



Research Article

Universal Journal of Life and Environmental Sciences 2023, Vol 5, Pages 29-42 Serie 1

Submission (28 March 2023) Accepted and Published (May 2023) www.ijarme.org

## Influence des itinéraires techniques sur la phénologie, le rendement fruitier et grainier du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone soudanienne du Tchad

### Influence of technical itineraries on phenology, fruits and seed yields of sesame (*Sesamum indicum* L.) in sudanian zone of Chad

KYA Mbaikar<sup>1\*3</sup>, MANDOU Marie Solange<sup>2</sup>, DONGOCK NGUEMO Delphine<sup>3</sup>, NOUBISSIE TCHIAGAM Jean Baptiste<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD). BP.31 Moundou –Tchad

<sup>2</sup>Département d'Agriculture, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang

<sup>3</sup>Laboratoire de Biodiversité et Développement durable (LAB2D) ; Département des Sciences Biologiques. Université de Ngaoundéré (UN). BP. 454 Ngaoundéré, Cameroun

\*Auteur Correspondant ; E- mail : [mbaikar\\_kya@yahoo.com](mailto:mbaikar_kya@yahoo.com); Tél : + 235 66 49 52 61

#### RESUME

Une étude de l'influence des itinéraires techniques sur la phénologie et le rendement grainier et fruitier de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) a été effectuée à la Station agronomique de Bébédjia (8°40'09" N et 16°54'65" E) au sud du Tchad afin de contribuer à la productivité du sésame. Le dispositif expérimental est un bloc randomisé à quatre répétitions, et quatre traitements (Aucun fertilisant, engrais, compost, compost + engrais). Les résultats ont montré que les phases de croissance végétative, de floraison, de fructification et de maturité du sésame se développent en général mieux dans les parcelles au compost, et à l'engrais + compost que dans la parcelle non fertilisée. Il ressort également que l'engrais + compost améliore significativement le rendement en fruit (93,5 capsules/plant), suivi du compost (86,62 capsules/plant) puis de l'engrais (77,75 capsules/plant). Pour le rendement grains par plant, le compost donne 30,24 g/plant comparé à l'engrais + compost (29,46 g/plant), à l'engrais (24,15 g/plant) et enfin aux parcelles sans fertilisant (19,71 g/plant). Il existe des corrélations linéaires positives ( $r = 0,82$  ;  $P < 0,05$ ) entre le nombre de capsules par plant et le rendement en grains par plant. Cependant la longueur de feuille et le nombre moyen de capsules par plant sont corrélés négativement ( $r = - 0,60$  ;  $P < 0,05$ ). L'engrais + compost favorise le développement végétatif en raccourcissant le cycle de production de la plante. La culture du sésame se prête bien au compost à la dose de 3t/ ha qui pourrait être recommandée aux producteurs.

**Mots clés :** Itinéraires techniques, phénologie, rendements, *Sesamum indicum*, Tchad

#### ABSTRACT

A study of technical itineraries influence on phenology and seed and fruit yield of on *Sesamum indicum* L (Pedaliaceae) was carried out at agronomic Station of Bébédjia (8°40' 09 " N and 16°54'65" E) in South Chad in order to contribute to the sesame crop productivity. The experiment design was a complete randomized bloc design and replicated four times with four treatments (without fertilizer, fertilizer, compost, compost + fertilizer). The results showed that the stages of vegetative development, flowering, fructification and maturity of sesame were in general better on plots with compost and fertilizers + compost than the plants in the plots without fertilizer. It was noticed that fertilizer + compost significantly improved the fruit yield (93.5 fruits/plant) followed by compost (86.62 fruits/plant) then the fertilizer (77.75 fruits/plant). For the seed yield per plant, the compost recorded 30.24 g/plant compared to fertilizer + compost (29.46 g/plant), the fertilizer (24.15 g/plant) and then to the plots without fertilizer (19.71 g/plant). There are strong positive correlations ( $r = 0.82$ ;  $P < 0.05$ ) between the number fruits per plant and the seeds yields per plant. However, there is a strong negative correlation between length of leaves and the number of fruits per plant ( $r = - 0.60$ ;  $P < 0.05$ ). The fertilizer + compost increased the vegetative growth and shortened productive period. The sesame crop grows well with compost at rate 3t/ha that should be recommended to the producers.

**Key words:** Technical itineraries, phenology, yields, *Sesamum indicum*, Chad

## **INTRODUCTION**

Les itinéraires techniques sont considérés comme une stratégie pouvant conduire une culture en vue d'améliorer ses performances (Rongead, 2013). La phénologie d'une plante permet d'observer et d'étudier les étapes de développement végétatif et reproducteur en relations avec les paramètres environnementaux (Seguin, 2010). Le sésame (*Sesamum indicum* L.) de la famille des Pedaliaceae est une plante cultivée dans presque tous les pays tropicaux et subtropicaux de l'Asie et d'Afrique pour ses graines très nutritives et comestibles (Iwo *et al.*, 2002). Il est aussi cultivé pour son huile riche en protéines, en glucide, sa richesse en acides gras essentiels, pour ses vertus culinaires et thérapeutiques (Tunde - Akintunde *et al.*, 2012), pharmaceutique et cosmétiques, ainsi que comme additif à la margarine (Boureima *et al.*, 2010). Le tourteau du sésame est également utilisé pour l'alimentation du bétail (Boureima *et al.*, 2010).

La production mondiale du sésame est estimée à plus de trois millions de tonnes dont 75% sont produits par l'Inde, le Soudan, le Mexique, l'Ouganda et la Chine (Laurentin, 2007). Cette production est passée à cinq millions et demi de tonnes en 2014 (FAO, 2015). La production du sésame au Tchad a été estimée à 170 000 tonnes en 2015 (FAOSTAT, 2017). Le sésame connaît depuis quelques années un regain d'intérêt à la faveur de la reprise des cours mondiaux et d'une demande de plus en plus croissante (FAO, 2015). Autrefois cultivé pour l'autoconsommation, le sésame est devenu une culture de rente au Tchad après le coton et l'arachide (Arrivet & Rollin 2002). En zone Soudanienne du Tchad, la culture du sésame est d'une grande importance économique et sociale. Les variétés cultivées sont des variétés locales ou améliorées (S42, Pachequeno sel, DLS1) à graines brunes, noires ou blanches avec prédominance des variétés à graines blanches (Fikirna, 2016).

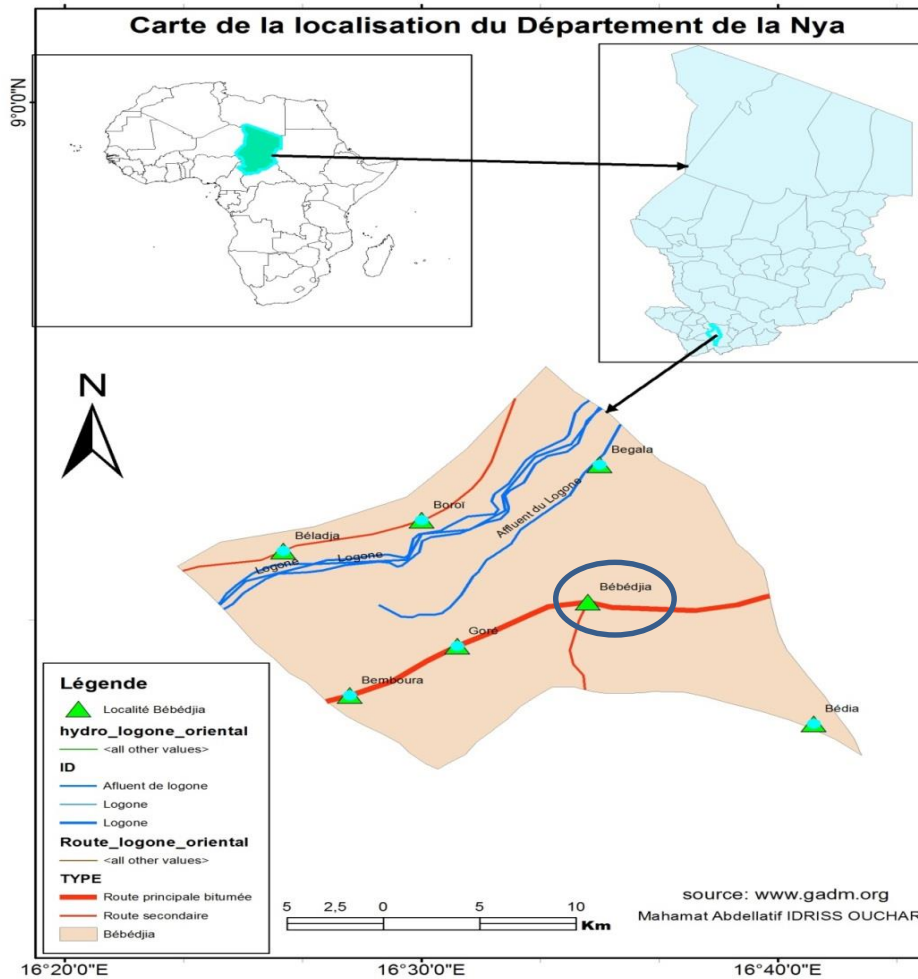
La culture du sésame se prête au sol léger, sablo-limoneux, fertiles à l'exception des sols hydromorphes (Rongead, 2013). Les conditions de culture du sésame au Sud du Tchad ne permettent pas d'obtenir de très bons rendements du fait que les itinéraires techniques ne sont parfois pas respectés (Fikirna, 2016).

En dépit des avantages qu'offre la culture du sésame, quelques contraintes pèsent sur l'utilisation des fertilisants par le producteur en quête de rendement. Ces contraintes sont entre autres : le coût très élevé de l'engrais minéral et le faible niveau de fertilité des sols (Naitormbaide, 2012). De nombreux travaux menés sur les modes de fertilisation (minérale et / ou organique) par rapport à la phénologie et au rendement en grains du sésame qui ont été effectués au Burkina-Faso, Bationo (2004) et Housseini, (2013) au Niger, au Sénégal (Boureima *et al.*, 2010), au Cameroun (Atibita *et al.*, 2016), au Tchad (Fikirna, 2016), ont montré des résultats satisfaisants sur cette culture. Il serait ainsi nécessaire pour une meilleure productivité du sésame d'améliorer les itinéraires techniques couplées aux fumures organiques et minérales afin de rehausser non seulement le rendement mais aussi en vue d'assurer une intensification culturale pour une agriculture durable pour le bien être des producteurs.

## **MATERIEL ET METHODE**

### **Présentation du site d'étude**

L'essai a été conduit à la Station de Bébédjia au Sud du Tchad de coordonnées 8°40' 09 " N et 16°54'65" E (Naitormbaide, 2012). Elle est limitée au sud par la Région du Logone Oriental (Doba) à 35 km et au Nord par la Région du Logone Occidentale (Moundou) à 65 km (Figure 3). Les températures sont variables selon les périodes de l'année. Les plus basses sont enregistrées entre novembre et février (20°C) et les plus élevées entre mars et juin (40°C) (ITRAD, 2018). Le climat est de type tropical, caractérisé par deux saisons, une saison sèche qui s'étend de novembre à mars et une saison des pluies d'avril à octobre. La pluviométrie annuelle varie de 1000 à 1200 mm (ITRAD, 2018). Les sols ont une texture à dominance sablo-argileuse (Naitormbaide, 2012). Ces sols sont peu profonds et se prêtent bien à l'agriculture. Les populations y pratiquent la culture du riz, sorgho, mil, coton, arachide, haricot, sésame, légumes et fruits. La végétation est marquée par des parcs agro-forestiers très variables, se caractérisant par des strates arborées (*Borassus aethiopum*, *Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma thonningii*) tantôt à dominance de *Daniellia oliveri* tantôt par des strates arbustives ou de strates herbacées (ONDR, 2015).



**Figure 1 :** Localisation du site d'étude (source : www.gadm.org)

### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la variété de sésame S42, à port ramifié. Son cycle végétatif est de 85 à 90 jours, des graines de couleur blanche avec un rendement potentiel de 900kg/ha. Les semences ont été fournies par l'ITRAD de la station agronomique de Bébédjia (2018)

### Les fertilisants

L'engrais minéral utilisé dans cette étude est de formule NPK (15-15-15) et est fourni par l'ITRAD de la station agronomique de Bébédjia (2018). La dose recommandée est de 100 kg/ha (ITRAD, 2018). Le compost utilisé est issu des déchets fécaux des bovins. Il a été fourni par le laboratoire de Biodiversité de l'Université de Ngaoundéré. La dose recommandée est de 3 t/ha (Rongead, 2013)

### Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était en blocs complets randomisés à 4 répétitions. Quatre traitements ont été considérés : T1 : NPK (15-15-15) avec 100 kg/ha ; T2 : compost avec 3000 kg/ha ; T3 : 50 kg/ha de NPK + 1500 kg/ha de compost ; T0 : témoin (aucun apport fertilisant). Chaque bloc était constitué de 4 parcelles élémentaires pour un total de 16 unités expérimentales, espacées de 2 m au sein de chaque bloc et une distance de 2 m a été

maintenue entre les blocs. La superficie totale du champ expérimental a été de 360 m<sup>2</sup> dont 237,6 m<sup>2</sup> correspond à la surface utile. Le semis a été fait à des espacements de 0,10m sur la ligne et 0,60 m entre les lignes pour une densité de 166 666,66 plants /ha.

### Conduite des opérations culturales

La préparation du sol a été faite le 03 août 2018 par un labour plat à l'aide de tracteur à Cover-Crop. Le semis en lignes a été effectué le 4 août 2018 à une profondeur de 2 cm environs à raison de 5 à 6 graines par poquet. Le sol a été bien tassé pour assurer un bon contact de l'humidité avec la graine. Le sarclage a été fait manuellement à la houe suivie du démariage en ne laissant qu'un plant par poquet, 21 jours après semis (JAS).

### Fertilisation du sol.

La fertilisation a été faite par épandage sur la ligne de semis selon chaque traitement en fonction des doses en une fois, 21 jours après semis (Rongead, 2013).

### Collecte des données

Les données collectées sur la phénologie ont été effectuées sur dix plants de chaque unité expérimentale et avaient porté sur la levée, la croissance végétative, l'apparition des boutons

**KYA et al. : Influence des itinéraires techniques sur la phénologie, le rendement fruitier et grainier du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone soudanienne du Tchad**

floraux puis l'épanouissement de la fleur et la fructification.

Ces paramètres ont été relevés à partir du 21<sup>ème</sup> jour après semis (JAS). Les variables de croissance ont porté sur la longueur et la largeur des feuilles, la hauteur des plants, le diamètre au collet de la tige principale.

La hauteur a été mesurée à l'aide d'une règle graduée en centimètre et longue de 3m. La longueur et la largeur des feuilles ainsi que le diamètre au collet de la plante ont été mesurées à l'aide de la manche du pied à coulisse, graduée en millimètre.

La floraison a été évaluée par comptage visuel dès l'apparition du premier bouton floral sur les plants de chaque traitement. Pendant la période de fructification, les premières capsules formées sur les plants de chaque traitement ont été notées suivant les jours après semis. Les rendements en fruits ont été évalués à la maturité des capsules. Le nombre de capsules par plant a été compté en champ sur dix plants étiquetés des deux lignes centrales par traitement. Dix capsules ont été prélevées sur les dix plants de chaque traitement et les grains ont été comptés manuellement et pesés à l'aide d'une balance de précision de marque ACCULAB Max 6200 g. Le poids de mille graines a été pesé à l'aide d'une balance de précision électronique pour les différents traitements de toutes les répétitions. Le rendement en grains par plante est calculé selon la formule de Garfius (1964) :  $W = XYZ$  où X : est le nombre de capsules par plante ; Y : nombre moyen de grains par capsule ; Z : poids moyen de la graine. La collecte des fruits a été faite à la faucille sur les deux lignes centrales qui constitue la parcelle élémentaire utile de l'essai.

**Analyses statistiques**

Les données collectées sur les différents paramètres observés et mesurés ont été enregistrées et traitées à l'aide du logiciel Excel. Ces données ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur (traitement). La comparaison des moyennes a été rendue possible grâce au test de Duncan au seuil de 5%. Des corrélations entre les paramètres de croissance et de rendements en grains ont été

effectuée (Olaoye, 2007). Le logiciel Statgraphic Centurium 16.1 a été utilisé pour les analyses statistiques.

**RESULTATS ET DISCUSSION**

**Influence des fertilisants sur le cycle de développement du sésame**

Les différentes phases d'évolution de la variété S-42 sont résumé au Tableau 1. Le cycle de développement de *S. indicum* a présenté quatre phases : la phase de levée et de développement végétatif, la phase de floraison, la phase de fructification et la phase de maturation des fruits. La parcelle amendée à l'engrais + compost, présente une précocité pour toutes les phases phénologiques. Aucune différence significative ( $P < 1,000$ ) n'a été observée lors de la levée des plants au 4<sup>ème</sup> jour après semis (100% de levée) car lors de cette étude, l'apport en fertilisant a été appliqué après la levée. Cet intervalle de temps après semis pour la levée a été rapporté par les travaux de Badiel *et al.* (2016) et (Ily, 2011). Il faut noter cependant que la durée de la levée peut varier de 4 à 10 jours après semis suivant la température et l'humidité du sol (Ily, 2011). L'apport de fertilisants influence le nombre de jours de la phase végétative à la maturation. La phase de développement végétatif (Tableau 1) est assez courte (33 JAS) dans les parcelles fertilisées à engrais + compost. Dans les parcelles ayant reçus seulement le compost, cette phase a lieu 34 JAS. Par contre lorsqu'aucun apport de fertilisant n'a pas été appliqué, celle-ci se fait à 35 JAS. Les fertilisants ont montré un effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur le développement végétatif des plants. Cette différence significative pourrait s'expliquer par la présence d'azote minéral et organique chez la parcelle à engrais + compost dont la durée de végétation est moins courte pour amorcer très rapidement la phase de floraison par rapport à la parcelle non fertilisée. La meilleure croissance végétative observée chez la parcelle ayant reçu l'engrais + compost serait attribuée à l'azote. Akanbi *et al.* (2000), Olaoye, (2007) et Kouayet *et al.* (2021) ont montré que la présence de l'azote améliore le développement végétatif et augmente la croissance des plants de gombo pour un apport d'azote de 100 kg/ha.

**Tableau 1** : Phases phénologiques (JAS) en fonction des fertilisants

Phases phénologiques	Aucun fertilisant	Fertilisants			F	P
		Engrais	Compost	Engrais + compost		
Levée	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0,00	<1,000
Développement végétatif	35±0,00 <sup>c</sup>	34±0,00 <sup>b</sup>	34± 0,00 <sup>b</sup>	33± 0,00 <sup>a</sup>	0,00	<0,001
Floraison	37±0,00 <sup>c</sup>	36 ±0,00 <sup>b</sup>	36 ± 0,00 <sup>b</sup>	35 ±0,00 <sup>a</sup>	0,00	<0,001
Fructification	40±0,00 <sup>c</sup>	39±0,00 <sup>b</sup>	39 ±0,00 <sup>b</sup>	38±0,00 <sup>a</sup>	0,00	<0,001
Maturation des fruits	87±0,00 <sup>d</sup>	85±0,00 <sup>c</sup>	84±0,00 <sup>b</sup>	82±0,00 <sup>a</sup>	0,00	<0,001

P = probabilité associée ; F = variable de Fisher. Les lettres différentes sur la ligne indiquent les différences significatives entre les différentes doses de fertilisants pour un même paramètre au seuil de 5%.

### Influence des fertilisants sur la floraison

Les premiers boutons floraux se sont développés en des périodes différentes en fonction des apports des fertilisants sur les plants de chacune des parcelles (Figure 2). Les plants de la parcelle à l'engrais + compost ont produit des boutons floraux 35 JAS. La parcelle amendée à l'engrais et celle au compost ont fleuri chacun 36 JAS et enfin, les plants de la parcelle sans amendement ont fleuri plus tardivement 37 JAS. Les résultats obtenus montrent qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre la floraison des plants de la parcelle à l'engrais + compost (35 JAS) et celle de la parcelle à l'engrais et la parcelle au compost et enfin entre la floraison des plants de la parcelle non fertilisée (37 JAS). Cependant aucune différence significative n'a été observée entre la parcelle à l'engrais et celle au compost.

Les plants en fleurs épanouies sont plus représentés chez ceux soumis à l'engrais + Compost avec 16%, suivis de ceux ayant reçu de l'engrais (14%) ; du compost (13%) et enfin ceux de la parcelle non fertilisée (8%). Dix jours après l'apparition des boutons floraux, plus de 50% ont été épanouies dans chacun des quatre parcelles amendées.

La précocité de floraison observée dans la parcelle à l'engrais + compost serait due à la présence de la combinaison de l'azote et du phosphore contenu dans l'engrais minéral et dans le compost. La nutrition azotée aurait favorisé la croissance des plants d'une part et le phosphore aurait contribué à la floraison d'autre part El Hassani & Persoons (1994) ; Noufou (2009). L'azote et le phosphore organique aurait été transformé en azote et phosphore minéral puis rapidement assimilés dans le temps par les plants aurait favorisé cette floraison. Ces résultats confirment ceux de Badiel *et al.* (2016) sur les plants de la même variété S-42 dont l'apparition des boutons floraux ont été observée à 35 JAS pour l'engrais NPK uniquement. Les travaux de Olaoye (2007) au Nigeria sur le sésame ; Akanbi *et al.* (2000) au Nigeria sur le *Zea mays* et ceux de Noufou (2009) sur *Citrullus lanatus* en Côte d'Ivoire ont montré que l'application de l'engrais seul, du compost seul ou du mélange engrais + compost, raccourcirait la période de floraison chez le sésame et aussi chez d'autres cultures comme le maïs, le gombo et le sorgho.

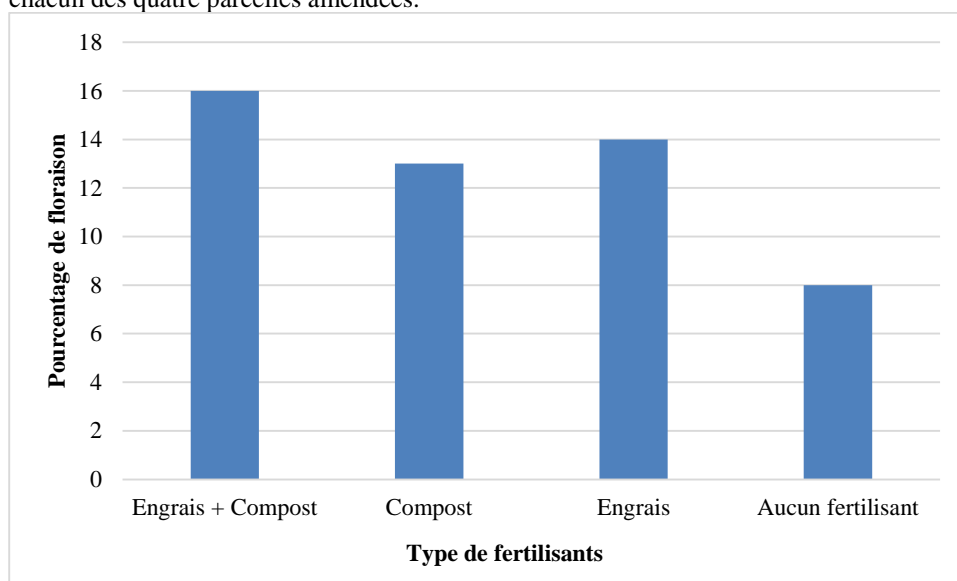


Figure 2 : Proportion de floraison du sésame en fonction du type de fertilisants (les types de fertilisants portant les lettres différentes indiquent les différences significatives au seuil de 5%)

### Influence des fertilisants sur la fructification de *Sesamum indicum*

Les différents fertilisants appliqués aux parcelles ont influencé le temps de production des fruits chez les plants de sésame (Tableau 1). Les plants de la parcelle à l'engrais + compost ont produit très précocement des fruits 38 JAS comparés à la parcelle n'ayant pas reçu de fertilisant (41 JAS). La différence a été hautement significative ( $P < 0,05$ ) entre le temps de fructification des plants de la parcelle à l'engrais + compost et ceux de la parcelle témoin sans fertilisant. Cette différence

significative s'expliquerait par le fait que l'apport d'éléments tels que le phosphore favoriserait la fructification précoce du sésame. Haruna *et al.* (2011), Olaniyi (2008) et Olaoye (2007) ont obtenus des différences significatives sur la période de fructification du sésame en apportant des doses différentes d'azote et de phosphore. Cependant, les plants de la parcelle à l'engrais et ceux au compost ont produit des fruits à la même période (39 JAS), aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été notée pour ces deux fertilisants. Il ressort dans ce cas que l'apport de l'engrais et du compost n'ont

## **KYA et al. : Influence des itinéraires techniques sur la phénologie, le rendement fruitier et grainier du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone soudanienne du Tchad**

pas influencé sur la période de fructification du sésame. Cependant, l'écart de temps de fructification observé entre les plants de la parcelle à l'engrais + compost et ceux de la parcelle témoin, montre que la fumure organique associée à l'engrais minéral constitue un stimulant pouvant assurer l'équilibre entre les apports et les besoins des plantes (Giller *et al.*, 2002). De plus l'azote dans le compost est apporté sous forme organique ; ce qui nécessite une transformation de l'azote organique en azote minérale pour une bonne assimilation par la plante (Cobo *et al.*, 2002), pour la croissance et la production des plantes cultivées (Useni *et al.*, 2012).

### **Influence des fertilisants sur la maturation des fruits**

La maturation des fruits de *Sesamum indicum* a été significativement influencée par les types de fertilisants (Tableau 1). La précocité de la maturation a été observée sur les plants de la parcelle à l'engrais + compost (82 JAS), suivies respectivement de celles au compost (84 JAS), à l'engrais (85 JAS) et sans apport de fertilisant (87 JAS). Une différence hautement significative ( $P < 0,05$ ) a été observée entre la maturation des plants de la parcelle à l'engrais + compost et celle de la parcelle témoin. L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre la parcelle à l'engrais et celle au compost. Il apparaît que le mélange engrais + compost réduirait le temps de maturation de *Sesamum indicum* et par conséquent la réduction de son cycle de reproduction. Cette réduction du cycle dans le cas de notre étude pourrait s'expliquer par la conjugaison des effets liés à la présence des éléments du compost de bouse de bovin et surtout à sa teneur en phosphore (P). Les résultats obtenus montrent que la maturation est retardée de cinq jours chez la parcelle n'ayant pas reçu de fertilisant comparativement à celle à l'engrais + compost. El Hassani & Persoons (1994) ont montré que le phosphore est un facteur de précocité, car il raccourcit la durée du cycle végétatif et accélère la maturité des fruits. De nombreux travaux de recherches menés sur diverses plantes telles que *Citrullus lanatus*, *Abelmoschus esculentus*, *Zea mays* montrent l'effet bénéfique de l'apport d'engrais minéral et de l'engrais organique sur la maturation et la production des cultures. Aussi pour éviter les phénomènes d'effets dépressifs, les fertilisants organiques sont de plus en plus associés à la fumure minérale (Noufou, 2009)

### **Influence des fertilisants sur a croissance végétative**

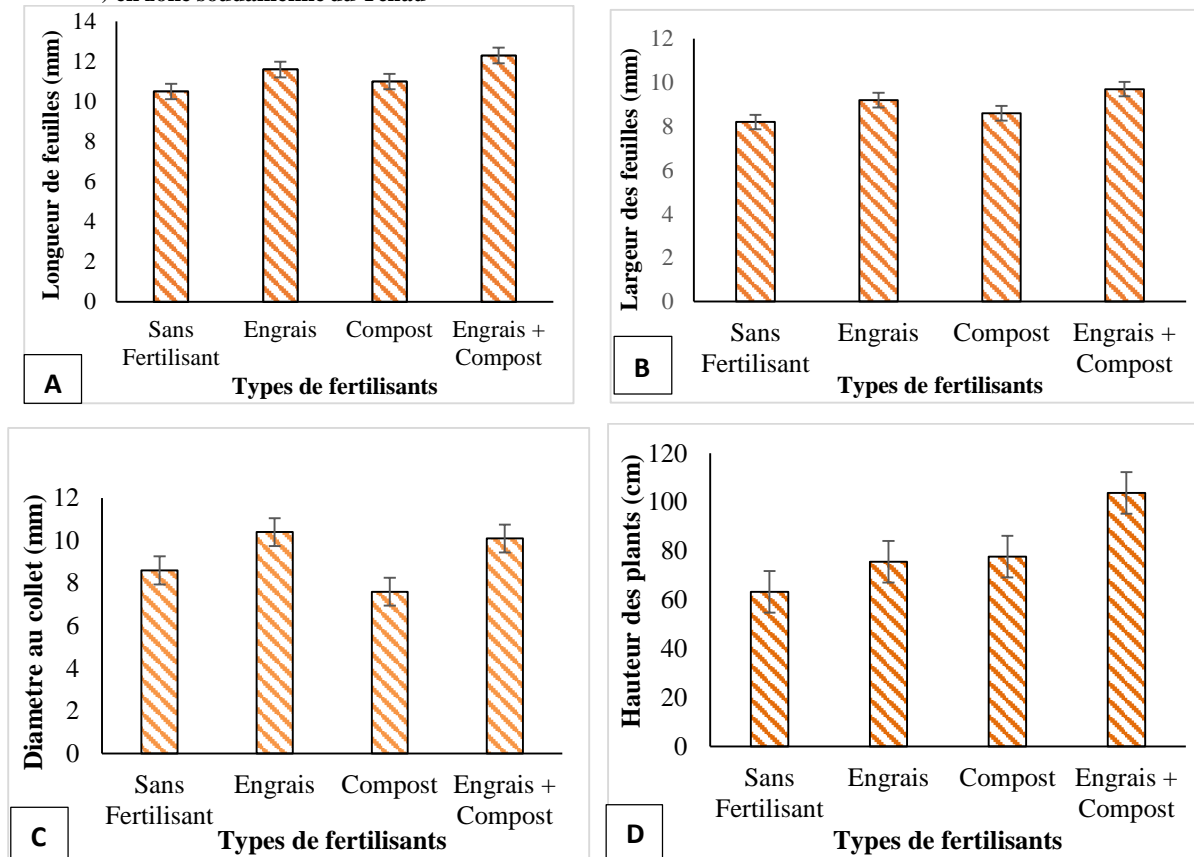
#### **Longueur des feuilles**

La croissance en longueur des feuilles des plants varie en fonction des fertilisants (Figure 3A). Elle est plus importante chez les plants fertilisés à l'engrais + compost (12, 23 ± 1, 83 mm), suivis de ceux amendés à l'engrais et au compost avec respectivement 11, 55 ± 2, 84 mm et 11,0 ± 2,3 mm Les feuilles de sésame sans apport de fertilisants sont plus petites (10,5 ± 1,1 mm). On note une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre la longueur des feuilles des plants de la parcelle sans fertilisant et celles de la parcelle amendée à l'engrais et au compost d'une part et entre celles sous engrais + compost d'autres part ( $P < 0,05$ ). Cependant il n'existe pas de différence significative entre la longueur des feuilles de la parcelle à engrais et celles de la parcelle à compost ( $P > 0,05$ ). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que l'engrais contient des éléments nécessaires déjà disponibles pour la nutrition minérale de la plante. L'azote contenu dans l'engrais favorise la photosynthèse et la croissance des feuilles. L'apport en azote contenu dans l'engrais minéral serait le facteur déterminant dans la croissance des feuilles (Hirel & Gallais, 2013). L'azote fournit par ces deux fertilisants aux plants des parcelles à engrais et aux plants de celles à engrais + compost a été bien utilisé par ces plants pour la croissance des feuilles. Les plants de la parcelle à compost seul ont présenté toutefois des feuilles moins longues que les plants de la parcelle à engrais et celle à engrais + compost. Ce qui pourrait être justifier par le fait que l'azote organique provenant du compost n'aurait pas été transformé rapidement ou entièrement en azote minérale pour une bonne assimilation par les plants des parcelles à compost (Cobo *et al.*, 2002). Par ailleurs, Akanbi *et al.* (2000) au Nigeria ; Badiel *et al.* (2016) au Burkina Faso ; Nguyen *et al.* (2016) au Vietnam, ont obtenu des résultats similaires sur la croissance des feuilles en appliquant de l'engrais minéral ou organique sur la culture du sésame à des doses différentes.

#### **Largeur des feuilles**

La largeur des feuilles varie en fonction des fertilisants (Figure 3B). La parcelle à l'engrais + compost présente des feuilles plus larges (9,7 ± 1,8 mm), suivie des feuilles des plants de la parcelle fertilisée à l'engrais, au compost et celles n'ayant aucun fertilisant avec 9,2 ± 1,7 mm, 8,6 ± 1,8 mm et 8,2 ± 1,4 mm respectivement.





**Figure 3 :** Caractéristiques de feuillaison de *Sesamum indicum* en fonction des fertilisants (A : Longueur de feuilles ; B : Largeur des feuilles ; C : Diamètre au collet ; D : Hauteur des plants) ; (les types de fertilisants portant les lettres différentes indiquent les différences significatives au seuil de 5%)

L'analyse de variance montre que les moyennes de la largeur des feuilles des plants de la parcelle à l'engrais + compost ( $9,7 \pm 1,8 \text{ mm}$ ) sont significativement plus grandes ( $P < 0,05$ ) que celles de la parcelle à l'engrais ( $9,2 \pm 1,7 \text{ mm}$ ). La parcelle au compost a des feuilles plus larges ( $8,6 \pm 1,8 \text{ mm}$ ) que celles de la parcelle sans fertilisant ( $8,2 \pm 1,4 \text{ mm}$ ). L'analyse de variance montre une différence significative entre ces parcelles ( $P < 0,05$ ). Ceci peut s'expliquer par le fait que les plants commencent à absorber les éléments minéraux nécessaires à leur croissance apportée par l'engrais et par le compost. Ce qui expliquerait aussi que la plante aurait pratiquement non seulement utilisé les éléments disponibles pour son développement mais cet arrêt de la croissance de feuillaison serait lié au cycle de développement de la plante. L'apport en engrais et en engrais + compost présente un effet bénéfique sur la croissance en largeur des feuilles du sésame (Binh *et al.*, 2015). Nos résultats concordent avec ceux de Badiel *et al.* (2016) au Burkina Faso ; Nguyen *et al.* (2016) au Vietnam qui ont montré que l'azote (N) contenu dans l'engrais est rapidement utilisé pour la croissance des feuilles du sésame alors que l'azote organique nécessite une transformation en azote minérale pour être utilisé par les plantes.

#### Le diamètre au collet de la tige principale

Le diamètre au collet de la tige principale de *Sesamum indicum* varie avec les différents amendements effectués (Figure 3C). Les plants de la parcelle ne bénéficiant pas de fertilisant ( $8,6 \pm 3,1 \text{ mm}$ ) sont plus vigoureux ceux ayant reçu du compost ( $7,6 \pm 3,8 \text{ mm}$ ) pourrait s'expliquer par l'effet du gradient de fertilité du sol. Le diamètre le plus grand se trouve chez les plants de la parcelle à engrais ( $10,4 \pm 3,0 \text{ mm}$ ) et le plus petit chez les plants de la parcelle sous compost ( $7,6 \pm 3,8 \text{ mm}$ ). L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre le diamètre des plants de la parcelle fertilisée à l'engrais et ceux de la parcelle au compost. En effet, le fait que le diamètre des plants de la parcelle à l'engrais soit supérieur au diamètre des plants de celle à compost et de la parcelle à l'engrais + compost, montrerait que les éléments minéraux de l'engrais (NPK) auraient été directement bien utilisés par les plants pour leur nutrition minérale (Badiel *et al.*, 2016), alors que le NPK contenu dans le compost devrait subir une certaine minéralisation avant d'être utilisé par les plants (Olaoye, 2007), ce qui retarderait la vigueur chez les plants amendés au compost. La parcelle

## **KYA et al. : Influence des itinéraires techniques sur la phénologie, le rendement fruitier et grainier du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone soudanienne du Tchad**

fertilisée à l'engrais présente des plants dont le diamètre est plus gros que celui des parcelles ayant reçu d'autres types de fertilisants. (Olaoye, 2007) ; Badiel *et al.* (2016) ; Nguyen *et al.* (2016) ont montré que l'azote (N) contenu dans l'engrais est utilisé pour la croissance et la formation des tiges, le phosphore (P) fournit aux plants l'énergie nécessaire pour leur processus métabolique, le potassium (K), pour la production des fleurs, des fruits et la résistance aux maladies.

### **La hauteur des plants**

La hauteur des plants varie considérablement en fonction des parcelles amendées, durant tout le cycle de développement de la plante (Figure 3D). La plus grande hauteur se trouve chez les plants soumis à l'engrais + compost avec  $103,8 \pm 39,9$ cm, et la plus petite chez les plants de la parcelle non fertilisée ( $63,3 \pm 52,2$ cm). La hauteur des plants varie en fonction des fertilisants. L'analyse de variance montre une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre la hauteur des plants de la parcelle n'ayant pas reçu de fertilisant et celle de la parcelle à engrais + compost d'une part et d'autre part entre celle à engrais seul et celle du compost seul au seuil de 5%. Le fait que la hauteur des plants de la parcelle à engrais + compost soit supérieure à celle des plants de la parcelle sans fertilisant serait due à l'engrais minéral (NPK) et à l'engrais organique (compost) qui apporteraient plus d'éléments nutritifs à la croissance de la plante. Les travaux de Akande *et al.* (2011) effectués au Nigeria, et ceux de Binh *et al.* (2015) effectués au Vietnam sur le sésame de variétés différentes ont confirmé que l'effet du mélange (Engrais + compost) améliore significativement la hauteur des plants. Djeké (2002) a démontré en Côte d'Ivoire que la combinaison de la poudrette de parc constitué de la bouse sèche de bovin à faibles doses d'engrais a eu un effet bénéfique sur la croissance des plants de palmier en pépinière. Cette amélioration proviendrait de la présence des éléments minéraux apportés par l'engrais minéral et par le compost tels que l'azote pour la croissance des plants. Hirel & Gallais (2013) soutiennent clairement que l'azote contenu dans l'engrais est utilisé pour la croissance des feuilles, la formation des tiges et des branches. Les travaux de Badiel *et al.* (2016) et ceux de (Ily, 2011) effectués au Burkina Faso ont noté une hauteur moyenne de 120 cm pour la même variété S-42, puis en utilisant de l'engrais minéral à la dose de 100 kg/ha, ils ont obtenu une hauteur moyenne de 106 cm pour les plants sur le mélange engrais + compost.

### **Influence des fertilisants sur le rendement de *Sesamum indicum***

L'apport des fertilisants a influencé de manière significative le rendement en grains, capsule et en fruits de *Sesamum indicum* (Tableau 2).

### **Nombre de capsules par plant**

Le nombre de capsules/plant le plus important a été enregistré pour les plants sous engrais + compost avec  $93,5 \pm 51,70$  capsules/plant, suivi respectivement de ceux au compost ( $86,66 \pm 43,45$  capsules/plant). L'apport en fertilisant chimique à donner un faible rendement en termes de capsules avec seulement  $77,75 \pm 31,47$  capsules/plant. Le faible rendement en fruits/plant obtenu sur la parcelle à engrais ( $77,75 \pm 31,14$  capsules/plant) ne peut être attribué qu'à une insuffisance de ces minéraux, ni à leur séquestration dans le sol. La différence entre le nombre moyen de fruits des plants de la parcelle engrais + compost et le nombre de fruit des plants de la parcelle sans amendement est hautement significative ( $P < 0,05$ ). Il existe également une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre le nombre moyen de capsules/plant de la parcelle au compost et celle à l'engrais, la différence est également très hautement significative ( $P < 0,05$ ) entre les plants à engrais + compost et ceux au compost. Cependant, il n'existe pas de différence significative ( $P > 0,05$ ) entre le capsules/plant issus à engrais et ceux sans fertilisant. Néanmoins, les travaux de Dauda *et al.* (2009) ont noté une augmentation du nombre de capsules/plant suite à l'application de la fiente de volaille chez *Citrullus lanatus*.

### **Nombre grains par capsule**

Le nombre de grains/capsule le plus important a été obtenu pour la parcelle amendée au compost avec  $74,45 \pm 4,25$  grains/capsule, suivi respectivement de ceux de la parcelle à engrais ( $70,50 \pm 18,87$  grains/capsule). L'amendement en compost a donné un rendement plus élevé en grains par capsule qu'en parcelles soumises aux fertilisants en engrais minéral. Ces résultats sont proches de ceux de Nguyen *et al.* (2016) au Vietnam en appliquant de la matière organique et minérale sur le sésame. Ce haut rendement en grains par capsule ( $74,45 \pm 4,25$  grains/capsule) provenant de la parcelle sous compost pourrait s'expliquer aussi bien par la richesse du compost en nutriments indispensables à la plante lors de la formation des organes fructifères et au moment de l'exportation des éléments minéraux nécessaires aux formations des capsules et de grains. La différence entre le nombre moyen de grains par capsule des plants de la parcelle au compost et le nombre moyen de grains par capsule des plants de la parcelle amendée à l'engrais est hautement significative ( $P < 0,05$ ). Il n'existe pas de différence significative ( $P > 0,05$ ) entre le nombre moyen de grains/capsule de la parcelle fertilisée à l'engrais + compost et celui de la parcelle témoin sans aucun fertilisant.

### **Nombre de grains par plant**

Le nombre de grains/plant est pratiquement le même dans la parcelle à compost ( $6438,04 \pm 14$



**KYA et al. : Influence des itinéraires techniques sur la phénologie, le rendement fruitier et grainier du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone soudanienne du Tchad**

grains/plant) et celle à engrais + compost (6407,03 ±30 grains/plant) respectivement. Olaoye (2007) au Nigeria et Housseini (2013) au Niger ont obtenu des résultats similaires en utilisant la fertilisation par microdose sur le sésame. L'analyse de variance montre aucune différence significative ( $P>0,05$ ) entre le nombre de grains par plant de la parcelle à compost et celle à engrais + compost ; par contre, il existe une différence significative ( $P<0,05$ ) entre la parcelle à engrais (5252,16 ±9 grains/plant) et celle à compost (6438,04 ±14 grains/plant). Cette différence s'expliquerait par le fait qu'au moment du remplissage des grains lors de la formation des capsules, la plante aurait bien exporté les éléments nécessaires tels que le Phosphore (P) du compost pour sa nutrition minérale en augmentant ainsi son potentiel de production en grains.

**Poids d'une graine**

Le poids d'une graine le plus élevé est celui de la parcelle fertilisée par le compost (0,0047 g) ensuite viennent les parcelles amendées à l'engrais (0,0046 g) puis celles à engrais + compost (0,0046 g). L'analyse de variance montre une différence significative ( $P<0,05$ ) entre le poids d'une graine de la parcelle fertilisée au compost (0,0047 g) et celle à engrais (0,0046) ou à engrais + compost (0,0046) puis la parcelle n'ayant pas reçu de fertilisant (0,0036 g). Les résultats obtenus sont plus proches de ceux de Haruna *et al.* (2011) au Nigeria et Badiel *et al.* (2016) au Burkina Faso, sur le sésame.

**Poids de 1000 grains**

Le poids de 1000 grains varie d'une parcelle à l'autre. La parcelle au compost a obtenu un poids de 4,7 g, celles à l'engrais et à l'engrais + compost avec 4,6 g chacune. La parcelle témoin ayant le plus faible poids en grains (3,6 g). Les résultats obtenus sont plus proches de ceux de Haruna *et al.* (2011) et Badiel *et al.* (2016) qui ont obtenu pour la même variété (S42) des rendements de 31,38 g/plant correspondant au rendement le plus élevé, le plus bas rendement était de 20,13 g/plant. Une expérience conduite au Nord du Nigeria a montré que l'application de fiente de volaille en production du sésame augmente significativement le rendement en grains de cette culture, avec des rendements moyens en grains/plant de l'ordre de 39,15 g et le poids de 1000 graines était de 3,4 g (Haruna *et al.*, 2011). Des résultats similaires ont été prouvés par Akande *et al.* (2011) en appliquant des matières organiques en production du sésame au Nigeria.

**Rendement des grains/plant**

Le rendement en grains/plant en fonction des fertilisants, la parcelle au compost a produit plus de grains (30, 24 g/plant), suivie de celle à l'engrais + compost (29,46 g/plant). La parcelle sous engrais et sans fertilisants ont obtenus de

faible quantité avec respectivement 24,15 et 19,71 grains/plant). Une différence significative ( $P < 0, 05$ ) existe entre les plants des différentes parcelles amendées. Des résultats similaires ont été rapportés par les travaux de Badiel *et al.* (2016) au Burkina Faso et ceux de Nguyen *et al.* (2016) au Vietnam en appliquant de la matière organique et minérale sur le sésame.

**Rendement des grains/ha**

Du rendement en grains par plant, le rendement potentiel en kg/ha a été estimé et une analyse de variance des valeurs a également montré une différence significative ( $P < 0, 05$ ) entre le rendement des parcelles fertilisées. Le rendement estimatif le plus important a été relevé chez la parcelle amendée au compost (4321,64 kg/ha) et le moins important chez la parcelle fertilisée à l'engrais minéral (3205,96 kg/ha). Des résultats assez proches ont été obtenus au Burkina Faso par Badiel *et al.* (2016) pour un rendement estimatif de 2259,18 kg/ha, au Vietnam par Nguyen *et al.* (2016) et au Nigeria par les travaux de Akande *et al.* (2011) en appliquant les fientes de volaille en production du sésame, augmentant significativement le rendement grains.

Tableau 2 : Rendements en fruits et en graines en fonction des fertilisants

Rendements	Sans Fertilisants	Fertilisants			F	P
		Engrais	Compost	Engrais + Compost		
Nombre capsules / plant	79,18±28,15 <sup>c</sup>	77,75±31,14 <sup>c</sup>	86,66±43,45 <sup>b</sup>	93,50 ± 51,70 <sup>a</sup>	0,38	0,77
Nombre grains /capsule	69,40±6,29 <sup>c</sup>	70,45±18,87 <sup>b</sup>	74,50±4,25 <sup>a</sup>	68,15±13,68 <sup>c</sup>	0,20	0,89
Nombre grains /plant	5477,81±10 <sup>b</sup>	5252,16±9 <sup>b</sup>	6438,04 ±14 <sup>a</sup>	6407,03±30 <sup>a</sup>	0,46	0,71
Poids d'une graine (g)	0,0036 <sup>c</sup>	0,0046 <sup>b</sup>	0,0047 <sup>a</sup>	0,0046 <sup>b</sup>	0,00	0,001
Poids de 1000 grains (g)	3,6 <sup>c</sup>	4,6 <sup>b</sup>	4,7 <sup>a</sup>	4,6 <sup>b</sup>	1,07	0,001
Rendement grains/plant	19,71 ± 4,13 <sup>d</sup>	24,15 ± 4,13 <sup>c</sup>	30,24 ± 4,13 <sup>a</sup>	29,46 ± 4,13 <sup>b</sup>	0,15	0,28
Rendement potentiel en grains (kg/ha)	3264,79 <sup>c</sup>	3205,96 <sup>c</sup>	4321,64 <sup>a</sup>	3625,09 <sup>b</sup>	1,45	0,27

F = variable de Fisher ; P = probabilité au seuil de 0,05 ; g = gramme ; kg = kilogramme ; ha = hectare. Les lettres différentes sur la ligne indiquent les différences significatives au seuil de 5% entre les différentes doses de fertilisants pour un même paramètre.

### **Corrélation entre les paramètres de croissance et de rendements**

Les corrélations entre les paramètres de croissance et de rendements moyens sont regroupées dans le tableau 3. Il montre de façon générale que de fortes corrélations positives existent entre les paramètres de croissance d'une part et que ceux-ci sont négativement corrélés aux paramètres de rendement d'autre part. Les paramètres de rendement sont corrélés positivement entre eux. Chaque corrélation est liée à la valeur de la probabilité qui donne la signification statistique des corrélations. L'analyse de corrélation montre que la longueur (0,87), la largeur des feuilles (0,79), la hauteur (0,73) et le diamètre de la tige principale (0,72) sont positivement et significativement corrélés entre eux. Cependant il existe une corrélation négative ( $r = -0,60$ ) entre la longueur des feuilles et le nombre de grains/capsule. L'augmentation de la longueur des feuilles a conduit à la réduction du nombre de grains/capsule ( $r = -0,60$ ). Le rendement en grains/plant présente une corrélation significativement positive ( $r = 0,87$ ) au nombre de grains/plant. La corrélation montre également que le nombre de capsules/plant est positivement corrélé ( $r = 0,82$ ) au rendement en grains/plant et au nombre de graines/plant ( $r = 0,87$ ). Il ressort aussi que le nombre de grains/capsule est fortement corrélé au rendement en grains/plant ( $r = 0,95$ ). Cette forte corrélation s'expliquerait par le fait que la plante ayant produit assez de fruit conduirait à l'obtention d'un bon rendement.

**Tableau 3** : Analyse de corrélation entre les paramètres de croissance et de rendement

	Lf	Lf	Hplt	Dmc	NbCap/plt	NbGr/pt	NbGr/plt	Poids/graine	RdtGr/plt
<b>Lf</b>	1	0,87**	0,72**	0,73**	0,24 <sup>ns</sup>	-0,60*	-0,06 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>Lf</b>		1	0,68**	0,79**	0,02 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>
<b>Hplt</b>			1	0,54*	0,21 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,004 <sup>ns</sup>
<b>Dmc</b>				1	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,42 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>
<b>NbCap/plt</b>					1	-0,24 <sup>ns</sup>	0,87**	0,13 <sup>ns</sup>	0,82**
<b>NbGr/Cap</b>						1	0,24 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
<b>NbGr/plt</b>							1	0,15 <sup>ns</sup>	0,95**
<b>Poids/graine</b>								1	0,44 <sup>ns</sup>
<b>RdtGr/plt</b>									1

Test de coefficient de corrélation de Pearson (r) ; ns : non significatif ; \* significatif à P < 0,05 ; \*\* significatif à P < 0,001 ; n = 16 ; P : Probabilité, seuil de 5%. Lf : longueur des feuilles ; lf : largeur des feuilles ; Hplt : hauteur des plants ; Dmc : diamètre de la tige principale ;

NbCap/plt : nombre de capsules par plant ; NbGr/Cap : nombre de grains par capsule ; NbGr/plt : nombre de grains par plant ; Poids/graine : poids d'une graine ; RdtGr/plt : rendement en graines par plant.

## CONCLUSION

Cette étude qui traite de « L'influence des itinéraires techniques sur la phénologie et le rendement fruitier et grainier du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone soudanienne du Tchad», a permis de faire ressortir que le meilleur itinéraire technique pour la culture du sésame est l'application du compost à la dose de 3t/ha, améliorant ainsi la croissance et le rendement en grains; l'amendement mixte (engrais + compost) pour le développement végétatif, le raccourcissement de la période de floraison, l'augmentation du rendement en fruits et la réduction du cycle de reproduction chez le sésame. Des fortes corrélations s'établissent entre les paramètres de croissance et ceux de rendement. Le compost est la matière organique la mieux indiquée qui entrerait dans les bonnes pratiques des itinéraires techniques pour les producteurs du sésame afin de pouvoir booster la production de cette culture et d'améliorer ainsi leurs conditions sociales.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement à travers Dr Naitormbaide Michel, Chef de Centre et Station Zone Sud à Bébédjia qui nous a offert le terrain pour la conduite de l'expérimentation et l'appui financier de la Direction générale de ladite institution.

## CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs de cet article déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

## CONTRIBUTION DES AUTEURS

MMS, DND et NTJB ont contribué à la conception et à la structuration de l'étude, à la recherche documentaire et à la rédaction de l'article. KM a contribué à la conception, la collecte des données sur le terrain, à la recherche bibliographique et à l'analyse des données. Chacun de ces auteurs a participé à la structuration de l'étude et à la rédaction du manuscrit.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Akanbi, W.B., Akande M.O., Baiyewu R.A. and Akinfasoye J.O., 2000.** Effect of Maize Stover Compost and Nitrogen fertilizer on growth yield and Nutrient uptake of Amaranth. *Moor Journal of Agricultural Sciences* 1: 6 – 15.

- Akande M.O., Oluwatoyinbo F. L., Makinde E. A., Adepoju A.S., Adepoju I.S., 2011.** Reponse of okra to organic and Inorganic Fertilization. *Nature and Science* 8 (11): 261-266.
- Arrivet T., Rollin A. 2002.** Fertilité dans la zone soudanienne du Tchad. Proposition d'un travail de recherche développement utilisant des systèmes avec semis direct dans un couvert végétal. Cirad.141 p.
- Atibita E.N.O., Tchuengem Fohouo F.N., Djieto-Lordon. 2016.** Diversité de l'entomofaune floricole de *Sesamum indicum* (L.) 1753 (Pedaliaceae) et son impact sur les rendements grainiers et fruitiers à Bambui (Nord -Ouest, Cameroun). Laboratoire de Zoologie Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (1): 106 – 119
- Badiel B., Nana R., Knaté B., Nanema L., Djimet I. A., Nguinambaye M.M., Tamini Z. 2016.** Evaluation agromorphophysologique de quatre variétés et lignées de sésame (*Sesamum indicum*) cultivées dans les conditions naturelles au champ. 9 p.
- Bationo A., Kimetu J., Ikerra S., Kimani S., Mugiendi D., Odendo M., Silver M., Swift M.J., San-ginga N. 2004.** The African network for Soil Bio-logy and Fertility: New challenges and opportunities. Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil fertility in Sub- Sahara Africa. *A cademy Science Publisher, Nairobi*, pp.1-23.
- Binh N. T., Quynh H. T., Shima K. 2015.** Effect of composts combined with chemical N fertilizer on nitrogen uptake by Italian ryegrass and N transformation in soil. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2015; 4: 37 – 47.
- Boureima S., Diouf M. & Cissé N. 2010.** Besoins en eau, croissance et productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride. (CERAAS/ISRA). *Agronomie Africaine* 22 (2): 139 – 147 (2010)
- Cobo J. G., Barrios E., Kaas D. C. L., Thomas R. J. 2002.** Nitrogen mineralization and crop uptake from surface – applied leaves of green manure species on a tropical volcanic – ash soil. *Biologie and Fertility of Soils*, 36: 87 – 92.
- Dauda S.N., Ajayi F.A., Ndor E. 2009.** Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and food Chemistry* 8 (4): 305-311.

- Djeké D.M. 2002.** Fertilisation organo - minérale : effet de la poudrette de parc et de la fumure minérale sur le développement des plantes de palmier à huile cultivés en pépinière. Mémoire de DEA. Abidjan (Côte d'Ivoire) : Université d'Abobo – Adjamé, Unité de formation et de recherche des Sciences de la Nature ; 42 p.
- El Hassani T.A., Persoons E. 1994.** Agronomie moderne : bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. Torino (Italie) : Hatier – Aupefl – Uref ; 275 p.
- Fao, 2015.** Etat de l'insécurité alimentaire au monde ; base des données, 2008.
- Faostat. 2017.** Food and Agriculture Organization Statistics of the United Nations. Roma, Italy. <http://faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx>.
- Fikirna. 2016.** Rapport d'étude de faisabilité du renforcement de la chaîne de valeurs sésame au Tchad. 109 p.
- Garfius G. E. 1964.** Ageometry for plant breeding. *Crop Science* 4: 241 – 246.
- Giller K.E., Cadisch G., Palm C. 2002.** The North – South divide: Organic wastes or resources of nutrient management. *Agronomy* 22:703-709.
- Haruna I M., Aliyu L., Olufajo O. O., Odion E. C. 2011.** Growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by poultry manure, nitrogen and phosphorus in Samaru, Nigeria. *American- Eurasian Journal Agriculture and Environment Sciences*. 10 (4) : 561–568.
- Hirel B., Gallais A. 2013.** Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote chez les plantes cultivées. *Académie D'agriculture de France*.
- Housseini M.L.R. 2013.** Effet de la fertilisation par microdose sur la production de deux variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.), la variation des teneurs et les bilans partiels des nutriments. Mémoire de fin de cycle de Master en Gestion Intégrée de la Fertilité des sols. Université Polytechnique de Bobo – Dioulasso, Burkina – Faso. 64 p.
- Ily S. S. A. 2011.** Description et production de semences de pré-base de trois variétés de sésame ; 43 p.
- I.T.R.A.D. (Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement), 2018.** Données pluviométriques de la Station de Bébédjia – Tchad
- Iwo G. A., Idowo A. A., Ochigbo A. A. 2002.** Evaluation of sesame genotypes for yield stability and selection in Nigeria. *Nigerian Agriculture Journal.*, 33: 76 – 82.
- Kouayet K. C., Dongock N.D., Ngamo T.L.S. 2021.** Effet des amendements sur les caractéristiques agromorphologiques
- l'entomofaune d'*Abelmoschus esculentus* (L) Moench. (Malvaceae) à Ngaoundéré (Cameroun)**
- Laurentin H. 2007.** Genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.); molecular markers, metabolic profiles and effect of plant extracts on soil – borne pathogenic fungi. Ph.D dissertation, Georg – August-University, Göttingen (Germany), 107 p.
- Naitormbaide M. 2012.** Incidence des modes de gestion des fumures et des résidus de récolte sur la productivité des sols dans les savanes du Tchad. Thèse de Doctorat/Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/Option : Systèmes de Production végétale/spécialité : sciences du sol, 192 p.
- Nguyen T. B. & Nguyen T. T. L. 2016.** Reponse of sesame (*Sesamum indicum* L.) to Inorganic Nitrogen Application Rates and Organic Fertilizers on Grey Soil in Hochminh City, Vietnam.
- Noufou D.O. 2009.** Etude comparative de l'influence de la fertilisation minérale et organique sur la productivité du cultivar à baies allongées de *Lagenaria siceraria* (molina) standl (*Cucurbitaceae*). 16 p.
- O.N.D.R. (Office National de Développement Rural), 2015.** Rapport de campagne agricole 2014, 19 p.
- Olaniyi J.O., 2008.** Growth and seed yield response of Egussi melon to nitrogen and phosphorus fertilizers application. *American – Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 2 (3): 255- 260.
- Olaoye S.F. 2007.** The effects of Phosphorus fertilizer application on the growth, seed yield and quality of sesame (*Sesamum indicum*) varieties. B. Tech, Ogbomoso p. 47
- Rongead. 2013.** Le sésame au Burkina faso. Etat des lieux 2013, fiches techniques de production du sésame. 16 p
- Seguin B., 2010.** Impact du changement climatique et adaptation de l'agriculture.
- Tunde-Akintunde T.Y, Oke MO, Akintunde B.O. 2012.** Sesame seed, oilseeds, Uduak Akpan G. (Ed.). Disponible sur : <http://www.intechopen.com/books/oilseeds/sesame-seed>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/32941>.
- Useni S. Y., Baboy L. L., Nyembo K. L., Mpundu M. M. 2012.** Effet des apports combinés de biodéchets et des fertilisants sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans les régions de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54: 3935 –3943.