

Étude de l'influence de la densité de plantation sur la production de deux variétés de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) dans les conditions agro-climatiques de Katibougou, Mali

Abdoulaye SIDIBE^{1*}, Fayssale MOHOMODOU² et Nadou Paul SANOGO¹

¹ Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, Département d'Études et de Recherche (DER) des Sciences et Techniques Agricoles (STA), Laboratoire d'Agro-Physio-Génétique et de Biotechnologies Végétales, BP 06, Koulikoro, Mali

² Direction Régionale de l'Agriculture (DRA), Gao, Mali

* Correspondance, courriel : abdoulayesidibe@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cet article est de déterminer les effets de la densité de plantation sur la croissance, le développement et le rendement en tubercules de pomme de terre dans les conditions agro-climatiques de Katibougou. Le matériel végétal est composé de tubercules de deux variétés de pomme de terre (Claustar et Sahel) de troisième (3^{ième}) génération de la campagne 2015 - 2016, en conservation dans la chambre froide au laboratoire. Pour la méthodologie, deux facteurs ont fait l'objet d'étude, à savoir la variété prise à deux niveaux de variation et la densité de plantation prise à deux niveaux de variation. Les résultats montrent que le taux de levée est statiquement le même pour tous les traitements et varie de 98,69 % à 99,81 %. L'analyse statistique relative au nombre de ramifications par plant a montré une différence hautement significative entre les variétés; par contre, l'analyse n'a révélé aucune différence significative entre les deux densités de plantation. A la récolte, l'analyse de variance des données sur le nombre moyen de tubercules par plant montre une différence hautement significative entre les densités de plantation. Cette étude permettra aux communautés scientifique et paysanne de savoir les bonnes densités et dates de plantation de ces deux variétés de pomme de terre au Mali.

Mots-clés : *pomme de terre, densité de plantation, variété, zone soudano-sahélienne.*

Abstract

Influence study of the plantation density on the production of two varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the agro-climatic conditions of Katibougou, Mali

The objective of this article is to determine effects of the plantation density on the growth, the development and the output in tubers of potato in the agro-climatic conditions of plant material at Katibougou. The plant material was composed of tubers of two varieties of potato (Claustar and Sahel) of third (3^{ième}) generation of the countryside 2015 - 2016, in keeping in cool chambers to the laboratory. For the methodology, two factors made the object of study, the variety taken to two levels of variation and the density of plantation taken to two levels of variation. Results show that the rate of growing level is statically the even for all treatments and vary 98.69 % to 99.81 %. The relative statistical analysis to the number of ramifications by

plantation showed a highly meaningful difference between varieties; on the other hand, the analysis revealed no meaningful difference between the two densities of plantation. To the harvest, the analysis of data variance on the middle number of tubers by plantation showed a highly meaningful difference between densities of plantation. This survey will allow the communities scientist and producers to know the good densities and dates of plantation of these two varieties of potato in Mali.

Keywords : *potato, density of plantation, variety, soudanian and sahelian zone.*

1. Introduction

L'économie malienne repose essentiellement sur le secteur agricole, celui-ci a contribué en 2014 à hauteur de 38,0 % au PIB national et a occupé 77,45 % de la population [1]. L'Agriculture représente un immense défi pour le développement du Mali. En effet, environ 80 % de la population y tirent leurs revenus. La majorité de celle-ci est constituée de petites exploitations familiales vulnérables pratiquant essentiellement les cultures vivrières [2]. L'objectif général de la Politique du Développement Agricole (PDA) est de « Contribuer à faire du Mali un pays émergent où le secteur agricole est le moteur de l'économie nationale et garant de la souveraineté alimentaire dans une logique de développement durable ». L'un des objectifs spécifiques assignés à la PDA est « d'assurer le développement des innovations technologiques par la recherche agricole et la formation professionnelle » [1]. Ainsi, l'horticulture de façon générale, et la culture de la pomme de terre en particulier, peut être une voie de diversification des sources de revenus pour les producteurs et permettre aux populations d'avoir un meilleur équilibre nutritionnel. La culture de la pomme de terre au Mali a pris son essor depuis les années 1973. Pendant la campagne 2001 - 2002, les superficies plantées en pomme de terre correspondaient à 1 200 hectares au Mali. A la récolte, le rendement moyen a été de 28 tonnes / Ha. La production annuelle, de 34 000 tonnes a offert un chiffre d'affaires de cinq milliards de F CFA aux producteurs et productrices [3]. La population malienne a consommé les 80 % de cette production et le reste (20 %) a été exporté dans la sous - région (Côte d'Ivoire, Burkina, etc.). En 2015, la production mondiale de la pomme de terre a été évaluée à plus de 376 millions de tonnes sur une superficie de 19 millions d'hectares ; et pour emblaver cette superficie, 32 millions de tonnes de semences ont été utilisées [4].

La culture de la pomme de terre est pratiquée dans la plupart des régions du Mali (Sikasso, Koulikoro, Kayes, Ségou et Gao) et c'est dans la région de Sikasso, que la production est particulièrement plus importante. Selon le rapport de Campagne, au Mali, sur une production totale de 50 000 tonnes, la région de Sikasso représente elle seule 64,57 % avec un rendement de 23,8 tonnes / Ha. A cette zone potentielle, s'ajoutent Koulikoro et Ségou pour une production respective de 9,48 % et 3,59 % [5]. Selon [4], en Afrique de l'ouest, le Mali produit à lui seul, plus de 70 % de la production des cinq pays producteurs (Mali : 114 478 tonnes ; Niger : 18 000 tonnes ; Guinée : 11 876 tonnes ; Sénégal : 10 000 tonnes ; Burkina Faso : 1 700 tonnes). Aujourd'hui, cette culture est intégrée dans les systèmes de production des paysans de la zone parce qu'elle est très rémunératrice. La demande en pomme de terre a toujours augmenté, compte tenu de l'accroissement de la population et son intégration dans les habitudes alimentaires tant au niveau national qu'au niveau sous régional [6]. Chaque année, les semences nous parviennent de l'Europe. Le Mali n'est pas encore à mesure de couvrir les besoins des producteurs en semences. Pour répondre à ce défi, le laboratoire de Biotechnologies végétales de l'IPR / IFRA de Katibougou a mis en place un schéma de production de semence de pomme de terre avec les variétés les plus appréciées par les producteurs, à savoir la Claustar (V16) et la Sahel (V17). Dans ce schéma, la production est faite en trois générations (G1, G2 et G3) de multiplication à partir desquelles les semences sont transférées et plantées en milieu paysan pour produire la pomme de terre de consommation. L'identification d'une densité optimale de plantation pourrait sans doute améliorer la production chez les producteurs.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Site et sol d'implantation de l'essai

L'essai a été implanté en station en plein champ au potager de l'IPR / IFRA de Katibougou. Le climat de Katibougou est de type soudanien, situé à une isohyète de 700 à 900 mm / an, caractérisé par une longue saison sèche (7 à 8 mois) d'octobre à mai et d'une saison pluvieuse de 4 à 5 mois (juin - octobre). La pluviométrie annuelle de la zone est faible au début et atteint son maximum au mois d'août avec un cumul variant de 700 à 900 mm / an. Les données pluviométriques enregistrées au potager de l'IPR / IFRA de Katibougou durant les dix (10) dernières années (2005 - 2014) varient entre 745,3 à 1 042 mm avec une moyenne annuelle de 857,91 mm [8]. Le sol qui a reçu l'essai est un sol ferrugineux tropical hydromorphe à fort battement de nappes [9, 10]. Le précédent cultural était la tomate.

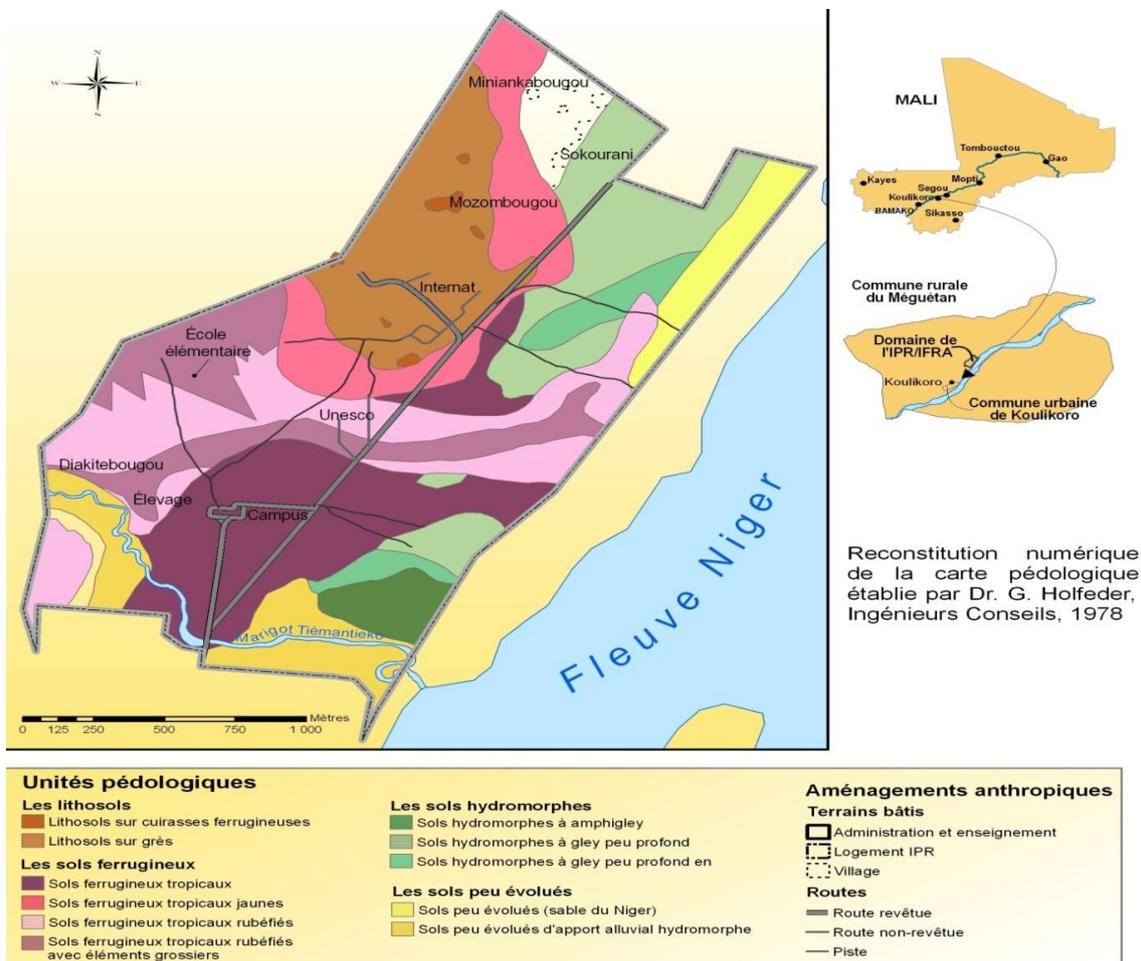


Figure : Carte pédologique de Katibougou, HOLFELDER, (1978)

2-1-2. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de tubercules de deux variétés de pomme de terre (Claustar et Sahel) de la troisième (3^e) génération de la campagne 2015 - 2016, en conservation au laboratoire d'Agro-physiologie et de Biotechniques végétales de l'IPR / IFRA de Katibougou. Les caractéristiques de ces deux variétés sont consignées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés Claustar (v 16) et Sahel (v 17)

Variétés	Sahel	Claustar
Caractéristiques		
Origine génétique	Clause 7P3 x Claustar	Sirtima x (BF15.X835a4)
Maturité	Précoce à demi-précoce	Demi-précoce
Tubercule	Arrondi à oblong court, régulier, yeux assez superficiels, peau jaune, chair jaune.	Oblong, régulier, peau jaune et chair jaune pâle, yeux superficiels.
Germe	Rouge violacé, sphérique, pilosité forte	Rouge violacé, en forme de tonneau, pilosité moyenne.
Plante	Taille moyenne, port intermédiaire, type semi-feuillu	Taille assez haute, port demi-dressé, type semi-feuillu.
Tige	Entrenœuds faiblement pigmentés	Entrenœuds pigmentés.
Feuille	Vert-clair; peu divisée, mi-ouverte, foliole grande, ovale ; limbe plat.	Vert foncé, brillante, très divisée, mi ouverte, foliole grande, ovale arrondi.
Floraison	Abondante	Moyennement abondante.
Fleur	Blanche, rouge violacé, bouton floral partiellement pigmenté.	Blanche, bouton floral partiellement pigmenté
Fructification	Rare	Fréquente.
Rendement	Bon rendement.	Bon rendement.
Calibrage	Proportion de gros tubercule : forte à très forte.	Proportion de gros tubercule : forte à très forte.
Sensibilité aux maladies	Mildiou du feuillage : sensible. Mildiou du tubercule : moyennement sensible. Galle commune : sensible. Galle verruqueuse : non attaquée Virus x : RAS. Virus A : RAS. Virus Y : sensible. Enroulement : peu sensible. Nématode ROI-4 : RAS.	Mildiou du feuillage : assez sensible. Mildiou du tubercule : assez peu sensible. Galle commune : sensible. Galle verruqueuse : non attaquée. Virus x : RAS. Virus A : RAS. Virus Y : sensible. Enroulement : sensible. Nématode ROI-4 : RAS.
Défauts internes du tubercule	Peu sensible aux taches de rouille, aux cœurs creux et aux taches cendrées.	Peu sensible aux taches de rouille, aux cœurs creux et aux taches cendrées.
Repos végétatif	Court	Moyen
Teneur en matière sèche	Faible	Très faible
Aptitude à la conservation	Moyenne	Bonne

Source : www.nivap.nl Consulté le 12/ 02/2017[11]

2-1-3. Autres matériels

Ces quelques matériels et outils ont été utilisés à savoir :

- Charrue à disque attelée à un tracteur pour le labour de la parcelle;
- Pulvérisateur pour briser les mottes de terre ;
- Machettes pour couper les piquets ;
- Cordes pour faire les alignements ;
- Daba pour la délimitation, le sarclage et le buttage ;
- Seaux pour transporter les tubercules et la fumure organique;
- Arrosoir pour l'arrosage des planches ;
- Mètre-ruban pour la mesure des dimensions des parcelles et les mesures biométriques ;

- Piquets pour délimiter les parcelles ;
- Balance pour peser les engrais et les tubercules à la récolte ;
- Pied à coulisse pour mesurer le diamètre au collet des plants, le diamètre et la hauteur des tubercules à la récolte ;
- Rayonneur pour déterminer l'emplacement de chaque plant ;
- Tuyaux à raccordement rapide pour l'arrosage gravitaire.

2-1-4. Intrants utilisés

Pour l'apport d'éléments nutritifs aux plants de l'essai, les engrais suivants ont été utilisés :

- Urée (46 % N) : C'est un engrais azoté simple apporté comme engrais de couverture.
- Complexe - céréale (17 - 17 - 17) : C'est un engrais ternaire composé de 17 % d'azote, de 17 % de P₂O₅ et de 17 % de K₂O. Il est moins soluble que l'urée et est appliqué comme fumure de fond avant l'installation de la culture. Pour le cas précis, il a été appliqué une semaine avant l'installation de l'essai.
- Fumure organique : Elle est constituée de fiente de volaille qui a été appliquée comme fumure de fond avant l'installation de la culture.
- Round - up : Herbicide total utilisé avant l'installation de la culture fin de réduire la végétation spontanée.

2-2. Méthodes

2-2-1. Facteurs étudiés

Deux facteurs ont fait l'objet d'étude de cet essai à savoir : la variété prise à deux niveaux de variation (Claustar : V16 et Sahel : V17) et la densité de plantation prise à deux niveaux de variation (60 cm x 40 cm et 60 cm x 30 cm).

2-2-2. Traitements

Les traitements, au nombre de quatre, correspondent aux combinaisons de deux variétés de pomme de terre et de deux densités de plantation. Ainsi, les différents traitements sont :

- T 1 = Claustar : 60 cm x 40 cm et T 2 = Claustar : 60 cm x 30 cm ;
- T 3 = Sahel : 60 cm x 40 cm et T 4 = Sahel : 60 cm x 30 cm.

2-2-3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est le bloc de Fisher avec quatre répétitions. Dimensions des parcelles, et des blocs de l'essai (**Figure 1**):

- Unité expérimentale (planche) : 4,75 m de longueur x 1,40 m de largeur soit 6,65 m², séparées les unes des autres par une bordure ou passe-pied de 40 cm de largeur ;
- Bloc : 10,8 m de longueur x 4 m de largeur soit 43,2 m², séparés les uns des autres d'une allée (bordure ou passe-pied) ;
- Parcelle d'essai de 14,8 m de longueur et 10,8 m de largeur donc 159,84 m².

Caractéristiques d'une unité expérimentale :

- Espacement entre les plants sur la ligne : 60 cm x 40 cm et 60 cm x 30 cm ;
- Nombre de lignes de plantation par unité expérimentale : 3 ;
- Nombre de poquets / ligne pour l'écartement 60 cm x 40 cm : 11 ;
- Nombre de poquets / ligne pour l'écartement 60 cm x 30 cm : 15.

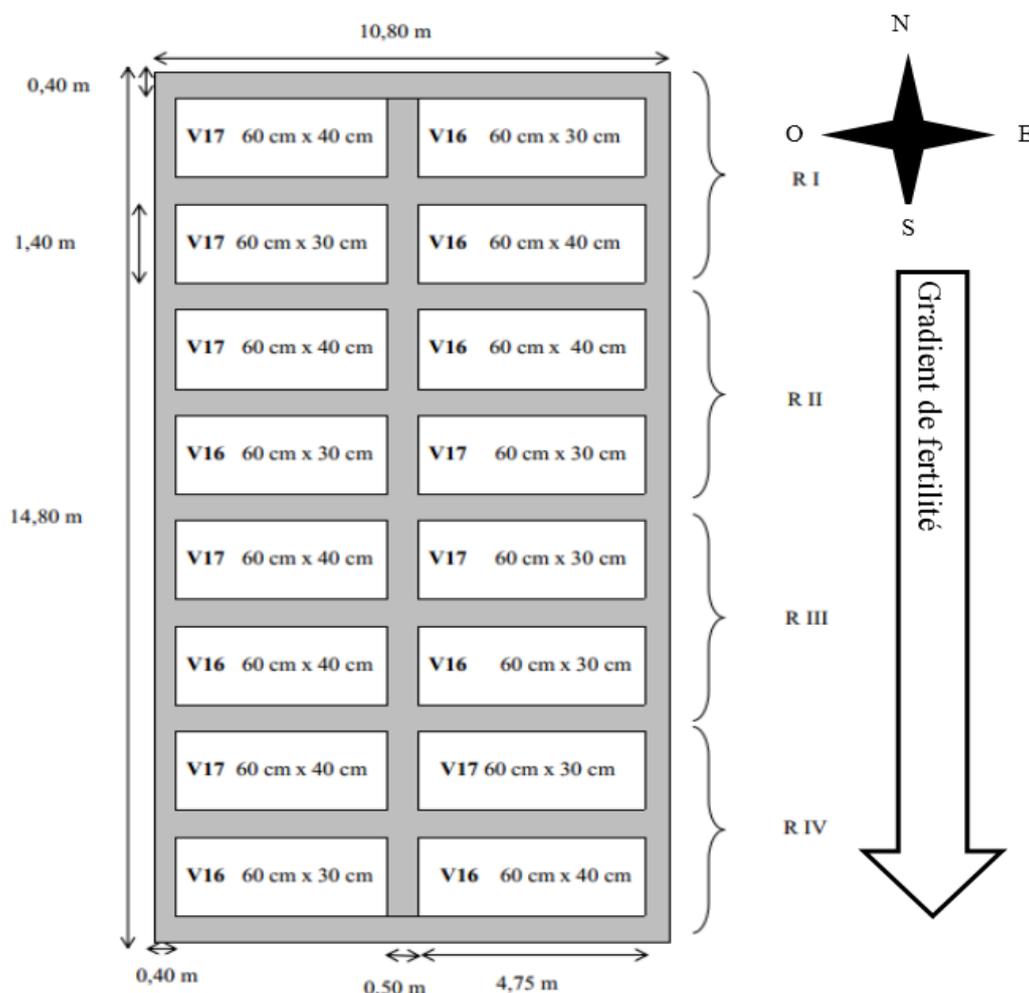


Figure 1 : Plan de masse de l'essai.

2-2-4. Paramètres observés

Les observations sont effectuées en cours de végétation et ont pour but de suivre la croissance et le développement des plants au cours de leurs cycles. Les paramètres ayant fait l'objet d'observations en cours de végétation ont été entre autres:

- *Au champ :*
 - Taux de levée 15 jours après plantation ;
 - Nombre de tiges par poquet au 30^e jour après plantation ;
 - Diamètre au collet des plants au 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e jours après plantation ;
 - Nombre des ramifications par plant au 30^e, 45^e, 60^e, 75^e jours après plantation ;
 - Hauteur des plants au 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e jours après plantation ;
 - Nombre de feuilles par plant au 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e jours après plantation.
- *A la récolte :*
 - Nombre moyen de tubercules par plant ;
 - Poids moyen des tubercules par plant, par variété et par densité de plantation ;
 - Hauteur moyenne d'un tubercule par variété et par densité de plantation ;
 - Diamètre moyen d'un tubercule par variété et par densité de plantation ;
 - Rendement en tubercules.

3. Résultats

3-1. Nombre de poquets levés 15 jours après plantation (JAP)

Le résultat du comptage du nombre de poquets levés 15 JAP est illustré ci-dessous. Là nous voyons un grand pourcentage de plants levés au niveau de la Claustar à l'écartement 60 cm x 30 cm et le plus faible taux est obtenu de la Claustar à l'écartement 60 cm x 40 cm.

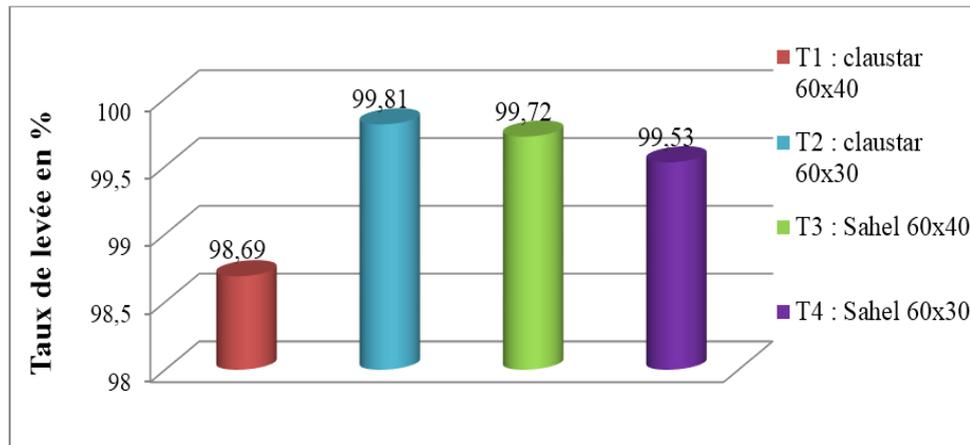


Figure 2 : Taux de levée des plants 15 JAP (jours après plantation).

L'analyse de variance des données sur le taux de levée (*Figure 2*) n'indique pas de différence statistiquement significative entre les moyennes des traitements. Toutefois, les valeurs arithmétiques signalent que T2 (Claustar 60 cm x 30 cm), a les plus grands taux de levée au 15^{ème} JAP soit 99,81 %, suivi par T3 et T4 avec respectivement 99,72 % et 99,53 %, le plus faible taux de levée a été enregistré chez le T1 avec 98,69 %. A partir de ces résultats nous voyons que les facteurs étudiés n'ont pas eu d'influence sur la levée de plants.

3-2. Nombre moyen de tiges par poquet, 30 JAP

Concernant le nombre moyen de tiges par poquet, 30 jours après la plantation, le résultat est le suivant :

Tableau 2 : Effet des facteurs étudiés sur le nombre tiges / touffe

	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	Test F	Probabilité	E.T.	C.V (%)	Signification
Variable Totale	12.15	15	0.81					
Variable Facteur 1	0.08	1	0.08	0.30	0.6026			NS
Variable Facteur 2	3.52	1	3.52	13.90	0.0047			HS
Variable Inter. F1*2	0.60	1	0.60	2.38	0.1551			NS
Variable Blocs	5.68	3	1.89	7.49	0.0084			
Variable Résiduelle 1	2.28	9	0.25			0.50	14,4	
Moyenne générale					3,43			

De cette analyse de variance sur le nombre moyen de tiges (*Tableau 2*), il ressort une différence hautement significative entre les différentes densités de plantation ; par contre elle n'a pas permis de déceler de différence significative entre les deux variétés (*Figure 3*).

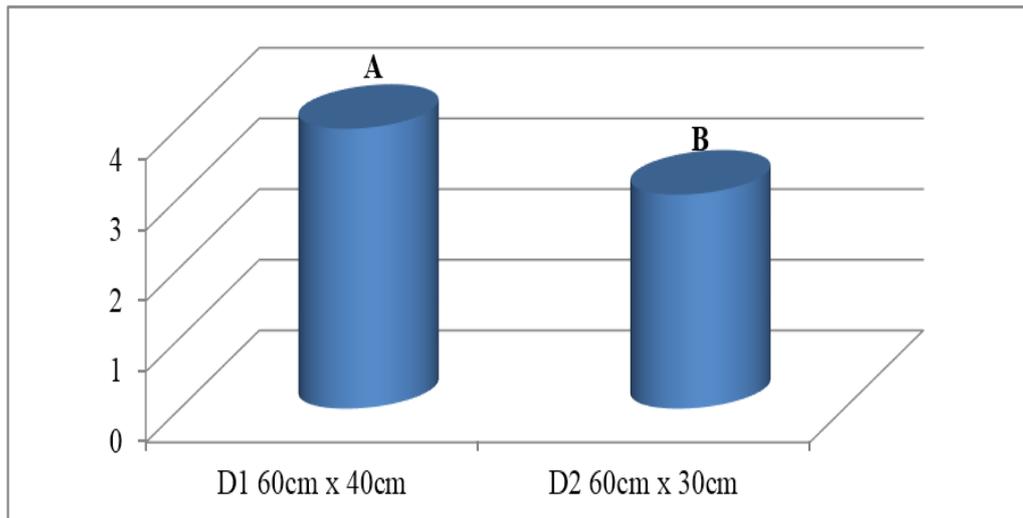


Figure 3 : Effet de la densité de plantation sur le nombre de tiges / touffe

3-3. Diamètre au collet des plants aux 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e JAP

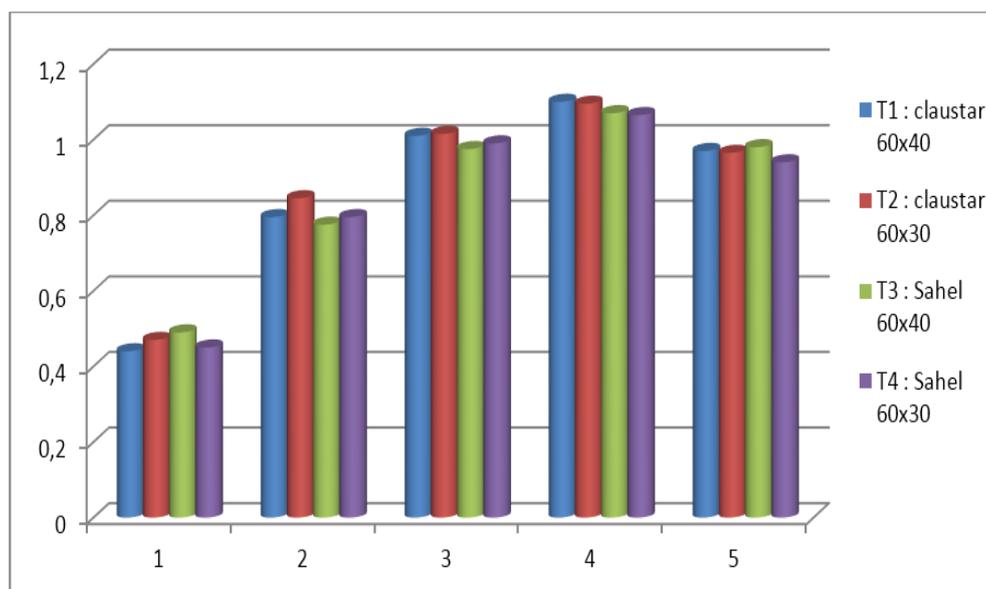


Figure 4 : Effet des facteurs étudiés sur le diamètre au collet au 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e JAP

L'analyse de variance des données n'a montré aucune différence significative entre les effets simples des variétés et les niveaux de densité sur le diamètre des plants (**Figure 4**). L'interaction de ces deux facteurs n'a également aucun effet significatif sur le diamètre au collet des plants les 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} jours après plantation. Les plants de pomme de terre ont eu le même diamètre au collet quel que soit le traitement pour les cinq (05) observations (**Tableau 3**). Nous avons remarqué aussi, qu'à la fin des mesures, qu'il y a une régression du diamètre au niveau de tous les traitements et cela est dû au fait qu'à la maturité, avec l'arrêt de l'irrigation, la grosseur des tiges des plants diminue suite à la déshydratation.

Tableau 3 : Synthèse de l'effet des facteurs étudiés sur le diamètre au collet des plants au 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e JAP

Libellés		DC 15 ^{ème} JAP	DC 30 ^{ème} JAP	DC 45 ^{ème} JAP	DC 60 ^{ème} JAP	DC 75 ^{ème} JAP
Traitements	T1 : Claustar 60 cm x 40 cm	0,44	0,79	1,2	1,1	0,97
	T2 : Claustar 60 cm x 30 cm	0,47	0,84	0,99	1,09	0,965
	T3 : Sahel 60 cm x 40 cm	0,48	0,77	1,1	1,07	0,98
	T4 : Sahel 60 cm x 30 cm	0,44	0,80	0,98	1,06	0,94
Moyenne générale		0,46	0,80	1,00	1,08	0,96
Probabilité	F1	0,618	0,269	0,372	0,150	0,698
	F2	0,794	0,269	0,756	0,795	0,259
	F1*F2	0,098	0,630	0,872	0,990	0,377
Ecart type		0,04	0,06	0,06	0,04	0,04
CV%		8.3	7,4	6,4	3.6	3.9
Signification	F1	NS	NS	NS	NS	NS
	F2	NS	NS	NS	NS	NS
	F1*F2	NS	NS	NS	NS	NS

3-4. Nombre des ramifications par plant aux 30^e, 45^e, 60^e, 75^e jours après plantation

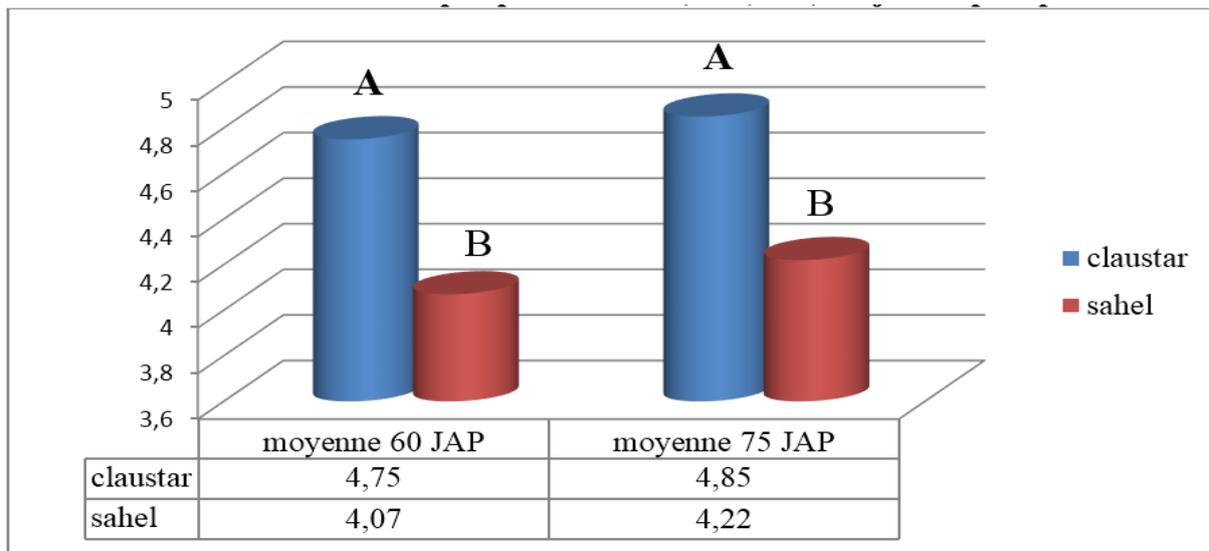


Figure 5 : Effet des facteurs étudiés sur le nombre moyen de ramifications par plant aux 60^{ème}, 75^{ème} jours après plantation

- *Effets des facteurs sur le nombre de ramifications aux 30 et 45 JAP.*

L'analyse de variance des données sur le nombre de ramifications n'a montré aucune différence significative entre les effets simples des variétés et les niveaux de densité sur le nombre moyen de ramifications par plant (**Figure 5**). L'interaction de ces deux facteurs n'a également aucun effet significatif sur le nombre moyen de ramifications par plant les 30^{ème}, 45^{ème} jours après plantation.

- *Effets des facteurs sur le nombre de ramifications à 60 et 75 JAP*

L'analyse statistique relative au nombre de ramifications par plant aux 60^{ème} et 75^{ème} jours après plantation, a montré une différence hautement significative entre les variétés avec une probabilité inférieure à 0,01.

3-5. Hauteur moyenne par plant aux 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} jours après plantation

- *Effets des facteurs sur la hauteur moyenne des plants 15 JAP*

L'analyse de variance des données sur la hauteur au 15^{ème} jour après plantation n'a donné aucune différence significative entre les effets simples des variétés et des niveaux de densité sur la hauteur des plants.

- *Effet des facteurs sur la hauteur moyenne des plants 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} JAP*

L'analyse de variance des données sur la hauteur aux 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} JAP, a fait ressortir entre les niveaux de densité une différence significative (probabilité < 0,05) sur la hauteur des plants aux 30^{ème} et 75^{ème} JAP et une différence hautement significative (probabilité < 0,01) aux 45^{ème} et 60^{ème} JAP. Mais par contre, l'analyse n'a fait ressortir aucune différence significative entre les effets simples des variétés et l'interaction des effets des facteurs étudiés (*Tableau 4, Figure 6*).

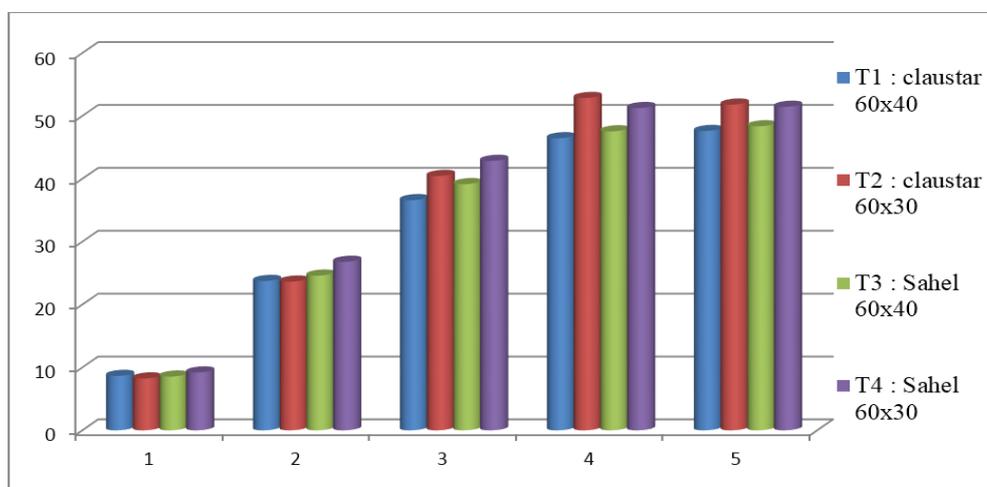


Figure 6 : Effet des facteurs étudiés sur la hauteur moyenne des plants 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} JAP

Tableau 4 : Synthèse de l'effet des facteurs étudiés sur la hauteur moyenne des plants au 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} JAP

Libellés		H.P. + 15 ^{ème} JAP	H.P. 30 ^{ème} JAP	H.P. 45 ^{ème} JAP	H.P. 60 ^{ème} JAP	H.P. 75 ^{ème} JAP
Traitements	T1 : Claustar 60 cm x 40 cm	8,75	23,75	36,60	46,45	47,60
	T2 : Claustar 60x30	8,25	29,65	40,45	52,85	51,80
	T3 : Sahel 60x40	8,55	24,60	36,08	47,55	48,35
	T4 : Sahel 60x30	9,20	26,80	42,85	51,25	51,45
Moyenne générale		8,66	26,20	38,99	49,53	49,80
Probabilité	F1	0,215	0,457	0,512	0,692	0,891
	F2	0,705	0,011	0,003	0,000	0,035
	F1*F2	0,132	0,178	0,309	0,052	0,719
Ecart type		0,64	2,55	2,71	2,71	2,98
CV%		7,4	9,7	7,0	7,0	6,0
Signification	F1	NS	NS	NS	NS	NS
	F2	NS	S	HS	HS	S
	F1*F2	NS	NS	NS	NS	NS

+ - Hauteur des plants.

3-6. Nombre moyen de feuilles par plant aux 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} jours après plantation

- *Effet des facteurs sur le nombre moyen de feuilles par plant 15 JAP*

L'analyse de variance des données sur le nombre moyen des feuilles par plant 15 JAP, ne montre aucune différence significative entre les effets simples des variétés ni entre les densités de plantation ni aussi l'interaction des facteurs étudiés.

- *Effet des facteurs sur le nombre moyen de feuilles par plant 30 JAP*

L'analyse de variance des données sur le nombre moyen des feuilles par plant 30 JAP, montre une différence significative (probabilité < 0,05) entre les effets simples des densités de plantation mais par contre, elle ne montre aucune différence significative entre les effets simples des variétés ni de l'interaction des facteurs étudiés.

- *Effet des facteurs sur le nombre moyen de feuilles par plant 45 JAP*

De cette analyse sur le nombre moyen de feuilles par plant 45 jours après plantation, il ressort une différence significative entre les effets simples des variétés et des densités de plantation.

- *Effet des facteurs étudiés sur le nombre moyen de feuilles par plant 60 JAP*

L'analyse de variance des données sur le nombre moyen des feuilles par plant, 60 JAP ne montre aucune différence significative entre les effets simples des variétés et de l'interaction des facteurs étudiés, mais par contre une différence significative (probabilité < 0,05) est constatée entre les densités de plantation.

- *Effet des facteurs étudiés sur le nombre moyen de feuilles par plant 75 JAP*

L'analyse de variance des données sur le nombre moyen des feuilles (**Tableau 5**) par plant, 75 JAP a fait ressortir une différence hautement significative (probabilité < 0,01) entre les densités de plantation mais par conséquent l'analyse n'a montré aucune différence significative entre les effets simples des variétés et de l'interaction des facteurs étudiés (**Figure 7**).

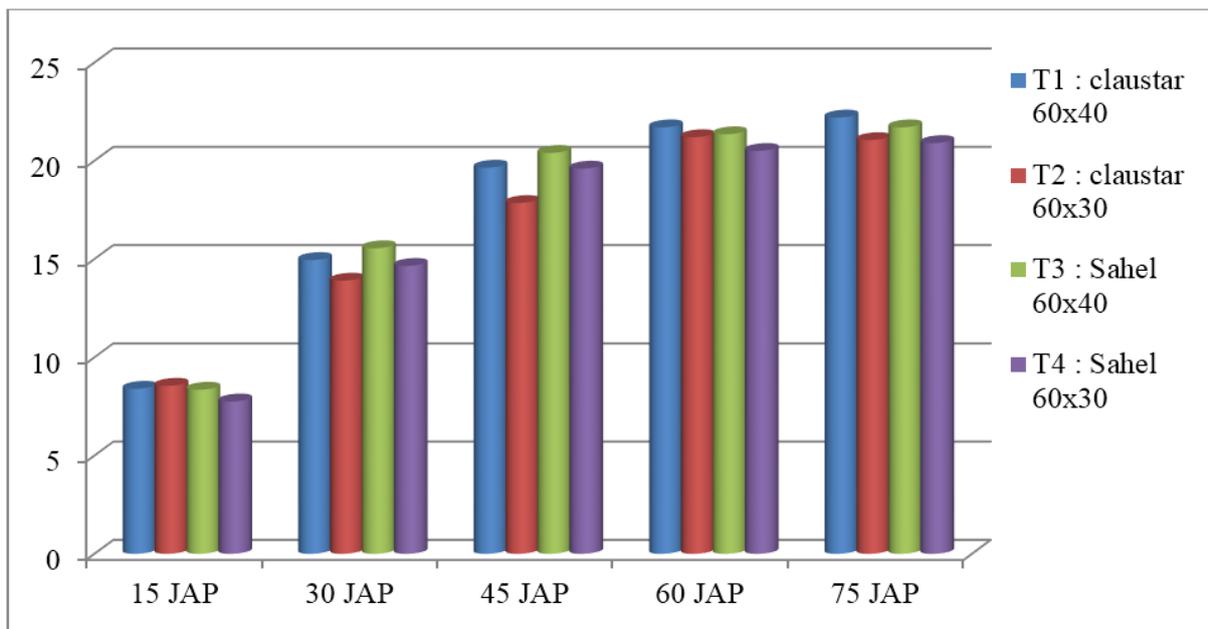


Figure 7 : *Nombre moyen des feuilles par plant au 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème}, 75^{ème} jour après plantation*

Tableau 5 : Synthèse de l'effet des facteurs étudiés sur le nombre moyen des feuilles au 15^e, 30^e, 45^e, 60^e, 75^e JAP

Libellés		N.F.* 15JAP	N.F. 30JAP	N.F. 45JAP	N.F. 60JAP	N.F. 75JAP
Traitements	T1 : Claustar 60 cm x 40 cm	8,40	14,95	19,65	21,70	22,20
	T2 : Claustar 60 cm x 30 cm	8,55	13,90	17,85	21,20	21,05
	T3 : Sahel 60 cm x 40 cm	8,35	15,55	20,40	21,35	21,70
	T4 : Sahel 60 cm x 30 cm	7,75	14,65	19,60	20,50	20,90
Moyenne générale		8,26	14,76	19,38	21,19	21,46
Probabilité	F1	0,095	0,085	0,044	0,139	0,244
	F2	0,355	0,021	0,037	0,066	0,004
	F1*F2	0,134	0,830	0,380	0,609	0,525
Ecart type		0,46	0,70	1,08	0,65	0,52
CV %		5,6	4,8	5,6	3,1	2,4
Signification	F1	NS	NS	S	NS	NS
	F2	NS	S	S	S	HS
	F1*F2	NS	NS	NS	NS	NS

* - Nombre de feuilles.

3-7. Nombre moyen de tubercules par plant à la récolte

L'analyse de variance des données sur le nombre moyen de tubercules par plant à la récolte montre une différence hautement significative (probabilité < 0,01) entre les densités de plantation. Nous avons récolté un plus grand nombre de tubercules sur les plants ayant été plantés à la densité 60 cm x 30 cm, tandis que le petit nombre de tubercules a été récolté sur les plants à la densité de 60 cm x 40 cm. Toutefois, l'analyse de variance des données sur le nombre moyen de tubercules par plant à la récolte, n'a montré aucune différence significative.

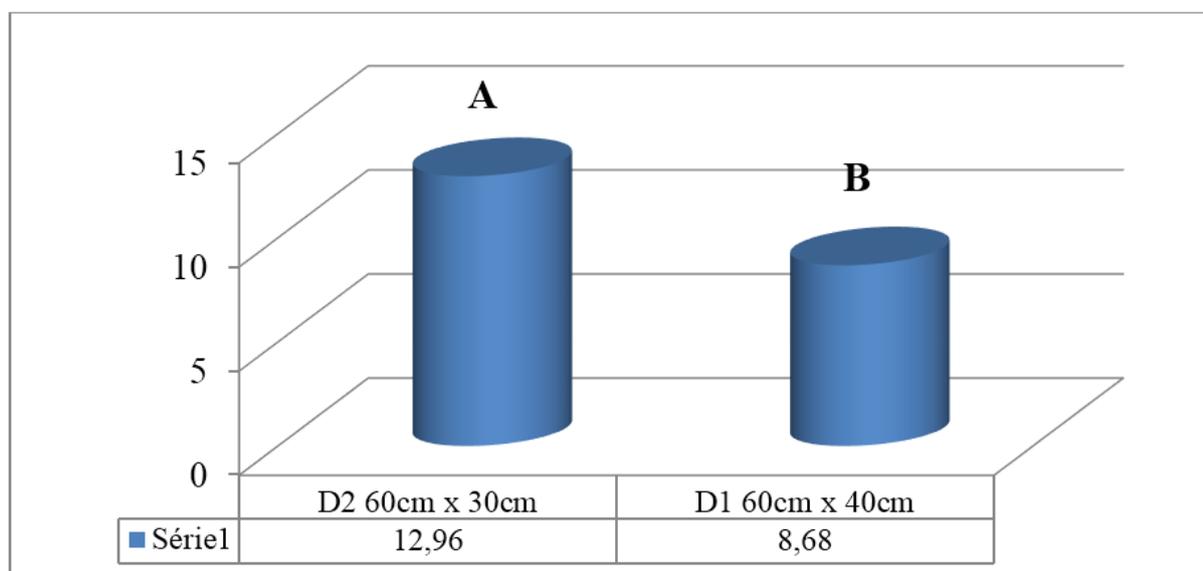
**Figure 8** : Effet de la densité de plantation sur le nombre moyen des tubercules par plant à la récolte

Tableau 6 : Synthèse des paramètres à la récolte

Libellés		Nombre moyen de tubercule /plant	Poids moyen des tubercules /plant en g	Hauteur moyenne des tubercules /plant	Diamètre moyen des tubercules par plant	Rendement
Traite-ments	T1 : Claustar 60 cm x 40 cm	8,10	567,50	67,00	54,55	23,64
	T2 : Claustar 60 cm x 30 cm	12,10	525,00	57,30	42,75	30,83
	T3 : Sahel 60 cm x 40 cm	9,25	546,00	65,75	51,58	22,70
	T4 : Sahel 60 cm x 30 cm	13,23	470,00	56,07	48,30	26,11
Moyenne générale		10,82	526,88	61,53	49,29	25,82
Probabilité	F1	0,132	0,194	0,783	0,540	0.016
	F2	0,000	0,061	0,056	0,004	0.000
	F1*F2	0,560	0.578	0,990	0,059	0.080
Ecart type		1,02	5,58	8.95	3,98	1.94
CV%		9,4	10.5	14.5	8,1	7.5
Significa-tion	F1	NS	NS	NS	NS	S
	F2	HS	NS	NS	HS	HS
	F1*F2	NS	NS	NS	NS	NS

3-8. Poids moyen des tubercules par plant

L'analyse de variance des données sur poids moyen des tubercules par plant, a fait ressortir une différence significative (probabilité < 0,05) entre les densités de plantation, par contre l'analyse indique que les deux variétés sont statistiquement égales en termes de poids moyen des tubercules produits par plant à la récolte. Il en est de même pour l'interaction des facteurs étudiés (*Tableau 6*).

3-9. Hauteur moyenne des tubercules par plant

L'analyse sur la hauteur des tubercules par plant n'a montré aucune différence significative entre les effets simples des variétés et de l'interaction des facteurs étudiés. Les variétés ont donné statistiquement les mêmes hauteurs des tubercules.

3-10. Diamètre moyen des tubercules par plant

L'analyse de variance des données sur le diamètre moyen de tubercules par plant à la récolte montre une différence hautement significative (probabilité < 0,01) entre les densités de plantation. De ce fait, nous avons récolté les tubercules de grand diamètre sur les plants ayant été planté avec la densité 60 cm x 40 cm. Par contre, les tubercules de faible diamètre ont été récoltés sur les plants de la densité 60 cm x 30 cm, ce qui a permis leur répartition en deux groupes homogènes selon le Test de Newman et Keuls au seuil de 5 % (*Figure 9*). Toutefois, l'analyse de variance des données sur le diamètre moyen de tubercules par plant à la récolte n'a montré aucune différence significative entre les effets simples des variétés et de l'interaction des facteurs étudiés (*Tableau 6*).

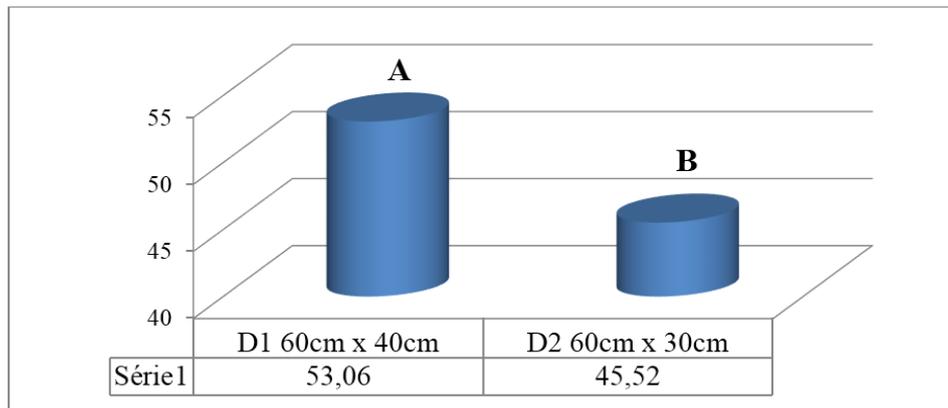


Figure 9 : Effet de la densité sur le diamètre des tubercules à la récolte

3-11. Rendement

Tableau 7 : Effet des facteurs sur le rendement moyen t / Ha (Test de Newman et Keuls au seuil de 5 %)

	Libellés	Moyennes	Groupes Homogènes
F1			
1	Claustar (v16)	27,23	A
2	Sahel (v17)	24,40	B
F2			
2	Sahel (D2)	28,47	A
1	Claustar (D1)	23,17	B

L'analyse de variance des données sur le rendement moyen en T/Ha a permis de mettre en évidence une différence hautement significative (**Tableau 6**), tant au niveau des variétés avec une probabilité de 0,0016 qu'au niveau des effets de la densité pour une probabilité de 0,0005 (**Tableau 7**). En ce qui concerne les effets d'interaction des facteurs étudiés sur le rendement, l'analyse n'a fait ressortir aucune différence. Le Test de Newman et Keuls au seuil de 5 % a permis de noter deux groupes homogènes par rapport au rendement. Nous disposons du groupe A, constitué de Claustar pour une moyenne de 27,23 tonnes / Ha et du groupe B, constitué de Sahel pour une moyenne de 24,40 tonnes / Ha (**Tableau 7**). Par rapport aux effets de la densité sur le rendement, nous avons deux groupes : du plus grand au plus petit comme illustré par la **Figure 10** et le **Tableau 8**. Le groupe A est constitué de la densité 60 cm x 30 cm, qui est le plus performant avec 28,47 tonnes / Ha et le groupe B constitué de la densité 60 cm x 40 cm avec une production de 23,17 tonnes / Ha (**Figure 11**).

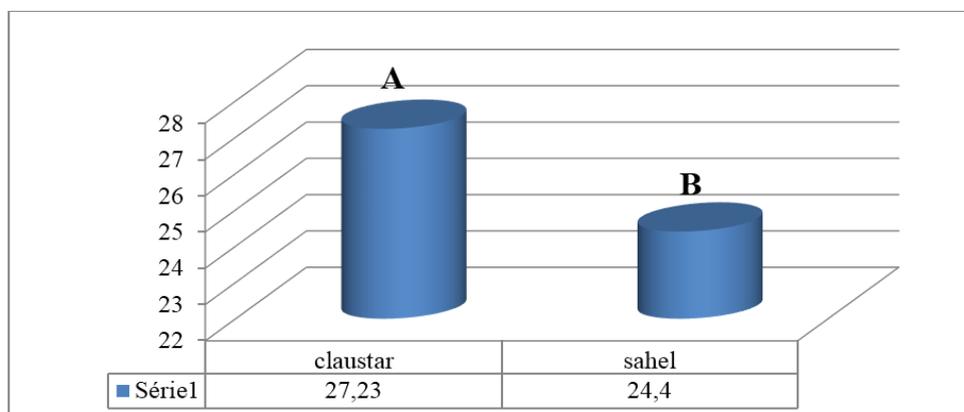


Figure 10 : Effet des variétés sur le rendement de tubercule et T/Ha (Test de Newman et Keuls au seuil de 5 %)

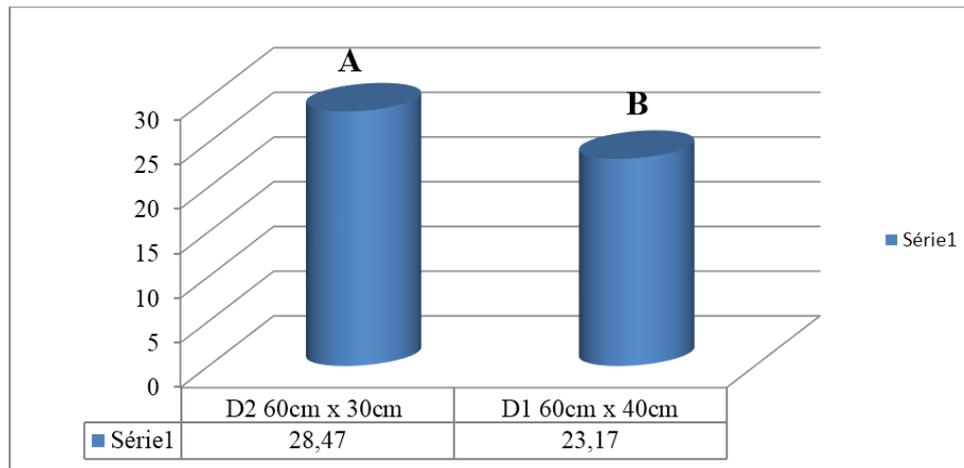


Figure 11 : Effet des densités de plantation sur le rendement en tubercules / Ha (Test de Newman et Keuls au seuil de 5 %)

4. Discussion

Le taux de levée est un critère qui indique la qualité d'une semence. Dans les conditions d'installation de cet essai, l'analyse de variance des données sur la levée n'a indiqué aucune différence significative entre les moyennes des traitements. Ces résultats sont infirmés par ceux obtenus d'un essai similaire réalisé par [12], selon lesquels qu'il y a une différence hautement significative entre les deux variétés (Claustar et Sahel) avec une probabilité de 0,003. L'absence de différence significative entre les traitements dans notre cas pourrait s'expliquer par le fait que nous avons planté moins profondément les tubercules (5 cm) et aussi que les tubercules possédaient déjà des germes bien développés. L'analyse de variance des données sur le nombre moyen de tubercules par plant à la récolte montre une différence hautement significative (probabilité < 0,01) entre les densités de plantation. Ainsi, le Test de Newman et Keuls au seuil de 5 %, nous a permis leur répartition en deux groupes homogènes constitué du groupe (A) pour la densité 60 cm x 30 cm et le groupe (B) qui comprend la densité 60 cm x 40 cm. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par [13], qui ont montré que les densités élevées donnent plus de tubercules par plant que les densités faibles. L'analyse de variance des données sur le poids moyen des tubercules par plant, a fait état d'une différence significative (probabilité < 0,05) entre les densités de plantation. Ces résultats confirment ceux de [16] selon lesquelles, les densités faibles ont donné plus de tubercules de calibre C (calibre supérieur à 45mm). Par contre, les résultats d'un essai réalisé par [15] sur la densité de plantation et le sectionnement des tubercules, affirment qu'il n'y a aucune différence significative entre les densités de plantation. En effet, les résultats des travaux de [17] ont permis d'établir que le calibre des tubercules dépend de la densité de plantation selon que celle-ci soit forte ou faible. En ce qui concerne le rendement, l'analyse de variance des données a permis de mettre en évidence une différence hautement significative, tant au niveau des variétés qu'au niveau des densités, mais pour les effets d'interaction des facteurs étudiés sur le rendement, l'analyse n'a fait ressortir aucune différence. Des résultats semblables ont été obtenus à la suite d'une étude réalisée par [18], selon lesquels le rendement obtenu avec les faibles densités était 18 % inférieur à celui des fortes densités. Les résultats obtenus par [13] aussi confirment cela : les fortes densités ont donné le plus grand rendement en T / Ha. Cela s'explique par leur dominance en nombre de poquets et par le nombre de tubercules par poquet plus élevés que pour les densités peu fortes [19, 20]. Les résultats sur les différentes densités corroborent avec ceux de [21 - 23]. Les mêmes résultats sont reconnus par [24, 25].

5. Conclusion

Les résultats obtenus après l'analyse statistique ont montré que : a) le taux de levée est le même pour tous les traitements et varie de 98,69 % à 99,81 % ; b) le nombre de ramifications par plant aux 60^{ème} et 75^{ème} JAP a montré une différence hautement significative entre les variétés; par contre l'analyse n'a révélé aucune différence significative entre les deux densités de plantation ; c) à la récolte, l'analyse de variance des données sur le nombre moyen de tubercules par plant a montré une différence hautement significative entre les densités de plantation. Ainsi, la densité 60 cm x 30 cm a fourni le plus grand nombre de tubercules avec en moyenne 12,96 et le plus faible nombre de tubercules a été enregistré au niveau de la densité 60 cm x 40 cm avec pour moyenne 8,68 et d) l'analyse de variance des données sur le rendement moyen en T / Ha a permis de mettre en évidence une différence hautement significative, tant au niveau des variétés qu'au niveau des effets de la densité. Le Test de Newman et Keuls au seuil de 5 % a permis de classer en deux groupes homogènes par rapport aux effets des variétés sur le rendement. Ainsi, nous avons le groupe (A), constitué de la variété Claustar pour une moyenne de 27,23 T / Ha et le groupe (B) constitué de la variété Sahel pour une moyenne 24,40 T / Ha, j). Nous pourrions dire que Claustar est la variété la plus productive et que la meilleure densité de plantation serait 60 cm x 30 cm comme l'illustrent les résultats du rendement.

Références

- [1] - MDR, Ministère du Développement Rural, Version finale après consultations. République du Mali, Politique foncière agricole du Mali, (2014) 44 p.
- [2] - INSTAT, Institut National de la Statistique, Mali projection 2009, (2015) 14 p.
- [3] - CILSS, Comité Inter Etats de Lutte contre la Sècheresse dans le Sahel, Etude diagnostique de la filière pomme de terre dans trois pays de l'Afrique de l'Ouest, Volume II. Cas du Mali, (2003) 71 p.
- [4] - FAOSTAT, Adresse URL : http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/F (Consulté le 12/03/2017), (2016)
- [5] - A. SIDIBE, D. DEMBELE, O. NIANGALY, K. DEMBELE, Y. KANE, M. KEBE, Rapport de campagne. Production de semences de pomme de terre en zone Office du Niger, (2016) 17 p.
- [6] - B. VANDERHOFSTADT, Etude menée au Compte du 'Programme de Compétitivité et de Diversification Agricoles (PCDA) au Mali, Etude de la filière semences de pomme de terre au Mali, (2011) 25 p.
- [7] - GIPT- Mali, Rapport Bilan de la Campagne de pomme de terre: Groupement Interprofessionnel de la pomme de terre du Mali, (2014) 9 p.
- [8] - I. ZAKARI, Mémoire de fin de Cycle, IPR/IFRA de Katibougou. Effets de 5 densités de plantation sur la production de semences G₃ de deux (02) variétés de pomme de terre (Sahel et Claustar) en zone soudano-sahélienne du Mali : Katibougou, (2016) 47 p.
- [9] - G. HOLFELDER, *Reconstitution de la carte pédologique de l'IPR de Katibougou*, (1978) 19 p.
- [10] - T. MASDENGARTI, Mémoire de fin de cycle, IPR/IFRA de Katibougou. Influence de la densité de repiquage sur le comportement de l'oignon dans les conditions de Katibougou, (2015) 35 p.
- [11] - www.nivap.nl. consulté le 12/ 02/2017, (2017)
- [12] - I. ZAKARI, Mémoire de fin de Cycle, IPR / IFRA de Katibougou. Effets de 5 densités de plantation sur la production de semences G₃ de deux (02) variétés de pomme de terre (Sahel et Claustar) en zone soudano - sahélienne Katibougou, du Mali, (2016) 47 p.
- [13] - M. TOURE, Mémoire de fin de cycle (Bac + 5). Etude comparative de quatre (04) variétés de pomme de terre dans la zone climatique de Katibougou, (2014) 54 p.
- [14] - I. LOMPO, Mémoire de fin d'étude, Centre régional AGRYHMET. Influence de la fertilisation et de la densité de plantation sur la productivité de la pomme de terre dans la région de Niamey, Niger, (2010) 109 p.

- [15] - M. B. SANGARE, Mémoire de fin de cycle (Bac + 5). Effets de la densité de plantation et du sectionnement des tubercules de G3 sur la productivité de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) en zone soudano sahélienne, Katibougou Mali, (2015) 63 p.
- [16] - S. KEITA, Rapport de Fin de Cycle, IPR / IFRA de Katibougou. Effet de deux dates et de deux densités de plantation sur la production des G2 de deux variétés de pomme de terre dans les conditions de Katibougou, (2015) 37 p.
- [17] - W. REUST, Thèse de doctorat, Zurich : Ecole Polytechnique Fédérale. Contribution à l'appréciation de l'âge physiologique des tubercules de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) et étude de son importance sur le rendement, (1982) 113 p.
- [18] - H. SABI, Mémoire de Fin de Cycle, IPR/IFRA de Katibougou. Impact du sectionnement des tubercules dans la gestion de la production biologique de la pomme de terre dans les conditions Agro-Ecologiques de Katibougou, (2011) 58 p.
- [19] - J. MARECHAL, A. LUDOVIC, J. L. ROLOT, N. DIABATE, M. DIABATE, A. SIDIBE, Etude de la chaîne de valeur pomme de terre de consommation au Mali, (2016) 29 - 30 p.
- [20] - B. VANDERHOFSTADT, Manuel technique de la culture de la pomme de terre de consommation à destination du Tchad, (2011) 21 p.
- [21] - C. OLIVIER et S. BUECHE, Article Pomme de terre : Penser à réduire la densité de plantation, (2012). www.terre-net.fr/, Page consultée le 15 septembre 2018
- [22] - perriol.com/cul_beaba/densité/htm, Densité de plantation de la pomme de terre, Page consultée le 25 septembre 2018
- [23] - vikifarmer.com/fr, *Planter des pommes de terre, densité de semis et espacement des plants*. Page consultée le 16 septembre 2018
- [24] - www.rustica.fr, *Comment réussir la plantation de la pomme de terre*. Page consultée le 16 septembre 2018
- [25] - jardin-potager-bio.fr, *Planter la pomme de terre, quand et comment planter ?* Page consultée le 20 septembre 2018