

**BURKINA FASO**

**UNITE-PROGRES-JUSTICE**

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR**

-----  
**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO**  
-----

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL**



# MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

*Présenté en vue de l'obtention du*

**DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL**

**OPTION : Sociologie Et Economie Rurales**

**THEME :**

**Etude comparative des systèmes d'irrigation goutte à goutte et d'aspersion sur la production de *Moringa oleifera* dans la commune de Dano**

**Présenté par : Nâbal Berenger MEDA**

**Maître de stage : Dr Philippe ARNOLD**

**Directeur de mémoire : Dr Denis OUEDRAOGO**

**N° :...-2011/SER**

**Juin 2011**

## TABLE DES MATIERES

---

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES PHOTOGRAPHIES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
RESUME .....	vii
ABSTRACT .....	vii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	3
1.1 Présentation de la zone d'étude.....	3
1.1.1 Situation géographique .....	3
1.1.2 Population.....	3
1.1.3 Caractéristiques physiques et naturelles.....	5
1.1.3.1 Relief.....	5
1.1.3.2 Climat.....	5
1.1.3.3 Sols.....	5
1.1.3.4 Végétation .....	6
1.1.3.5 Réseau hydrographique.....	6
1.2 Présentation de la structure d'accueil.....	6
1.2.1 Historique et objectifs .....	6
1.2.2 Projets.....	6
CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR MORINGA OLEIFERA ET SUR L'IRRIGATION.....	8
2.1 Généralités sur <i>Moringa oleifera</i> .....	8
2.1.1 Historique et origine.....	8

2.1.2	2.1.2	2.1.2	8
2.1.3	2.1.3	2.1.3	9
2.1.4	2.1.4	2.1.4	9
2.1.5	2.1.5	2.1.5	10
2.1.6	2.1.6	2.1.6	11
2.1.6.1	2.1.6.1	2.1.6.1	11
2.1.6.2	2.1.6.2	2.1.6.2	11
2.1.6.3	2.1.6.3	2.1.6.3	12
2.1.6.4	2.1.6.4	2.1.6.4	12
2.1.6.5	2.1.6.5	2.1.6.5	12
2.1.6.6	2.1.6.6	2.1.6.6	13
2.1.6.7	2.1.6.7	2.1.6.7	13
2.1.7	2.1.7	2.1.7	13
2.1.8	2.1.8	2.1.8	14
2.1.9	2.1.9	2.1.9	14
2.2	2.2	2.2	15
2.2.1	2.2.1	2.2.1	15
2.2.2	2.2.2	2.2.2	17
2.2.2.1	2.2.2.1	2.2.2.1	18
2.2.2.2	2.2.2.2	2.2.2.2	19
CHAPITRE 3	CHAPITRE 3	CHAPITRE 3	20
3.1	3.1	3.1	20
3.1.1	3.1.1	3.1.1	20
3.1.2	3.1.2	3.1.2	20
3.2	3.2	3.2	21
3.2.1	3.2.1	3.2.1	21
3.2.2	3.2.2	3.2.2	23
3.2.3	3.2.3	3.2.3	25

3.3 Méthodes de calcul.....	25
3.3.1 Critères d'efficacité du système d'irrigation .....	25
3.3.1.1 Efficacité du réseau d'irrigation.....	25
3.3.1.2 Efficacité de l'eau utilisée par les cultures .....	26
3.3.1.3 Rendement agronomique global de l'eau utilisée.....	26
3.3.2 Coûts de production des feuilles fraîches.....	27
3.3.2.1 Coûts fixes.....	27
3.3.2.2 Coûts variables ou coûts de fonctionnement.....	27
3.3.2.3 Coût de revient .....	28
3.4 Analyse des données .....	28
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	29
4.1 Evaluation des performances agronomiques.....	29
4.1.1 Effet de fumure d'entretien sur le rendement en feuilles fraîches.....	29
4.1.2 Mesures de quantités d'eau .....	31
4.1.3 Rendements.....	32
4.1.4 Critères d'efficacité du système d'irrigation .....	36
4.1.4.1 Efficacité du réseau d'irrigation .....	36
4.1.4.2 Efficacité de l'eau utilisée par les plantes.....	36
4.1.4.3 Rendement agronomique global .....	36
4.2. Coûts de production .....	37
4.2.1. Coûts fixes.....	37
4.2.2. Coûts variables.....	39
4.2.2.2 Coûts des intrants.....	42
4.2.2.3 Coûts totaux de production.....	42
4.3 Calcul du coût de revient .....	43
4.3.1 Conditions expérimentales.....	43
4.3.2 Estimation d'une variante plus proche de la réalité paysanne traditionnelle .....	44
4.3.2.1 Production pluviale.....	44

4.3.2.2 Production irriguée .....	44
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	48

## **DEDICACE**

A mes parents pour tous les efforts et sacrifices consentis pour mon éducation, à mes frères et sœurs, je dédie ce mémoire !

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'est pas uniquement le fruit d'une revue sur la thématique de la faisabilité de la culture irriguée de *Moringa oleifera* dans la commune de Dano. Si celle-ci a certainement aidé, les résultats présentés dans les pages suivantes proviennent surtout de la coopération et des efforts de diverses personnalités. Je ne pourrai jamais présenter dans ce mémoire ce que j'ai appris durant ces mois. Je tiens à remercier vivement toutes les personnes qui ont rendu ce rêve possible. Ces remerciements vont à :

- ✓ Dr Denis OUEDRAOGO, notre Directeur de mémoire pour l'encadrement scientifique de ce stage ;
- ✓ Dr Philippe ARNOLD, Secrétaire général de la Fondation Dreyer, notre maître de stage pour m'avoir accordé ce stage, pour l'hébergement, pour l'encadrement de ce stage et pour ses conseils ;
- ✓ Dr Jacob SANOU et Dr Youssouf DEMBELE, tous chercheurs à l'Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA) de Bobo-Dioulasso, pour leurs orientations ;
- ✓ Dr Ine STOLZ ; Dr Gervais Wafo TABOBDA; Dr Nasser BACO; Dr Ollo KAM; pour l'amélioration de la qualité du présent mémoire ;
- ✓ Aux Ingénieurs du développement rural : Benjamin MEDAH ; Bachirou SANON, Jean OUEDRAOGO ; Mohamed IRGUE ; Sambomé SOME ; Adama OUEDRAOGO, Oula Damien OUATTARA ; Ardjouma SANOU ; Ruphin TIENDREBEOGO pour leurs apports multiformes ;
- ✓ A ma tante Bernadette SOMDA et à mon cousin René PODA pour leurs soutiens financiers et matériels ;
- ✓ Aux camarades stagiaires : Bekouanan NABIE, Fulbert YARO, Noelie HIEN, et Jimmy HERMANN pour ce bon moment passé ensemble ;
- ✓ A Romaric SOME, bénévolat sur le site de l' Association Toupouor baon yen , et Moctar KAMBOU pour l'aide reçue sur le site ;
- ✓ A l'ensemble du personnel de la Fondation Dreyer, nous disons infiniment merci.

## **LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS**

ATB : Association Toupouor baon yen

CNSF : Centre national des semences forestières

CRFS : Centre de recherche et de formation scientifique de la fondation Dreyer

CSLP : Cadre stratégique de lutte contre la pauvreté

DPAHRH : Direction provinciale de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

INSD : Institut national des statistiques et de la démographie

JAS : Jours après semis

ONG : Organisation non gouvernementale

PFNL : Produits forestiers non ligneux

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 à l'horizon 2015



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique des la commune de Dano.....	5
Figure 2 : Pluviométrie de Dano au cours des dix dernières années.....	6
Figure 3 : Utilisations des différents organes de <i>M. oleifera</i> .....	14
Figure 4 : Système basse pression à seau.....	19
Figure 5 : Système basse pression à fût.....	20
Figure 6 : Représentation schématique du site expérimental.....	23
Figure 7 : Schéma d'une planche expérimentale.....	25
Figure 8 : Quantités moyennes d'eau utilisée en litres par jour pour 150 m <sup>2</sup> .....	32
Figure 9 : Rendements des feuilles fraîches du premier cycle de production.....	34
Figure 10 : Fréquences de répartition des individus en irrigation goutte à goutte.....	36
Figure 11 : Fréquences de répartition des individus en irrigation par aspersion.....	37
Figure 12 : Critères d'efficacité des systèmes d'irrigation.....	39
Figure 13 : Coûts totaux de production des feuilles de <i>M. oleifera</i> pour 150 m <sup>2</sup> .....	46

## **LISTE DES PHOTOGRAPHIES**

Photo 1 : Pieds de M. leifera.....	10
Photo 2 : Bac de stockage d'eau.....	17
Photo 3 : Pompe à pédales.....	17
Photo 4 : Distribution de l'eau.....	18
Photo 5 : Système de pompage d'eau des puits.....	22

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Principales exigences écologiques de Moringa.....	11
Tableau II: caractéristiques des parcelles principales.....	22
Tableau III: Effet de la fumure de soutien sur le poids des feuilles fraîches.....	30
Tableau IV: Test de Student de comparaison des moyennes des feuilles fraîches des parcelles.....	33
Tableau V: Coûts des installations de 1ha pour l'irrigation goutte à goutte.....	38
Tableau VI: Coûts des installations de 1ha pour l'irrigation par aspersion.....	39
Tableau VII: Coûts des opérations culturales pour 150 m <sup>2</sup> en goutte à goutte pour le premier cycle de production.....	40
Tableau VIII: coût des opérations culturales pour 150 m <sup>2</sup> en aspersion pour le premier cycle de production.....	41
Tableau IX: coût des intrants pour 1ha.....	42
Tableau X: Coût fixe de production des feuilles fraîches pour 1ha.....	45

## **ABSTRACT**

The economy of Burkina Faso is based on agriculture which employs 92 percent of the active population. This population which lives mainly in rural areas is confronted with problems of under nutrition and malnutrition. In order to fight against malnutrition, *Moringa oleifera* has been identified by the Dreyer Foundation as a vegetable leaf. The sale of its products (leaves, seeds, roots, bark) can also generate income for rural households. In this study, the agronomic performance of drip irrigation and sprinkler irrigation is made by a completely randomized block Fisher on two plots. In calculating the Cost production, the monthly amortization is used for the calculation of investment costs, fixed costs at the site of the Association Toupouor Baon Yen are used to estimate the cost of labor computed. On one hand the study seeks to assess the cost of fresh leaves of *Moringa oleifera* measured by drip irrigation and spray irrigation on the other. It appears from this study that the method of drip irrigation allows for water savings 44% compared to sprinkler irrigation. The drip irrigation has not only the best agronomic performance for the different endpoints studied but is also less expensive to produce fresh leaves of *Moringa oleifera*. The cost of the kilogram of fresh leaves of *Moringa oleifera* is 245,20F CFA in drip irrigation and 705,08F CFA in sprinkler irrigation for the first production cycle, which lasts two months. Given the decline of farming operations, the cost decreases to 191,74F CFA/kg and 603,93F CFA respectively for drip irrigation and sprinkler irrigation. The study also shows that the potential yields of 4.6 tons / ha obtained with drip irrigation can be improved by using fertilizer funds and optimizing the amount of irrigation water.

**Keywords:** *Moringa oleifera*, drip irrigation, sprinkler irrigation, agronomic performance, cost.

## RESUME

Le Burkina Faso est un pays où l'économie est basée sur l'agriculture qui emploie 92 pour cent de la population active. Cette population essentiellement basée en milieu rural est confrontée aux problèmes de sous alimentation et de malnutrition. Dans le souci de contribuer à lutter contre la malnutrition, *Moringa oleifera* a été identifié par la Fondation Dreyer comme légume feuille. La vente de ses produits (feuilles, graines, racines, écorce) permet également de générer des revenus pour les ménages ruraux. Dans la présente étude, l'évaluation des performances agronomiques des systèmes d'irrigation goutte à goutte et par aspersion est réalisée par un dispositif en bloc Fisher complètement randomisé sur deux parcelles. Pour le calcul des coûts de production, l'amortissement mensuel est utilisé pour le calcul des coûts des investissements, les coûts fixés sur le site de l'Association Toupouor Baon Yen sont utilisés pour estimer le coût de la main d'œuvre calculée. L'étude cherche à évaluer le coût de revient des feuilles fraîches de *Moringa oleifera* mesurer en irrigation goutte à goutte d'une part et en irrigation par aspersion d'autre part. Il ressort de cette étude que la méthode d'irrigation goutte à goutte permet de réaliser une économie d'eau de 44% par rapport à l'irrigation par aspersion. L'irrigation goutte à goutte a non seulement la meilleure performance agronomique pour les différents critères d'efficacité étudiés et est moins coûteuse pour la production des feuilles fraîches de *Moringa oleifera*. Le coût de revient du kilogramme de feuilles fraîches de *Moringa oleifera* est de 245,20F CFA/kg en irrigation goutte à goutte et 705,08F CFA/kg en irrigation par aspersion pour le premier cycle de production qui dure 2 mois. Compte tenue de la baisse du nombre des opérations culturales, le coût de revient passe à 191,74F CFA/kg et 603,93F CFA, respectivement pour l'irrigation goutte à goutte et par aspersion. L'étude montre également que les rendements potentiels de 4,6 tonnes/ha obtenus avec l'irrigation goutte à goutte peuvent être améliorés par un apport de la fumure de fonds et d'une optimisation des quantités d'eau d'irrigation.

**Mots clés :** *Moringa oleifera*, irrigation goutte à goutte, irrigation par aspersion, performances agronomiques, coût de revient.

## INTRODUCTION

Le sommet mondial sur l'alimentation tenu à Rome en Italie en 1996, s'est fixé l'ambitieux objectif de réduire de moitié le nombre de personnes souffrant de malnutrition à l'horizon 2015 (Zacharie *et al.*, 2007). A cette fin, il a été convenu que chaque pays mette en œuvre des politiques visant à éradiquer la pauvreté et l'inégalité. Il ressort également dans ce plan d'action, une mise en place de politiques pour améliorer l'accès physique et économique de tous, et à tout moment, à une alimentation suffisante, adéquate du point de vue nutritionnel et sanitaire, et son utilisation efficace. Dans cette optique, 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), et de l'adoption récente de la Stratégie de croissance accélérée et de développement durable (SCADD). Quatorze ans après le sommet, le nombre de personnes sous-alimentées s'élève à 925 millions dont 25% en Afrique au Sud du Sahara (FAO, 2010). Les personnes sous-alimentées sont généralement issues des familles à faible revenu. Au Burkina Faso, 52,3% de la population rurale vit en dessous du seuil de pauvreté et 19,9% en milieu urbain (INSD, 2003). La pauvreté est alors un phénomène rural dont les corollaires sont la sous-alimentation et la malnutrition au Burkina Faso. Devant l'ampleur de cette pauvreté et de l'insécurité alimentaire, l'augmentation de la productivité agricole et la diversification des sources de nourritures sont primordiales. Cette augmentation passerait entre autres par la valorisation des produits forestiers non ligneux (PFNL), notamment les légumes feuilles. Parmi les légumes feuilles, *Moringa oleifera* peut être utilisé. Ses feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines A et C, un complexe de vitamines B, du fer, du calcium, du potassium, du zinc, du sélénium l'intégralité des acides aminés, (Tourey *et al.*, 1983). Aussi, selon Diouf *et al.*, (1999), l'exploitation des produits de cette plante (feuilles et graines) génère-t-elle des revenus considérables aux producteurs et aux autres acteurs de cette filière. L'augmentation de la productivité agricole passe également par le développement de l'irrigation qui est un moyen d'intensifier l'agriculture. En effet, l'irrigation permet de doubler, voire quadrupler les rendements et de faire passer les populations bénéficiaires au-dessus du seuil de la pauvreté (FAO, 1994). De plus, sur les marchés nationaux, régionaux et internationaux, la compétitivité des productions à haute valeur ajoutée est liée à la régularité des approvisionnements et à la qualité des produits (Sonou et Abric, 2010). L'irrigation permet de satisfaire ce double objectif. Suivant l'importance des investissements réalisés pour la culture irriguée, l'irrigation peut être regroupée en deux catégories au Burkina Faso à savoir : l'irrigation publique de grande taille et

la petite irrigation privée. Selon Sonou et Abric (2010), cette dernière catégorie a évolué dans le temps car, progressivement, l'Etat Burkinabè se désengage de l'irrigation publique en encourageant le développement de la petite irrigation privée. La petite irrigation privée est passée de l'utilisation de seau ou de calebasse pour l'exhaure à l'utilisation de la pompe à pédales. La pompe à pédales est introduite vers la fin des années 80 et plus de 13 000 exemplaires sont diffusés au Burkina Faso. Elle a permis selon ces auteurs d'accroître les superficies irriguées et de doubler les rendements moyens de certains exploitants. En 2000, la petite irrigation privée connaît l'introduction de kit goutte à goutte. L'irrigation goutte à goutte permet d'améliorer la distribution et l'application de l'eau à la parcelle en diminuant la quantité d'eau apportée à la plante. Ces deux méthodes d'irrigation étant efficaces pour l'accroissement du rendement, à la demande de la Fondation Dreyer auprès de qui notre stage a été effectué, nous avons eu à examiner, pour le cas spécifique de cette expérimentation de culture intensive de *Moringa oleifera*, les deux questions suivantes: quelle est la méthode d'irrigation la plus performante du point de vue agronomique pour la production de *Moringa oleifera* ? Laquelle des deux méthodes est moins coûteuse pour la production des feuilles de *Moringa oleifera* ?

La présente étude vise à évaluer le coût de revient des feuilles fraîches de *Moringa oleifera* à travers une analyse comparative des systèmes d'irrigation goutte à goutte et par aspersion. Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer les performances agronomiques de chaque système d'irrigation et d'évaluer les coûts supportés pour la production des feuilles fraîches sous chaque système.

Pour conduire cette étude, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- le système d'irrigation goutte à goutte est plus performant sur le plan agronomique ;
- les coûts de production des feuilles fraîches sous le système d'irrigation goutte à goutte sont supérieurs à ceux du pompage mécanique.

Le présent mémoire se structure en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude et de la structure d'accueil tandis que le second traite des généralités sur *Moringa oleifera*<sup>1</sup>. Le troisième chapitre présente la méthodologie tandis que le quatrième présente et discute les résultats obtenus. Une conclusion et une série de recommandations achèvent le présent travail.

---

<sup>1</sup> Dans la suite du travail le terme *M. oleifera* sera utilisé pour indiquer *Moringa oleifera*.

## **CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DE LA STRUCTURE**

### **D'ACCUEIL 1.1 Présentation de la zone d'étude**

#### **1.1.1 Situation géographique**

La province de l'Ioba est située au Sud Ouest du Burkina Faso. Elle comprend huit (8) communes dont la commune de Dano qui s'étend sur 669 km<sup>2</sup>. La commune de Dano compte 22 villages administratifs en plus de la ville de Dano et de ses 7 secteurs. Dano, chef lieu de la province, est situé à une distance 117 km de Gaoua (chef lieu de la région du Sud-ouest), à 150 km de Bobo-Dioulasso et de 280 km de Ouagadougou. Elle est limitée :

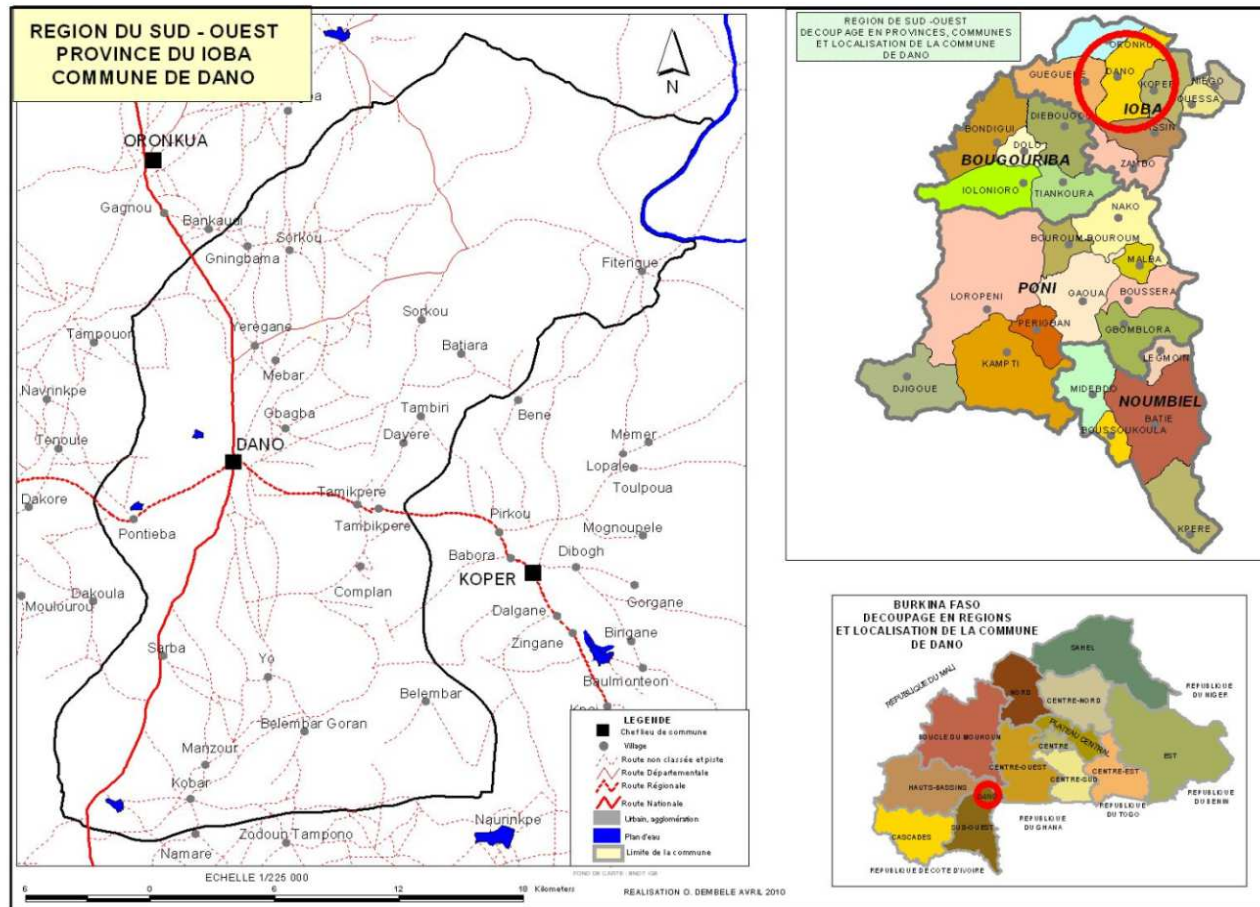
- à l'est par la commune de Koper ;
- à l'ouest par les communes de Guéguéré et de Oronkua.
- au nord par la commune de Koti et de Fara ;
- et au Sud par la commune de Dissin.

La figure 1 présente la situation géographique de Dano.

#### **1.1.2 Population**

La population de la commune de dano renferme plusieurs groupes ethniques dont les majoritaires sont respectivement les Dagara, les Lobi, les Pougouli et les Bwaba (Yili, 2006). Elle est estimée à 43 577 habitants selon le Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 2006). L'animisme, le christianisme et l'islam constituent les principales religions de la commune de Dano.





**Figure 1: Situation géographique de la Commune de Dano**

**Source : Agritech Faso 2010**

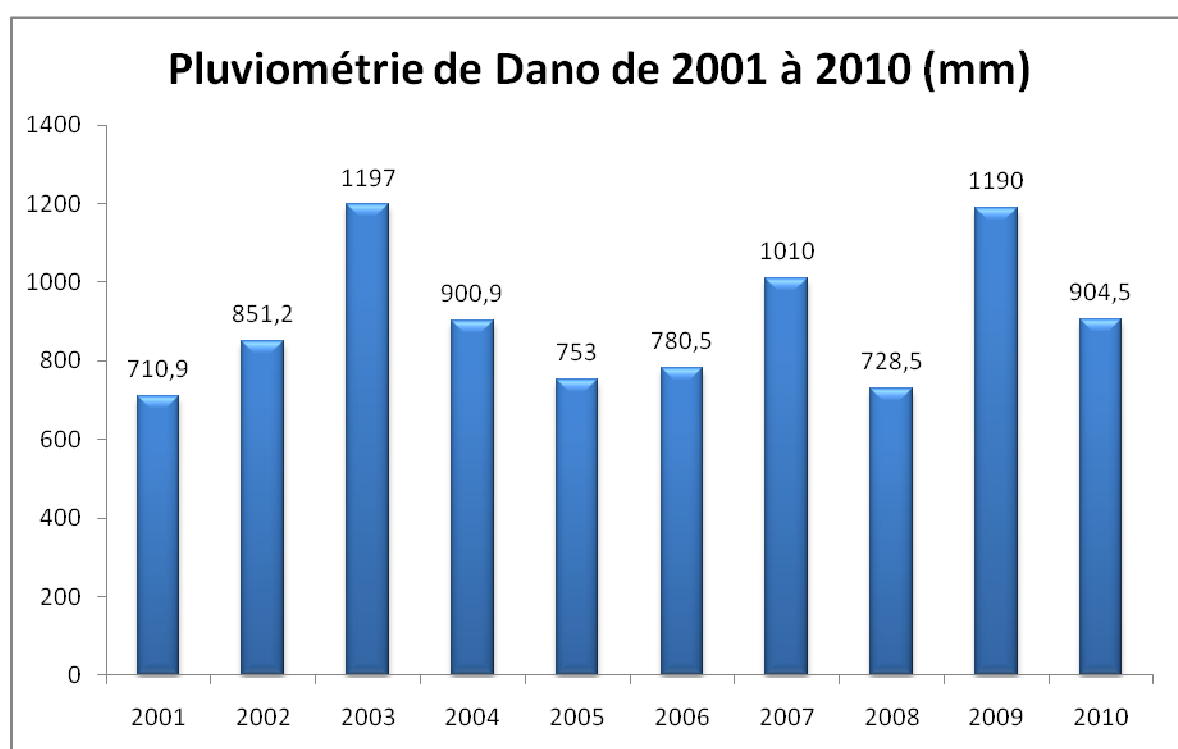
### 1.1.3 Caractéristiques physiques et naturelles

#### 1.1.3.1 Relief

Le relief de la commune de Dano est constitué de chaînes de collines (Monts du Ioba) d'une altitude moyenne de 534 m avec des pentes, des plateaux de 300 m d'altitude environ et des plaines drainées par des cours d'eau.

#### 1.1.3.2 Climat

La province de l'Ioba est située entre les isohyètes 700 et 1100 mm environ. Le climat est type soudanien caractérisé par deux saisons, une saison sèche longue (entre 6 et 7 mois) une saison pluvieuse courte. La figure 2 présente la pluviométrie de Dano au cours des dix dernières années.



**Figure 2 : Pluviométrie de Dano au cours des dix dernières années**

Source : DPAHRH/Dano

#### 1.1.3.3 Sols

De profondeurs variables (inférieure à 40 cm à plus de 100 m), 4 types de sols se rencontrent dans la commune de Dano. Il s'agit : des sols sablo-argileux en surface et gravillonnaires en profondeur ; des sols argilo-sableux en surface et argileux en profondeur ; des sols

hydromorphes à pseudogleys et des sols gravillonnaires. *M. oleifera* peut se développer dans une variété de sols en dehors de l'argile rigide (Nduwayezu, 2007).

#### **1.1.3.4 Végétation**

Le couvert végétal de la commune connaît dans son ensemble une dégradation plus ou moins avancée suivant les différents terroirs des villages. Dans les champs on rencontre les espèces comme : *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Lannea microcarpa*, *Feidherbia albida*, *Moringa oleifera*, *Adansonia digitata*, *Ceiba pentandra*.

#### **1.1.3.5 Réseau hydrographique**

La ville de Dano est traversée par un marigot, le « Gbataziè », qui draine les eaux de pluies dans le sens Sud – Nord. Les autres cours d'eau qui traversent la commune sont le Mouhoun (bordure Est) et le Pô, un des affluents de la Bougouriba.

## **1.2 Présentation de la structure d'accueil**

### **1.2.1 Historique et objectifs**

La présente étude s'est déroulée au centre de recherche et de formation scientifique de la fondation Dreyer (CRFS) de Dano. Créé en août 2001 par M. Gisbert DREYER, architecte et Mme Regina SCHUH, architecte et naturopathe, la Fondation Dreyer est une organisation non gouvernementale, apolitique et laïque dont le siège est à Munich en Allemagne. Cette ONG reconnue au Burkina Faso par la Convention d'Établissement du 2 septembre 2002, déploie de multiples activités de développement économique local, dans l'agriculture notamment, complétées par des interventions dans le domaine de l'éducation ainsi que la recherche scientifique et la formation. Ces objectifs sont : participer à l'amélioration des conditions de vie en milieu rural, principalement celles des couches vulnérables, défavorisées et féminines et cultiver l'esprit d'internationalité ainsi que le rapprochement et l'entente entre les peuples.

### **1.2.2 Projets**

Plusieurs projets déterminants ont été développés par la Fondation Dreyer. Ces projets se regroupent en 3 piliers : agriculture, éducation et environnement. Ces projets sont :

- construction d'un barrage et aménagement d'un périmètre rizicole de 22 ha en aval, dont l'exploitation est confiée à un groupement de 88 producteurs ;
- construction au cœur de la ville de Dano d'un grand Centre éducatif et sportif incluant une école maternelle (Centre d'éveil et d'éducation préscolaire communal). Cette école

maternelle est le lieu d'une expérimentation pédagogique nouvelle, point de départ d'une filière de formation multilingue dagara/moré/dioula-français ;

- recherche sur la possibilité de développer une filière de production, de transformation, de distribution d'huile de *Jatropha curcas*, destinée non pas à sa vocation classiquement promue d'agro-carburant mais quasi-exclusivement à remplacer le bois de chauffe dans une région de surconsommation de cette ressource liée notamment à la production de « dolo », ( bière de mil);
- valorisation écologique et protection, dans le cadre d'un « projet de développement intégré de la commune de Dano » approuvé par les autorités locales et régionales, du domaine du campus de la Fondation, du bassin versant du lac de barrage et des collines de l'Ioba en amont. En lien avec une reforestation et la campagne pluriannuelle de plantation en agroforesterie ou cultures associées de *Jatropha curcas*;
- expérimentation de la production intensive de *M. oleifera* en culture irriguée.

## CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR MORINGA *OLEIFERA* ET SUR L'IRRIGATION

### 2.1 Généralités sur *Moringa oleifera*

#### 2.1.1 Historique et origine

*M. oleifera* est originaire des régions d'Agra et de Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya. Il a été introduit d'abord en Afrique de l'Est au début du 20<sup>e</sup> siècle probablement suite à l'importance du commerce et des échanges maritimes durant cette période (Foidl, 2001). L'arbre est cultivé aujourd'hui sur trois continents et dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux (Afrique, Arabie, Sud-est asiatique, Iles du pacifique, Amérique du sud). Depuis son introduction dans ces pays, cette espèce s'est intégrée jusque dans les traditions des populations (médecine traditionnelle, alimentation, etc.).

#### 2.1.2 Systématique

*M. oleifera* appartient à:

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

*M. oléifera* appartient à une famille d'arbre et d'arbustes : Moringaceae ; cette famille est dite monogénérique car elle ne possède qu'un seul genre : le *Moringa* avec 13 variétés. Dans l'ordre

des capparidales, on note la présence de certaines familles voisines dont les Brassicaceae, les Tovariaceae (Foidl, 2001). La photo I présente un pied de *M. oleifera*.



**Photo 1: Pied de *M. oleifera* ( cliché de MEDA, 2011)**

### **2.1.3 Botanique de la plante**

*Moringa oleifera* est un arbre qui est connu sous diverses appellations. En Afrique francophone, le nom le plus général est nébéday que l'on retrouve plus ou moins déformé dans l'expression anglaise « Never die » qui veut dire ne meurt jamais. 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. Il est appelé « Arzantiiga » en moré, « Arzina yiri » en dioula, « Obgnukuon » en dagara. Toutes ces appellations tendent à montrer les qualités nutritionnelles miraculeuses de l'arbre.

### **2.1.4 Appareil végétatif**

*M. oleifera*, a l'aspect d'un arbuste qui peut atteindre 4 à 5m de hauteur selon Rajangam et al, (2001).

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 ; ce qui lui vaut sa grande résistance à la

sécheresse. Des racines secondaires se ramifient ensuite latéralement à partir de cette dernière jusqu'à constituer une chevelure dense (Rosa, 1993).

Son tronc effilé porte parfois dès la base des ramifications mais en général le tronc atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier ; plusieurs branches partent de celles-ci formant une couronne dense en forme de parasol. Le diamètre d'un fût de 1,30 m de longueur mesure entre 9 à 20 cm. L'écorce est de couleur brun-pâle et lisse parfois tachetée de marron. Son bois tendre et mou ne supporte pas les vents agressifs (Rosa, 1993).

Selon Foidl (2001), les feuilles sont tripennées à la base et bipennées au sommet. Les rachis long de 10 à 20 cm portent un pétiole avec 2 à 3 paires de pennes composées chacune de deux paires de folioles opposées, plus une terminale; les folioles de 1 à 2 cm de long sont ovales.

L'inflorescence se développe en panicule axillaire; les grappes de fleurs peuvent être ramifiées ou terminales ; la plante est hermaphrodite. Ses fleurs blanches et crémeuses sont particulièrement odorantes (Rosa, 1993); ses sépales au nombre de 5 sont symétriques et lancéolés ; ses pétales ovales entourent 4 à 5 étamines eux-mêmes entourant le réceptacle (Foidl, 2001); les ovaires uniloculaires, caractéristiques des Dialypétales, sont couverts de poils denses.

Plus longs que larges, les fruits sont allongés, effilés à l'une des extrémités. Du point de vue botanique, on les appelle des « siliques » ; formes les plus primitifs des Angiospermes, les siliques dérivent des ovaires composés uniloculaires ; ils s'ouvrent par plusieurs fentes de part et d'autres du placenta à la différence des gousses.

### **2.1.5 Ecologie**

Une grande adaptation de la plante à des milieux très diversifiés est constatée par De saint sauveur et Broin. Les principales exigences écologiques de la plante sont résumées dans le tableau I

**Tableau I : Principales exigences écologiques de Moringa**

Paramètre	Valeur/Fourchette
Climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000 mètres
Température	25-35°C
Pluviométrie	250mm-2000mm.  Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie $\leq 800$ 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**

*M. oleifera* pousse aisément aussi bien sous un climat semi-aride tropical et subtropical comme notre zone d'étude. La plante s'adapte à presque tout type de sols : sols ferrallitiques, sols argileux, sols sableux sans structure, sols limoneux (Rosa, 1993).

#### **2.1.6 Itinéraires techniques de la production de *Moringa oleifera***

Les feuilles de *M. oleifera* sont obtenues après plusieurs étapes qui sont : la préparation du champ ; la fertilisation ; le semis ; l'entretien ; le contrôle des ravageurs et la récolte.

##### **2.1.6.1 Préparation du champ**

Le labour est réalisé avec une hauteur de 30cm si la densité de plantation est forte, si non, des trous de 30 à 50cm de profondeur et 20 à 40cm de largeur sont creusés et remplis de fumier avant le semis ou la transplantation. Dans ce cas, les écartements vont de 3 à 4 m entre les poquets. Un piquetage est ensuite réalisé pour délimiter les parcelles de semis.

##### **2.1.6.2 Installation et entretien des cultures**

Les semences utilisées sont achetées au Centre national des semences forestières (CNSF) à 18.000F/kg. *Moringa oleifera* se multiplie soit par semis des graines soit par bouturage. Kokou et al (2002) ont montré que le meilleur matériel végétal de départ pour envisager une plantation de *M. oleifera* est le semis à partir des grains plutôt que le bouturage. 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), Foidl (2001), soit en agroforesterie.

L'entretien de la culture concerne le démariage, la lutte contre les mauvaises herbes et les insectes ravageurs. A cet effet, des désherbages et sarclages manuels sont réalisés pour éliminer les mauvaises herbes et favoriser le développement des plants. Pour pallier les dangers des produits chimiques de synthèse sur l'environnement et sur la santé humaine, l'extrait de plantes naturelles comme Neem (*Adzadirachta indica*) est utilisé pour le traitement phytosanitaire. L'exemple de fabrication de ce pesticide naturel se trouve en annexe 1.

#### **2.1.6.3 Fertilisation**

Les éléments nutritifs sont apportés sous forme de fumure organique ou minérale selon les objectifs de production. En production biologique il est conseillé d'apporter de la fumure organique juste avant la mise en place de la culture comme fumure de fond. La dose à l'hectare varie en fonction de la densité de semis. Elle est de six tonnes/ha pour une densité de 1 000 000 plants/ha (Foidl, 2001).

#### **2.1.6.4 Ravageurs et maladies**

Les ravageurs les plus courants sont les sauterelles, criquets, chenilles et les termites. Ces insectes mordent et mangent des parties de la plante entraînant la destruction des feuilles, bourgeons, fleurs. Ces attaques sont surtout fréquentes en début de saison sèche lorsque les plantes sont irriguées (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

Pour ces auteurs, les maladies fongiques sont de loin les plus sérieuses dans la culture du *M. oleifera*. Des tâches sombres peuvent apparaître sur les feuilles et finir par les couvrir entièrement, ce qui cause le jaunissement de la feuille et sa mort. Ces maladies sont provoquées par les champignons *Cercospora spp* et *Septoria lycopersici*.

#### **2.1.6.5 Irrigation**

Elle est utilisée pour une production continue de feuilles et un accroissement des rendements. L'arbre peut germer et se développer sans irrigation s'il est semé à la saison des pluies. En combinant irrigation et fertilisation chimique, 18 récoltes sont réalisées chaque année au Niger (Gamatié et De saint sauveur, 2005).

### 2.1.6.6 Récolte et Rendement

Une coupe des plantes est effectuée à environ 30cm du sol quand les plantes atteignent une hauteur supérieure à 1 m (Fuglie, 2001). Les feuilles sont séparées des tiges coupées, elles sont ensuite lavées dans de l'eau propre, puis étalées sur des séchoirs à l'intérieur d'un bâtiment bien aéré. Une fois sèches, elles sont pilées pour être transformé en poudre, tamisées et mises en sachet. En fonction de l'humidité de l'air 2 à 3 jours suffisent pour sécher les feuilles.

L'irrigation, la fertilisation et le traitement phytosanitaire influent grandement sur les rendements en feuilles du *M. oleifera*. Si plus de 5 tonnes des feuilles fraîches sont obtenues au Togo, Sogbo *et al.* (2005) et 5 tonnes au Sénégal Olivier (2003), ces intrants font élever les rendements jusqu'à 54,6 tonnes/ha/an au Niger (Gamatié et De Saint Sauveur, 2005).

### 2.1.6.7 Quelques vertus et utilisations du *Moringa oleifera*

Chaque partie de l'arbre est utilisée comme l'indique la figure 3 suivante :

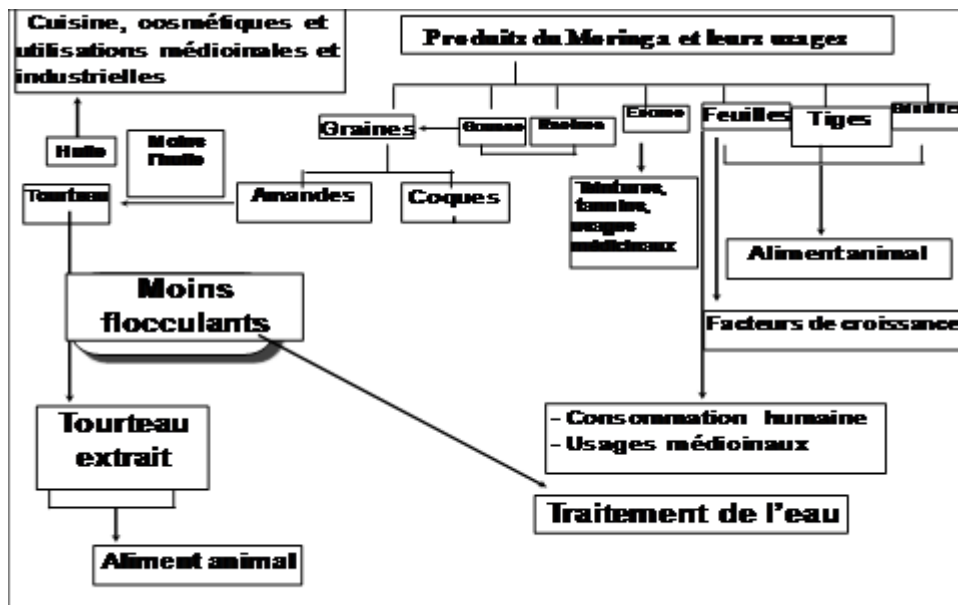


Figure 3 : Utilisations des différents organes de *M. oleifera*

Source : Foidl (2001)

### 2.1.7 Consommation humaine

Les feuilles fraîches sont couramment consommées cuites, comme des épinards, ou préparées en soupe ou en salade. Elles sont exceptionnellement riches. Toury *et al.*, (1963) ayant analysé

des feuilles fraîches du *M. oleifera* de la région de Dakar ont trouvé la composition suivante pour 100g : eau 74,7%, protéines 8.1%, lipides 0.6 %, glucides totaux 14.1%, cellulose 2,13%, cendres 2,5%, calcium 531mg, fer 11,7mg, vitamine C 220 mg, thiamine 0.23mg, riboflavine 0,77 mg, niacine 2,66 mg et une équivalente vitamine A de 5000 µg/100g. En plus les feuilles fraîches renferment 18 des 20 acides aminés essentiels (Broin, 2005). La grande teneur en fer, protéines, diverses vitamines et acides aminés essentiels des feuilles de *M. oleifera* en font donc un complément nutritionnel idéal. En outre, insérer les feuilles de *M. oleifera* dans les programmes de lutte contre la malnutrition permet de remettre l'accent sur les ressources disponibles localement.

### **2.1.8 Fonctions phytothérapeutiques**

Les feuilles, les fruits, les graines, les racines, l'écorce mais aussi les fleurs possèdent chacun des vertus médicinales particulières. Toutes ces utilisations n'ont pas encore été vérifiées par la science, mais *M. oleifera* est considéré comme un traitement contre l'anémie, la perte d'appétit, les douleurs gastriques, l'ulcère à l'estomac, la diarrhée, la dysenterie, la colite, la régulation des diabètes et de la tension artérielle (Pousset, 1999). Il peut être utilisé selon Odée (1998), comme laxatif, purgatif et diurétique. L'arbre est aussi utilisé pour soigner les rhumes, bronchites, fièvre et maux de tête - les rhumatismes, les crampes musculaires, les bleus et ecchymoses ; les infections cutanées, la gale, les mycoses, les piqûres d'insectes et il augmente la lactation des femmes.

### **2.1.9 Commercialisation des produits de *Moringa oleifera***

Toutes les parties de l'arbre sont commercialisées. La commercialisation des feuilles et de la poudre de feuilles séchées est la plus développée. Le Niger est l'un des pays où la commercialisation de *M. oleifera* est organisée. Gamatié (2005) fait noter que dans ce pays, la commercialisation est organisée en trois filières à savoir : la filière feuilles fraîches ; la filière feuilles cuites et la filière feuilles séchées. Les prix de vente varient en fonction des saisons et en fonction des marchés (rural ou urbain). Au Burkina Faso, la commercialisation des feuilles fraîches n'est pas encore organisée. Les feuilles fraîches sont rarement commercialisées. Quand elles le sont, les prix de vente sont bas et une grande variabilité existe entre les prix dans les différentes localités de vente. Partant de la difficulté de conserver les feuilles, elles sont généralement transformées en poudre et une valeur ajoutée très importante est créée. 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.

## **2.2 Irrigation au Burkina Faso**

L'irrigation joue un rôle considérable dans la production agricole et la sécurité alimentaire. En moyenne, on estime que les 18% de terres irriguées contribuent pour 40% à la production agricole mondiale (FAO, 1998). La sécheresse qui a sévi au Burkina Faso dans les années 1970 a imposé l'adoption de stratégies faisant appel à la maîtrise de l'eau dans le but d'améliorer la productivité agricole et de valoriser l'agriculture irriguée.

De nos jours, les terres irrigables, le long des principaux cours d'eau ou dans les dépressions sont estimées à 165.000 ha, mais il n'y a que 25.000 ha irrigués (maîtrise totale ou partielle) soit 0.6% des superficies cultivées, et 15% du potentiel irrigable.

### **2.2.1 Irrigation par pompe à pédales (aspersion)**

Les pompes à pédales encore appelées « Moneymaker » constituent l'équipement de petite irrigation le plus diffusé. Elles sont généralement utilisées dans les exploitations de moins d'un demi-hectare. Après avoir été mises au point au Bangladesh, elles ont été introduites et améliorées depuis la fin des années 80 en Afrique de l'Ouest, puis en Afrique de l'Est et du Sud (Gadelle, 2002). Deux types de modèles existent : la pompe aspirante qui refoule l'eau sans pression au niveau du tuyau de sortie et la pompe aspirante-refoulant qui refoule l'eau avec une faible pression.

Le corps de la pompe à pédales est formé de deux tuyaux d'environ 30 cm placés sur une petite plate-forme métallique dans lesquels coulissent des pistons munis de clapets à leurs extrémités inférieures. Les deux tuyaux sont reliés à leur extrémité inférieure à un tube plongeant dans la source d'eau et à leur extrémité supérieure au tuyau de refoulement. Les deux pistons sont reliés entre eux par une corde qui passe autour d'une poulie fixée sur le bâti de la pompe. Ils sont actionnés par des tringles en acier qui sont elles-mêmes manœuvrées par des pédales en fer. Une ou deux personnes sur les pédales font monter alternativement les pistons. Par le jeu d'ouverture des clapets à la descente des pistons et de fermeture lors de leur remontée, l'eau est refoulée en permanence à la différence des pompes à un cylindre. Le débit de pompage dépend principalement de la profondeur et la hauteur de pompage ainsi que de la force de la ou les personnes qui pompent.

Les différents éléments qui composent un tel système sont :

- un bac de stockage d'eau (Photo 2);
- un système de tuyauterie ;

-la pompe proprement dite (Photo 3)



**Photo 2: Bac de stockage d'eau( cliché de MEDA, 2011)**



**Photo 3: Pompe à pédales ( cliché de MEDA, 2011)**



**Photo 4: Distribution de l'eau (cliché de MEDA, 2011)**

La distribution de l'eau se fait par aspersion (sous forme de pluies) aux planches expérimentales.

### **2.2.2 Irrigation goutte à goutte**

Le principe essentiel de l'irrigation goutte à goutte est la distribution homogène de la quantité d'eau requise par la plante dans l'ensemble du champ. Elle consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations généralement en PVC, qui, ensuite, est distribuée par des tuyaux plus petits, munis d'un grand nombre de goutteurs repartis le long des rangées de plantation. L'eau est apportée en bande, de façon fréquente et continue. Cela favorise la réduction de l'évaporation et la diminution de la percolation de l'eau, ce qui fait l'efficacité de l'irrigation goutte à goutte. Les différents éléments qui composent un système d'irrigation goutte à goutte conventionnel sont :

- l'unité de pompage qui pompe l'eau et la refoule dans le réseau d'irrigation à la pression nécessaire pour le fonctionnement du système ;

- l'unité de contrôle de tête qui comprend les différents types de filtres, le réservoir d'eau et éventuellement d'engrais, la pompe d'injection, la vanne métrique, le régulateur de pression ;
- Le système de tuyauterie (conduites principales et secondaires, les rampes et les goutteurs).

Deux grands groupes composent l'irrigation goutte à goutte.

### 2.2.2.1 Irrigation goutte à goutte basse pression

Adapté aux terrains de petite superficie (20-1000 m<sup>2</sup>), l'irrigation goutte à goutte à basse pression a été développée pour les petits producteurs, il fonctionne à une pression d'eau de 0.5-1 bar fournie par un réservoir placé en hauteur variable de 1 à 6m et alimentant par gravité la parcelle à irriguer (Ayana et al, 2006). Ce système d'irrigation se divise en deux groupes : le système à seau et le système à fût.

Le système à seau : destiné spécialement à l'usage domestique, ce système comprend un seau d'une capacité de 20 à 30 litres placé à environ 0,5 à 1m du sol et sert de réservoir à partir duquel l'eau se déverse dans la ligne de goutteurs de 15m de long et assure l'irrigation d'une planche de 10 à 20 m<sup>2</sup> de surface (Sijali, 2001). La figure 4 montre une méthode d'irrigation goutte à goutte basse pression à seau.

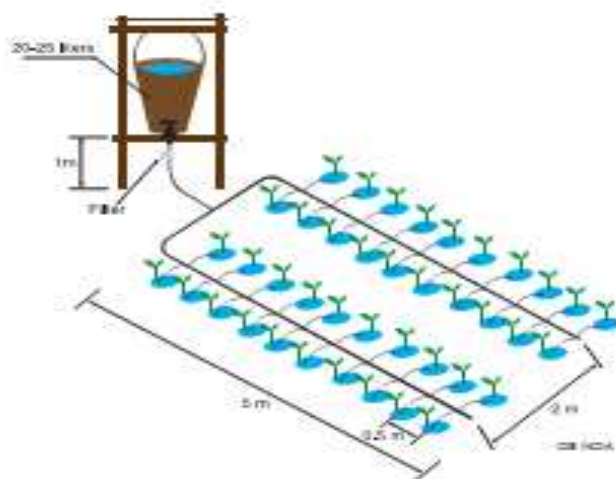


Figure4: système basse pression à seau

**Source : International Development Enterprises, drip system**

Le système à fût : il fonctionne sous une pression de 1 à 5 m et couvre une superficie de 80 à 1000 m<sup>2</sup>. Le fût d'une capacité de 200 à 1000L est placé sur un support surélevé d'au moins 1m de la surface du sol (Sijali, 2001). L'avantage du système à fût par rapport au système à seau,

c'est la grande superficie qu'il couvre, car le nombre de plants est plus important, d'où son avantage économique. La capacité du fût influe sur la superficie à irriguer et le débit d'eau au niveau des goutteurs. Un exemple de système à fût est représenté par la figure 5

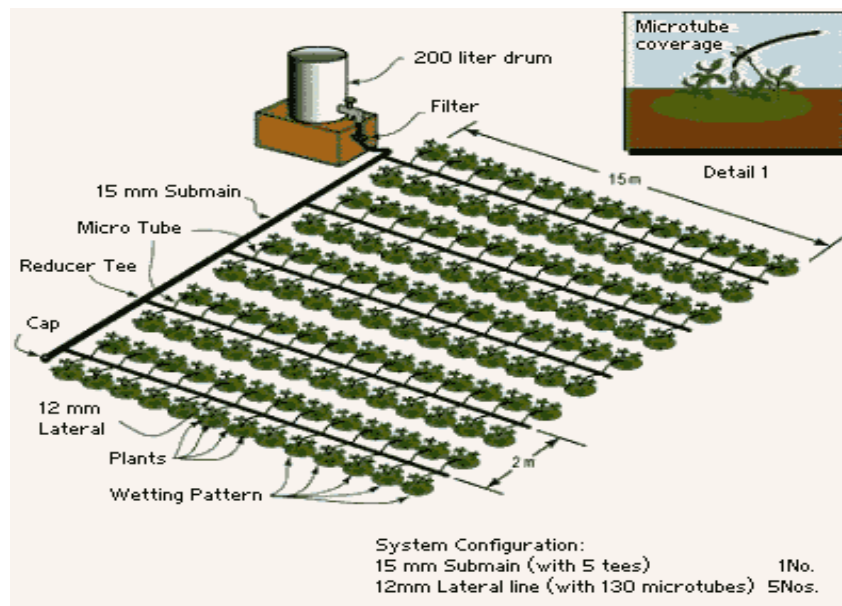


Figure 5 : système basse pression à fût

**Source : International Development Enterprises, drip system**

Sur le site d'étude, le système d'irrigation basse pression à fût est installé comme le montre la photo V.

#### **2.2.2.2 Irrigation goutte à goutte haute pression**

Dans ce cas, une source de pression est située en amont du réseau d'irrigation. La pression fournie dépend de la source. La source peut être une force humaine, une motopompe, un groupe électrogène. Ce type d'irrigation est utilisé pour de grandes superficies.



## **CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE**

### **3.1 Matériel**

#### **3.1.1 Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé est *Moringa oleifera*. Les semences sont achetées au Centre national des semences forestières (CNSF).

#### **3.1.2 Matériel technique**

Plusieurs matériels ont été utilisés au cours de cette étude expérimentale. Il s'agit de :

- un kit d'irrigation goutte à goutte ;
- une pompe à pédale ;
- un pulvérisateur pour les traitements phytosanitaires ;
- deux compteurs volumétriques pour la mesure des quantités d'eau utilisées quotidiennement sur chaque parcelle ;
- une balance de précision au gramme près pour les mesures de poids.

Ces matériels sont présentés en annexe 2.

Les installations de base pour l'irrigation se composent de deux polytanks reliés de 2 m<sup>3</sup> chacun installés à une hauteur de 6 m. 8 plaques solaires reliées à une pompe assurent le pompage de l'eau d'un puits à grand diamètre de 25 m de profondeur comme le montre la photo 5.



**Photo 5: Système de pompage d'eau des puits (cliché de MEDA, 2011)**

L'eau stockée dans les polytanks est acheminée directement aux pieds des plantes dans le système d'irrigation goutte à goutte. Dans le cas de l'aspersion, elle est déversée dans les bacs de stockage avant d'être pompée pour les plantes.

## **3.2 Méthode**

### **3.2.1 Site expérimental**

Le site expérimental est le périmètre aménagé de deux hectares de l'Association « TOUPOUR BAON-YEN » un des partenaires de la Fondation Dreyer. Le sol du site est une reprise de jachère de 10 ans. Du déchet ménager est apporté comme fumure de fonds dans l'ensemble du site.

La figure 6 présente le site de production.

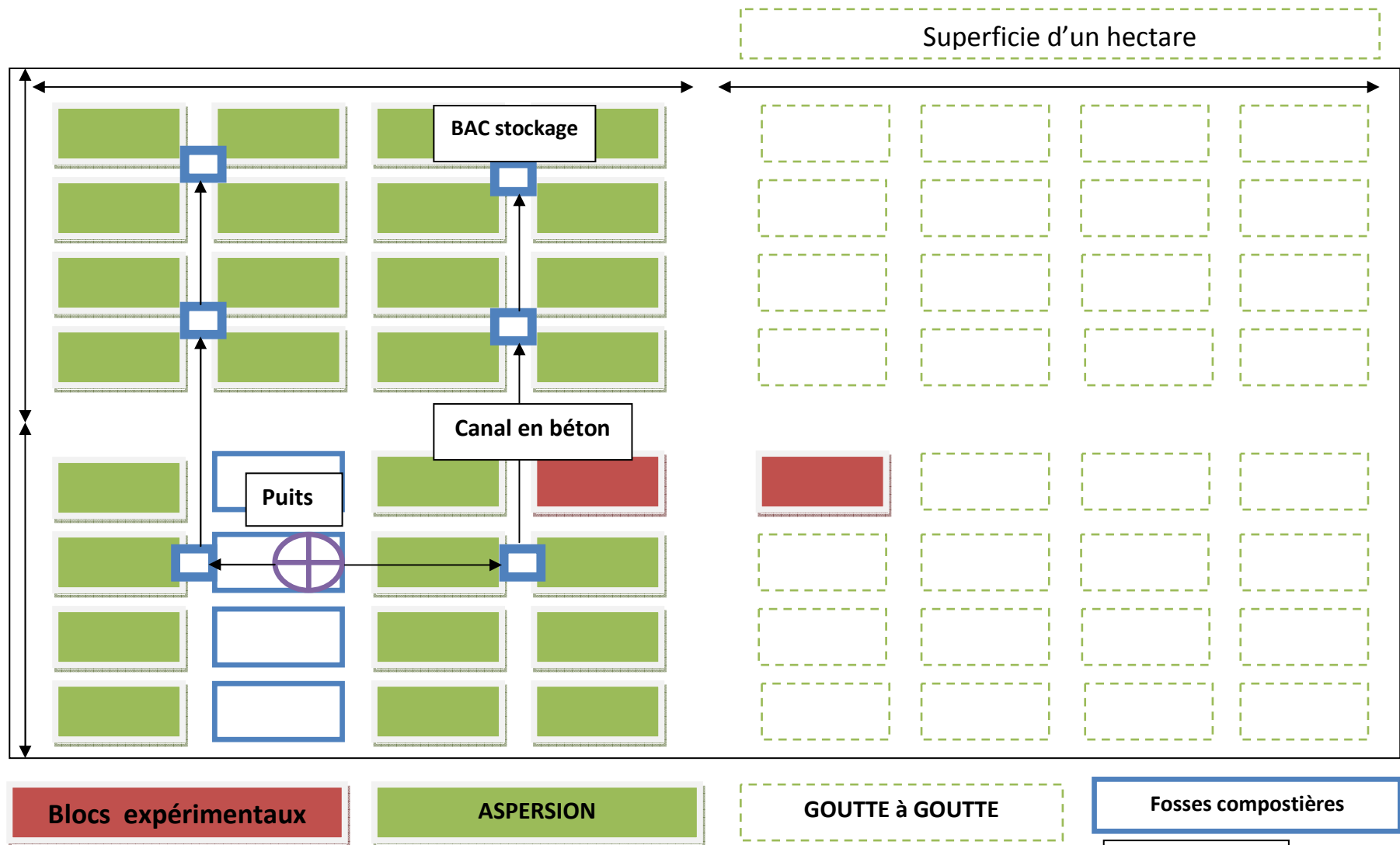


Figure 6 : représentation schématique du site expérimental

### 3.2.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un Bloc Complètement Randomisé (BCR) constitué de 21 traitements avec 4 répétitions par traitement. Chaque planche de 20 m<sup>2</sup> est une répétition. Les traitements sont les différents niveaux de fumure organique. Ces niveaux sont régulièrement espacés de 50 grammes comme suit : 0 - 50 - 100 - 150 - 200 - 250 - 300 - 350 - 400 - 450 - 500 - 550 - 600 - 650 - 700 - 750 - 800 - 850 - 900 - 950 - 1000 grammes. Chaque niveau est appliqué à un pied de *M. oleifera* choisi au hasard dans une même planche.

La méthode d'irrigation et la fumure organique sont les deux facteurs qui font l'objet de la présente étude. La méthode d'irrigation suit deux modalités qui sont le système goutte à goutte et le système par aspersion. Chaque modalité est constituée d'un système de pompage et d'un système de distribution et est expérimentée sur une parcelle de 150 m<sup>2</sup> comme l'indique le tableau II.

**Tableau II: caractéristiques des parcelles principales**

Traitements	Parcelle I	Parcelle II
Superficie	150 m <sup>2</sup>	150 m <sup>2</sup>
Irrigation	Goutte à goutte	Aspersion
Fumure d'entretien	20 niveaux	20 niveaux
Sarclage	1fois/cycle	5 fois/cycle
Désherbage manuel	1fois/cycle	Aucun
Traitement phytosanitaire	1fois/cycle	1fois/cycle

1<sup>er</sup> cycle du semis à la récolte. 2<sup>eme</sup> : de la première récolte à la deuxième récolte.

Les parcelles de 150 m<sup>2</sup> sont subdivisées en 4 planches de 20 m<sup>2</sup> dans lesquelles sont semées les graines de *M. oleifera*. Une allée de 1 m sépare les planches expérimentales. Chaque planche expérimentale se présente comme l'indique la figure 7

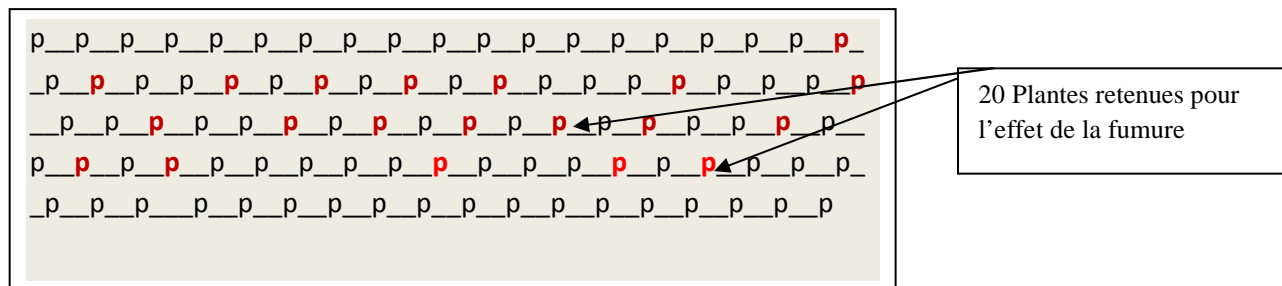


Figure 7 : schéma d'une planche expérimentale

Les semis ont été effectués à 2 graines par poquet le 26 février 2011 aux écartements de 0,5 m × 0,5 m, soit une densité de 80 pieds / 20 m<sup>2</sup> et 40 000pieds / ha. Les techniques d'entretien des cultures sont identiques pour les deux parcelles principales. La différence entre les deux parcelles réside dans la méthode d'irrigation. Notons qu'une partie de l'eau stockée s'évapore et diminue la quantité d'eau disponible pour l'irrigation. L'eau est apportée simultanément aux deux parcelles pendant 1 heure.

Le traitement phytosanitaire est réalisé par suite d'observation d'attaques fongiques ou d'insectes. L'utilisation de ces intrants s'inscrit dans le souci d'une production biologique des produits de *M. oleifera*. Le succès de l'utilisation du neem pour la protection des cultures se résume comme suit (CEAS, 2003):

- les *blattidae* (cafards) et les moustiques enregistrent des troubles profonds de croissance (ailes trop courtes) avec l'utilisation de l'extrait de neem ;
- le criquet puant (*Zonocerus variegatus*) voit son appétit supprimé et le borer du maïs sa reproduction stoppée par l'utilisation de l'extrait de neem ;
- l'extrait des graines de neem est larvicide pour la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) ;
- l'huile de neem est larvicide pour les bruches du haricot (*Callosobruchus chinensis et C. maculatus*) et altère leur capacité de ponte.

### **3.2.3 Suivi et observations**

Un suivi quotidien a été réalisé sur :

- les quantités d'eau prélevées pour chaque parcelle du semis à la récolte ;
- le temps d'utilisation de la main d'œuvre pour chaque activité. Ce temps est exprimé en homme heure (h.h) par activité et par traitement. Si pour le système goutte à goutte, un seul geste qui consiste à l'ouverture de la vanne est suffisant, il en faut plusieurs pour l'aspersion. Un premier geste consiste à ouvrir la vanne pour déverser l'eau stockée dans les poly tanks dans les bacs de stockage. Ensuite, deux personnes au moins sont nécessaires pour pomper et distribuer cette eau aux planches. ;
- le rendement :

La récolte est effectuée le 28 avril 2011. Elle a consisté à couper les plantes à 30 cm du sol. Toutes les feuilles de la tige coupée sont prélevées exception faite des trois dernières en allant du sommet vers la base. Pour tester l'effet de la fumure d'entretien sur le rendement en feuilles des plantes, un échantillon correspondant aux 20 pieds des 20 niveaux de fumure d'entretien a été récolté. Le reste des plantes de chaque planche de 20 m<sup>2</sup> est ensuite récolté pour un test de comparaison des moyennes des deux échantillons. Ce test indique s'il existe une différence entre les plantes issues de l'irrigation goutte à goutte et celles du pompage mécanique.

## **3.3 Méthodes de calcul des critères d'efficacité et des coûts de production**

### **3.3.1 Critères d'efficacité du système d'irrigation**

Selon la FAO (1997), le terme efficacité est utilisé pour quantifier la production (extrait) relative pouvant être obtenue d'un facteur (intrant) donné. S'agissant de l'utilisation de l'eau d'irrigation, plusieurs définitions de l'efficacité existent.

#### ***3.3.1.1 Efficacité du réseau d'irrigation***

Le réseau d'irrigation est l'ensemble constitué du système de pompage d'eau des puits et du système de distribution.

D'un point de vue strictement technique, l'efficacité de l'irrigation est le rapport entre le volume net d'eau distribué ( $V_d$ ) sur une exploitation et le volume prélevé ( $V_p$ ) dans une source donnée. La différence entre les deux volumes représente les pertes par infiltration et par évaporation subies en cours de route, de la source au champ. Elle se calcule par :

$$E_f = \frac{V_d}{V_p}$$

Pour le système de pompage, une partie de l'eau stockée dans les bacs de stockage est évaporée. Cette quantité est variable au cours de l'année. Soit  $V_{ev}$  cette quantité. Le bac ayant une forme cylindrique,  $V_e$  se calcule de la façon suivante :

$$V_{ev} = 2\pi r * h$$

Où  $r$  est le rayon du bac et  $h$  la hauteur évaporée.

$E_f$  se calcule dans ce cas comme suit :

$$E_f = \frac{V_t - V_{ev}}{V_p}$$

Où  $V_t$  est le volume total pompé.

Compte-tenu de la qualité des ouvrages en béton, récents et bien construits, nous avons supposé négligeables les quantités d'eau perdues pendant le transport. La valeur de  $E_f$  varie entre 0 et 1.

### **3.3.1.2 Efficacité de l'eau utilisée par les cultures**

L'efficacité de l'eau utilisée par les cultures est très différente des critères d'efficacité strictement techniques. Elle est mesurée par la production commercialisable ( $P_c$ ) obtenue par volume moyen unitaire d'eau ( $V_e$ ). Dans l'étude, la biomasse foliaire représente la production commercialisable. L'efficacité ici se calcule par la formule suivante :

$$E_e = \frac{P_c}{V_e}$$

### **3.3.1.3 Rendement agronomique global de l'eau utilisée**

Les indices de l'efficacité précédente peuvent être réunis en un seul concept, dit rendement agronomique global de l'eau utilisée, ou productivité de l'eau d'irrigation. Elle correspond au rapport entre la production végétale récoltée ( $P_v$ ) obtenue et volume d'eau prélevé pour l'irrigation ( $V_d$ ). Dans l'étude, la production agronomique globale tient compte du poids des tiges et des feuilles récoltées. Le rendement agronomique global de l'eau utilisée est exprimé en  $kg / m^3$ .

$$Pe = \frac{Pv}{Vd}$$

### 3.3.2 Coûts de production des feuilles fraîches

Deux types de coûts existent : les coûts fixes et les coûts variables.

#### 3.3.2.1 Coûts fixes

Ils sont constitués par les investissements ou installations et leurs amortissements, et les frais du personnel permanent.

Un investissement pour Giraud (2004) consiste en une dépense  $I$  en  $t=0$ , engendrant un flux de revenus  $F_t$  dans l'avenir c'est-à-dire entre  $t=1$  et  $t=n$ . Dans notre étude, l'investissement de départ représente la somme des différents coûts de construction (forages), d'installation. L'amortissement pour lui, est la constatation de la dépréciation de la valeur des éléments de l'actif (immobilisation) résultant de l'usage : du temps, de changement des techniques et de toute autre cause. L'amortissement linéaire sera appliqué pour les calculs. Il se calcule de la façon suivante :

$$A = VA \times t$$

Où  $VA$  : valeur à amortir et  $t$  est le taux de dépréciation exprimée en %

$t=100/n$  ;  $n$  est le nombre d'année d'utilisation du matériel

Les frais du personnel seront estimés à partir de la grille salariale indiciaire de la fonction publique du Burkina Faso.

#### 3.3.2.2 Coûts variables ou coûts de fonctionnement

Ces coûts représentent l'ensemble des coûts ou dépenses encourues par l'exploitant au cours du processus de production. Ils sont de deux types: les charges réelles et les charges calculées.

Les charges réelles sont les charges pour lesquelles l'exploitant a effectivement payer ou doit payer de l'argent. Elles sont constituées par la rémunération de la main d'œuvre salariale des différentes opérations culturales, du coût des semences, du fumier et des grains de Neem. Les charges calculées correspondent à la rémunération des moyens de production qui ne sont pas représentées par une sortie réelle d'argent mais qui ne sont pas pour autant gratuits. Elles



correspondent essentiellement à la main d'œuvre Familiale. Dans le site de l'ATB, cette main d'œuvre est du genre bénévolat pratiqué par les femmes.

### **3.3.2.3 Coût de revient**

Selon Zimmermann (2004), il y a une distinction à faire entre le coût de production et le coût de revient. Pour lui, le coût de production d'un bien est obtenu en additionnant le coût d'acquisition des matières consommées pour produire ce bien et les coûts attribuables directement ou indirectement, que l'on peut rattacher à ce bien pour sa production. En d'autres termes, le coût de production est le coût complet d'un bien au stade final.

Le coût de revient pour à lui correspond au coût complet d'un bien au stade final, y compris le coût de distribution, de publicité. Dans l'étude, compte tenue du fait que les feuilles doivent être transformées en poudre, il n'y a donc pas de nuances à faire entre ces deux coûts. Selon cet auteur, ce coût permet de fixer le prix de vente des produits, de calculer la valeur des moyens de production produits dans l'exploitation et d'appréhender l'approche de la rentabilité d'un produit pour calculer les conséquences de sa réalisation. Il est généralement désigné par coût de revient unitaire global (CRUG).

Il se calcul par :

$$\text{CRUG} = \frac{\text{CR} + \text{CC}}{\text{PB}}$$

Avec PB le produit brut, CR : les charges réelles et CC les charges calculées

Dans le souci de vulgariser la culture intensive de *M. oleifera* dans la commune de Dano, le coût de revient des feuilles fraîches est aussi calculé dans la réalité paysanne.

## **3.4 Analyse des données**

L'ensemble des données collectées ont été traitées grâce à deux logiciels. Le tableur Excel a servi pour la saisie des données, pour le calcul des indicateurs de performance agronomique et pour l'élaboration des tableaux. Le logiciel SPSS 16.0 a servi à réaliser les tests d'analyse de la variance (ANOVA) ; à réaliser le test de Student au seuil de 5% pour la comparaison des moyennes des échantillons issus des deux modes d'irrigation et le test de Duncan au seuil de 5% pour comparer l'effet des différents traitements au témoin (0 gramme).

## **CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION**

Ce chapitre présente les résultats obtenus de nos investigations. Il s'articule autour de deux grandes parties. La première est relative à l'évaluation des performances agronomiques de deux méthodes d'irrigation. Dans la deuxième partie nous présenterons les coûts de production et calculerons le coût de revient des feuilles fraîches de *M. oleifera*.

### **4.1 Evaluation des performances agronomiques**

#### **4.1.1 Effet de fumure d'entretien sur le rendement en feuilles fraîches**

Les résultats statistiques obtenus à partir des données sont représentés dans le tableau III.

**Tableau III: Effet des 20 niveaux de fumure de soutien sur le poids des feuilles fraîches**

Traitements	Mode d'irrigation	
	Goutte à goutte	Aspersion
Témoin (0grammes)	84 <sup>ab</sup>	77,5 <sup>a</sup>
FM 50 g	87,25 <sup>ab</sup>	85,25 <sup>a</sup>
FM 100 g	101,5 <sup>ab</sup>	173,25 <sup>a</sup>
FM 150 g	83,5 <sup>a</sup>	75 <sup>a</sup>
FM 200 g	102,5 <sup>ab</sup>	130,25 <sup>a</sup>
FM 250 g	137 <sup>ab</sup>	173,75 <sup>a</sup>
FM 300 g	100,5 <sup>ab</sup>	71 <sup>a</sup>
FM 350 g	103 <sup>ab</sup>	112 <sup>a</sup>
FM 400 g	119,75 <sup>ab</sup>	114,25 <sup>a</sup>
FM 450 g	119,5 <sup>ab</sup>	164,75 <sup>a</sup>
FM 500 g	106,5 <sup>ab</sup>	102,75 <sup>a</sup>
FM 550 g	139,25 <sup>b</sup>	106 <sup>a</sup>
FM 600 g	127,75 <sup>ab</sup>	95,5 <sup>a</sup>
FM 650 g	126,25 <sup>ab</sup>	141,25 <sup>a</sup>
FM 700 g	124,5 <sup>ab</sup>	138,25 <sup>a</sup>
FM 750 g	123 <sup>ab</sup>	113 <sup>a</sup>
FM 800 g	115 <sup>ab</sup>	148 <sup>a</sup>
FM 850 g	133,5 <sup>ab</sup>	183,5 <sup>a</sup>
FM 900 g	125,5 <sup>ab</sup>	157,5 <sup>a</sup>
FM 950 g	88 <sup>ab</sup>	125,5 <sup>a</sup>
FM 1 000 g	102 <sup>ab</sup>	73,25 <sup>a</sup>
<b>Valeur de F</b>	<b>1,218</b>	<b>0,598</b>
<b>Probabilité</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>Signification</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>

Les chiffres de la même colonne affectés de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (test de Duncan). NS : Non Significatif. FM : fumure organique.

L'analyse de variance des poids en feuilles fraîches produites aux différents traitements n'a pas pu révéler une différence significative entre les différents niveaux de la fumure d'entretien en

irrigation par aspersion. Cependant, en irrigation goutte à goutte, l'analyse montre que les traitements FM 150 g, FM 550 g diffèrent significativement du témoin FM 0 g. La date d'apport de la fumure et son état de décomposition peuvent expliquer les résultats obtenus. En effet, la fumure d'entretien a été appliquée 45 jours après semis (jas), ce qui n'a pas permis de mesurer son effet sur les rendements foliaires de *M. oleifera*.

#### 4.1.2 Mesures de quantités d'eau

Les mesures des quantités d'eau utilisées quotidiennement ont été réalisées par un compteur volumétrique. Pendant une heure d'arrosage, les quantités moyennes utilisées sont résumées dans la figure 8

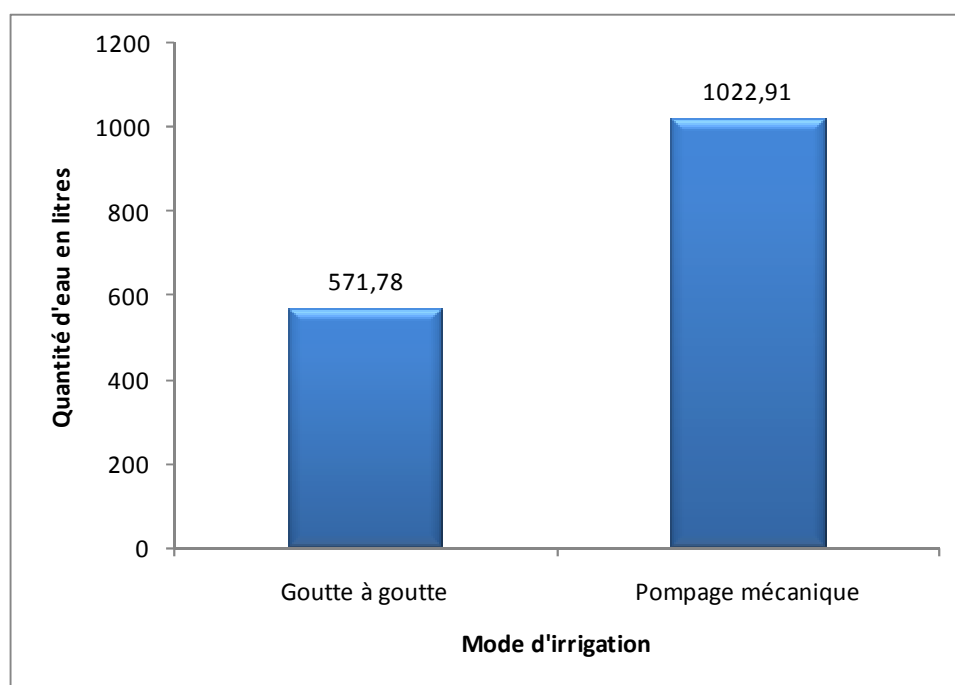


Figure 8: quantités moyennes d'eau utilisée en litres par jour pour 150 m<sup>2</sup>

L'observation de cette figure montre qu'il y a une grande différence entre les quantités d'eau utilisées par les deux méthodes. Elles sont de 571,78 litres/jour et 1022,91 litres/jour soit 0,57 m<sup>3</sup>/jour et 1,022 m<sup>3</sup>/jour respectivement pour la méthode d'irrigation goutte à goutte et par aspersion. Ces résultats montrent que le pompage mécanique utilise environ 1,79 fois plus d'eau que l'irrigation goutte à goutte et que cette dernière permet une économie d'eau de 44% par rapport à l'aspersion.

Les données obtenues sur les parcelles expérimentales peuvent être ramenées à l'hectare pour une meilleure appréciation. Nous obtenons donc 53 m<sup>3</sup>/jour/ha et 102 m<sup>3</sup>/jour/ha d'eau par

hectare et par jour, respectivement pour la méthode d'irrigation goutte à goutte et celle de pompage mécanique. L'observation de ces données suscite des interrogations sur la production de *M.oleifera* à grande échelle. Ces interrogations se posent à deux niveaux :

- la source d'eau et le système de pompage: l'eau d'irrigation utilisée dans le site provient d'un puits à grand diamètre. De profondeur comprise entre 22 et 25 m ces puits sont alimentés par une nappe phréatique dont le niveau varie considérablement en fonction des saisons ;
- le réservoir d'eau : l'eau pompée dans les puits est stockée dans les poly tanks avant de passer dans le système de distribution. La capacité de ces réservoirs est seulement de 4 m<sup>3</sup>.

L'ensemble de ces informations traduisent l'incapacité du système d'irrigation installé sur le site de l'ATB à assurer la fourniture de l'eau requise pour l'irrigation d'un hectare. Même si la superficie irrigable dépend de la capacité d'accueil du réservoir, Sijali (2001), fait remarquer que l'irrigation basse pression est faite pour de petites superficies allant de 20 à 1000 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.3 Rendements

Le rendement est la résultante entre les interactions qui se sont établies entre le sol, le climat et la plante tout au long du cycle de la culture. Les rendements en feuilles fraîches de *Moringa* obtenus sur le site pendant l'étude sont représentés par la figure 9 :

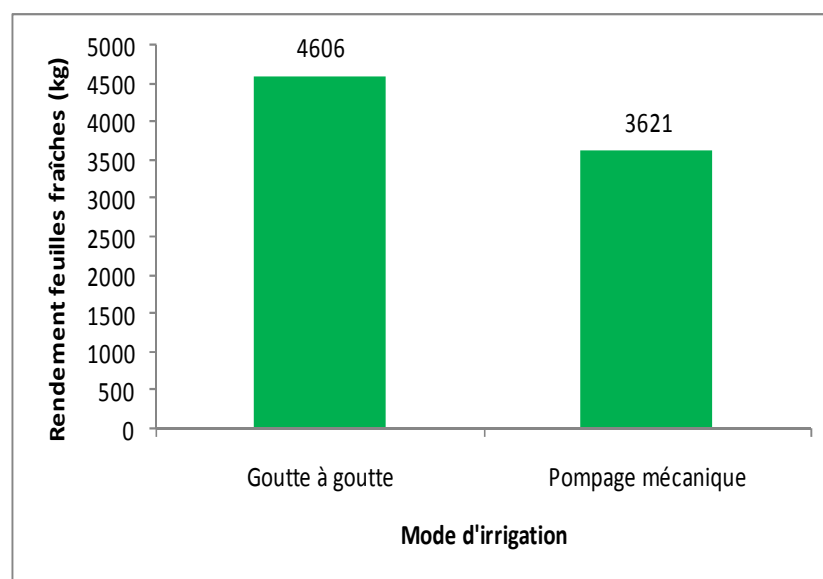


Figure 9:rendements des feuilles fraîches du premier cycle de production

L'analyse de ces résultats montre une différence entre les rendements obtenus sous les deux modes d'irrigation lors de la première coupe. Ils sont de 0,46 kg/m<sup>2</sup> et 0,36 kg/m<sup>2</sup> soit 4606 kg/ha et 3621 kg/ha respectivement pour la méthode d'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion. Pour une bonne interprétation des résultats, il est apparu nécessaire de comparer ces deux moyennes du point de vue statistique. Le test effectué est un test de comparaison de moyennes de deux échantillons indépendants. Les résultats du test sont consignés dans le tableau V

**Tableau IV: Test de Student de comparaison des moyennes des feuilles fraîches des parcelles**

	Goutte à goutte	Aspersion
Moyenne	111,67	127,73
Valeur de F		86,59
Valeur de T		2,005
Probabilité		0,046
Signification		S

S : significatif au seuil de 5%

L'analyse de variance a montré une différence significative entre les moyennes de feuilles fraîches des deux parcelles principales, au seuil de 5%. L'application du test de Student a révélé que l'irrigation goutte à goutte induit le meilleur rendement par rapport à l'aspersion.

Les différences observées entre les rendements s'expliquent par plusieurs raisons :

- Dans le cas de l'irrigation goutte à goutte l'eau apportée est localisée d'abord au niveau du poquet et ensuite dans la zone racinaire de la plante. Ce qui favorise une bonne germination des plantes et leur développement. Elattir (2005) soutient que l'apport d'eau continu et localisé en bande permet une réduction de l'évaporation, une diminution de la percolation de l'eau et atténue les effets du vent sur la culture et augmente les rendements ;
- Pour l'aspersion, nous avons observé la formation d'une croûte de battance suite aux chutes des gouttes d'eau sur les parcelles. La formation de la croûte de battance a pour corollaires la stagnation d'eau par endroit ; ce qui favorise l'infiltration de l'eau et le

développement très rapide des plantes de ces parties. L'eau s'infiltrait faiblement dans les autres parties. Ce qui explique d'une part, la non germination de certaines graines et d'autre part, la taille des plantes inférieure à celle requise pour la coupe qui est de 30 cm au dessus du sol. L'intervention pour homogénéiser la croissance des plantes a augmenté le nombre de sarclage en irrigation par aspersion.

La taille des plantes et le poids des feuilles fraîches sont très variables en irrigation par aspersion qu'en irrigation goutte à goutte. La réalisation d'une distribution des fréquences du poids des feuilles fraîches par les figures 10 et 11 permet d'élucider cette situation.

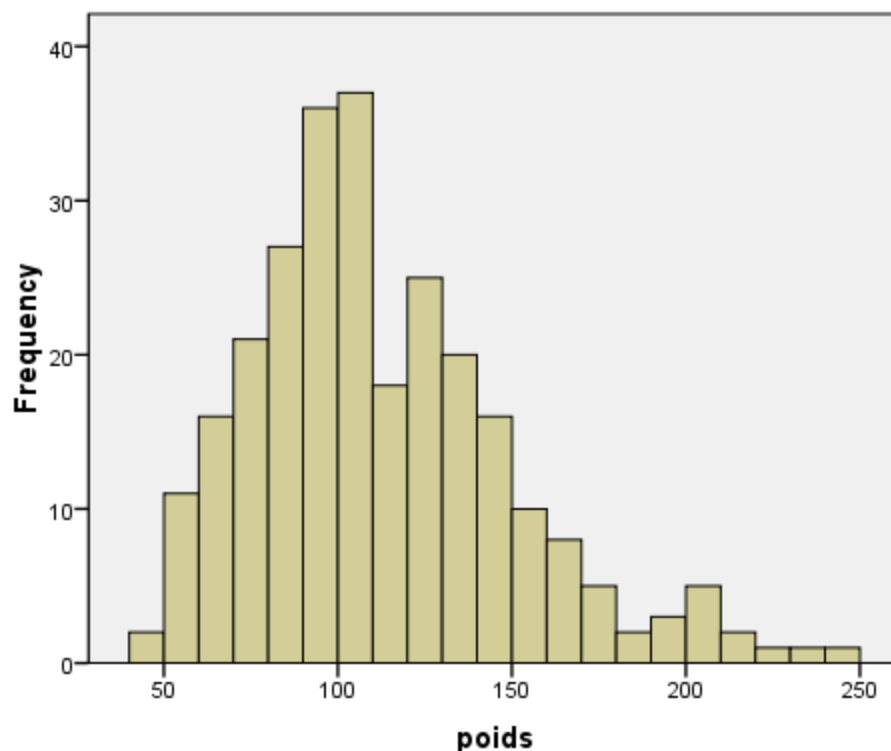


Figure 10 : fréquences de répartition des individus en irrigation goutte à goutte

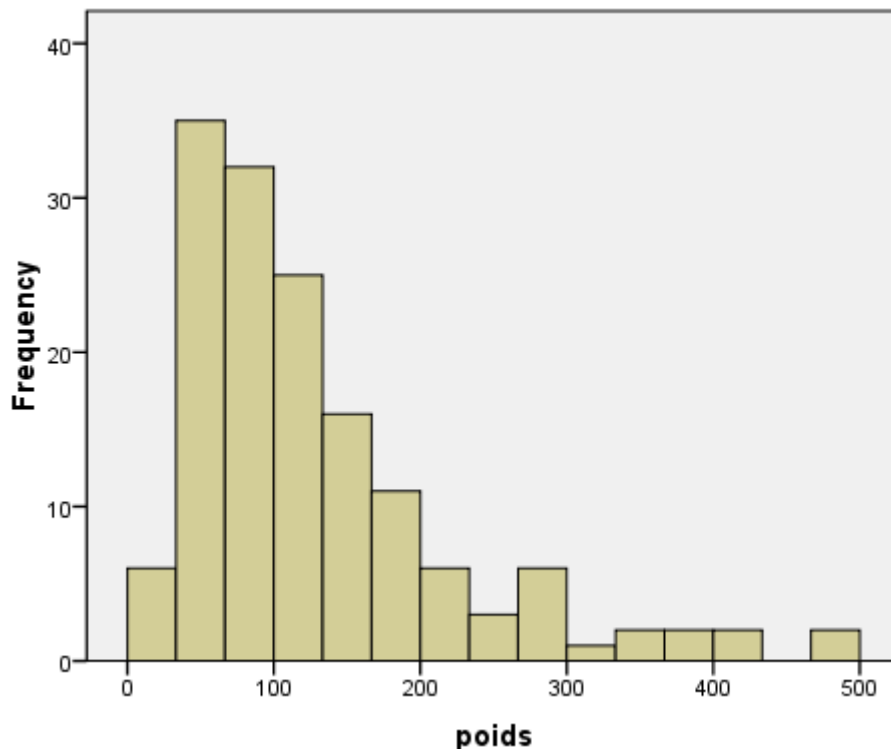


Figure 11 : fréquences de répartition des individus en irrigation par aspersion

De l'observation de ces graphiques, il ressort que les plantes issues de l'irrigation goutte à goutte ont une distribution autour de la moyenne. Par contre, pour l'irrigation par aspersion, on observe des valeurs très extrêmes qui s'éloignent de la moyenne. Ces valeurs extrêmes sont collectées sur des plantes qui ont évoluées dans les zones de stagnation permanente d'eau. Ces données indiquent aussi que le rendement obtenu avec l'irrigation goutte à goutte peut être amélioré seulement en apportant des quantités d'eau plus importantes. L'irrigation goutte à goutte étant localisée dans la zone racinaire de la plante, les données ont permis de calculer les quantités d'eau fournies quotidiennement à chaque plante. Nous obtenons une valeur de 1,44 l par plante et par jour. Cette valeur est très inférieure à celle suggérée par (Rajangam *et al.*, 2001). Pour ces auteurs, l'irrigation goutte à goutte à raison de 4 litres par jour et par plante, permet d'augmenter les rendements de *M. oleifera* de 57% par rapport aux plantations pluviales. L'étude réalisée par Olivier (2004), au nord du Sénégal illustre aussi l'effet de l'apport de quantités importantes d'eau sur le rendement en feuilles fraîches. Selon cet auteur, 108 m<sup>3</sup> d'eau sont pompés par jour par une motopompe d'un canal alimenté par un lac, pour irriguer un hectare de *M. oleifera*. Dans ce cas, 2,7 l d'eau sont apportés en moyenne à chaque plante et le rendement moyen atteint 40 tonnes de feuilles fraîches par an. L'effet de grandes quantités d'eau apportées est plus important quand on observe les résultats obtenus au Niger par Gamatié et de Saint Sauveur (2001). Ces auteurs ont montré que dans ce pays, la production



des feuilles fraîches de *M. oleifera* se fait aux abords du fleuve Niger où les parcelles sont irriguées à la raie. En moyenne, 2,912 tonnes de feuilles fraîches sont récoltées toutes les trois semaines en saison sèche. Les rendements s'évaluent alors à 47 tonnes/ha/an. Ce rendement très élevé s'explique aussi par l'utilisation de l'engrais chimique comme fertilisant et l'expérience acquise des longues années de production.

#### **4.1.4 Critères d'efficacité du système d'irrigation**

Les critères d'efficacité retenus par la présente étude sont : l'efficacité du réseau ; l'efficacité de l'eau utilisée par la plante ; le rendement agronomique global.

##### **4.1.4.1 Efficacité du réseau d'irrigation**

La meilleure efficacité du réseau est obtenue avec l'irrigation goutte à goutte, elle est de 1. Par contre, une partie de l'eau pompée pour l'aspersion est perdue lors du transport. Une autre partie plus importante que la première partie est évaporée pendant le stockage dans le bac d'eau. Celles perdues par évaporation ont été mesurées quotidiennement. Elles varient en fonction des saisons de l'année. Nous obtenons une moyenne de 300 litres d'eau évaporée par jour et par bac. L'efficacité du réseau d'irrigation est alors égale à 0,92 soit 92% (Figure 11). Le système d'irrigation goutte à goutte est donc le plus efficace.

##### **4.1.4.2 Efficacité de l'eau utilisée par les plantes**

L'efficacité de l'eau utilisée par les plantes est aussi différente pour les deux systèmes d'irrigation. Les résultats de l'étude (Figure 11) montrent qu'elle est de 83,84 kg/m<sup>3</sup> et 38,03 kg/m<sup>3</sup> de feuilles fraîches respectivement pour le système d'irrigation goutte à goutte et par aspersion. Soit 2,2 fois plus élevé avec le système goutte à goutte par rapport à l'aspersion.

##### **4.1.4.3 Rendement agronomique global**

Le rendement agronomique global traduit l'efficacité de l'eau appliquée sur la production des plantes de *M. oleifera*. Les résultats (Figure 11) montrent que le rendement agronomique global obtenu dans le cas de l'irrigation goutte à goutte est supérieur à celui de l'aspersion. Il est de 145 kg/m<sup>3</sup> et 129 kg/m<sup>3</sup> de biomasse végétale respectivement pour l'irrigation goutte à goutte et du pompage mécanique. Soit 1,12 fois plus élevé que celui de l'irrigation par pompage mécanique.

L'ensemble des critères d'efficacité de l'eau d'irrigation est représenté par la figure 12

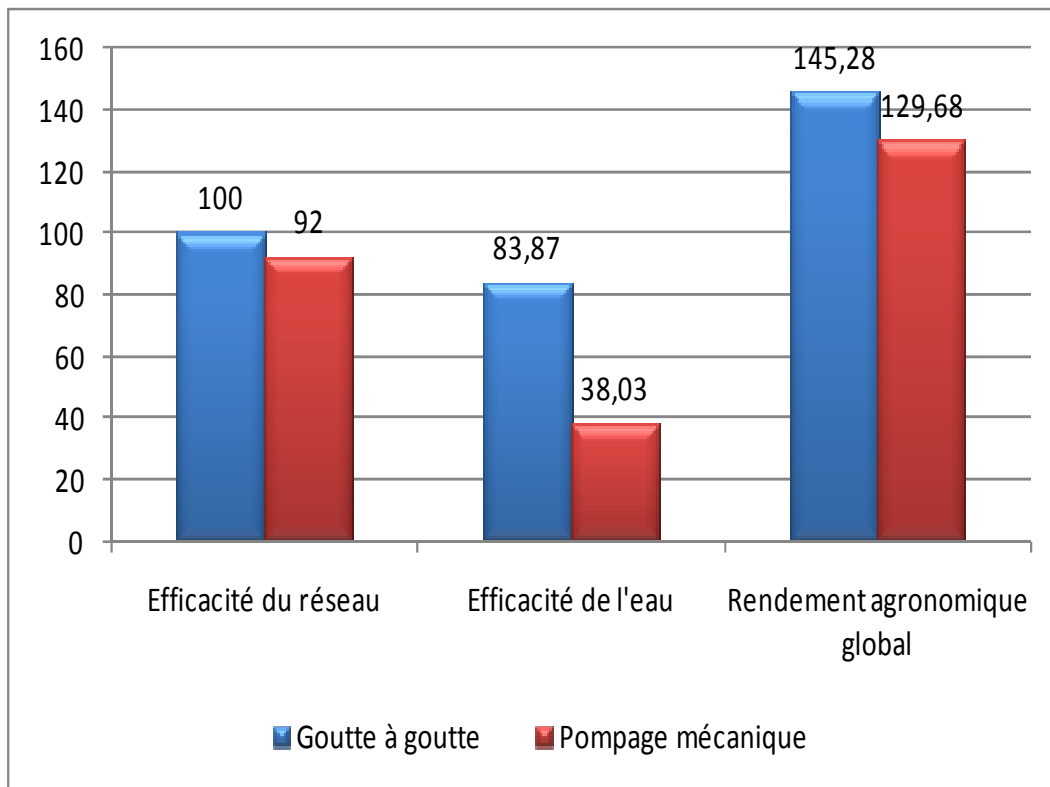


Figure 12: critères d'efficacité des systèmes d'irrigation

La figure montre que pour les critères d'efficacité de l'eau d'irrigation calculés, la méthode goutte à goutte est la meilleure. Cette performance est attribuable à son économie d'eau.

## 4.2. Coûts de production

Les coûts de production regroupent les coûts des installations ou coûts fixes et les coûts de fonctionnement ou coûts variables.

### 4.2.1. Coûts fixes

Les différents éléments qui entrent dans la détermination des coûts des installations du système d'irrigation goutte à goutte et d'aspersion sont consignés dans les tableaux V et VI

**Tableau V: Coûts des installations de 1ha pour l'irrigation goutte à goutte**

Désignation	Durée de vie	quantité	coût d'achat (F CFA)	Amortissement mensuel
Grillage	10	1	966 226	8 051,88
Aménagement du site	10	1	87 750	731,25
Labour à sec	3	1	67 500	1875
Nivellement	3	1	34 500	958,33
Préparation du site goutte à goutte	3	1	22 500	625
Construction du puits à grand diamètre	20	1	800 000	3 333,33
Aménagement du puits	15	1	665 000	3 694,44
Kit de pompage	3	1	4 500 000	125 000
Equipement goutte à goutte	5	1	5 200 000	86 666,66
Plaques solaires	15	6	1 085 714	6 031,74
Poly tanks et château	10	2	2 205 000	18 375
Support plaque solaire	25	1	48 150	160,5
Frais d'installation	5	1	425 000	7 083,33
Pulvérisateur	5	1	18 000	300
Petits matériels	5	--	32 213	536,88
Frais du personnel permanent	--	--	480 000	480 000
<b>TOTAL</b>			<b>16 637 553</b>	<b>743 423,37</b>

Source : Service de la comptabilité de la Fondation Dreyer

**Tableau VI: Coûts des installations de 1ha pour l'irrigation par aspersion**

Désignation	Durée de vie	quantité	coût d'achat (F CFA)	Amortissement mensuel
Grillage	10	1	966 226	8051,88
Aménagement du site	10	1	87 750	731,25
Labour à sec	3	1	67 500	1 875
Nivellement	3	1	34 500	958,33
Construction du puits à grand diamètre	20	1	800 000	3333,33
Aménagement du puits	15	1	665 000	3694,44
Dessert d'eau	10	1	425 000	3541,66
Kit de pompage	3	1	4 500 000	125 000
Plaques solaires	15	6	1 085 714	6031,74
Poly tanks et château	10	2	1 102 500	9 187,5
Support plaque solaire	25	1	48 150	160,5
frais d'installation	7	1	425 000	5 059,52
Pompe à pédales	10	2	99 000	825
Raccord pour arrosage	6	2	80 000	1111,11
Pulvérisateur	5	1	18 000	300
Petits matériels	5	--	32 213	536,88
Frais du personnel permanent	--	--	480 000	480 000
<b>TOTAL</b>			<b>10 916 553</b>	<b>650 398,17</b>

**Source : Service de la comptabilité de la Fondation Dreyer**

L'analyse de ces tableaux montre que les coûts d'amortissements mensuels des installations sont élevés dans l'ensemble. Les plus élevés sont observés dans le cas de l'irrigation goutte à goutte avec 743 423,37F CFA/mois contre 650 398,17F CFA/mois pour l'aspersion. Ces coûts élevés sont dus à l'acquisition de l'équipement goutte à goutte. Le système d'aspersion engendre quant à lui l'utilisation de pompes à pédales, de raccords et la construction de la desserte d'eau. Pour les besoins de calcul, nous avons ramenés ces coûts aux surfaces expérimentales de 150 m<sup>2</sup>. Ils sont alors de 11 151F CFA pour l'irrigation goutte à goutte et 9 755F CFA pour le pompage mécanique et représentent respectivement 67% et 26% du coût total de production.

#### **4.2.2. Coûts variables**

Les coûts variables sont constitués des coûts des opérations culturales et des coûts des intrants.

#### 4.2.2.1 Coûts des opérations culturales

Les coûts des opérations culturales calculés sont basés sur 2 mois de production. Les tableaux VII et VIII suivants montrent les différents éléments entrant dans la détermination des coûts des opérations culturales.

**Tableau VII: Coûts des opérations culturales pour 150 m<sup>2</sup> en goutte à goutte pour le premier cycle de production**

<i>Opérations</i>	<i>Type de main d'œuvre (MO)</i>	<i>Unité de MO (hh)</i>	<i>Nombre de MO</i>	<i>Nombre d'heure de travail</i>	<i>Coût direct (FCFA)</i>
Semis	Calculée	2,5	6	15	800
Sarclage	Calculée	1,5	2	3	500
Traitement phytosanitaire	Calculée	0,75	1	0,75	250
Désherbage manuel	Calculée	1	2	2	250
Récolte	Calculée	6	2	12	250
<b>TOTAL</b>		<b>11,75</b>	<b>13</b>	<b>32,75</b>	<b>2 050</b>

**Source : Direction technique de l'ATB**

**Tableau VIII: coût des opérations culturales pour 150 m2 en aspersion pour le premier cycle de production**

Opérations	Type de main d'œuvre (MO)	Unité de MO (hh)	Nombre de MO	Nombre d'heure de travail	Coût direct (FCFA)
Surélévation	Salariée	0,75	2	1,5	1 000
Semis	Calculée	2,5	6	15	800
Premier Sarclage	Calculée	1,5	2	3	500
Traitement phytosanitaire	Calculée	0,75	1	0,75	250
2 <sup>ème</sup> sarclage	Calculée	1,5	2	3	500
3 <sup>ème</sup> sarclage	Calculée	1,5	2	3	500
4 <sup>ème</sup> sarclage	Calculée	1,5	2	3	500
5 <sup>ème</sup> sarclage	Calculée	1,5	2	3	500
Pompage d'eau	Calculée	1	3	3	20 000
Récolte	Calculée	6	2	12	250
<b>TOTAL</b>		<b>15,5</b>	<b>20</b>	<b>41,25</b>	<b>24 800</b>

**Source : Direction technique de l'ATB**

De l'observation de ces tableaux, il ressort que la méthode d'irrigation par aspersion engendre beaucoup plus d'opérations culturales que l'irrigation goutte à goutte. Ces activités se résument à la surélévation des bordures des parcelles, au sarclage et au pompage de l'eau des bacs. Le nombre de sarclage élevé s'explique par une présence importante d'adventices, et la formation de la croûte de battance. Le sarclage permet d'améliorer la structure du sol et favoriser l'infiltration de l'eau. L'utilisation de la pompe à pédales entraîne une utilisation additionnelle de la main d'œuvre. Constituée d'au moins deux personnes, cette main d'œuvre augmente de façon considérable le coût des opérations culturales en pompage mécanique. Le coût de la main d'œuvre occupe à lui seul 84% du coût des opérations culturales. Ils représentent 12% et 64% des coûts totaux de production respectivement pour l'irrigation goutte à goutte et de pompage mécanique. Les coûts des opérations culturales varient entre le premier et les autres cycles de production. *M. oleifera* étant une plante pérenne, le semis se fait une fois pour au moins 3 années de production. Dans ce cas, le coût du pompage de l'eau des bacs passe de 20 000F CFA à 10 000F CFA et le coût des opérations culturales de 24 800F CFA à 13 000F CFA pour l'irrigation par aspersion.

Des observations faites sur le terrain, nous notons que seul le premier cycle de production des feuilles de *M. oleifera* est long et dure 2 mois. A partir du second cycle de production, une récolte est possible toutes les trois semaines en saison sèche avec irrigation selon Gamatié et

De saint sauveur (2001). Compte tenu de l'amendement organique sur les parcelles expérimentales que nous avons jugé insuffisant par rapport à ceux préconisés par la littérature, nous avons effectué la deuxième récolte 4 semaines après la première.

De l'analyse des tableaux VII et VIII, il ressort également que pour les deux modes d'irrigation, la main d'œuvre est une main d'œuvre calculée. La plupart des opérations culturales sont effectuées par les femmes (bénévoles) de l'ATB. Le coût des différentes autres opérations est calculé à partir des coûts des opérations dans le site.

#### 4.2.2.2 Coûts des intrants

Les intrants ou facteurs de production sont une composante non négligeable dans le calcul des coûts de production. Dans le tableau IX sont consignés les coûts des différents intrants utilisés pour la production de feuilles fraîches. Les mêmes quantités ont été utilisées pour les deux modes d'irrigation. Calculés pour un ha, ces coûts sont ramenés à la superficie expérimentale pour le calcul des coûts totaux de production.

**Tableau IX: coût des intrants pour 1ha**

<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Quantité</i>	<i>Coûts (F CFA)</i>
Fumure de fonds	Kg	2 750	11	30 250
Semences	Kg	18 000	12	216 000
Grains de Neem	Kg	708	3	2 124
Transformation grains de Neem	h.h	500	2	1000
<b>TOTAL</b>				<b>249 374</b>

**Source : Direction technique de l'ATB**

De l'analyse de ce tableau, il ressort que les intrants coûtent cher pour la production. Le coût des semences certifiées 18 000F CFA/kg) entraîne une augmentation du coût des intrants. Le coût des intrants représente 19% et 8% du coût total de production respectivement pour l'irrigation goutte à goutte et de pompage mécanique.

#### 4.2.2.3 Coûts totaux de production

Les coûts totaux de production des feuilles fraîches de *M. oleifera* pour le premier cycle de production sont de 16 488F CFA/150 m<sup>2</sup> et 37 842F CFA/150 m<sup>2</sup> respectivement pour le mode d'irrigation goutte à goutte et par aspersion. A partir du second cycle de production, ces coûts passent à 13 248,21F CFA/150 m<sup>2</sup> et 32 802,83F CFA/150 m<sup>2</sup> respectivement pour l'irrigation

goutte à goutte et par aspersion. Ramenés à l'hectare, ces coûts sont de 1.129.464F CFA en irrigation goutte à goutte et 2.553.105,5F CFA en irrigation par aspersion. Les détails de ces coûts sont présentés dans la figure 13 :

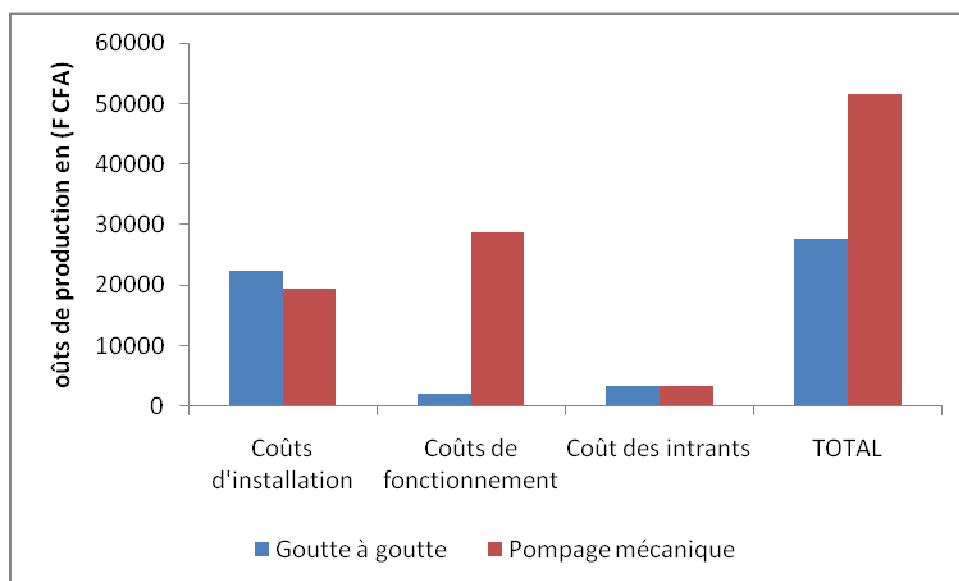


Figure 13: Coûts totaux de production des feuilles de *M. oleifera* pour 150 m<sup>2</sup>

La figure 12 indique que les coûts de production dans le cas de l'aspersion sont supérieurs à ceux de l'irrigation goutte à goutte. Cette différence s'explique par le coût des opérations culturales très élevé dans le cas de l'aspersion.

### 4.3 Calcul du coût de revient

Le calcul du coût de revient des feuilles fraîches s'est fait pour deux types de production : les conditions expérimentales et dans la réalité paysanne.

#### 4.3.1 Conditions expérimentales

Les productions obtenues et les coûts supportés sous chaque mode d'irrigation permettent de calculer les coûts de revient des feuilles fraîches de *M. oleifera*. Nous obtenons pour le premier cycle de production (première récolte) 245,20F CFA/kg pour la méthode d'irrigation goutte à goutte et 705,08F CFA/kg pour l'aspersion. La production des feuilles fraîches de *M. oleifera* avec l'aspersion coûte 2,84 fois plus chère qu'avec l'irrigation goutte à goutte. A partir du second cycle de production, la baisse du coût des opérations culturales entraîne une baisse du coût de revient des feuilles fraîches dans les deux cas. Il passe à 191,74F CFA/kg et 603,93F CFA, respectivement pour l'irrigation goutte à goutte et par aspersion.



Les feuilles de *M. oleifera* étant facilement dégradables, elles suivent très souvent dès la récolte un processus de transformation. Cela explique pourquoi la plupart des études réalisées sur les coûts de revient de *M. oleifera* se sont intéressées au coût de revient de la poudre de feuilles séchées. Une des rares études menées sur le coût de revient des feuilles fraîches a été menée par Gamatié et De saint sauveur (2001). Elles ont trouvé des coûts de revient variables en fonction des saisons de l'année. Ces coûts sont de 38F CFA/kg en saison des pluies, 75F CFA/kg en saison sèche froide et 62F CFA/kg en saison sèche et chaude avec irrigation. Nous constatons une très grande différence entre les coûts de revient des feuilles fraîches obtenus dans le cas de notre étude et ceux obtenus par ces auteurs. Cette différence s'explique par l'importance des investissements (puits grand diamètre, énergie de pompage solaire, réseau d'irrigation, système goutte à goutte) réalisés sur le site de l'ATB.

#### **4.3.2 Estimation d'une variante plus proche de la réalité paysanne traditionnelle**

Une des préoccupations de la Fondation Dreyer étant de vulgariser la production de *M. oleifera* dans la commune de Dano, il nous est apparu nécessaire d'estimer les coûts de production dans la réalité paysanne. La réalité paysanne suppose de faibles investissements. Les conditions expérimentales sont dans ce cas considérées comme une situation « idéale » pour le producteur, un questionnaire adressé à certains utilisateurs de la pompe à pédales nous a permis de mieux appréhender la réalité paysanne. 0,25ha est emblavé pour l'utilisation d'une pompe à pédales. Deux cas sont à considérer dans la réalité paysanne.

##### **4.3.2.1 Production pluviale**

Ici, le producteur décide de produire les feuilles de *M. oleifera* seulement en saison des pluies. Le coût de production dans ce cas est résumé aux coûts des opérations culturales et de l'achat des intrants. Ces coûts sont estimés à 179 270,33F CFA par ha et par an selon les tableaux VIII et IX. La production pluviale obtenue sur le site est de 4 tonnes ce qui permet de calculer les coûts de revient. Nous obtenons un coût de revient de 79F CFA /kg de feuilles fraîches. Ce coût même faible par rapport au coût obtenu en culture irriguée reste deux fois plus élevé que celui obtenu au Niger en saison pluviale par Gamatié et De saint sauveur (2001). Le coût des semences (18.000FCFA/kg pour les semences certifiées du CNSF) est un élément important qui explique le coût de revient élevé.

##### **4.3.2.2 Production irriguée**

La production irriguée suppose une source d'eau disponible et permanente pour le producteur. Des installations et investissements sont obligatoires dans ce cas. Les tableaux IX et X résument les coûts des opérations culturales et des installations.

**Tableau X: Coût fixe de production des feuilles fraîches pour 1ha**

<b>Désignation</b>	<b>Durée de vie (année)</b>	<b>Quantité</b>	<b>coût d'achat (F CFA)</b>	<b>Amortissement (F CFA /mois)</b>
Grillage	10	1	966 226	8051,88
Labour à sec	3	1	67 500	1875
Nivellement	3	1	34 500	958,33
Pompe à pédales	10	2	99 000	825
Raccord pour arrosage	6	2	80 000	1111
Pulvérisateur	5	1	18 000	300
Petits matériels	5	--	32 213	536,88
<b>TOTAL</b>			<b>1 297 439</b>	<b>13 658,09</b>

**Source : Service de la comptabilité de la Fondation Dreyer**

Les coûts totaux de production sont de 1 916 365F CFA et le coût de revient est alors de 416,06F CFA /kg de feuilles fraîches au premier cycle de production. Il passe de 416,06F à 364,88F CFA/kg dès le deuxième cycle de production.

## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'étude menée sur le site de l'ATB avait pour but de comparer la production de feuilles fraîches de *M. oleifera* selon le système d'irrigation goutte à goutte au système de pompage mécanique. Elle n'a pas pu révéler une différence significative entre vingt niveaux de fumure organique apporté à vingt pieds de *M. oleifera* choisis dans une planche expérimentale de chaque mode d'irrigation.

Elle a cependant permis de démontrer que les rendements en feuilles obtenus en irrigation goutte à goutte sont significativement supérieurs à ceux du pompage mécanique malgré le volume d'eau important prélevé par le pompage mécanique, à temps égal d'irrigation. La stagnation d'eau par endroit et la production foliaire importante enregistrée dans ces parties a permis de montrer que l'apport d'eau en irrigation goutte à goutte est insuffisant et que le rendement global peut être amélioré seulement par un apport d'eau plus important. L'étude a également montré que contrairement à nos attentes, le coût de revient des feuilles fraîches est plus élevé en aspersion qu'à l'irrigation goutte à goutte. Il est de 245,20F CFA/kg pour l'irrigation goutte à goutte contre 705,08F CFA/kg pour l'aspersion.

Ce coût baisse à partir du second cycle de production, et passe à 192F CFA/kg et à 604,3F CFA, respectivement pour l'irrigation goutte à goutte et par aspersion. La différence constatée entre les deux modes d'irrigation est due à la main d'œuvre supplémentaire employée d'abord pour le sarclage et ensuite pour le pompage de l'eau des bacs de stockage.

Dans l'ensemble, il ressort de l'étude que la méthode d'irrigation goutte à goutte a les meilleures performances agronomiques, le meilleur rendement et est le moins coûteux pour la production des feuilles fraîches de *M. oleifera*. Elle est préconisée sur le site de l'ATB.

En termes de perspectives pour une production continue et durable des feuilles fraîches de *M.oleifera*, les propositions et suggestions suivantes sont formulées à l'endroit des acteurs.

Le centre de recherche et de formation scientifique de Dano devrait à travers de nouvelles études s'attacher à :

- déterminer les besoins en eau de *M. oleifera* pour rationner l'utilisation de l'eau d'irrigation ;

- comparer la productivité de plusieurs écotypes de *M. oleifera* en provenance de diverses localités voire des variétés (cultivars) mis au point par l'ICRISAT de Niamey (PKM 1 et PKM2) ou l'autre espèce *Moringa stenopetala* ;
- analyser l'effet de la date d'application de la fumure d'entretien sur la production foliaire de *M. oleifera*.

L'ATB quant à elle devrait :

- améliorer la coordination des travaux menés par les femmes bénévoles et mieux s'organiser pour l'irrigation des plantes ;
- résoudre le problème de manque d'eau par rapport aux besoins estimés qui entrave la continuation de la production des feuilles fraîches sur le site actuel ;
- analyser la nature du sol.

La résolution du problème d'eau passe soit par la restriction de la surface à irriguer, soit par l'abandon de l'irrigation goutte à goutte basse pression à l'adoption de la haute pression. Dans ce cas une étude sur la possibilité de prélever l'eau du marigot le « Gbatziè » non loin du site doit être envisagé.

Cette résolution passerait également par une combinaison du système d'irrigation goutte à goutte et de la pompe à pédales. La pompe à pédales dans ce cas est placée en amont du système de distribution comme source de pression. Elle prélève l'eau des bacs de stockage et l'envoie dans les tubes goutteurs. Ce type de dispositif permet de valoriser la main d'œuvre et à rationaliser l'utilisation de l'eau.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**AGRITECH FASO, 2010**, Programme de développement intégré de la commune de Dano, Agritech Faso, 117p.

**AYANA M., ESHETU F., et TADELE K., 2006**, Simple and Low-Cost Drip Irrigation System: An alternative approach to raise household farm productivity consulté le 20 02 2011 sur <http://www.Iwmi.org>

**BROIN M., 2005**, Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa oleifera, CTA 5p. Disponible sur <http://www.moringanews.org> consulté le 03 08 2010

**CEAS, 2003**, l'utilisation du neem pour la protection naturelle des cultures au sahel, Centre écologique Albert Schweitzer, Ouagadougou, 32p.

**De SAINT SAUVEUR A. BROIN M., 2010**, Produire et transformer les feuilles de Moringa, imprimerie Horizon à Gémenos, 69p. In [www.anancy.net/documents/file\\_fr/moringawebFR.pdf](http://www.anancy.net/documents/file_fr/moringawebFR.pdf) consulté le 11 10 2010.

**DIOUF M., GUEYE M., FAYE B., DIEME O., LO C., GNINGUED D., BA C. O., BA T. NIANG Y., DIAO. BA M., TAMBA A. et MBAYE A. A., 1999**, Moringa oleifera Lam (ou saab saab en ouolof) un légume feuille d'avenir au Sénégal, Utilisation et stratégies de conservation, Ibadan Nigeria, 10p.

**ELATTIR, 2005**, La conduite et le pilotage de l'irrigation goutte à goutte en maraîchage, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 6p.

**FAO, 1994**, les machines élévatoires, bulletins d'irrigation et de drainage, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 14p.

**FAO, 1997**, La petite irrigation dans les zone arides : principes et option, Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau

**FAO, 1998**, Les aménagements hydro-agricoles en Afrique : situation actuelle et perspectives. Rapport sur l'eau No 5, 333 p.

**FAO, 2010**, l'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 68p.

**FOIDL N., MAKKAR H.P.S., BECKER K., 2001**, Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie, 39p. Disponible sur [www.moringanews.org/actes/foidlfr.doc](http://www.moringanews.org/actes/foidlfr.doc) consulté le 30 11 2010

**FUGLIE L.J., 2001**. Combattre la malnutrition avec le *Moringa* in L'arbre de la vie, les multiples usages du *Moringa*.CTA et CWS, Dakar, pp.119 à139.

**GADELLE F., 2002**, Petite irrigation, diffusion de la pompe à pédales, 6p. Disponible sur [www.cop-horti.net](http://www.cop-horti.net) consulté le 15 01 11

**GAMATIE M., de SAINT SAUVEUR A., 2005**, Fiche technico-économique sur les conditions de production et commercialisation de feuilles fraîches de *Moringa* au NIGER, Moringanews, 7p. In <http://www.moringanews.org/biblio.html> consulté le 06 09 2010

**GAMATIE M., 2005**, Description des filières feuilles de *Moringa* au Niger, CTA, 5p. Disponible sur <http://www.moringanews.org> consulté le 10/10 2010

**GIRAUD P.N., 2004**, initiation à l'économie, école des mines, Paris, 270p.

**INSD, 2003**, analyse des résultats de l'enquête burkinabè sur les conditions de vie des ménages, Institut national de la statistique et de la démographie, Ouagadougou, 270p.

**INSD, 2004**, Projections de la population, Institut national des statistiques et de la démographie, in <http://www.insd.bf> consulté le 02 08 2010

**INSD, 2007**, analyse des résultats de l'enquête annuelle sur les conditions de vie des ménages en 2007, Institut national des statistiques et de la démographie, 182p. In <http://www.insd.bf> consulté le 05 08 2010.

**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 le 07/07/2003 sur [www.Fao.org](http://www.Fao.org).

**KOKOU K., JOËT T., BROIN M., AIDAM A.**, Laboratoire de botanique et écologie végétale ; Faculté des Sciences, Université du Bénin disponible sur <http://www.john-libbey-eurotest.fr/fr/revues/agro-biotech> consulté le 13 01 2011.

**NDUWAYEZU, J., B., 2007**, résumé de l'exposé du Directeur général de l'IRST sur *Moringa oleifera*, 3p. Consulté sur [http:// www.irst.ac.rw/spip.php?article](http://www.irst.ac.rw/spip.php?article) le 07 06 2010

**ODEE D., 1998**, « *Moringa oléifera* Lam. », Olson, consulté le 15/09/2011 sur [www.alliance.org](http://www.alliance.org).

**OGOUDADJA D., de SAINT SAUVEUR A., 2005**, Fiche technico-économique sur les conditions de production et commercialisation de feuilles fraîches de *Moringa* au BENIN, Moringanews, 6p. In <http://www.moringanews.org/biblio.html> consulté le 06 09 2010

**OLIVIER C., 2004**, la culture intensive de *Moringa* au Nord du Sénégal, cws, Bureau régional de l'Afrique de l'Ouest, 8p.

**POUSSET J., 1999**, le *Moringa oleifera* est une plante miracle, disponible sur [ww.Essentialdrugs.org](http://www.Essentialdrugs.org). Consulté le 26 08 2010

**RAJANGAM J., AZAHAKIA M. R. S., THANGARAJ T., VIJAYAKUMAR A., MUTHUKRISHAN N., 2001**, Production et utilisation du *Moringa* en Inde : la situation actuelle, 17p. Disponible sur [Moringanews.org](http://www.moringanews.org) consulté le 02 12 2010

**ROSA D., 1993**, « *Moringa oléifera* : un arbre parfait pour les jardins à la maison » [en ligne], Forest service, Dept. Of Agriculture, U. S. A., cité le 12/11/2003 sur [www.winrock.org](http://www.winrock.org).

**SIJALI, I.V., 2001**, Drip Irrigation: Options for smallholder farmers in eastern and southern Africa. Technical Handbook No. 24. Published by Regional Land Management Unit, RELMA/Sida. Nairobi Kenya.

**SOGBO K. A., DOLIDON B., de SAINT SAUVEUR A., 2005**, Fiche technico-économique sur les conditions de production et commercialisation de feuilles fraîches de *Moringa* au TOGO, Moringanews, 6p. In <http://www.moringanews.org/biblio.html> consulté le 06 09 2010

**SOLNIK B., 1999**, Gestion financière, Connaître et pratiquer la gestion, 5<sup>ème</sup> édition, NATHAN, France, 272 p.

**SONOU M., ABRIC S., 2010**, Capitalisation d'expériences sur le développement de la petite irrigation privée pour des productions à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest. Practica fondation, 139p.

**TOURY J., GIOGI R., FAVIER J.C., SAVINA J.F., 1963**, tables de composition des aliments de l'Ouest Africain, Dakar ORANA, 55p.

**YILI T., 2006**, monographie de la commune rurale de Dano en 2005, document FICOD, 62p.

**ZACHARIE A., ZE O., SERON A., RIGOT V., KERCKHOVE M., DESGAIN S., 2007**, Les objectifs du millénaire et l'alimentation en Afrique, Étude diagnostique sur la RD Congo, le Burundi, le Rwanda, le Sénégal et le Burkina Faso, Centre national de coopération au développement, 17p.

**ZIMMERMANN A., BRÜHLMANN S. A., 2004**, *Analyse économique des activités d'une exploitation agricole par les coûts de revient*, Service romand de vulgarisation agricole, CH-1000 Lausanne 6, 7p. Disponible sur [http://www.dbcw.admin.ch/pubs/ch\\_04\\_pub\\_RSA\\_36\\_1\\_004-010\\_f.pdf](http://www.dbcw.admin.ch/pubs/ch_04_pub_RSA_36_1_004-010_f.pdf), visité le 20-11-2010



# Annexes

## **ANNEXES 1 : Exemple de fabrication de pesticide naturel pour le traitement phytosanitaire**

Dans la préparation d'un extrait de Neem pour 1ha, les étapes suivantes sont indispensables :

- ✓ Réduire en poudre 3kg de graines de Neem bien séchées ;
- ✓ Verser la poudre obtenue dans un récipient ;
- ✓ Ajouter 20 litres d'eau ;
- ✓ Fermer et mettre à l'ombre pendant 3jours ;
- ✓ Filtrer soigneusement la solution obtenue avec la poudre de Neem ;

Verser le produit obtenu dans un ULV et traiter un champ d'un hectare.

**ANNEXE 2 : Photos de certains matériels utilisés pour l'expérimentation**



Balance de mesure, N., B., MEDA, 2011



Compteur volumétrique : N., B., MEDA, 2011