

L'amélioration de la productivité de jujubier (*Ziziphus mauritiana* Lam.) domestiqué à travers l'application combinée de l'irrigation et de la fumure organique dans la zone sahélienne du Mali

Yacouba Aliou^{1*}, Ali Ibrahim², Dov Pasternak³, Mohamed Sidra Maïga¹, Youssouf Konaté⁴

Résumé

Afin d'améliorer la productivité de jujubier au Sahel, une étude a été conduite au Mali pour explorer l'effet combiné d'apport de la fertilisation organique (fumier) et d'irrigation sur le rendement et les caractéristiques des fruits de six porte-greffe de jujubier domestiqué. Les essais ont été conduits sur un dispositif factoriel avec trois répétitions. Les rendements en fruits ont significativement varié selon le porte-greffe entre 256 kg ha⁻¹ à 378 kg ha⁻¹ avec le rendement le plus élevé obtenu au niveau de *Ziziphus mauritiana* (Gossi). L'apport de la fumure organique et d'eau ont significativement amélioré les rendements en fruits. L'apport de l'eau a entraîné une augmentation de la production fruitière de 35% comparée à la production sans apport d'eau. Aussi, l'application de 2, 4 et 8 kg de fumier par trou de plantation a augmenté respectivement les rendements de 57, 76 et 111% comparé à la production fruitière sans l'apport de fumier. La combinaison de porte-greffe et régime d'irrigation couplé à l'application de la fumure organique a induit un effet synergétique sur les rendements en fruits. Il a été conclu que l'application combinée de la fumure organique et de l'irrigation est une pratique adéquate permettant d'améliorer significativement la production fruitière de jujubier domestiqué au Sahel.

Mots clés : Jujubier domestiqué, pomme du Sahel, Porte-greffe, fumure organique, irrigation

Abstract

Improving the productivity of domesticated jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) through combined application of irrigation and organic amendment in the Sahelian zone of Mali

In order to improve jujube productivity in the Sahel, a study was conducted in Mali to explore the combined effect of organic fertilization (manure) and irrigation on yields and fruit characteristics of six domesticated *Ziziphus* rootstocks. The experiments were conducted using a factorial design with three replications. Fruit yields varied significantly among rootstocks from 256 kg ha⁻¹ to 378 kg ha⁻¹ with the highest yield been recorded with *Ziziphus mauritiana* (Gossi). The addition of manure and water significantly improved fruit yields. The contribution of water led to an increase in fruit production of 35% compared to production without water supply. Application of 2, 4 and 8 kg of manure per planting hole increased yields by 57%, 76%, and 111%, respectively compared to fruit production without organic manure input. The combination of rootstock and irrigation regime coupled with the application of organic manure markedly increased fruit yields. It was concluded that the combined application of organic manure and irrigation is an appropriate management practice to significantly improve the domesticated jujube fruit production in the Sahel.

Keywords: domesticated jujube, pomme du Sahel, rootstocks, organic manure, irrigation

¹Faculté des Sciences et Techniques/Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako. Cel. +223 79 03 59 23. Email : aliouyacouba@gmail.com

²Office Chérifien de Phosphates (OCP Africa), Cotonou, Bénin. Email: ibabaye@gmail.com

³International Adviser Drylands Agriculture, 16/12 Harav Goren St. Rishon Letzion 75753, Israel

⁴Centre de Recherche Agronomique de Cinzana

Cet article est dédié au Professeur Dov Pasternak initialement Chercheur principal à l'CRISAT Niamey décédé avant la publication de cet article. Prof. Dov, est le superviseur de la thèse du premier auteur et aussi l'un des pionniers dans la dissémination des pommes du Sahel dans les pays sahéliens.

INTRODUCTION

Le jujubier (*Ziziphus mauritiana* Lam), est un arbuste généralement cultivé dans les régions sèches d'Afrique et d'Asie du Sud (Pasternak *et al.*, 2009). En Afrique, les fruits du *Z. mauritiana* sauvage sont comestibles, mais ils sont petits et par conséquent, leur valeur économique est faible. *Ziziphus mauritiana* a été domestiqué en Inde où des nombreuses variétés ont été développées (Vashishtha and Pareek, 1989). En Inde, l'arbuste est greffé sur des porte-greffes vigoureux tels que *Ziziphus rotundifolia* (Lal and Dhaka, 2007).

Afin d'améliorer la production fruitière du *Z. mauritiana* au Sahel, des variétés exotiques d'origines indienne et israélienne, produisant de meilleurs rendements en fruits que les variétés locales, ont été testées dans certains pays sahéliens y compris le Mali et le Niger (Pasternak *et al.*,

2016). Ces variétés exotiques appelées "pomme du Sahel" à haut rendement et à fort potentiel économique, produisent des fruits plus gros que ceux des variétés locales et ont un goût agréable, proche de la pomme. Les fruits de pomme du Sahel sont très nutritifs et contiennent environ quinze fois plus de fer et de vitamine C que les pommes, dix fois plus de β-carotène, quatre fois plus de calcium et double la teneur en phosphore (Pasternak *et al.*, 2016). *Ziziphus mauritiana* Lam domestiqué peut produire des fruits dès la première année de plantation à partir de plants greffés, cependant, une production beaucoup plus significative commence à partir de la cinquième ou sixième année mais la productivité maximale est atteinte à 10 ans et peut se poursuivre jusqu'à près de 40 ans (Ganaba *et al.*, 2007).

Le jujubier domestiqué ou *pomme du Sahel*, est particulier

de par sa capacité à se développer sur plusieurs types de sol. Il peut se développer avec succès même dans des conditions climatiques défavorables. Tout de même, le jujubier préfère un climat plus sec pour une bonne qualité des fruits, mais il peut aussi bien se développer dans les zones tropicales et subtropicales du pays. Le jujubier, est tolérant à la sécheresse. Les zones qui reçoivent des précipitations annuelles de 400 à 650 mm sont idéales pour une meilleure production de cet arbuste. Il peut résister à des températures extrêmement élevées (Grice, 1997; Anonymous, 2002).

Au Mali, la production de pomme du Sahel est essentiellement pratiquée dans la région de Ségou. Même si, les statistiques sur la production fruitière de cet arbuste restent encore limitées au Mali, il est à noter que près de 1056 tonnes de fruits ont été quantifiées pour une superficie de plus de 200 hectares (Annuaire statistique, 2014). Aussi, la pomme du Sahel demeure une source substantielle de revenu pour les petits producteurs au Mali. Récemment, Aliou (2017), a rapporté un apport économique de près de 78.000 Fcfa par producteur de pomme du Sahel dans la commune rurale de Saminé au Mali avec l'entretien exceptionnel d'un seul arbre fruitier dans sa cour.

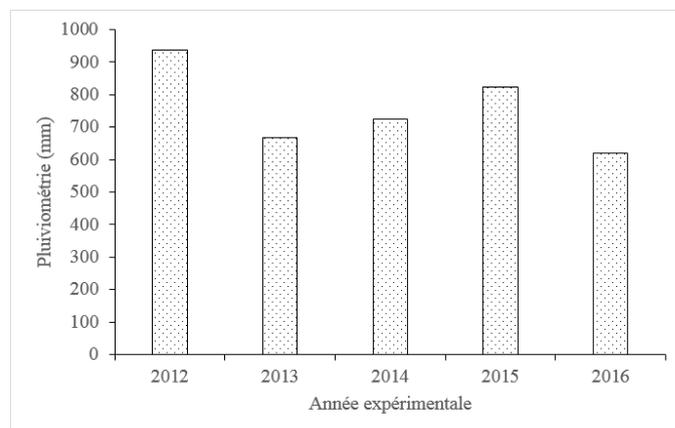
La production des *pommes du Sahel* dans les régions sahéliennes est généralement pratiquée mais les rendements sont encore faibles. Par exemple, en Inde des rendements moyens allant de 7 à 15 kg par arbuste âgé de 3 ans ont été reportés (Mishra *et al.*, 2011) alors qu'au Sahel ces rendements varient entre 2 à 5 kg par arbuste (Ganaba *et al.*, 2007). La raison principale pour cette faible productivité est attribuable à une mauvaise gestion agronomique. La pomme du Sahel produit des fruits continuellement pendant une longue période. Elle a donc besoin de nutriments appropriés pour une alimentation régulière à la phase végétative et reproductrice. Les sols au Sahel sont généralement pauvres et s'épuisent rapidement suite à la mise en production sans réapprovisionnement (Bationo *et al.*, 2003). En Inde, il est bien documenté que la croissance et le rendement de *Z. mauritiana* domestiqué sont fortement influencés par une large gamme de nutriments. Ainsi, le rôle des éléments nutritifs soit seul soit en combinaison avec l'apport d'eau a été bien établi dans de nombreuses cultures fruitières autre que celle de jujubier (Mishra *et al.*, 2011; Katiyar *et al.*, 2012). Bien que les études sur la fertilisation de jujubier soient très pertinentes pour une amélioration de sa productivité au Sahel, elles restent encore limitées. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet combiné de différentes doses de fumier avec et sans apport d'eau d'irrigation sur le rendement et les caractéristiques des fruits de six porte-greffe de jujubier domestiqué.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site expérimental

Les essais ont été conduits sur la Station de Recherche Agronomique de Cinzana (région de Ségou du Mali (longitude 5°57'W, latitude 13°15'N et à une altitude d'environ 280 m) de 2012 à 2016. La Station de Recherche Agronomique de Cinzana est située dans la zone soudano-sahélienne avec une température journalière minimum et maximum de 18 °C et 40 °C, respectivement. La saison pluvieuse s'étend de Juin à Octobre avec une pluviométrie annuelle de 600

à 1000 mm. La majorité des pluies tombent entre Juillet et Août. Il existe une grande variabilité entre les pluviométries enregistrées pendant les cinq dernières années (Figure 1). La pluviométrie la plus élevée (936,9 mm) a été enregistrée en 2012 et la pluviométrie relativement faible a été enregistrée en 2016 (Figure 1). Le sol du site expérimental est de type sols ferrugineux tropicaux lessivés à pseudogley (Keita *et al.*, 1981). L'analyse physico-chimique du sol effectuée avec l'installation des essais dénote un sol acide à texture limono-sableux avec une faible teneur en matière organique (Tableau 1).



2.2. Dispositif expérimental et gestion des parcelles expérimentales

Les essais ont été conduits suivant un dispositif factoriel arrangé en bloc randomisé complet avec trois répétitions. Les facteurs utilisés comprenaient : (i) Six porte-greffes de jujubier à savoir : *Ziziphus mauritiana* (Cinzana), *Ziziphus mauritiana* (Gossi), *Ziziphus mauritiana* (Nara), *Ziziphus mauritiana* (Samanko), *Ziziphus spina-christi* (Maradi) et *Ziziphus rotundifolia*, (ii) deux régimes d'irrigation (avec apport et sans apport d'eau) et (iii) quatre doses de fumier (0, 2, 4 et 8 kg/trou). Les détails sur les six porte-greffes de *Ziziphus mauritiana* utilisés sont présentés dans le Tableau 2. Chaque traitement consistait à une combinaison de : Porte greffe x régime d'irrigation x dose de fumier. Au total $6 \times 2 \times 4 = 48$ traitements. Chaque parcelle recevant un traitement occupait une superficie de 6 m x 6 m soit 36 m². Etant donné que l'écartement entre les plants de *Ziziphus* est de 6 m x 6 m, chaque traitement comprenait un total de 6 plants soit 277 arbres par hectare.

La parcelle expérimentale a été préparée avant de recevoir les plants issus de la pépinière. Le piquetage de la parcelle d'expérimentation et la trouaison ont été effectués en Avril-Mai 2012. Les trous de 40 cm de profondeur ont été réalisés sur un écartement de 6 m x 6 m dans chaque parcelle élémentaire.

L'apport des doses de fumure organique a été effectué après la trouaison, un mois avant les opérations de plantation des plants. La fumure organique apportée a été collectée dans une ferme composée essentiellement des bovins à Cinzana. Il est à noter que les caractéristiques chimiques de la fumure organique utilisée n'ont été déterminées. En ce qui concerne les traitements avec irrigation, les arbustes ont été arrosés manuellement avec un arrosoir avec les quantités d'eau variant suivant de la période de l'année. En effet, pour la période Novembre-Février (saison non chaude), l'arrosage a été fait en raison de 10 litres/arbuste/semaine. Pour la période chaude (Mars-Mai), l'eau a été apportée en raison de 20 litres /arbuste/semaine.

Tableau 1. Quelques paramètres physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale

Site avec irrigation			
Paramètres	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Sable (%)	67,0	93,0	77,0
Limon (%)	26,0	2,0	21,0
Argile (%)	7,0	5,0	2,0
pH eau (1:2.5)	5,1	5,2	5,2
Carbone organique (%)	0,53	0,47	5,2
P assimilable (mg/kg)	13,9	2,77	0,29
Site sans irrigation			
Paramètres	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Sable (%)	75,0	74,0	79,0
Limon (%)	23,0	25,0	19,0
Argile (%)	2,0	2,0	2,0
pH eau (1:2.5)	5,2	5,2	5,3
Carbone organique (%)	0,42	0,55	0,29
P assimilable (mg/kg)	11,78	2,08	1,73

Espèces de Ziziphus	Provenances des espèces	Pluviométrie	
		moyenne annuelle (mm)	Coordonnées
1 <i>Ziziphus mauritiana</i>	Cinzana	690	13°15'0" N et 5°58'0" W
2 <i>Ziziphus mauritiana</i>	Gossi	330	15°49'22" N et 1°17'50" W
3 <i>Ziziphus spina-christi</i>	Maradi	492	13°30'0" N et 7°6'6" E
4 <i>Ziziphus mauritiana</i>	Nara	450	15°7'40" N et 7°11'17" W
5 <i>Ziziphus rotundifolia</i>	Sadoré	560	13°13'60" N et 2°16'60" E
6 <i>Ziziphus mauritiana</i>	Samanko	824	12°32'1" N et 8°5'3" W

Tableau 2. Les espèces de *Ziziphus* et leurs provenances

greffage ont été régulièrement éliminés. La parcelle expérimentale a été régulièrement désherbée afin de contrôler la végétation adventice. Pour prévenir les dégâts des insectes sur les fruits, une pulvérisation de Decis EC 12.5 (deltaméthrine) a été faite pendant le stade reproductif et répétée à des intervalles réguliers d'une semaine jusqu'à la récolte.

2.3. Collecte des données

L'évaluation de la production fruitière a été faite lors de la récolte de 2014–2015 (quatrième année après plantation) et 2015–2016 (cinquième année après plantation). Les variables mesurées ont été le poids total des fruits récoltés par arbre et les caractéristiques du fruit à savoir la longueur et le diamètre. Un échantillon de 10 fruits par traitement a été pris au hasard pour mesurer la longueur et le diamètre de fruit. Les rendements de fruits à l'hectare ont été évalués en multipliant les poids de fruits obtenus par arbre par le nombre total d'arbres par hectare.

2.4. Analyse statistique de données

Après avoir vérifié la distribution normale des résiduelles et l'homogénéité de la variance, les données recueillies ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel Genstat 9^e Edition. L'analyse de variance a été faite en utilisant l'option *General analysis of variance*. Le modèle de l'ANOVA utilisé est : *Espèce* Régime d'irrigation* Fumure organique*. Il est important de signaler que pour la présentation de résultats, l'accent a été mis sur les résultats dont les interactions entre les facteurs étudiés ont été significatives. En absence des interactions significatives, les effets spécifiques de facteurs considérés dans cette étude ont été présentés. Partout où les effets spécifiques ont été significatifs, les moyennes sont séparées en utilisant la plus petite différence significative (ppds) au niveau de la probabilité de 5%.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effets des traitements sur la production des fruits

Les rendements en fruits ont significativement varié ($P < 0,001$) en fonction de l'année de production (Tableau 3). En moyenne, le rendement en fruits enregistré en 2015 correspondait presque au triple de celui obtenu en 2016. La différence des rendements observée entre les deux années de production pourrait être attribuée à la pluviométrie qui était relativement élevée en 2015 (822.3 mm de pluies enregistrés contre 620 mm de pluies obtenus en 2016) qui a créé les conditions d'une mise à fleurs et d'une fructification abondantes pendant cette année de production. Une étude conduite par Ibrahim *et al.* (2015) au Niger a aussi montré une grande fluctuation de la production fruitière des pommes du Sahel avec la variation de la pluviométrie. Ces auteurs ont observé que pour chaque augmentation de 100 mm de pluie annuelle supérieure à 400 mm par an, il y avait une augmentation d'environ 2500 kg ha⁻¹ de rendement en fruits.

Aussi, le faible rendement enregistré en 2016 pourrait être expliqué par une présence exceptionnelle des insectes floricoles de la famille de *Lycidea* qui malgré les traitements insecticide imposés, ont entraîné des dégâts considérables sur

Le greffage en fente de tous les porte-greffes a été fait avec la variété Mgharoon qui est une variété résistante à la mouche du fruit et qui a une teneur en sucre relativement élevée (Pasternak *et al.*, 2016). Cette variété provient de l'ICRISAT de Sadoré (Niger), elle est introduite par IPALAC (Programme international pour les cultures arides) au Sahel.

Les plants ont été taillés chaque année pendant le mois de Mai. Ils ont été tuteurés avec des piquets de bois et les rejets ou gourmands situés en dessous de la zone de

les fleurs et par conséquent sur la production fruitière.

Les rendements en fruits ont significativement ($P < 0,001$) varié selon le porte-greffe (Tableau 3). Le rendement moyen (pour les deux années) en fruits le plus élevé (378 kg/ha) a été enregistré au niveau du porte-greffe *Ziziphus mauritiana* (Gossi) mais ce rendement n'est pas significativement différent de celui enregistré avec *Ziziphus mauritiana* (Samanko) (Tableau 4).

Tableau 3. Résumé de l'analyse de variance sur le Rendement en fruits

Source de variation	d.d.l.	Variance	Probabilité
Année (A)	1	470,72	< 0,001
Espèce (E)	5	5,69	< 0,001
Irrigation (I)	1	30,38	< 0,001
Dose de fumier (F)	3	28,35	< 0,001
A x E	5	9,43	< 0,001
A x I	1	6,52	0,011
E x I	5	6,78	< 0,001
A x F	3	34,95	< 0,001
E x F	15	6,83	< 0,001
I x F	3	10,86	< 0,001
A x E x I	5	1,07	0,375
A x E x F	15	3,36	< 0,001
A x I x F	3	2,25	0,422
E x I x F	15	5,47	< 0,001
A x E x I x F	15	4,14	0,082

d.d.l. = degré de liberté

Tableau 4. Effets de différents facteurs sur rendements en fruits

Facteurs	Niveaux de traitement	Rendement en fruits (kg/ha)
Année	2015	509 ^a
	2016	131 ^b
Espèce	<i>Ziziphus spina-christi</i> (Maradi)	315 ^b
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Samanko)	377 ^a
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Cinzana)	321 ^{ab}
	<i>Ziziphus rotundifolia</i> (Sadoré)	256 ^b
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Gossi)	378 ^a
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Nara)	273 ^b
Irrigation	Non	272 ^b
	Oui	368 ^a
Dose de fumier	0	199 ^c
	2	312 ^b
	4	350 ^b
	8	420 ^a
Plus petite différence significative (ppds) pour:		
Année		34
Espèce		59
Irrigation		34
Dose de fumier		48

La production fruitière, la plus faible a été documentée avec *Ziziphus rotundifolia* (Sadoré) avec un rendement en fruit de 256 kg/ha (Tableau 4). Il est à noter que, les rendements obtenus dans la présente étude sont généralement faibles comparés aux rendements rapportés dans d'autres études sur les pommes du Sahel dont l'âge à la production varie de 3 à 6 ans (Ganaba *et al.*, 2007; Ibrahim *et al.*, 2015). Il est fort probable que la faible production fruitière enregistrée dans la présente étude est due par l'état juvénile des plants (2 ans seulement) qui n'ont pas donc atteint l'âge optimal pour produire une grande quantité des fruits. En Inde par exemple, Mukherjee *et al.* (2004) ont enregistré un rendement maximal de 13.1 t ha⁻¹ à partir de la 9^e année de production.

L'irrigation et l'apport de la fumure organique ont significativement impacté sur les rendements en fruits de différents portes- greffes. En moyenne, l'apport de l'eau a entraîné une augmentation de la production fruitière de 35% comparé à la production sans apport d'eau. Aussi, l'application de 2, 4 et 8 kg de fumier par trou de plantation a augmenté respectivement les rendements en fruit de 57, 76 et 111% comparé à la production fruitière sans l'apport de fumier (Tableau 4). La combinaison de porte-greffe au régime d'irrigation couplé à l'application de la fumure organique a induit un effet synergétique ($P < 0,001$) sur les rendements en fruits (Tableau 4). En général, les porte-greffes produisaient plus de fruits lorsqu'ils ont reçu un apport d'eau et de la fumure organique (Tableau 5). Au Burkina Faso, Ouédraogo *et al.* (2006) ont également rapporté une amélioration de la production fruitière des arbres des jujubiers améliorés avec l'application combinée de fertilisation et d'irrigation. Selon Pareek *et al.* (2009), le manque d'eau et aussi la faible teneur des sols en nutriments, constituent les facteurs les plus importants déterminant la productivité et la qualité du jujubier dans les zones sèches. Par conséquent, la mise à la disposition aux plants de jujubier de ces ressources pourrait expliquer l'augmentation de la production de fruits observée dans la présente étude.

Tableau 5. Production fruitière en fonction des traitements

Année	Espèce	Irrigation	Dose de fumier (kg/trou)			
			0	2	4	8
2015	<i>Ziziphus spina-christi</i> (Maradi)	Non	319	535	410	502
		Oui	222	729	389	1188
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Samanko)	Non	117	761	633	1149
		Oui	514	778	347	703
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Cinzana)	Non	131	138	695	938
		Oui	218	444	1000	583
	<i>Ziziphus rotundifolia</i> (Sadoré)	Non	160	314	494	153
		Oui	160	694	200	760
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Gossi)	Non	208	272	1063	447
		Oui	556	704	702	1069
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Nara)	Non	255	269	384	181
		Oui	235	432	419	852
2016	<i>Ziziphus spina-christi</i> (Maradi)	Non	90	68	42	72
		Oui	74	111	16	273
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Samanko)	Non	60	352	18	138
		Oui	76	295	30	58
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Cinzana)	Non	393	88	46	72
		Oui	163	69	77	87
	<i>Ziziphus rotundifolia</i> (Sadoré)	Non	70	117	51	10
		Oui	190	509	111	98
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Gossi)	Non	29	35	63	191
		Oui	28	99	189	398
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Nara)	Non	357	76	42	55
		Oui	142	500	60	116

3.2. Effets des traitements sur les caractéristiques du fruit

Il existe une différence significative ($P < 0,001$) entre les différents porte-greffes sur les caractéristiques du fruit (Tableau 6). Les fruits

frais relativement gros (10,9 g et 2,6 cm de long) ont été récoltés sur *Ziziphus mauritiana* (Cinzana) mais ses caractéristiques ne diffèrent pas significativement avec celles de *Ziziphus mauritiana* (Nara) (Tableau 7). Malgré son rendement en fruits relativement élevé, *Ziziphus mauritiana* (Gossi) possède des petits fruits du point de vue poids frais de fruit (7,6 g). Les valeurs du poids frais des fruits sont inférieures à celles obtenues par Ouédraogo *et al.* (2006) qui ont rapporté des valeurs allant 11,4 g à 24,1 g pour certaines variétés de jujubier domestiqué ayant bénéficié d'un apport de fertilisant phosphaté et d'irrigation. Il est à noter que la variété Mgharoon, utilisée dans la présente étude est aussi reconnue pour ses petits fruits très savoureux avec une qualité de résistance partielle à la mouche du fruit (Pasternak, 2012). Cependant, les poids de fruits enregistrés dans cette étude sont 7 à 10 fois supérieurs au poids de la variété Tableau 6. Résumé de l'analyse de variance sur les caractéristiques de fruit

Source de variation	ddl	valeurs de probabilité		
		Poids de fruit	Longueur de fruit	Diamètre de fruit
Espèce (E)	5	< 0,001	<0,001	<0,001
Dose de fumier (F)	3	0,07	<0,001	<0,001
Irrigation (I)	1	0,071	0,519	0,084
E x F	15	0,036	<0,001	<0,001
E x I	5	0,068	<0,001	<0,001
F x I	3	0,003	<0,001	0,002
E x I x F	13	<0,001	<0,001	<0,001

ddl, degré de liberté

Tableau 7. Comparaison des moyennes sur les caractéristiques du fruit

Facteurs	Niveaux de traitement	Poids de fruit	Longueur de fruit	Diamètre de fruit
		(g)	(cm)	(cm)
Espèces	<i>Ziziphus spina-christi</i> (Maradi)	8,0 ^c	2,2 ^b	2,0 ^c
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Samanko)	8,7 ^{bc}	2,5 ^a	2,3 ^b
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Cinzana)	10,9 ^a	2,6 ^a	2,4 ^{ab}
	<i>Ziziphus rotundifolia</i> (Sadoré)	9,8 ^{ab}	2,5 ^a	2,3 ^b
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Gossi)	7,6 ^c	2,5 ^a	2,3 ^b
	<i>Ziziphus mauritiana</i> (Nara)	10,4 ^a	2,6 ^a	2,5 ^a
Irrigation	Non	8,7 ^a	2,5 ^a	2,3 ^a
	Oui	9,8 ^a	2,5 ^a	2,3 ^a
Dose de fumier	0	8,5 ^b	2,5 ^b	2,4 ^a
	2	9,3 ^{ab}	2,6 ^a	2,4 ^a
	4	8,9 ^{ab}	2,4 ^c	2,2 ^c
	8	10,1 ^a	2,5 ^b	2,3 ^b
Plus petite différence significative (ppds)				
pour:				
Espèce		1,53	0,11	0,10
Irrigation		0,09	0,06	0,06
Dose de fumier		1,25	0,08	0,09

Les chiffres affectés par les mêmes lettres au niveau du même niveau de traitement ne sont pas statistiquement différents

locale (1 à 2 g par fruit) tels que rapportés par plusieurs auteurs (Ouédraogo *et al.*, 2006; Sanou *et al.*, 2014).

De façon spécifique, l'irrigation n'a pas affecté significativement les caractéristiques du fruit (Tableau 6). Cependant, l'apport combiné d'eau d'irrigation et la fumure organique sur les porte-greffes a eu un effet significatif sur les caractéristiques du fruit. L'amélioration des caractéristiques du fruit par l'application combinée de la fertilisation et l'approvisionnement en eau pourrait être expliquée au fait que les amendements organiques et l'eau fournissent une alimentation nutritive et hydrique adéquate créant ainsi un environnement nutritionnel équilibré favorable pour une meilleure croissance des plants et des fruits.

4. Conclusion et Recommandations

Il ressort de cette étude, que la production fruitière de *Ziziphus mauritiana* répond positivement à l'application combinée de la fumure organique et de l'irrigation. Les porte-greffes utilisés répondent à la dose graduelle du fumier. En outre, ces résultats démontrent davantage l'importance de l'apport d'eau sur la production fruitière de pomme du Sahel particulièrement dans les régions sahéliennes caractérisées par des insuffisances des pluies. Etant donné, l'évaluation économique n'a pas été faite dans la présente étude, il est évident que la prise en compte des avantages économiques guidera certainement la décision des producteurs à adopter la production de pomme du Sahel sous irrigation. Il est donc nécessaire de continuer à tester cette pratique avec les producteurs pour permettre une analyse économique plus efficace de cette pratique.

Références bibliographiques

- Anonymous (2002). *Ziziphus Mauritiana (Ber)*: A Handbook for extension workers. University of Southampton: International Centre for Underutilized Crops.
- Annuaire statistique (2014). Annuaire statistiques du Secteur Développement Rural. République du Mali.
- Bationo, A., Mokwunye, U., Vlek, P. L., Koala, S. and Shapiro, B. I. (2003). Soil fertility management for sustainable land use in the West African Sudano-Sahelian zone. In *Soil fertility management in Africa: A regional perspective*, 253–292 (Eds M. P. Gichuri, A. Bationo, M. A. Bekunda, H. C. Goma, P. L. Mafongoya, D. N. Mugendi, H. K. Murwira, S. M. Nandwa, P. Nyathi and M. J. Swift). Academy Science Publishers (ASP).
- Ganaba, S., Kieni, B., Barry, H. and Coulibaly, B. (2007). Introduction of jujube tree (*Ziziphus mauritiana* Lam.) cultivars in the Sahelian zone of Burkina Faso. *Fruits (Paris)* 62(4): 247-254.
- Grice, A. (1997). Post-fire regrowth and survival of the invasive tropical shrubs *Cryptostegia grandiflora* and *Ziziphus mauritiana*. *Australian Journal of Ecology* 22(1): 49-55.
- Ibrahim, A., Pasternak, D., Guimbo, I. D., Saidou, A. S. and Amadou, M. (2015). Rain-Fed Plantations Of The Domesticated *Ziziphus Mauritiana* In The Sahel:

- Effects Of Varieties And Rootstocks On Yields And Fruit Quality. *Journal of Horticultural Research* 23(1): 33-38.
- Katiyar, P. N., Tripathi, V. K., Sachan, R. K., Singh, J. P. and Chandra, R. (2012). Integrated nutritional management affects the growth, flowering and fruiting of rejuvenated ber. . *Hort Flora Research Spectrum* 1(1): 38-41.
- Keita, B., Diallo, D. and Dioni, L. (1981). Étude pédologique de la Station de Recherche Agronomique de Cinzana. *SRCVO, IER, Bamako*.
- Lal, G. and Dhaka, R. (2007). Effect of different rootstocks on growth, yield and quality of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) cv. Umran and Gola. *ANNALS OF ARID ZONE* 46(1): 107.
- Mishra, S., Choudhary, M. R., Yadav, B. L. and Singh, S. P. (2011). Studies on the response of integrated nutrient management on growth and yield of ber. . *Indian Journal of Horticulture* 68(3): 318-321.
- Mukherjee, S., Paliwal, R. and Pareek, S. (2004). Effect of water regime, mulch and kaolin on growth and yield of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.). *J. Hort. Sci. Biotechnol* 79(6): 991-994.
- Ouédraogo, S. J., Bayala, J., Dembélé, C., Kaboré, A., B.Kaya, Niang, A. and Somé, A. N. (2006). Establishing jujube trees in sub-Saharan Africa: response of introduced and local cultivars to rock phosphate and water supply in Burkina Faso, West Africa. *Agroforestry Systems* 68: 69-80.
- Pareek, S., Kitinoja, L., Kaushik, R. A. and Paliwal, R. (2009). Postharvest physiology and storage of ber. *Stewart Postharvest Review* 5(5): 1-10.
- Pasternak, D., Nikiema, A., Ibrahim, A., Senbeto, D. and Djibrilla, I. (2016). How domesticated *Ziziphus mauritiana* (Lam) spread in the Sahel region of Africa and in Ethiopia, . *Chronica Horticulturae* 56(1).
- Pasternak D. (2012). Ignored Crops that Can Change Sahelian Agriculture. Echo presentation.
- Pasternak, D., Senbeto, D., Nikiema, A., Kumar, S., Fatondji, D., Woltering, L., Ratnadass, A. and Ndjeunga, J. (2009). Bioreclamation of degraded African lands with women empowerment. *Chronica Hortica* 49: 24-27.
- Sanou, H., Sidibé, D., Korbo, A. and Teklehaimanot, Z. (2014). Rootstock propagation methods affect the growth and productivity of three improved cultivars of ber in Mali, West Africa. *HortTechnology* 24(4): 418-423.
- Vashishtha, B. and Pareek, O. (1989). Identification key for the cultivars of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.). *Indian Journal of Horticulture* 46(2): 183-188.
- Yacouba A. (2017). Effets du stress hydrique et de la fertilité du sol sur les performances de différents porte-greffes de *Ziziphus mauritiana* domestiqué. Thèse de Doctorat, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako