

## Effet des aménagements et de la fertilisation sur le comportement du karité associé à la culture du maïs dans les parcs agroforestiers de Makandiana, Siby au Mali

Moussa Sylla<sup>1</sup>, Oumar Sénou<sup>1</sup>, Ousmane Kassambara<sup>1</sup>, Issiaka Togola<sup>2</sup>, Moussa Karembe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Délégation du Programme Ressources Forestières, Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRRA) de Sotuba (BP :262 Bamako, Mali), Institut d'Economie Rurale (IER).

<sup>2</sup>Laboratoire Biochimie Végétale, alimentaire et de Biotechnologie (LBVAB), Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali.

<sup>3</sup>Laboratoire d'Ecologie Tropicale (LET), Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali.

\*Auteur correspondant ; E-mail : nfamara2nioro@gmail.com

---

### Résumé

Le karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) est une espèce intégralement protégée par le code forestier de la République du Mali à cause du rôle socio-économique et écologique qu'il joue pour les populations rurales. Cependant, cette espèce rencontre des contraintes comme le manque de variétés performantes, l'insuffisance de promotion de la filière, l'irrégularité de la production fruitière.

La présente étude a pour objectif de contribuer à améliorer les conditions socio-économiques et environnementales des populations rurales par la promotion de l'arboriculture du karité. Elle a été menée dans la Commune Rurale de Siby situé en zone soudanienne sud au Mali. Les travaux ont porté sur la détermination de l'influence des aménagements et la fertilisation sur le comportement du karité dans les parcs agroforestiers du village de Makandiana.

Le diamètre moyen du houppier a varié significativement au seuil de 5% en fonction de l'aménagement et de la fertilisation. Par contre, les circonférences à la base (C00 m), à hauteur d'homme (C1,30 m) et la hauteur totale des karités n'ont pas varié. Par rapport à la production fruitière, seul le facteur aménagement a eu un effet hautement significatif. Cette production est de 50 kg par arbre dans les parcelles aménagées contre seulement 27kg dans les parcelles non aménagées.

La teneur relative en eau et la surface spécifique des feuilles ont varié en fonction de l'aménagement. Seul l'épaisseur des feuilles a variée en fonction de la fertilisation. Le taux de matière sèche des feuilles n'a varié ni en fonction de l'aménagement ni en fonction de la fertilisation.

Ces études similaires méritent d'être réalisées sur d'autres principales espèces agroforestières des zones soudanienne.

**Mots clés :** Aménagement, fertilisation, *Vitellaria paradoxa*, Maïs, traits fonctionnels, zone soudanienne, Mali

### Abstract

The shea tree (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) is a species that is protected by the forestry code of the Republic of Mali due to its socio-economic and ecological role for the rural populations. However, this species encounters constraints such as the lack of efficient varieties, insufficient promotion of the sector, and the irregularity of fruit production.

The objective of this study is to contribute to the improvement the socio-economic and environmental conditions of rural populations through the promotion of shea tree cultivation. It was conducted in the rural commune of Siby located in the southern Sudanian zone of Mali. The work focused on determining the influence of landscaping and fertilization on the behavior of shea trees in the agroforestry parks of Makandiana village.

The average diameter of the crown varied significantly at the 5% threshold according to the landscaping and fertilization. However, circumferences at the base (C00 m), at man's height (C1.30 m) and the total height of the shea trees did not vary. As for the fruit production, only the landscaping factor had a highly significant effect. The fruit production was 50 kg per tree in the developed plots against 27 kg in the undeveloped plots.

The water content and specific leaf area were function of landscaping. Only the leaf thickness varied with fertilization. Leaf dry matter content did not vary with either landscaping or fertilization.

Similar studies should be carried out on other major agroforestry species in the Sudanian zones.

**Keywords:** Landscaping, fertilization, *Vitellaria paradoxa*, maize, functional traits, Sudanian zone, Mali

## I. Introduction

Le karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. F.) est une espèce des parcs agroforestiers présente depuis le Sénégal oriental jusqu'en Ouganda [1]. Il joue un rôle important dans l'alimentation des populations rurales surtout en période de soudure, mais il représente surtout une source de revenu monétaire non négligeable. Le beurre de karité est utilisé par les populations rurales pour l'éclairage, l'alimentation et la pharmacopée traditionnelle, et fait en même temps l'objet d'un commerce international important, les amandes étant exportées pour ses utilisations en pharmacologie, cosmétologie, et en alimentation (confiserie). Son aire couvre 229 125 km<sup>2</sup> au Mali [2]. La consommation moyenne de beurre de karité a été estimée à 5 kg par personne et par an en zone Mali –Sud [3]. Les produits du Karité (amandes et beurre) constituent avec la gomme arabique les deux principaux produits forestiers d'exportation du Mali. Le Mali possède un potentiel très élevé de production d'amandes sèches de karité. Il est de 661 500 tonnes selon le CECI [4]. Selon Guillaume-Gentil [5], la production malienne d'amandes de *V. paradoxa* à l'an 2000 était de 85000 tonnes. La valeur ajoutée générée par ce produit au Mali est de l'ordre de 5 milliards de FCFA par an [6].

Le karité constitue ainsi une des filières unanimement reconnues comme porteuses, confortées à la fois par une demande mondiale croissante et un marché local important [7]. Les femmes constituent les principales actrices sur lesquelles repose l'ensemble de la filière karité, aussi bien du point de vue de la production des amandes que du beurre. Le ramassage des fruits, le conditionnement des amandes, la transformation en beurre et la première vente sont des activités exclusivement féminines.

Malgré son importance socio-économique, la filière des produits karité est confrontée à un certain nombre de contraintes qui s'oppose à l'augmentation de la production fruitière. Les principales contraintes sont le manque de variétés performantes (productivité élevée, forte teneur en matière grasse, résistance aux parasites, succulence de la pulpe, etc.), l'insuffisance de techniques appropriées de culture, la lenteur de la croissance, la longue période d'adolescence de l'arbre, la fructification irrégulière et l'insuffisance de promotion de la filière.

Le développement du système aérien du karité est très lent, d'où la sensibilité des jeunes plants aux rongeurs et aux feux de brousse. A 20 ans, le karité ne dépasse guère 4 à 5 m de hauteur. L'entrée en production dans les conditions naturelles ne se produit qu'après 20 ans en raison des feux de brousse et du broutage par les animaux. La pleine production n'est atteinte que vers 40-50 ans. L'irrégularité de la production fruitière constitue l'une des contraintes ayant le plus d'impact sur les revenus des productrices et des producteurs de karité.

Les populations naturelles sont fortement parasitées par les *Tapinanthus* [8]. La réduction des superficies et de la durée de la jachère, la pratique généralisée de la culture attelée dans les zones de production des amandes ont entraîné une diminution drastique de la régénération dans plusieurs terroirs [8,9,10]. La principale conséquence de cette situation est aujourd'hui le vieillissement généralisé des populations de l'espèce.

Il s'avère nécessaire d'améliorer la culture et la production de cette espèce. L'amélioration de la culture et de la production fruitière du karité nécessite entre autres la sélection et la propagation de matériel végétal performant, la mise au point d'itinéraires techniques appropriés de culture (Techniques de plantation, fertilisation, etc.), la gestion des parcs agroforestiers à Karité et la lutte contre les parasites végétaux et les insectes. Le présent projet se situe dans la cadre de la mise au point d'itinéraires techniques appropriés de culture permettant d'améliorer la croissance et la production fruitière du karité.

## II. Matériel Et Methodes

### 2.1. Site d'étude

Situé entre 12°24', de l'altitude Nord et 8°18', de longitude Ouest, Makandiana est à 56 km de Bamako. Makandiana est un village de la sous-préfecture de Siby dans le cercle de Kati et région de Koulikoro avec une superficie de km<sup>2</sup> pour une population de 1500 habitants.

### 2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué par des pieds adultes de karité dans les champs de 4 paysans collaborateurs. La culture vivrière pratiquée par les paysans collaborateurs a été le maïs variété Sotubaka.

### 2.3. Méthodologie

#### 2.3.1. Choix du village et du site expérimental

Le village de Makandiana est localisé entre 8°24' et 8°17' de la longitude Ouest et 12°16' et 12°22' de la latitude Nord. Il est limité au Nord par le village de Siby, à l'Est par le village de Kongola, au Sud par le village de Selenkegny, à l'Ouest par le village de Tabou (figure 1). Selon le RGPH (2009) le village Makandiana, comptait 108 habitants dont 57 hommes et 51 femmes.

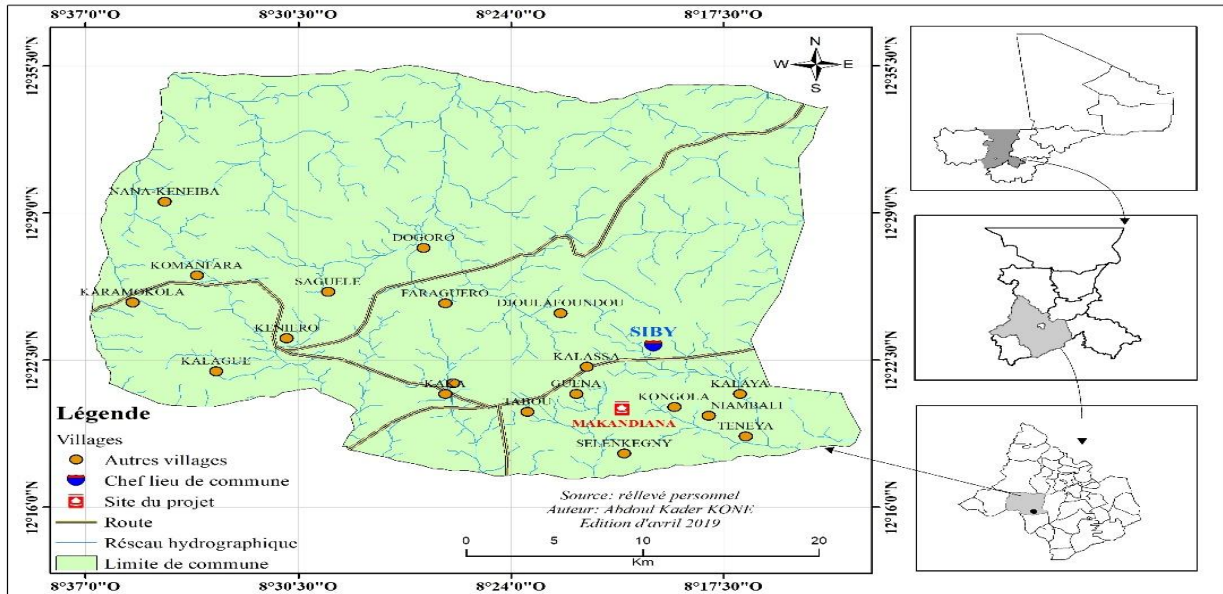


Figure 1: Localisation du village de Makandiana dans la Commune Rurale de Siby

### 2.3.2. Mise en place de l'essai localisation du site de l'essai

L'essai a été installé dans les champs des paysans collaborateurs sur une pente de 2% à environ 500 m du village (figure 2). La densité des karités est d'environ 20 à 25 arbres par hectare.

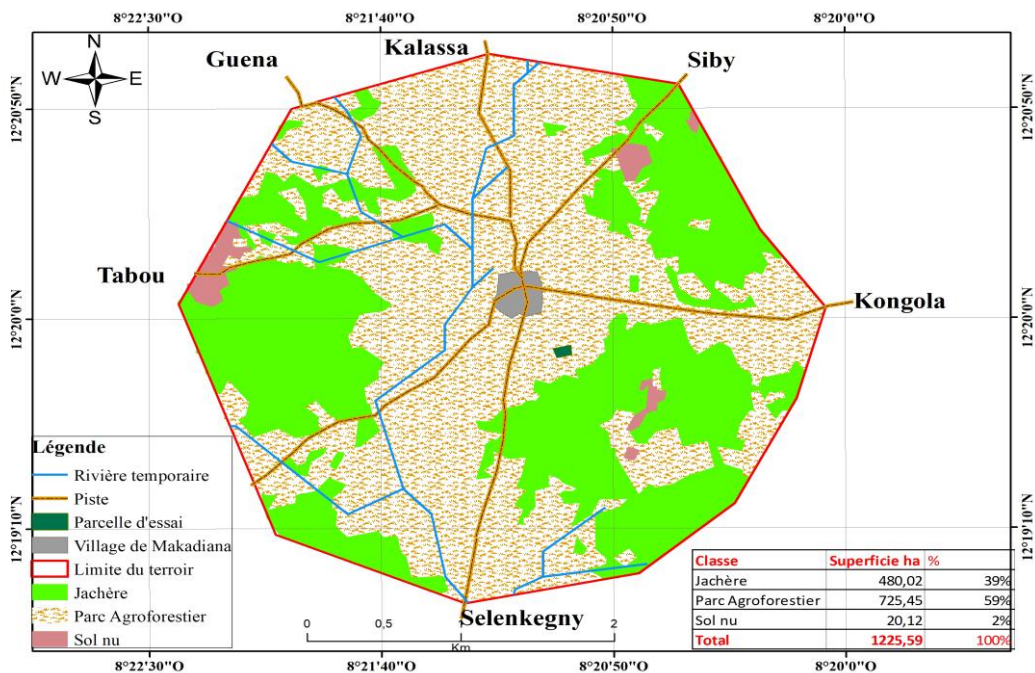


Figure 2: Carte d'occupation des terres du terroir de Makandiana

### 2.3.3. Traitements et Dispositifs expérimentaux

Il a été adopté un dispositif expérimental en bloc complet randomisé (BCR) de 4 traitements avec 4 quatre répétitions. La superficie d'une parcelle a été de 2500m<sup>2</sup> (50m X 50m) contenant 5 pieds de karité chacun soit 10 000 m<sup>2</sup> pour l'ensemble des parcelles avec 20 pieds de karité. Donc un hectare par paysans collaborateur.

- **Quatre parcelles ont été mises en place.** Il s'agit de :
  - Parcelle aménagée avec ados sur courbes de niveau (ACN) associé à la fertilisation ;
  - Parcelle aménagée avec ados sur courbe de niveau (ACN) sans fertilisation ;
  - Parcelle sans aménagement avec fertilisation;
  - Parcelle sans aménagement et sans fertilisation (Témoin).

- **Les dispositifs expérimentaux ont varié en fonction des données à collecter.**

Pour la détermination de l'influence des aménagements et de la fertilisation sur le comportement du karité (paramètres biophysiques et traits fonctionnels), il a été adopté un dispositif expérimental de bloc complet randomisés (BCR) avec quatre traitements à quatre répétitions à savoir parcelle aménagée avec ados sur courbes de niveau (ACN) associé à la fertilisation ; parcelle aménagée avec ados sur courbe de niveau (ACN) sans fertilisation ; parcelle fertilisée sans aménagement ; parcelle non aménagée et non fertilisée (Témoin) représentées chacune par 5 pieds de karité.

### **2.3.4. Détermination de l'influence des aménagements et de la fertilisation sur le comportement du karité (les paramètres biophysiques et traits fonctionnels).**

- **Les méthodes de mesure des paramètres biophysiques**

Les observations et mesures ont été réalisées sur cinq individus adultes de karité (cinq répétitions) par traitement et ont porté sur :

- les mesures de la circonférence à la base (C90 m et à C1,30 m) des arbres après la mise en place de l'essai de Janvier en Décembre 2021;
- les mesures de la hauteur des arbres après la mise en place de l'essai de Janvier en Décembre 2021;
- les mesures du diamètre Est-Ouest et Nord –Sud du houppier arbres après la mise en place de l'essai de Janvier en Décembre 2021;
- les mesures des traits fonctionnels teneur relative en eau (TRE), surface spécifique des feuilles (SSF), teneur en matière sèche des feuilles ; épaisseur des feuilles ;
- le pesage du début de la maturation jusqu'en fin chute des fruits .

- **Les méthodes de mesure des traits fonctionnels**

Le terme « traits fonctionnels » se définit comme toute caractéristique morphologique, génétique, physiologique ou phénologique, mesurable à l'échelle de l'individu, sans référence à l'environnement, et intervenant dans la valeur adaptative, ou fitness, de l'espèce [11]. Il a été proposé que la réponse d'une plante ou son effet sur la communauté végétale ou l'écosystème puisse être prédit par ses traits [12]. Ce trait est alors dit « trait fonctionnel », ou « trait biologique » ou « trait de vie », car il possède une fonction pour la plante et lui permet de s'adapter à son environnement. La combinaison de plusieurs traits fonctionnels permet de caractériser de façon plus complète le fonctionnement d'une plante et de mettre en relief les stratégies adaptatives de l'espèce [13,14].

Les traits fonctionnels qui ont fait l'objet de mesure ont été la teneur en matière sèche des feuilles, la teneur relative en eau, la surface spécifique foliaire (SSF), l'épaisseur des feuilles.

Le protocole élaboré par Paco, [15] dans le cadre du projet FunciTree (Mali-Sénégal et Nicaragua) a été adopté pour les mesures écophysologiques.

- **Surface des feuilles**

La méthode de prélèvement des rameaux pour la détermination du potentiel hydrique a été adoptée. Ainsi, la surface d'une feuille prélevée sur le rameau coupé a été déterminée après scannage à l'aide du logiciel Midebmp01. Les mesures de la surface des feuilles ont été effectuées en janvier, juin, août et décembre 2021.

Le poids frais de toutes les feuilles scannées a été déterminé. Le poids sec des feuilles a été déterminé après passage à l'étuve à la température de 70°C pendant 48h. La surface spécifique des feuilles a été obtenue en faisant le rapport de la surface des feuilles des individus ayant été scannées sur le poids sec des feuilles. La surface spécifique des feuilles a été déterminée aux mêmes moments que les mesures du scannage des feuilles.

- **Teneur des feuilles en matière sèche (Leaf Dry Mater Content LDMC)**

La teneur en matière sèche a été déterminée après avoir pesée la feuille à l'état frais puis la placer dans une enveloppe en papier et faire sécher à 72 °C pendant 48 heures dans l'étuve afin d'obtenir la masse sèche de la feuille (**masse de feuille**). La feuille séchée est ensuite pesée à l'aide de la balance électronique (précision =0,001). La **teneur en matière sèche de la feuille** (Leaf Dry mater Content LDMC) est obtenue en divisant la masse de la feuille séchée au four par son poids à l'état frais. Elle est exprimée en mg/g.

- **Teneur relative en eau (Relative Water Content, RWC)**

Les mesures ont été effectuées aux mêmes moments que les mesures de la surface spécifique des feuilles. Ainsi, une brindille sans symptômes évidents d'attaques des herbivores ou pathogènes a été prélevée par rameaux et par individu de karité afin d'effectuer la mesure de la teneur relative en eau (**Relative Water Content RWC**).

La brindille a été pesée avec une balance électronique de précision 0,001 afin d'obtenir le poids à l'état frais. Après pesée, la brindille a été placée dans un tube en PVC fermé hermétiquement avec du coton humide au fond auquel il a été ajouté de l'eau de robinet à la température ambiante jusqu'à la bordure du tube en

PVC. Le tube a été conservé à la température ambiante dans l'obscurité pendant 36 heures. Après 36 heures, les échantillons après réhydratation sont sortis de l'eau et ressuyés en enlevant légèrement l'humidité de la surface rapidement avec du papier filtre, et ils ont été pesés immédiatement afin d'obtenir la masse saturée de la feuille.

Les échantillons ont été ensuite séchés au four à 70 °C pendant 48 heures puis pesés afin de déterminer la masse sèche de la brindille.

La teneur relative en eau (**RWC**) est déterminée de la façon suivante :

$$\text{RWC (\%)} = [(\text{poids frais-masse sèche})/(\text{poids saturé- masse sèche})] \times 100$$

La teneur relative en eau a été mesurée en juin, août et en novembre 2019.

- **L'épaisseur des feuilles**

L'épaisseur d'une feuille choisie, sans défaut apparent, est mesurée en 3 points différents à l'aide d'un pied à coulisse numérique tout en évitant les nervures. Les mesures ont été effectuées aux mêmes moments que les mesures précédentes.

- **Production fruitière :**

Les fruits mûrs, tombés sous les pieds de karité ont été pesés à l'aide d'une balance. Cette activité a été réalisée matin et soir.

## 2.4. Traitement des données

Les données biophysiques des arbres du karité ont été traitées avec le logiciel *SPSS Statistic 20*. Les traits écophysiologiques des karités ont fait l'objet d'analyse de variance suivie selon le cas par une comparaison de moyenne selon le test de Student Newman Keul.

## III. Resultats

### 3.1. Influence des aménagements et de la fertilisation sur le comportement du karité

#### 3.1.1. Situation pluviométrique dans le terroir de Makandiana

Les hauteurs de pluies recueillies au cours de l'année 2021 dans le terroir de Makandiana sont représentées par le tableau 1. Il a été recueilli 1111 mm en 38 jours contre 1288 mm en 47 jours en 2020 soit une diminution de 20% par rapport à 2021.

**Tableau 1 :** Hauteurs de pluies recueillies par ans au cours des deux année 2020-2021 dans le terroir de Makandiana

2020-2021	1288 mm	47 jours
2021-2022	1111 mm	38 jours

#### 3.1.2. Influence des aménagements et de la fertilisation sur les paramètres biophysiques du karité de l'année 2021

Les résultats obtenus en 2021, par rapport à l'influence des aménagements et de la fertilisation sur les paramètres biophysiques du karité sont consignés dans le tableau 2.

**Tableau 2 :** Influence des aménagements et de la Fertilisation sur l'évolution des paramètres de croissance dans le terroir de Makandiana 2021

Aménagement	Fertilisation	C00 (m)	C1,30 (m)	HT (m)	DMH m
Aménagée	Fertilisée	2,45	1,78	13,75	22,82 b
	Non fertilisée	2,44	1,77	14,12	25,1a
Non Aménagée	Fertilisée	2,22	1,63	13,53	22,8 b
	Non fertilisée	2,39	1,62	14,34	21 c
Moyenne Générale		<b>2,38</b>	<b>1,70</b>	<b>13,94</b>	<b>22,93</b>
Aménagement probabilité Signification		0,077 NS	0,377 NS	0,616 NS	0,001 HS
Fertilisation probabilité Signification		0,927 NS	0,262 NS	0,272 NS	0,003 HS
Aménagement*Fertilisation Signification		0,989 NS	0,656 NS	0,695 NS	0,653 NS
CV%		<b>20,1</b>	<b>19,2</b>	<b>16,4</b>	<b>21,32</b>

**Légende :** **COO m** : circonférence à la base ; **C1,30 m** : circonférence à hauteur de la poitrine ; **Ht m** : hauteur total de l'arbre ; **DMH m** : diamètre moyen du houppier ; **S** : significatif ; **HS** : hautement significatif ; **HS** : non significatif ; **CV** : coefficient de variation.

L'analyse de variance de variance n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative entre interaction aménagement et la fertilisation au seuil de 5%. Par contre, elle a permis de mettre en évidence une différence hautement significative de l'aménagement et la fertilisation sur le diamètre moyen des houppiers (DMH) au cours de l'année 2021. Les plus fortes croissances du houppier ont été observées dans les parcelles

aménagées non fertilisées et aménagées fertilisées. Pour le diamètre moyen des houppiers, les karités des parcelles aménagées non fertilisées ont eu la plus forte croissance avec 25,1 m. La moyenne générale du diamètre moyen du houppier est **22,93 m** à Makandiana 2021. L'analyse de variance n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative de l'aménagement et de la fertilisation sur les circonférences (COO m, C1,30 m) et la hauteur totale des pieds de karité (Ht m) pendant la campagne 2021 dans le terroir de Makandiana (Tableau 2).

### 3.1.3. Influence de l'aménagement et de la fertilisation sur les traits fonctionnels du karité dans le terroir de Makandiana 2021

Le tableau 3 met en évidence les traits fonctionnels du karité à Makandiana en 2021.

**Tableau 3 :** Influence des aménagements et de la fertilisation sur les traits fonctionnels du karité dans le terroir de Makandiana 2021

Aménagement		Teneur en matière sèche (LDMC)%	Teneur relative en eau (RWC)%	Surface Spécifique des feuilles mm <sup>2</sup> /g	Epaisseur en mm
Aménagée	Fertilisée	37,68a	82,33 b	1,57a	0,25 a
	Non Fertilisée	38,67a	90,43a	1,52a	0,24 b
Non Aménagée	Fertilisée	37,84a	79,07 c	1,42b	0,25a
	Non Fertilisée	36,47a	83,94 b	1,47b	0,23 c
<b>Moyenne</b>		<b>37,67</b>	<b>83,94</b>	<b>1,50</b>	<b>0,240</b>
Aménagement Probabilité		0,293	0,010	0,034	0,331 NS
Signification		NS	S	S	
Fertilisation Probabilité		0,202	0,638	0,236	0,014
Signification		NS	NS	NS	S
Aménagement*Fertilisation		0,279	0,619	0,992	0,962
Probabilité Signification		NS	NS	NS	NS
<b>CV</b>		<b>28,00</b>	<b>11,08</b>	<b>38,47</b>	<b>10,92</b>

**Légende :** (LDMC)% : Teneur en matière sèche ; (RWC)% : Teneur relative en eau ; SSF/mm<sup>2</sup>/g : Surface Spécifique des feuilles ; E : Epaisseur en mm ; S : significatif ; HS : hautement significatif ; NS : non significatif ; CV : coefficient de variation

L'analyse de variance n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative au seuil 5% entre l'interaction aménagement fertilisation sur les paramètres du traits fonctionnels des pieds du karité dans le terroir de Makandiana (Tableau 3).

Les paramètres des traits fonctionnels du karité sont entre autres la teneur en matière sèche des feuilles, la teneur relative en eau, la surface Spécifique des feuilles et de Epaisseur des feuilles du karité dans le terroir de Makandiana.

L'analyse de variance n'a pas eu une influence significative au seuil de 5% de l'aménagement et de la fertilisation sur la teneur en matière sèche des feuilles (**LDMC%**) dans le terroir de Makandiana de Janvier à Novembre 2021. la production moyenne de la Teneur des feuilles en matière sèche est **37,67%** à Makandiana. Par contre elle eut une influence significative sur la teneur relative en eau des feuilles (**RWC%**). La comparaison multiple des moyennes selon le test de Student Newman-Keul a révélé trois groupes homogènes de moyennes. Les plus fortes Teneurs des feuilles en eau ont été obtenues dans les parcelles Aménagée non fertilisée avec 90,43%. La production Moyenne de la Teneur en eau des feuilles est 83,93% dans le terroir de Makandiana 2021.

L'analyse de variance a permis de mettre en évidence un effet significatif au seuil de 5% de l'aménagement sur la surface spécifique des feuilles de karité. La comparaison multiple des moyennes selon le test de Student Newman-Keul a révélé deux groupes homogènes de moyennes. Les plus grandes Surface Spécifique des feuilles de karité ont été obtenues dans les parcelles aménagées fertilisée et non fertilisée respectivement de 1,57 mm<sup>2</sup>-1,52mm<sup>2</sup>. La surface Spécifique moyenne est 1,50 mm<sup>2</sup> de Janvier en novembre dans le terroir de Makandiana 2021.

Le facteur fertilisation à elle seule a eu un effet significatif au seuil de 5% sur l'épaisseur des feuilles du karité dans le terroir de Makandiana de Janvier en novembre 2021. Les plus grandes épaisseurs des feuilles de karité ont été obtenues dans les parcelles aménagées fertilisées et non aménagées fertilisées successivement avec les valeurs 25mm- 25mm. L'épaisseur moyen est 24 mm dans le terroir de Makandiana 2021.

### 3.1.4. Influence des aménagements et de la fertilisation sur production fruitière du karité dans le terroir de Makandiana 2021

**Tableau 4 :** Influence de l'aménagement et de la fertilisation sur la production fruitière des pieds du karité dans le terroir de Makandiana 2021

Aménagement	Fertilisation	Production (kg/arbre)
Aménagée	Fertilisée	51,084 a
	Non Fertilisée	49,58 a
Non Aménagée	Fertilisée	21,09 b

	Non Fertilisée	32,71 c
Moyenne Générale		<b>38,62</b>
Aménagement : <b>Probabilité</b> <b>Signification :</b>		0,003 HS
Fertilisation : <b>Probabilité</b> <b>signification :</b>		0,459 NS
Aménagement * Fertilisation : <b>Probabilité</b> <b>Signification :</b>		0,339 NS
CV%		<b>38,5</b>

**Légende :** S significatif ; HS hautement significatif ; NS non significatif ; CV coefficient de variation

L'analyse de variance de variance n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative de l'interaction entre aménagement et la fertilisation au seuil de 5% sur la production fruitière dans le terroir de Makandiana 2021 (Tableau 4).

Aménagement a un effet hautement significatif au seuil de 5% sur la production fruitière du karité. La comparaison multiple des moyennes selon le test de Student Newman-Keul a révélé trois groupes homogènes de moyennes. Les productions fruitières les plus élevées des karités ont été obtenues dans les parcelles aménagées fertilisée et non fertilisée respectivement de 51,08 kg-49,58kg. La production moyenne est de 39,62kg. La fertilisation n'a pas eu un effet significatif sur production fruitière.

#### IV. Discussion

##### 4.1. Influence de l'aménagement et de la fertilisation sur les paramètres biophysiques du karité à Makandiana 2021

Les circonférences (C00 m, C1,30 m et Ht) n'ont pas subi de croissance perceptible au cours de l'année de janvier à novembre 2021. En revanche le diamètre moyen du houppier a subi une certaine croissance de janvier à novembre 2021. Les plus fortes croissances du houppier ont été observées dans les parcelles aménagées non fertilisée 25,1 m et aménagées fertilisé 22,82 m. les parcelles aménagées fertilisées ou non fertilisées. Les diamètres moyens ont eu la plus forte croissance avec 2,28 m. Selon Gigou et Traoré [16], les techniques de petits hydrauliques de surface permettent de réduire le ruissellement et favorisent l'infiltration des eaux de pluie dans les parcelles. Cette situation a un impact positif sur le développement des ligneux se trouvant dans ladite parcelle. L'effet de l'aménagement a contribué à augmenter significativement la production fruitière de 40kg/par arbre.

##### 4.2. Influence de l'aménagement et de la fertilisation sur quelques traits fonctionnels du karité (de Makandiana) à Makandiana 2021

L'étude des traits fonctionnels relatifs au fonctionnement hydrique des plantes a été longuement abordée sur les plantes telles que *Vigna unguiculata*, *Zea mays*, *Arachis hypogea*, etc. [17]. Sur des ligneux adultes, on peut noter les travaux effectués sur des espèces forestières sahéliennes telles que *Acacia tortilis* [18], *Boscia senegalensis*, *Acacia senegal* et *Ziziphus mauritiana* [19,20], *Tamarindus indica* [21], *Acacia nilotica*, *Acacia seyal* et *Melaleuca acacioides* [22], *Vitellaria paradoxa*, *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* [23], *Jatropha curcas* [24], *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Combretum glutinosum*, *Diospyros mespiliformis*, *Faidherbia albida*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Piliostigma reticulatum*, *Vitex doniana* [25].

##### 4.3. Teneur des feuilles en matière sèche

Le taux de matière sèche des feuilles est un critère de productivité des espèces en biomasse. Les espèces productives en biomasse ont les plus fortes teneurs en matière sèche. De même les teneurs en matière sèche des feuilles augmentent avec le stress hydrique. Le taux de matière sèche des feuilles du karité apparait élevé dans les parcelles non aménagées fertilisées/ou non que dans les parcelles aménagées fertilisées/ou non. Ce taux élevé dans les parcelles non aménagées traduit une grande capacité de stockage de matière organique des feuilles en janvier et en novembre. Selon Grime [26], les espèces à taux de matière sèche élevé se comportent comme « conservatrices ». Elles se caractérisent ainsi par une croissance lente, une longévité des organes importante et une forte capacité de stockage de nutriments. Le faible taux de matière sèche obtenu dans les parcelles aménagées correspond à la conservation des eaux de pluies, parcelle à laquelle la teneur des feuilles en eau augmente [23,25]. Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Bourou [21] sur le tamarinier, de Téssougué [25] sur le karité, le baobab et le tamarinier et de Sylla [25] sur *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Combretum glutinosum*, *Diospyros mespiliformis*, *Faidherbia albida*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Piliostigma reticulatum*, et *Vitex doniana*.

#### **4.4. Teneur relative en eau des feuilles**

A Makandiana, les plus fortes teneurs des feuilles en eau ont été obtenues dans les parcelles aménagées (2021). Les espèces qui maintiennent des teneurs relatives en eau élevées sont considérées comme étant des espèces résistantes au stress hydrique [24]. Selon la même source, la réduction de la teneur relative en eau est un signal de début de sénescence foliaire. Les parcelles aménagées semblent être plus favorables aux karités que les parcelles non aménagées. Dans ces conditions, la sénescence des feuilles débute plutôt que dans les parcelles non aménagées. Ce début de sénescence des feuilles contribue à réduire la teneur relative en eau par rapport aux karités des parcelles non aménagées.

#### **4.5. Epaisseur des feuilles**

Globalement, l'épaisseur des feuilles de karité est plus grande dans les parcelles aménagées fertilisées/et fertilisées. Les plus grandes épaisseurs des feuilles de karité ont été obtenues dans les parcelles aménagées. La plus grande épaisseur obtenue dans les parcelles aménagées correspond à la plus grande disponibilité et conservation des eaux de pluies, les parcelles auxquelles la teneur relative en eau est élevée [23]. Ces mêmes résultats ont été trouvés par Téssougué [23] sur le karité dans la Commune Rurale de Dioro (Cercle de Ségou, Mali). En effet, l'épaisseur des feuilles joue un rôle important dans le fonctionnement foliaire et dans celui des plantes. Ces caractéristiques sont reliées aux stratégies d'acquisition et d'utilisation des ressources. La quantité de lumière absorbée par une feuille et la diffusion de gaz carbonique à travers ses tissus, dépendent en grande partie de son épaisseur [27].

Les feuilles épaisses sont généralement associées à une longévité et des coûts de construction accrus (Westoby *et al.*, 2002). L'épaisseur a été ainsi utilisée comme outil pour comparer la productivité ou la performance écologique d'espèces et/ou de cultivars. Cependant, la détermination de ce paramètre n'est pas simple. La grande variabilité morphologique des feuilles, la variation de l'épaisseur sur une même feuille et l'échelle de mesure rendent difficile et longue les mesures précises de ce paramètre.

#### **4.6. Surface spécifique des feuilles**

Les surfaces spécifiques les plus élevées ont été obtenues dans les parcelles aménagées. Les plus faibles surfaces spécifiques ont été obtenues dans les parcelles non aménagées de Janvier en novembre dans le terroir de Makandiana 2021. Les faibles valeurs de la surface spécifique foliaire indiqueraient un développement limité de la surface photosynthétique suite à l'acquisition de ressources limitées dans les habitats à faible productivité [28]. Elles caractérisent les plantes dites « conservatrices » qui sont généralement des espèces de petite taille avec une longévité des organes importante et une capacité de stockage des nutriments, dont l'azote, dans les feuilles [29]. En effet les feuilles de karité vivent pendant environ 11 mois. Lebon *et al.* [30] ont montré que lors d'un déficit hydrique, la réduction de la surface foliaire est associée à une diminution de l'expansion foliaire plus qu'à une sénescence accélérée des feuilles.

## **V. Conclusion**

A titre de conclusion, il n'a pas été décelé un impact significatif de l'interaction entre l'aménagement et la fertilisation dans le terroir de Makandiana. A part la teneur relative en eau qui a varié en fonction de l'aménagement, les autres traits fonctionnels, n'ont pas varié en fonction de l'aménagement et de la fertilisation. Tous les pieds de karité situés dans les parcelles aménagées fertilisées ou non ont atteint le stade de fructification. Aucun pied de karité situé dans les parcelles non aménagées n'a atteint le stade de fructification.

## **References**

- [1]. Hall J. B., Aebischer D. P., Thomlinson H. F., Osei-Aman-Ing E., Hindle J. R., 1996. *Vitellaria paradoxa* a monograph. Bangor, Royaume-Uni, School of Agriculture and Forest Sciences, University of Wales, 105 p.
- [2]. Maïga A. Y. 1990. Etude sur la mortalité du karité Phase de Prolongation. Rapport final, Budget CCE 1984, Article 958. 83 pages.
- [3]. Bagnoud N. 1992. Aspects du rôle socio-économique des arbres dans les parcs à karité et nééré de la zone du Mali-Sud et conséquences pour l'évolution future : exemple des villages de Pourou, Guatela et N'tossoni. Travail de Diplôme. Département de Recherche sur la Forêt et sur le Bois, ETH-Zentrum, Zürich (Suisse)/Opération Aménagement et reboisement de Sikasso, Sikasso, Mali, 70p + annexes.
- [4]. CECI (Centre Canadien d'Etude et de Coopération Internationale) 1994. Etude de la filière karité. CECI Sahel - Côte d'Ivoire, Bamako, 47 pages
- [5]. Guillaume-Gentil, A. (2001). Le karité, un produit d'exception aux larges perspectives de développement. Dossier Karité. Marchés tropicaux. 385-387.
- [6]. Konaté, G. (2000). La revue et l'amélioration des données relatives aux produits forestiers au Mali. Projet GCP/INT/679/EC. Programme de partenariat CE-FAO (1998-2001).
- [7]. Bonkougou E. G. 1987, Monographie du karité, *Butyrospermum paradoxum* (Gartn, F.) Hepper, espèce agroforestière à usages multiples, IRBET / CNRST, Ouagadougou, 67p.
- [8]. Sénou O. 2000. Les peuplements de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) dans le cercle de Koutiala, au sud Mali : répartition, structure et parasitisme par les *Tapinanthus*, Mém. DEA, 84 p.



- [9]. Ouédraogo J. S., Devineau J L. 1996. Rôle des jachères dans la reconstitution du parc à karité (*Butyrospermum paradoxum* (Gaertn. F. Hepper) dans l'ouest du Burkina Faso. La jachère lieu de production. C. Floret (Ed), IRD, Dakar, pages 81-87.
- [10]. Yossi H., Coulibaly K., Senou O., Karembé M., 2002, Projet « Mise au point des technologies agroforestières appropriées », Rapport final, Communication à la Commission scientifique du Comité National de la Recherche Agricole du Mali, session de décembre 2002, IER/CRRA-Sikasso, 172 pages.
- [11]. Violle C., Navas M. L.; Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I. & Garnier E., 2007. Let Westoby M. (1998). A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil* 199 : 213-227.
- [12]. Lavorel, E., Garnier, S., Louault, F., Navas, M. L., Ansquer, P., Quétier, F., ... & Soussana, J. F. (2008). Conséquences de la déprise agricole sur la végétation : vers une approche fonctionnelle.
- [13]. Westoby M., et al. (2002). Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33 : 125-159.
- [14]. Grime J.P. (2001). *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. John Wiley and Sons, Chichester.
- [15]. Paco F. P., 2010. Protocole de mesure des caractéristiques liées à la tolérance à la sécheresse, version française, Document de travail du Projet FunciTree, 14 pages.
- [16]. Gigou J., Traoré K. 1995. Compte rendu de mission de visite des tests de courbes de niveau. Programme régional pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre, Programme conjoint Sorgho, ICRISAT-CIRAD, 10 pages.
- [17]. Falalou, H 2006. Paramètres physiologiques, biochimiques et agronomiques pertinent pour les programmes d'amélioration de l'adaptation du Niébé (*Vigna unguiculata* L. WALP) au déficit hydrique. Thèse de doctorat, université de Ouagadougou, Burkina-Faso 172p.
- [18]. Diouf M., (2003). Caractéristiques fondamentales de la feuillaison d'une espèce ligneuse sahélienne : *Acacia tortilis* (Forsk) Hayne. Variations selon les microsites topographiques au Ferlo (Nord-Sénégal). 2003, Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, UCAD, FST, Dakar, Sénégal, 104p.
- [19]. Kizito F., Sène M., Dragila M., Lufafa A., Diedhiou I., Dossa E., Cuenca R., Selker J. & Dick R. 2007. Soil water balance of annual crop-native shrub systems in Senegal's Peanut Basin : The missing link, *Agricultural water management*, 90 : 137-148.
- [20]. Lufafa A., Bolte J., Wright D., Khouma M., Diedhiou I., Dick R. P., Kizito F., Dossa E. & Noller J. S. 2008. Regional carbon stocks and dynamics in native woody shrub communities of Senegal's Peanut Basin. *Agriculture ecosystem & environment*, 128 (12) : 1-11.
- [21]. Bourou S., 2008 *Ecophysiologie du Tamarinier* Thèse de Doctorat 195p, Université Cheick Anta Diop Dakar, Sénégal.
- [22]. N'Diaye A. 2011. Etude de la dynamique et des traits fonctionnels de trois espèces ligneuses en milieu salé : *Acacia nilotica* subsp *adansonii* (Guil. Et Perr.) Brenan, *Acacia seyal* Del. et *Melaleuca acacioides* F. Muell. Mémoire de Master présenté et soutenu publiquement le 10 Août 2011 pour l'obtention du Master Foresterie, Environnement et Gestion Durable des Ressources Naturelles, Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- [23]. Tessougué E. 2013. Contribution à l'étude de quelques traits fonctionnels et écologiques d'espèces ligneuses à usages multiples dans les communes rurales de Dioro et de Farakou Massa dans la Région de Ségou (Mali) : Cas de *Adansonia digitata*, *Vitellaria paradoxa* et *Tamarindus indica*. Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme de DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Option : Ecologie végétale, USTTB, Mali.
- [24]. Ly O. M. 2015. Physiologie de la germination des graines et traits fonctionnels de plants de *Jatropha curcas* l. introduits en milieux salés. Thèse de doctorat, Spécialité : Ecologie et Agroforesterie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar (Sénégal), 140 pages.
- [25]. Sylla M. 2017. Contribution à l'étude de quelques traits fonctionnels d'espèces ligneuses à usages multiples dans les Communes Rurales de Dioro et de Farakou Massa/ Région de Ségou, Mali., Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences (Msc) Sciences Biologiques Appliquées, Option : Ecologie végétale, USTTB, Mali.
- [26]. Grime J.P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley and Sons, Bath, UK.
- [27]. Kazakou E. 2006 Vie, mort et décomposition des feuilles d'espèces de succession secondaire méditerranéenne : vers une intégration de la gestion des éléments minéraux par les végétaux, Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Montpellier II, Discipline : Biologie des Populations & Écologie Formation Doctorale : Biologie de l'Évolution & Écologie, École Doctorale : Biologie Intégrative.
- [28]. Aerts R. & Chapin F.S. (2000) The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. In: *Advances in Ecological Research*, Vol. 30, pp. 1-67.
- [29]. Grime J.P. (2001). *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. John Wiley and Sons, Chichester.
- [30]. Lebon, E. 2014 Simonneau, T., Ollat, N., Pellegrino, A.,). Contrôle de l'état hydrique dans la plante et réponses physiologiques de la vigne à la contrainte hydrique. *Innovations Agronomiques*, 38, 13-32.

Moussa Sylla, et. al. "Effet des aménagements et de la fertilisation sur le comportement du karité associé à la culture du maïs dans les parcs agroforestiers de Makandiana, Siby au Mali." *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 16(06), (2022): pp 32-40.