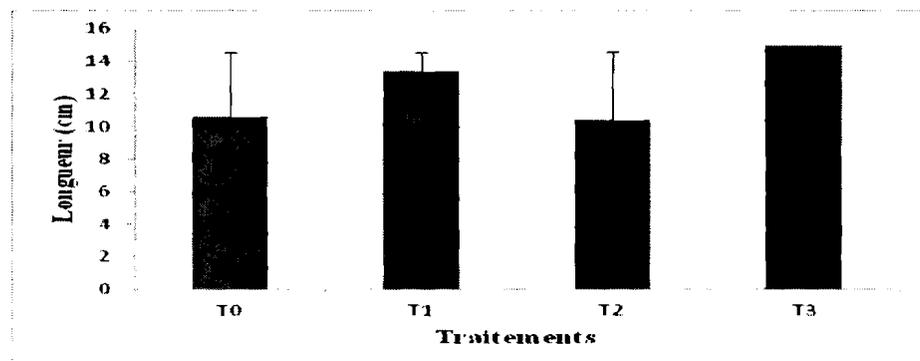


Figure 22 : Effet de la fertilisation sur la longueur du pétiole de *M. oleifera* PKM-1

T0 = sans fertilisation ; T1 = NPK seul ; T2 = fumier seul ; T3 = NPK+ fumier

3.1.7. Effet de la fertilisation sur la production foliaire de *M. oleifera*

Le poids des feuilles fraîches par pied (Pf/pied) et le poids moyen d'une feuille sont les caractères considérés dans cette étude pour l'évaluation de la production foliaire.

3.1.7.1. Effet de la fertilisation sur la production foliaire de *M. oleifera* local

L'analyse de variance n'a pas pu révéler une différence significative du poids des feuilles fraîches et du poids moyen d'une feuille, d'un traitement à l'autre (tableau VIII).

Tableau VIII : Valeurs moyennes de deux paramètres de production foliaire de *M. oleifera* local en fonction des traitements.

| Traitements | Pf/pied (g) | Pmf (g) |
|-------------------------|-------------|---------|
| T0 (sans fertilisation) | 19,12 | 3,07 |
| T1 (NPK seul) | 67,5 | 9,22 |
| T2 (fumier seul) | 33 | 4,85 |
| T3 (NPK+fumier) | 71,67 | 7,94 |
| Valeur de F | 1,89 | 2,14 |
| Probabilité | 0,18 | 0,15 |
| Signification | NS | NS |

Pf: Poids des feuilles fraîches, *Pmf* : Poids moyen d'une feuille.

Pour chaque paramètre, les valeurs de la même colonne portant la même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (test de Fisher). NS : Non Significatif.

3.1.7.2. Effet de la fertilisation sur la production foliaire de *M. oleifera* PKM-1

L'analyse de variance n'a pas révélé une différence significative du poids des feuilles fraîches récoltées par pied d'un traitement à l'autre (tableau IX).

En ce qui concerne le poids moyen d'une feuille, l'analyse de variance a montré qu'il y a une différence significative entre les valeurs en fonction des fertilisants (tableau IX). Pourtant, le test de comparaisons deux à deux montre qu'il n'y a pas de différence significative entre l'action de T1 et T3. Egalement, T2 et T0 ne sont pas significativement différents. En effet, sous T1 et T3 le poids moyen d'une feuille est supérieur à celui d'une feuille sous T2 et T0. En faisant passer le poids moyen d'une feuille de 4,53 g sous T0 à 9,24 g, T1 a provoqué un taux d'augmentation de 103,9%. Cependant, T3 fait passer le poids moyen d'une feuille de 4,53 g à 8,76 g, soit un taux d'augmentation de 93,25% par rapport à T0.

Tableau IX: Valeurs moyennes de deux paramètres de production foliaire de *M. oleifera* PKM-1 en fonction des traitements

| Traitements | Pf/pied (g) | Pmf (g) |
|-------------------------|-------------|---------|
| T0 (sans fertilisation) | 26,25 | 4,53b |
| T1 (NPK seul) | 60,63 | 9,24a |
| T2 (fumier seul) | 27,5 | 4,74b |
| T3 (NPK+fumier) | 57,54 | 8,76ba |
| Valeur de F | 3,43 | 5,83 |
| Probabilité | 0,05 | 0,01 |
| Signification | NS | S |

Pf: Poids des feuilles fraîches, *Pmf*: Poids moyen d'une feuille.

Pour chaque paramètre, les valeurs de la même colonne portant la même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (test de Fisher). NS: Non Significatif, S: Significatif.

3.2. Discussions

3.2.1. Taux d'émergence des plantules de *M. oleifera*

Les résultats de cette étude montrent que le taux d'émergence des plantules de *M. oleifera* PKM-1 est supérieur à celui de *M. oleifera* local. Il se peut que les conditions du milieu telles que les propriétés du sol et les quantités d'eau apportées soient favorables à la germination de *M. oleifera* PKM-1. D'une manière générale, le taux d'émergence des plantules des deux cultivars est inférieur au taux obtenu par Pamo et *al.* (2004). En effet, ces auteurs ont obtenus en milieu réel un taux d'émergence de 90% au Cameroun avec des graines trempées pendant 12 heures. Or, dans notre étude, les graines ont été trempées plus longtemps (pendant 17 heures) et les valeurs obtenues sont de 52% pour *M. oleifera* local et 59% pour *M. oleifera* PKM-1. Outre la longue durée de trempage à laquelle nos graines ont été soumises, ces faibles taux peuvent s'expliquer par l'attaque des termites qui colonisaient fortement le sol. En effet, les graines que nous avons déterrées étaient vides. Les faibles taux d'émergence des plantules peuvent être liés aussi à l'âge des graines qui influence fortement leur capacité germinative. De Saint Sauveur et Broin (2010) ont montré que lorsque la période de stockage des graines de *M. oleifera* dépasse un an, elles perdent leur pouvoir germinatif.

Aussi, la variation de la durée d'émergence des plantules en fonction des cultivars peut être affectée à la génétique ou à la provenance des graines.

3.2.2. Croissance et production élevée de *M. oleifera* PKM-1 par rapport à *M. oleifera* local

Pour pouvoir identifier la meilleure variété, nous avons comparé les différents paramètres de croissance de *M. oleifera* local à ceux de *M. oleifera* PKM-1. Les résultats obtenus montrent que la hauteur des plantes de *M. oleifera* PKM-1 est plus grande que celle de *M. oleifera* local 20 JAS. La différence entre les deux cultivars est hautement significative à cette période ; mais à partir du 35 JAS cette différence est devenue significative. Ensuite, elle est statistiquement identique entre 50 et 80 JAS. En observant ces résultats, nous constatons qu'au fur et à mesure qu'on avance dans le temps, la différence entre les deux cultivars diminue jusqu'à s'annuler. Nous pouvons supposer que c'est la performance des cultivars qui s'est manifestée 20 JAS car c'est la date d'application des fertilisants. A 35 JAS, les fertilisants ont commencé à agir et leur effet a entraîné une diminution de la différence. Entre 50 et 80 JAS, l'effet des fertilisants a été effectif au point qu'il a annulé la différence entre les deux cultivars. Si cette différence a été annulée, c'est parce que les fertilisants ont plus stimulé la croissance de *M. oleifera* local. Nous pouvons penser qu'il s'agit de l'effet du NPK dont la période de latence est courte. Donc *M. oleifera* local a une forte réponse aux apports de minéraux par rapport à *M. oleifera* PKM-1 ; sinon en se basant sur la performance des cultivars, la hauteur des plantes et la longueur des pétioles de *M. oleifera* PKM-1 dépassent largement celle des plantes de *M. oleifera* local.

Concernant le diamètre et le nombre de feuilles, les deux cultivars étaient statistiquement identiques 80 JAS. Le temps réservé à cette étude semble être insuffisant pour observer une différence entre ces deux cultivars pour ces paramètres.

3.2.3. Valeur nutritive élevée de *M. oleifera* PKM-1 par rapport à *M. oleifera* local

Les résultats montrent que les quantités de P, K, Ca et Mg sont plus élevées dans les feuilles de *M. oleifera* PKM-1 que dans de *M. oleifera* local. Ces éléments font partie des minéraux majeurs dont l'organisme a besoin quotidiennement. Par conséquent, la valeur nutritive des feuilles de *M. oleifera* PKM-1 est plus élevée que celle de *M. oleifera* local. Les feuilles de ce cultivar constituent donc le meilleur complément alimentaire pouvant contribuer à lutter contre la malnutrition. En effet, les minéraux identifiés sont très déterminants pour le bon fonctionnement de l'organisme.

Le calcium est le principal composant des os et des dents. Il joue aussi un rôle important dans la coagulation du sang, le maintien de la pression sanguine et la contraction des muscles, dont le cœur.

Le phosphore joue un rôle essentiel dans la formation et le maintien de la santé des os et des dents. Il participe à la croissance et à la régénérescence des tissus et aide à maintenir à la normale le pH du sang. Le phosphore est aussi l'un des constituants des membranes cellulaires.

Le magnésium participe notamment à la santé des dents et des os, au fonctionnement du système immunitaire ainsi qu'à la contraction musculaire. Il joue aussi un rôle dans la production de l'énergie ainsi que dans la transmission de l'influx nerveux.

Le potassium sert à équilibrer le pH du sang et à stimuler la production d'acide chlorhydrique par l'estomac, favorisant ainsi la digestion. Il facilite la contraction des muscles, dont le cœur, et participe à la transmission de l'influx nerveux.

Les résultats de la teneur des feuilles sèches de *M. oleifera* en éléments N, Ca et Mg sont inférieurs à ceux obtenus par Broin (2005). Cependant la teneur de K est supérieure à celle obtenue par Broin (2005) et la quantité de P déterminée est comparable avec celle de cet auteur. En effet, Broin (2005) a rapporté que les quantités moyennes des éléments N, P, K, Ca et Mg sont respectivement de 25%, 3100mg/kg, 13000mg/kg, 21000mg/kg et 4050mg/kg. Selon De Saint Sauveur et Broin (2010), cette différence par rapport à nos résultats peut être liée aux conditions environnementales (sol et climat) des zones de production, à la maturité des feuilles (les feuilles foncées et mures sont généralement plus riches en nutriments que les feuilles jeunes et claires), aux méthodes de culture (irrigation, fertilisants), à la saison de récolte et au patrimoine génétique des arbres. Dans notre étude ce sont des feuilles mures qui ont été récoltées sur des jeunes plantes de 87 jours dans le mois de janvier.

Pour avoir une idée sur la place de *M. oleifera* parmi les autres aliments, nous avons comparé la valeur nutritive de ses feuilles à celle de certains aliments réputés. Les résultats ont montré que la teneur moyenne en N et en Ca de *M. oleifera* est plus élevée que celle des principaux fruits tropicaux (la banane, la papaye, l'ananas, la mangue et l'avocat). Aussi, la quantité de K obtenue est supérieure à celle de la banane. En effet, selon la FAO (2003) la teneur en protéines des fruits tropicaux est le plus souvent inférieure à 1% et la quantité de Ca est comprise entre 100 mg/kg et 200 mg/kg. L'étude de la FAO (2003) a montré également qu'en terme de K la banane peut fournir jusqu'à 4000-5700 mg/kg. Une autre comparaison a montré que la teneur de ces éléments (N, K, Ca, Mg et P) dans le lait de vache est faible par rapport à *M. oleifera*. Selon Grandpierre *et al.* (1988) cités par Desjeux (1993), le lait de

vache est composé de la manière suivante : protéines 3,3%, K 1500 mg/kg, Ca 1200 mg/kg, Mg 120 mg/kg et P 950 mg/kg).

En faisant la moyenne des teneurs en éléments des deux cultivars, la consommation de la poudre de *M. oleifera* apporte 5 fois plus de protéines que les principaux fruits tropicaux (la banane, la papaye, l'ananas, la mangue et l'avocat) et 5-8 fois plus de K que la banane. Comparativement au lait de vache cette poudre renferme 20 fois plus de K, 9 fois plus de Ca, 21 fois plus de Mg et 3 fois plus de P ; tandis que la teneur en protéines est comparable.

3.2.4. Amélioration des performances agronomiques de *M. oleifera* local par la fumure minérale

Les résultats ont montré que tous les individus de *M. oleifera* local ont une taille, un diamètre au collet des tiges et un nombre de feuilles comparables 20 JAS, date d'application des fertilisants. Ce qui signifie que les différents fertilisants ont été appliqués sur des plantes identiques ou morphologiquement semblables. Les différences ont été induites à partir du 50^{ème} jour par les traitements T1 et T3 qui sont statistiquement identiques. En effet, ces deux traitements ont engendré des augmentations significatives des caractères agronomiques par rapport au témoin tandis que T2 n'a pas pu induire un effet significatif. Cela laisse penser que le temps écoulé entre la date d'application du fumier (20 JAS) et la date de collecte des dernières données (80 JAS), n'a pas été suffisant pour que les microorganismes puissent entrer en activité, minéraliser une quantité suffisante de la matière organique et permettre une absorption et une accumulation prononcée de la matière sèche par les plantes. Donc l'effet du fumier est précédé d'une période de latence de plus de deux mois. Ce résultat est conforme à celui de Pamo *et al.* (2005) qui ont montré qu'à l'Ouest du Cameroun, la fiente de poule n'avait pas d'effet sur la croissance des plantes de *M. oleifera* trois mois après semis. C'est à partir du quatrième mois qu'il a obtenu avec 125g de fiente de poule/plante un taux d'accroissement en hauteur de 74% et en diamètre de 90,7% par rapport aux plantes non fertilisées. Cette hypothèse permet d'expliquer pourquoi il n'y a pas de différence entre T1 et T3. En fait, dans le mélange NPK-fumier c'est l'action du NPK qui a prédominé, le fumier étant en phase de décomposition.

Les taux d'accroissements provoqués par le NPK ont été induits à des périodes différentes selon les caractères agronomiques. Ainsi, la stimulation de la croissance du nombre de feuilles semble être précédée par une période de latence d'au moins 15 jours. Celle de la croissance du diamètre au collet des tiges est précédée par une période de latence d'au moins 30 jours, tandis que celle-ci est d'au moins 45 jours pour le paramètre de la hauteur. La

période de latence qui précède l'action du NPK est plus courte que celle qui précède l'action du fumier. En effet, la période de latence du NPK correspond seulement au temps nécessaire pour l'absorption des éléments nutritifs et l'accumulation prononcée de la matière sèche par la plante, il n'a pas besoin de temps pour se décomposer comme dans le cas du fumier. L'augmentation significative provoquée par le NPK au niveau des différents paramètres peut être justifiée par l'importance des éléments minéraux dans la croissance et le développement des plantes. En effet, l'application du NPK augmente la teneur des éléments N (azote), P (phosphore) et K (potassium) dans le sol. Alors que l'azote est un élément principal, servant à fabriquer les matériaux de construction des tissus végétaux. Il représente entre 1 à 3% de la matière sèche (MS) des plantes et jusqu'à 4-6% dans les plantes en pleine croissance (Lerot, 2006). Son apport permet à la plante d'assurer la multiplication cellulaire et donc la croissance végétative grâce à la formation d'auxine qui favorise la prolifération des bourgeons. Il permet également la multiplication des chloroplastes responsables de la photosynthèse qui aboutit à la formation des acides aminés et des protéines. Le phosphore représente 0,2 à 1,5% de la matière sèche et entre dans la jonction entre les nucléotides et dans la constitution des phospholipides des membranes végétales (Lerot, 2006). Le phosphore joue un rôle activateur de la croissance des bourgeons et des racines ainsi que la synthèse des glucides et leur mise en réserve et participe au transfert d'énergie dans la plante. Selon Lerot (2006), le potassium représente 2 à 4% de la matière sèche et est présent en forte concentration dans les jeunes tissus en pleine croissance. Le potassium joue un rôle important dans la maintenance et la régulation de la pression osmotique. Il participe à la diminution des risques de flétrissement par son action directe sur l'ouverture et la fermeture des stomates et favorise le développement du système racinaire et la flexibilité des tissus. Donc l'apport du NPK a permis de satisfaire les besoins de la plante en ces éléments, améliorant ainsi leur croissance par rapport aux plantes non fertilisées.

Le NPK s'est révélé comme étant le meilleur fertilisant pour *M. oleifera* local sur toute la période de notre étude. Aussi, une étude menée par Olivier (2004) au nord du Sénégal a montré que le NPK (21/7/20) permet de maintenir un bon niveau de croissance du *Moringa* sur un sol à plus 95% de sable. Ce résultat peut donc rejoindre le nôtre qui a été obtenu également sur un sol sableux. Par contre six mois après semis, les résultats de Pamo et al. (2005) ont montré que la fiente de poule est le meilleur fertilisant stimulant la croissance de *M. oleifera* comparé au NPK et à l'association fientes-NPK.

3.2.5. Amélioration des performances agronomiques de *M. oleifera* PKM-1 par l'association fumure minérale et organique

Les résultats de l'étude ont montré que les plantes ont une taille et un diamètre au collet des tiges comparables 20 JAS, date d'application des fertilisants. Ce qui signifie que les différents fertilisants ont été appliqués sur des plantes identiques pour ces deux paramètres. L'effet des fertilisants sur *M. oleifera* PKM-1 a été observé à partir du 80^{ème} JAS. Tout ce temps écoulé avant l'observation d'une différence peut s'expliquer par une satisfaction optimale des besoins de la plante par la fertilité initiale du sol. En effet, l'étude a été menée sur un sol sableux à pH compris entre 6 et 7. Ces caractéristiques sont favorables à la croissance et au développement de *M. oleifera* selon De Saint Sauveur et Broin (2010). Pour De Saint Sauveur et Broin (2010), le *M. oleifera* préfère un sol limoneux, sableux ou sablo-limoneux avec un pH compris entre 5 et 9. C'est quand la fertilité initiale du sol a été épuisée que le traitement NPK+ fumier a pu engendrer une amélioration significative de la hauteur. Le NPK et le fumier agit donc en synergie et c'est cette synergie qui a permis à ce traitement de provoquer une différence par rapport au témoin. En effet, la décomposition de la fumure organique enrichit le sol en humus constitué principalement de cellulose, de hémicelluloses et de lignine qui constituent une source d'énergie pour les microorganismes dont l'activité augmente l'aération et la teneur en O₂ du sol. Pour un sol sableux comme le nôtre, la matière organique permet d'améliorer la capacité de rétention d'eau et de fixer les éléments nutritifs pouvant être entraînés par lessivage ou par ruissellement des eaux de surfaces. Ainsi, le fumier associé au NPK assure une alimentation convenable aux plantes. Nous pouvons admettre que *M. oleifera* PKM-1 répond plus au fumier que *M. oleifera* local, c'est pourquoi la décomposition d'une portion du fumier associée au NPK a pu induire une augmentation significative de la hauteur. Mais le poids moyen d'une feuille est influencé par le NPK qui a engendré une amélioration significative par rapport au témoin. Cela laisse penser que la période d'étude est insuffisante pour que le fumier seul puisse provoquer un effet.

Le mélange NPK-fumier semble être le meilleur fertilisant stimulant la croissance en hauteur de *M. oleifera* PKM-1 durant les 80 JAS; tandis qu'au niveau du poids moyen d'une feuille, le NPK semble fournir le meilleur résultat.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Notre étude avait pour but de comparer les caractères biométriques (hauteur et diamètre des plantes, longueur et largeur des feuilles, longueur du pétiole) et la production foliaire de *M. oleifera* local et de *M. oleifera* PKM-1. Ensuite, elle a consisté à évaluer l'effet du fumier, du NPK et du mélange NPK-fumier sur les caractères biométriques et la production foliaire de ces deux cultivars. Elle a révélé que pour les deux cultivars, le fumier seul n'a pas d'effet significatif sur tous les paramètres mesurés au cours notre étude qui s'est déroulée sur 87 jours. Par contre, l'application du NPK et du NPK+ fumier a un effet positif sur le nombre de feuilles de *M. oleifera* local à 50 JAS par rapport au témoin. A 80 JAS, le taux d'augmentation de la hauteur engendrée suite à l'application du NPK et du NPK+ fumier sur *M. oleifera* local est respectivement de 90,82% et 100,4%, celui du diamètre vaut respectivement 63,01% et 82,7% et enfin celui du nombre de feuilles est respectivement de 60,97% et 46,34%. L'application du NPK et du NPK+ fumier a également amélioré sensiblement la longueur (respectivement 48,15% et 50,26%) et la largeur (respectivement 75,17% et 63,55%) des feuilles mais aussi la longueur du pétiole (respectivement 33% et 41,34%).

Quant à *M. oleifera* PKM-1, l'effet des fertilisants sur la hauteur des plantes est significatif mais plus tardivement c'est-à-dire à partir du 80^{ème} JAS. Ainsi, l'application du NPK+ fumier engendre le meilleur taux d'accroissement de la hauteur (86,5%) par rapport au témoin. Et l'application du NPK et du NPK+ fumier engendre les meilleurs taux d'accroissements du poids moyen d'une feuille fraîche (respectivement 103,9% et 93,25%) par rapport aux plantes non fertilisées.

Enfin, la comparaison a montré une bonne performance de *M. oleifera* PKM-1 par rapport à *M. oleifera* local au niveau de la croissance en hauteur et de la valeur nutritive, et une sensibilité de *M. oleifera* local par rapport à PKM-1 aux apports d'éléments minéraux. Concernant le diamètre, le nombre de feuilles, la longueur des feuilles, la largeur des feuilles, le poids des feuilles fraîches/plante et le poids moyen d'une feuille, les deux cultivars ne sont pas statistiquement différents sur une période de 87 jours.

Dans l'ensemble, il ressort de l'étude que le NPK permet d'obtenir les meilleures performances agronomiques de *M. oleifera* local. Pour *M. oleifera* PKM-1, l'association NPK+ fumier constitue le meilleur fertilisant stimulant la croissance en hauteur tandis que le poids moyen d'une feuille est plus élevé avec la fertilisation au NPK. Il apparaît également

que *M. oleifera* PKM-1 est supérieure à *M. oleifera* local sur le plan agronomique et nutritionnel.

Au regard des résultats obtenus, les propositions et suggestions suivantes sont formulées dans le but d'assurer une fertilisation appropriée et une amélioration de la productivité des plantes de *M. oleifera* :

- L'application du fumier doit se faire avant la mise en place de la culture afin de bénéficier de son action sur la croissance et la production des plantes ;
- Eviter l'utilisation des produits chimiques car nous avons constaté un traumatisme des plus jeunes pieds après l'application du NPK et du traitement phytosanitaire avec le K-optimal (annexe 2);
- L'exploitation du cultivar PKM-1 est plus avantageuse car, non seulement il est moins exigeant aux apports d'intrants et cela réduit les coûts de production, mais aussi il a un cycle court ;
- Cependant pour plus de précision, il faudra accorder beaucoup plus de temps à une étude spéciale sur la phénologie ;
- Il serait aussi intéressant d'effectuer le greffage du cultivar PKM-1 sur des cultivars qui s'adaptent mieux aux conditions locales afin de conserver ce cultivar génétiquement pur ;
- Pour pouvoir approfondir la comparaison des résultats de cette étude à d'autres résultats et mieux apprécier l'effet du fumier, il faut qu'elle soit étalée sur une période d'un an au moins.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) **ABASSE A.T. et ONI O., 2001**, Etude de quelques aspects de la biologie reproductive de *Moringa oleifera* Lam. dans le Sud-Niger, 2p. Disponible sur http://www.moringanews.org/actes/abasse_fr.doc. Consulté le 26/09/2013.
- 2) **BONKOUNGOU E.G., 2001**, Production et commercialisation des feuilles de *Moringa* en Afrique Occidentale- Etude de cas au Niger, 5p. Disponible sur http://www.moringanews.org/actes/bonkougou_fr.doc. Consulté le 12/10/2013.
- 3) **BROIN M., 2005**, Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. CTA 5p, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
- 4) **BUNASOLS (Bureau National des Sols), 1999**, Etudes pédomorphologiques des provinces de la Comoé et de la Léraba. Echelle 1/100000. Rapport technique n°117. Ouagadougou (Burkina Faso).
- 5) **CREIGHTON W., 2001**, Production de graines de *Moringa oleifera* en Tanzanie. Optima of Africa Limited, 5p, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013
- 6) **DE SAINT SAUVEUR A. BROIN M., 2006**, L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* contre les carences alimentaires : un potentiel encore peu valorisé, 8p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
- 7) **DE SAINT SAUVEUR A. BROIN M., 2010**, Produire et transformer les feuilles de *Moringa*, imprimerie Horizon à Gémenos, 69p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
- 8) **DE SAINT SAUVEUR A., 2001**, L'exploitation du *Moringa* dans le monde : état des connaissances et défis à relever, 10p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
- 9) **DESJEUX J.F., 1993**, Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. Hôpital Saint Lazare, Institut scientifique et technique de la nutrition et de l'alimentation, Conservatoire national des arts et métiers, 573-580, France.
- 10) **ENIAM, 2008**, Enquête Nationale sur l'Insécurité Alimentaire et la Malnutrition. Rapport définitif, Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale, Burkina Faso, 193p.
- 11) **FAO., 2003**, Fruits tropicaux-leurs valeurs nutritionnelles, leur biodiversité et leur contribution à la santé et à la nutrition. Comité des produits, groupe

- intergouvernemental sur la banane et les fruits tropicaux, troisième session, 12p. Disponible sur <http://www.fao.org>. Consulté le 19/10/2013.
- 12) **FAO., 2012**, L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, la croissance économique est nécessaire mais elle n'est pas suffisante pour accélérer la réduction de la faim et de la malnutrition, 73p. Disponible sur <http://www.fao.org>. Consulté le 19/10/2013.
 - 13) **FOIDL N., MAKKAR H.P.S., BECKER K., 2001**, Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie, 39p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
 - 14) **FUGLIE L.J., 2001**, *Le Moringa : une arme dans la lutte contre la malnutrition*, Church World Service, Bureau Régional de l'Afrique de l'Ouest, 4p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
 - 15) **GAMATIE M., 2005**, Description des filières feuilles de *Moringa* au Niger. CTA, 5p, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 26/09/2013.
 - 16) **GAMATIE M., DE SAINT SAUVEUR A., 2005**, Fiche technico-économique sur les conditions de production et commercialisation de feuilles fraîches de *Moringa* au NIGER, 7p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 26/09/2013.
 - 17) **INSD, 2012**, Annuaire statistique, Institut National de la Statistique et de la Démographie, 411p. In <http://www.insd.bf>. Consulté le 19/10/2013.
 - 18) **JAHN, 2003**, L'arbre qui purifie l'eau: Culture de *Moringa* spp au Soudan [en ligne]. La génétique et les forêts d'avenir, n°152, Unasyuva, 6 p. Cité sur <http://www.fao.org> le 07/07/2003.
 - 19) **KOKOU K., BROIN M., JOËT T., 2001**, Recherches agronomiques et agroforestières sur *Moringa oleifera* Lam. au Togo. Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale, Faculté des sciences, Université du Bénin, 6p, disponible sur <http://www.john-libbey-eurotest.fr/fr/revues/agro-biotech>. Consulté le 25/09/2013.
 - 20) **LANKOANDE O., SEBEGO M., 2005**, Monographie de la province de la Comoé, Direction Régionale de l'Economie et du Développement des Cascades, Burkina Faso, 131p.
 - 21) **LEROT B., 2006**, Les éléments minéraux, 34p.
 - 22) **MAKKAR, H.P.S., BECKER, K., 1997**, Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. Journal of Agricultural Science, Cambridge 128, 311-322, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.

- 23) **MANSALY S., 2001**, Récupération nutritionnelle et impact de consommation de la poudre de *Moringa oleifera* dans la consultation primaire et curative. Clinique Santiaba à Ziguinchor, Sénégal, 2p, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.
- 24) **MEDA B.L., 2011**, Etude comparative des systèmes d'irrigation goutte à goutte et d'aspersion sur la production de *Moringa oleifera* dans la commune de Dano. Mémoire de fin de cycle d'Ingénieur du Développement Rural de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 68p.
- 25) **MORTON J.F., 1991**, The Horseradish Tree, *Moringa pterygosperma* (*Moringaceae*) - A Boon to Arid Lands? *Economic Botany* 45, 318-333.
- 26) **OLIVIER C., 2004**, la culture intensive de *Moringa* au Nord du Sénégal, Church World Service, Bureau Régional de l'Afrique de l'Ouest, 8p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 15/10/2013.
- 27) **PAMO TENDONKENG E., BOUKILA B., MOMO SOLEFACK M.C., KANA J.R., TENDONKENG F., TONFACK L.B., 2004**, Potentiel de germination de *Moringa oleifera* Lam. sous différents traitements à Dschang dans les Hautes terres de l'Ouest- Cameroun. Vol. 4 N°. 3 pp 199 – 203. (In Press), disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 26/09/2013.
- 28) **PAMO TENDONKENG E., BOUKILA B., TONFACK L. B., MOMO M. C. S., KANA J. R., TENDONKENG F., 2005**, Influence de la fumure organique, du NPK et du mélange des deux fertilisants sur la croissance de *Moringa oleifera* Lam. dans l'Ouest Cameroun. Laboratoire de Nutrition animale, Département des Productions Animales, FASA, Université de Dschang, 13p, disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 26/09/2013.
- 29) **POUSSET J., 1999**, le *Moringa oleifera* est une plante miracle. Disponible sur <http://www.Essentialdrugs.org>. Consulté le 26/09/ 2013.
- 30) **RAJANGAM J., AZAHAKIA M. R. S., THANGARAJ T., VIJAYAKUMAR A., MUTHUKRISHAN N., 2001**, Production et utilisation du *Moringa* en Inde : la situation actuelle, 9p. Disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 26/09/2013.
- 31) **ROSA D., 1993**, *Moringa oleifera* : un arbre parfait pour les jardins à la maison. Forest service, Dept. Of Agriculture, U. S. A. Cité le 12/11/2003 sur www.winrock.org.

ANNEXES

ANNEXES 1 : Evolution des plantes de *Moringa oleifera*



Site expérimental



M. oleifera Lam. (20 JAS)



M. oleifera PKM-1 (20 JAS)



M. oleifera Lam. (35 JAS)



M. oleifera PKM-1 (35 JAS)



M. oleifera Lam. (50 JAS)



M. oleifera PKM-1 (50 JAS)



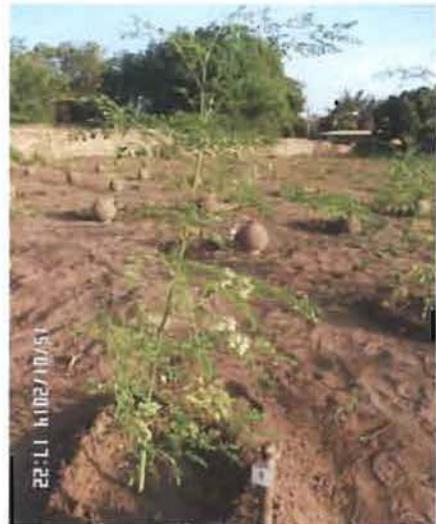
M. oleifera Lam. (65 JAS)



M. oleifera PKM-1 (65 JAS)



M. oleifera Lam. (80 JAS)



M. oleifera PKM-1 (80 JAS)

ANNEXE 2 : Effet des traitements sur *Moringa oleifera*



Début de l'effet du K-Optimal



Effet du K-Optimal sur *M.oleifera*

ANNEXE 3 : Matériels essentiels utilisés pour l'expérimentation



Pied à coulisse électronique



Balance électronique de mesure



Tarière de 10 cm



Mètre ruban



Sécateurs