



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

**Effet d'un apport de Di-Ammonium Phosphate sur les paramètres agromorphologiques des écotypes d'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) dans deux zones agro-climatiques du Niger**

Boukar Kellou KAKA KIARI<sup>1\*</sup>, Massaoudou MOUSSA<sup>2</sup>, Maman Maârouhi INOUSSA<sup>1</sup>, Amadou Tougiani ABASSE<sup>3</sup>, Sanoussi ATTA<sup>4</sup> et Yacoubou BAKASSO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP 10662 Niamey, Niger.

<sup>2</sup>Département de Gestion des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP 240 Maradi, Niger.

<sup>3</sup>Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP 429 Niamey, Niger.

<sup>4</sup>Centre Régional AGRHYMET, BP 11011 Niamey, Niger.

\*Auteur correspondant ; E-mail: [boukar787@gmail.com](mailto:boukar787@gmail.com)

**REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) pour le financement du Projet Oseille.

**RESUME**

L'oseille de Guinée joue un rôle socio-économique important au Sahel de part ses calices, ses feuilles et ses graines qui apportent un revenu considérable aux producteurs. Ce travail a pour but d'étudier l'effet d'un apport de différentes doses de Di-Ammonium Phosphate (DAP) sur les paramètres agromorphologiques de six écotypes d'oseille dans deux zones agro-climatiques du Niger : Tara/Gaya en zone nord soudanienne et Tarna/Maradi en zone sahélienne. Le dispositif expérimental était un split plot à quatre répétitions. Deux facteurs ont été étudiés : les écotypes d'oseille avec six niveaux (E1, E4, E5, E6, E7 et E8) en parcelles principales et la fertilisation sous forme de DAP à 3 niveaux (0 kg/ha, 25 kg/ha et 50 kg/ha) en sous-parcelles. A maturité, les paramètres morphologiques par plante (hauteur totale, diamètre au collet, nombre de ramifications et nombre de capsules) ont été mesurés dans un carré de rendement de 10 m<sup>2</sup> par parcelle. L'apport de DAP a permis d'augmenter significativement tous les caractères agromorphologiques dans les deux zones d'étude aussi bien en 2015 qu'en 2016. La dose optimale de fertilisation dans les deux sites était de 50 kg/ha. Toutefois, au vue des résultats obtenus, le DAP à la dose de 50 kg/ha pourrait être recommandé aux producteurs d'oseille de Guinée. Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude dans toutes les zones agro-climatiques du Niger afin de déterminer les différentes doses de fertilisation minérale en fonction des objectifs de production.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

**Mots clés** : Oseille, écotypes, année, DAP, fertilisation, Niger.

**Effect of Di-Ammonium Phosphate on the Agro-morphological parameters of the sorrel ecotypes (*Hibiscus sabdariffa* L.) in two agro-climatic zones of Niger**

**ABSTRACT**

The sorrel of Guinea plays an important socio-economic role in the Sahel because of its calyx, its leaves and its seeds which bring a considerable income to the producers. This work aims to study the effect of a contribution of different doses of Di-Ammonium Phosphate (DAP) on the agro-morphological parameters of six sorrel ecotypes in two agro-climatic zones of Niger: Tara/Gaya in zone northern Sudan and Tarna/Maradi in

Sahelian zone. The experimental device was a split plot with four repetitions. Two factors were studied: the sorrel ecotypes with six levels (E1, E4, E5, E6, E7 and E8) in main plots and the fertilization in DAP form at 3 levels (0 kg/ha, 25 kg/ha and 50 kg/ha) in subplots. At maturity, the morphological parameters per plant (plant height, plant collar diameter, number of branches and number of capsules) were measured in a yield square of 10 m<sup>2</sup> per plot. DAP intake significantly increased all agro-morphological traits in both study areas in both 2015 and 2016. The optimal fertilization rate at both sites was 50 kg/ha. However, in view of the results obtained, the DAP at a dose of 50 kg/ha could be recommended to producers of sorrel. Finally, it would be interesting to continue this study in all the agro-climatic zones of Niger in order to determine the different doses of mineral fertilization according to the production objectives.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

**Keywords:** Sorrel, ecotypes, year, DAP, fertilization, Niger.

## INTRODUCTION

L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) appartient à la famille des Malvacées. C'est une plante annuelle ou bisannuelle des régions tropicales et subtropicales qui s'adapte à toutes les conditions climatiques (Mera et al., 2009; Mehdi, 2012). Elle est originaire d'une région allant de l'Inde à la Malaisie et est cultivée un peu partout en Afrique depuis les régions arides et semi-arides (Sénégal, Mali, Niger, Tchad) jusqu'aux régions équatoriales (Nigeria, Gabon, Congo Kinshasa) (Reameakers, 2002).

Dans les pays du Sahel en général et au Niger en particulier, l'oseille est cultivée pour ses feuilles, ses graines et ses calices qui constituent une source de revenu pour les producteurs (Diallo, 2007; Bakasso, 2010). Les feuilles sont utilisées pour préparer les sauces et peuvent être mangées cuites sous forme de salade. Les graines sont utilisées pour la fabrication d'un condiment appelé « daudawa-botso » en haussa ou « marribi » en zarma (Bengaly et al., 2006). Le calice est consommé sous forme de légumes. Il sert également à fabriquer des gelées et des confitures, mais surtout une boisson rafraîchissante appelée « bissap » dont la saveur rappelle celle de la groseille (Mera et al., 2009; Bakasso, 2010; Adamou, 2013).

Les jeunes feuilles d'oseilles sont utilisées comme ingrédients dans les sauces et servent de complément nutritif aux céréales comme le sorgho, le mil et le riz. L'oseille joue également un rôle nutritionnel important de par la richesse de ses différents organes en macronutriments (Ca, K, Mg, P), micronutriments (Fe, Mn, Cu, Zn) et en

protéines (Atta et al., 2010a, 2013). Sur le plan socio-économique, au Niger, l'oseille peut contribuer à l'amélioration des revenus des ménages car l'unité locale de mesure (environ 500 g) de calice peut coûter plus de 1000 FCFA à certaines périodes de l'année, ce qui est de loin plus cher que le mil, principale culture vivrière du pays (Bakasso, 2010). Le bissap est aujourd'hui l'une des boissons la plus servie dans les cérémonies au Niger notamment dans les grands centres urbains.

Malgré les avantages qu'offre la culture d'oseille, les rendements obtenus par les producteurs nigériens restent faibles en raison de plusieurs facteurs dont la faible fertilité des sols (FAO, 2005; Housseini, 2013). En effet, l'oseille est généralement cultivée dans des conditions traditionnelles par de petits producteurs, sous pluie, sans fertilisation minérale ni traitement contre les nuisibles (El Naim and Ahmed, 2017). De nombreux travaux ont pourtant montré l'influence de la fertilisation sur la production d'oseille de Guinée (Badran et Safwat, 2004; Majeed et Ali, 2011). Okosun et al. (2006) et Atta et al. (2010b) ont montré que l'apport respectivement d'azote et de phosphore a un effet significatif sur les paramètres de croissance et du rendement de l'oseille.

La présente étude vise à évaluer l'effet des différentes doses de Di-Ammonium Phosphate (DAP) sur la performance agro-morphologique de six écotypes d'oseille dans deux zones agro-climatiques du Niger.

## MATERIEL ET METHODES

### Sites expérimentaux

Les essais ont été conduits au cours des campagnes agricoles 2015 et 2016 sur les sites

expérimentaux de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi. Le site de Tara/Gaya est situé à 310 km au Sud-Est de Niamey (11°53'N et 3°19'E) dans la zone nord soudanienne. Le site de Tarna/Maradi (13°27'N et 7°06'E) est situé à 657 km à l'Est de Niamey, dans la zone agro-climatique sahélienne (Idi, 2010).

Le Tableau 1 présente les caractéristiques physico-chimiques du sol de sites d'études à deux profondeurs différentes (0-15 cm et 15-30 cm). Les résultats des analyses des sols réalisés au Laboratoire d'analyse de l'ICRISAT à Sadoré montrent que ces sols sont sableux, acides et pauvres en matière organique. Le sol de Tara/Gaya est plus riche en azote que celui de Tarna/Maradi mais plus pauvre en Phosphore-Bray1.

La figure 1 illustre l'évolution de la pluviométrie mensuelle au cours des saisons de pluies 2015 et 2016 dans les deux sites. Le cumul pluviométrique enregistré à Tara/Gaya au cours des deux années étaient supérieur à celui de Tarna/Maradi. En 2015 et 2016, il était respectivement de 689,62 mm et 782,29 mm à Tara/Gaya contre 450,57 mm et 496,6 mm à Tarna/Maradi.

### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude a été collecté au Niger dans le cadre des activités du Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Bakasso et al., 2008).

Ce matériel est composé de six (6) écotypes d'oseille de Guinée provenant de quatre régions du Niger (Tableau 2). Ces écotypes se différencient par le type botanique, la couleur du calice et des feuilles, la forme des feuilles et le type de production (calices, feuilles, graines).

### Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était un split plot en blocs randomisés à quatre (4) répétitions. Deux facteurs ont été étudiés : les

écotypes d'oseille avec six niveaux en parcelles principales et la fertilisation sous forme de Di-Ammonium Phosphate (DAP) à 3 niveaux (0 kg/ha, 25 kg/ha et 50 kg/ha) disposés en sous-parcelles. Soit constitué de 72 parcelles expérimentales et chaque parcelle expérimentale contient 4 lignes de 5 poquets. Elle a une superficie de 30 m<sup>2</sup> (6 m x 5 m). Les répétitions successives ont été séparées par un espacement de 2 m.

Les parcelles ont été labourées à l'aide d'un tracteur, suivi d'un hersage et d'un enfouissement des résidus de récolte de la culture précédente. Le semis d'oseille a été réalisé dans les deux sites à raison de 5 graines par poquet, le 14 juillet en 2015 et le 20 juillet en 2016. Il a été démarré un plant par poquet. Le DAP (18%N-46%P) a été apporté en une seule fois au 40<sup>ème</sup> jour après le semis en 2015 et 2016 au niveau de deux sites, après une pluie utile. L'apport a été effectué en faisant des petits sillons le long des lignes de semis, puis les sillons ont été refermés pour éviter l'évaporation de DAP apporté dans l'air.

### Paramètres mesurés

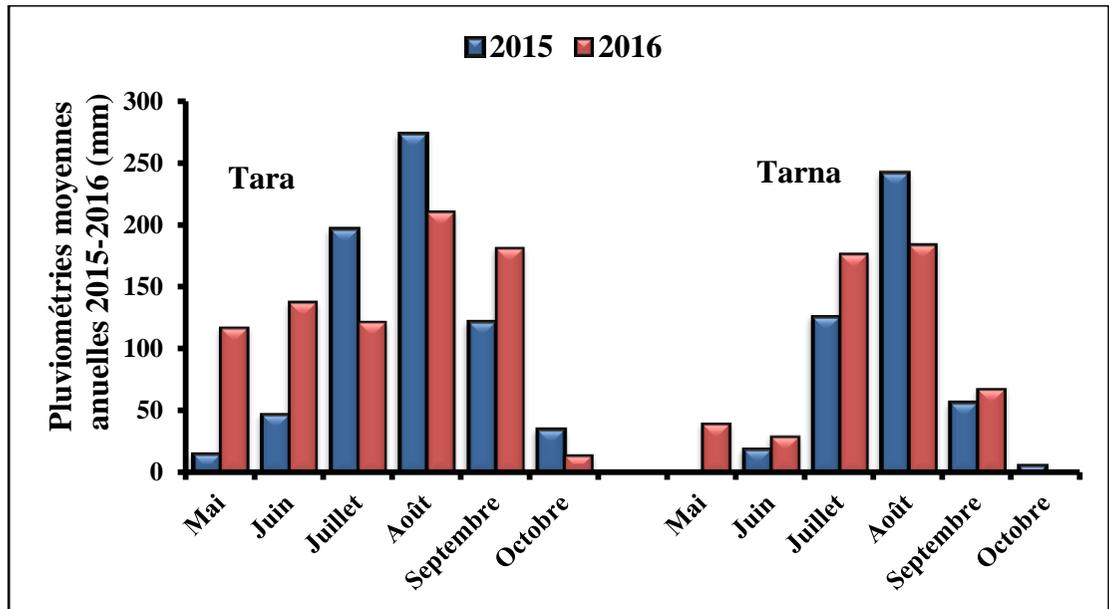
A la récolte, les paramètres suivants ont été mesurés par plante dans un carré de rendement de 10 m<sup>2</sup> (4 m x 2,5 m) correspondant aux 6 plants centraux par parcelle expérimentale à Tarna/Maradi et à Tara/Gaya : le diamètre au collet, la hauteur totale, le nombre de branches et le nombre de capsules. Le poids de cent graines a aussi été déterminé.

### Analyse statistique des données

Le logiciel Minitab 16 a été utilisé pour vérifier la normalité des données et l'égalité des variances. Une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs a été faite à l'aide du logiciel GenStat version 12.1 pour évaluer les effets du DAP, des écotypes et leur interaction. La séparation des moyennes pour les différents paramètres mesurés a été réalisée par le test de Student Newman Keuls au seuil de significativité de 5%.

**Tableau 1:** Caractéristiques physico-chimiques de Tara/Gaya et de Tarna/Maradi à 0-15 cm et 15-30 cm.

Composition du sol	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	0-15 cm	15-30 cm	0-15 cm	15-30 cm
Argile (%)	6,92	10,20	0,40	2,10
Limon Fin (%)	2,30	1,80	0,70	0,50
Limon Gros (%)	4,83	5,20	1,10	0,70
Sable Fin (%)	49,87	48,20	42,30	42,10
Sable Gros (%)	36,07	34,60	55,50	54,60
<b>Propriétés chimiques</b>				
pH/KCl	3,92	3,9	5	4,40
pH/H <sub>2</sub> O	4,95	5	5,9	5,70
Phosphore-Bray1 (mg/kg)	2,74	4,30	6,40	7,20
Carbone Organique (%)	0,19	0,20	0,10	0,10
Azote total (mg/kg)	163,03	142,90	96,50	71,10



**Figure 1:** Distribution de la pluviométrie mensuelle à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi durant les deux années d'expérimentations (2015 et 2016).

**Tableau 2** : Région d'origine, types botaniques et caractéristiques des différents écotypes étudiés.

Écotypes	Région d'origine	Type botanique	Couleur des calices	Formes des feuilles	Couleur des tiges	Type de production
E1	Tillabéry	Yakua poilu	Blanche rayée	Trilobées longues	Rouge	Graines et feuilles
E4	Zinder	Waré	Blanche	Trilobées larges	Rouge	Calices blancs
E5	Maradi	Waré	Rouge claire	Trilobées larges	Rouge	Calices rouges
E6	Maradi	Yakua	Blanche	Simple ovales	Blanche	Feuilles et graines
E7	Maradi	Waré	Verte	Trilobées larges	Verte	Calices verts
E8	Dosso	Waré	Noire	Pentalobée longues	Noire	Calices noirs

Source Bakasso et al., 2008.

## RESULTATS

### Diamètre au collet

Les résultats des diamètres au collet montrent des différences significatives ( $P < 0,001$ ) entre les trois doses de DAP dans les deux sites et au cours des deux années (Tableau 3). A Tara/Gaya, en 2015, les doses de 25 et 50 kg/ha ont donné les meilleurs diamètres au collet de la plante par rapport au témoin. Mais, il n'y pas de différences significatives entre les deux doses. En 2016, la dose de 50 kg/ha a eu le diamètre le plus élevé et le plus faible a été obtenu chez le témoin (Tableau 3). Cependant, à Tarna/Maradi, les diamètres au collet les plus élevés ont été obtenu pour les doses de 25 et 50 kg/ha en 2015 et en 2016. La dose de 50 kg/ha a permis d'obtenir le meilleur diamètre au collet. Au cours des deux années de l'expérimentation, le diamètre au collet de la plante était plus élevé à Tara/Gaya qu'à Tarna/Maradi (Tableau 3).

L'analyse de variance n'indique pas de différences significatives entre les écotypes pour le diamètre au collet à Tara/Gaya en 2015 (Tableau 3). Le diamètre moyen au collet de la plante est de 30,23 cm. Cependant en 2016, les différences sont significatives. Les écotypes E5 et E6 ont eu le plus grand diamètre au collet (24,00 cm). Les autres écotypes constituent le second groupe avec un plus petit diamètre qui se situe autour de 20 cm. Le diamètre moyen au collet des écotypes

était plus élevé en 2015 comparativement à celui de 2016 (Tableau 3).

A Tarna/Maradi, des différences significatives ( $P < 0,05$ ) du diamètre au collet existent entre les écotypes aussi bien en 2015 qu'en 2016. C'est ainsi qu'au cours de ces deux années les plus grands diamètres au collet ont été enregistrés pour les écotypes E5 et E6 avec 22 cm en 2015 et 15,50 cm en 2016. Le plus petit diamètre au collet (19,47 cm) a été obtenu en 2015 pour l'écotype E7 et en 2016 pour les écotypes E1, E4, E7 et E8 (environ 14,00 cm). A Tarna/Maradi, le diamètre moyen au collet des écotypes était également plus élevé en 2015 (20,83 cm) comparé à celui de 2016 (14,31 cm). L'interaction entre les écotypes et les doses pour le diamètre au collet de la plante n'était pas significative.

### Hauteur totale de la plante

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences significatives ( $P < 0,01$ ) entre les doses de DAP à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi, au cours des deux années pour la hauteur totale de plante (Tableau 4). Les doses de 25 kg/ha et de 50 kg/ha ont obtenus la hauteur de la plante la plus élevée dans les deux sites. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre ces deux doses. La dose optimale qui a permis d'obtenir la meilleure hauteur de plante est de

50 kg de DAP/ha à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi.

Les écotypes ont également montrés des différences significatives ( $P < 0,001$ ) pour la hauteur totale entre les écotypes à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi (Tableau 4). A Tara/Gaya en 2015, la plus grande hauteur de plante a été enregistrée par l'écotype E4 et la plus petite par les écotypes E1, E7 et E8. En 2016, les plus hautes plantes ont été obtenues pour E5 et les plus courtes par E7. Les autres écotypes avaient des hauteurs intermédiaires. Cependant, à Tarna/Maradi, les plus grandes plantes ont été observées pour l'écotype E5 et les plus petites pour E7 aussi bien en 2015 qu'en 2016. Les autres écotypes ont des hauteurs de plante intermédiaires (Tableau 4).

#### **Nombre de branches par plante**

L'apport des doses de DAP se traduit par une augmentation significative ( $P < 0,001$ ) du nombre de branches par plante, au cours de deux années d'expérimentation à Tara/Gaya. Les doses de 25 et 50 kg/ha ont enregistré les nombres de branches les plus élevés et les plus faibles ont été obtenus chez les témoins. La dose optimale de DAP qui a donné le meilleur nombre de branches par plante est de 50 kg/ha en 2015 et 2016 (Tableau 5).

A Tarna/Maradi, une différence significative ( $P < 0,05$ ) a été également enregistrée entre les trois doses de DAP pour le nombre de branches par plante en 2015 et en 2016. Les plus faibles branches par plante ont été obtenues par les témoins et les meilleures branches par plante étaient pour les doses de 25 et 50 kg/ha en 2015 et 2016. La dose optimale qui a permis d'obtenir le plus grand nombre de branches par plante est de 50 kg de DAP/ha, aussi bien en 2015 qu'en 2016 (Tableau 5). Au cours de deux années d'expérimentation les branches étaient plus élevés à Tara/Gaya.

Le nombre de branches par plante a également montré des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les écotypes à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi. A Tara/Gaya, Les écotypes E6 et E1 ont les plus grands nombres de branches par plante respectivement en 2015 et 2016 tandis que l'écotype E8 a le plus faible nombre au cours de ces deux années. Les autres écotypes ont

des branches par plante intermédiaires. Cependant, à Tarna/Maradi, l'écotype E1 a obtenu le nombre de branches par plante le plus élevé (33,54) en 2015 par rapport à tous les autres écotypes qui ont un nombre de branches similaires (environ 21 branches). En 2016, le meilleur nombre de branches par plante a été enregistré pour les écotypes E1, E5 et E6. Les plus faibles branches par plante ont été obtenues chez les autres écotypes (Tableau 5).

#### **Nombre de capsules par plante**

A Tara/Gaya, l'analyse de variance a montré des différences significatives ( $P < 0,01$ ) entre les trois doses de DAP pour le nombre de capsules par plante en 2015 et 2016 (Tableau 6). Les doses de 25 et 50 kg/ha ont permis d'obtenir le nombre de capsules par plante le plus élevé au cours des deux années. Le nombre de capsules par plante était le plus faible pour le témoin.

Des différences significatives ( $P < 0,001$ ) ont été également observées entre les doses de DAP pour le nombre de capsules par plante à Tarna/Maradi. Le meilleur nombre de capsules a été obtenu chez les doses de 25 et 50 kg/ha. Cependant, aucune différence n'a été observée entre les deux doses de DAP. La dose optimale d'obtention du meilleur nombre de capsules par plante est de 50 kg de DAP/ha à Tara/Gaya au cours de deux années expérimentations et à Tarna/Maradi en 2016. Mais, elle est de 25 kg/ha en 2015 à Tarna/Maradi (Tableau 6).

Au niveau des écotypes, l'analyse a montré des différences significatives ( $P < 0,001$ ) à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi, aussi bien en 2015 qu'en 2016 (Tableau 6). A Tara/Gaya, en 2015, l'écotype E1 (259 capsules) a obtenu le nombre de capsules par plante le plus élevé alors que les écotypes E4, E5, E7 et E8 ont le plus faible nombre de capsules. Et l'écotype E6 (211 capsules) a enregistré le nombre de capsules par plante intermédiaire. En 2016, E1 a également le meilleur nombre de capsules par plante. Les nombres de capsules par plante ont été faibles et similaires pour les autres écotypes (qui varient de 108 à 123 capsules). Cependant, à Tarna/Maradi, le nombre de capsules par plante le plus élevé a été également obtenu par

l'écotype E1 et le plus faible a été enregistré par l'écotype E8, aussi bien en 2015 qu'en 2016. Les autres écotypes ont enregistré les nombres de capsules par plante intermédiaires durant les deux années. L'interaction entre les doses de DAP et entre les écotypes n'a pas été significative à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi (Tableau 6).

**Poids de cent graines**

L'analyse des variances indique des différences significatives (P<0,05) entre les doses de DAP pour le poids de cent graines en 2015 à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi. Cependant en 2016, il n'y pas des différences significatives entre les doses de DAP dans les deux sites d'essai (Tableau 7). En 2015, à Tara/Gaya, la dose de 50 kg/ha a permis d'obtenir le meilleur poids de cent graines et le plus faible poids de cent graines a été obtenu chez le témoin. La dose de 25 kg/ha a donné le poids de cent graines intermédiaire. Cependant, à Tarna/Maradi, les doses de 25 et 50 kg/ha ont obtenus le poids de cent graines

le plus élevé et le témoin a obtenu le faible poids de cent graines. La dose optimale d'obtention du meilleur poids de cent graines est de 25 kg de DAP/ha à Tarna/Maradi. Le poids de cent graines est légèrement plus élevé à Tarna/Maradi durant les deux années d'expérimentation (Tableau 7).

A Tara/Gaya, aucune différence significative (P>0,05) du poids de cent graines n'existe entre les écotypes en 2016 (Tableau 7). Cependant en 2015, une différence significative a été observée. L'écotype E4 (3,85 g) a un poids de cent graines le plus élevé et E1 (2,84 g) a eu le plus faible. Par contre, des différences significatives de poids de cent graines existent entre les écotypes aussi bien en 2015 qu'en 2016 à Tarna/Maradi. Le meilleur poids de cent graines a été enregistré chez les écotypes E5 et E6 en 2015, mais en 2016, c'est l'écotype E8. L'écotype E1 a eu le plus faible poids de cent graines pour les deux années d'études à Tarna/Maradi (Tableau 7).

**Tableau 3 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le diamètre au collet (en cm) de la plante en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	30,40	20,73b	21,35ab	13,27b
E4	29,85	20,46b	18,98b	14,19b
E5	29,48	24,31a	22,48a	15,70a
E6	29,31	23,75a	22,27a	15,48a
E7	31,15	19,85b	19,47b	13,66b
E8	31,24	20,92b	20,48ab	13,56b
<b>Moyenne±ET</b>	<b>30,23±0,83</b>	<b>21,67±1,87</b>	<b>20,83±1,44</b>	<b>14,31±1,03</b>
Doses				
0Kg/ha	25,90b	18,83c	18,40b	13,34b
25Kg/ha	31,70a	22,22b	21,70a	14,63a
50Kg/ha	33,11a	23,96a	22,40a	14,96a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>30,23±3,82</b>	<b>21,67±2,60</b>	<b>20,83±2,13</b>	<b>14,31±0,85</b>
Ecotypes	ns	***	***	***
Doses	***	***	***	***
Ecotypes×Doses	ns	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de p<0,05. ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 4 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur la hauteur totale de la plante (en m) en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	1,50c	1,46c	1,13c	0,90bc
E4	1,82a	1,32d	1,04d	0,91bc
E5	1,70b	1,77a	1,40a	1,25a
E6	1,71b	1,65b	1,32b	1,27a
E7	1,42c	1,17e	0,94e	0,88c
E8	1,48c	1,47c	1,20c	0,93b
<b>Moyenne±ET</b>	<b>1,60±0,15</b>	<b>1,47±0,21</b>	<b>1,17±0,17</b>	<b>1,02±0,18</b>
Doses				
0Kg/ha	1,53b	1,37b	1,13b	0,99b
25Kg/ha	1,62a	1,51a	1,18a	1,04a
50Kg/ha	1,66a	1,54a	1,20a	1,05a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>1,60±0,6</b>	<b>1,47±0,09</b>	<b>1,17±0,03</b>	<b>1,026±0,03</b>
Ecotypes	***	***	***	***
Doses	***	***	**	***
Ecotypes×Doses	ns	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 5 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le nombre de branches par plante en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	32,23ab	47,46a	33,54a	18,32a
E4	30,33ab	23,46bc	20,15b	13,50b
E5	33,32ab	29,25b	24,21b	16,45a
E6	35,77a	27,90b	25,57b	16,44a
E7	32,29ab	26,90b	19,71b	13,60b
E8	27,69b	20,02c	21,64b	12,62b
<b>Moyenne±ET</b>	<b>31,93±2,73</b>	<b>29,16±9,56</b>	<b>24,13±5,14</b>	<b>15,15±2,23</b>
Doses				
0Kg/ha	27,71b	22,00c	21,81b	13,63b
25Kg/ha	32,79a	30,65b	24,92a	15,72a
50Kg/ha	35, 31a	34,84a	25,69a	16,09a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>31,93±3,87</b>	<b>29,16±6,54</b>	<b>24,14±2,05</b>	<b>15,14±1,32</b>
Ecotypes	*	***	***	***
Doses	***	***	*	**
Ecotypes×Doses	ns	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 6 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le nombre de capsules par plante en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	259,4a	188,7a	115,60a	76,70a
E4	142,9c	119,6b	81,99b	54,28bc
E5	106,3d	112,6b	84,83b	50,17bc
E6	211,1b	123,9b	69,15b	54,06bc
E7	110,2d	108,5b	83,46b	58,62b
E8	106,2d	119,8b	52,51c	49,16c
<b>Moyenne±ET</b>	<b>156,01±64,72</b>	<b>128,85±29,84</b>	<b>81,25±20,83</b>	<b>57,16±10,14</b>
Doses				
0Kg/ha	142,9b	111b	66,15b	49,46b
25Kg/ha	157,4ab	133,2a	89,01a	59,55a
50Kg/ha	167,7a	142,3a	88,61a	62,48a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>156±12,45</b>	<b>128,83±16,10</b>	<b>81,25±13,08</b>	<b>57,16±6,83</b>
Ecotypes	***	***	***	***
Doses	**	***	***	***
Ecotypes×Doses	ns	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 7:** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le poids de cent graines (en g) en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	2,84d	3,62	3,54c	3,57b
E4	3,85a	3,62	3,83b	3,61ab
E5	3,71ab	3,67	4,14a	3,74ab
E6	3,66ab	3,72	4,18a	3,71ab
E7	3,17c	3,81	3,87b	3,72ab
E8	3,48b	3,88	4,01ab	3,87a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>3,45±0,38</b>	<b>3,72±0,10</b>	<b>3,99±0,23</b>	<b>3,70±0,10</b>
Doses				
0Kg/ha	3,33b	3,72	3,73b	3,72
25Kg/ha	3,45ab	3,67	4,05a	3,65
50Kg/ha	3,58a	3,77	4,00a	3,75
<b>Moyenne±ET</b>	<b>3,45±0,12</b>	<b>3,72±0,05</b>	<b>3,99±0,17</b>	<b>3,70±0,05</b>
Ecotypes	***	ns	***	*
Doses	*	ns	***	ns
Ecotypes×Doses	*	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 3 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le diamètre au collet (en cm) de la plante en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	30,40	20,73b	21,35ab	13,27b
E4	29,85	20,46b	18,98b	14,19b
E5	29,48	24,31a	22,48a	15,70a
E6	29,31	23,75a	22,27a	15,48a
E7	31,15	19,85b	19,47b	13,66b
E8	31,24	20,92b	20,48ab	13,56b
<b>Moyenne±ET</b>	<b>30,23±0,83</b>	<b>21,67±1,87</b>	<b>20,83±1,44</b>	<b>14,31±1,03</b>
Doses				
0Kg/ha	25,90b	18,83c	18,40b	13,34b
25Kg/ha	31,70a	22,22b	21,70a	14,63a
50Kg/ha	33,11a	23,96a	22,40a	14,96a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>30,23±3,82</b>	<b>21,67±2,60</b>	<b>20,83±2,13</b>	<b>14,31±0,85</b>
Ecotypes	<b>ns</b>	<b>***</b>	<b>***</b>	<b>***</b>
Doses	<b>***</b>	<b>***</b>	<b>***</b>	<b>***</b>
Ecotypes×Doses	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 4 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur la hauteur totale de la plante (en m) en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	1,50c	1,46c	1,13c	0,90bc
E4	1,82a	1,32d	1,04d	0,91bc
E5	1,70b	1,77a	1,40a	1,25a
E6	1,71b	1,65b	1,32b	1,27a
E7	1,42c	1,17e	0,94e	0,88c
E8	1,48c	1,47c	1,20c	0,93b
<b>Moyenne±ET</b>	<b>1,60±0,15</b>	<b>1,47±0,21</b>	<b>1,17±0,17</b>	<b>1,02±0,18</b>
Doses				
0Kg/ha	1,53b	1,37b	1,13b	0,99b
25Kg/ha	1,62a	1,51a	1,18a	1,04a
50Kg/ha	1,66a	1,54a	1,20a	1,05a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>1,60±0,6</b>	<b>1,47±0,09</b>	<b>1,17±0,03</b>	<b>1,026±0,03</b>
Ecotypes	<b>***</b>	<b>***</b>	<b>***</b>	<b>***</b>
Doses	<b>***</b>	<b>***</b>	<b>**</b>	<b>***</b>
Ecotypes×Doses	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 5 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le nombre de branches par plante en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	32,23ab	47,46a	33,54a	18,32a
E4	30,33ab	23,46bc	20,15b	13,50b
E5	33,32ab	29,25b	24,21b	16,45a
E6	35,77a	27,90b	25,57b	16,44a
E7	32,29ab	26,90b	19,71b	13,60b
E8	27,69b	20,02c	21,64b	12,62b
<b>Moyenne±ET</b>	<b>31,93±2,73</b>	<b>29,16±9,56</b>	<b>24,13±5,14</b>	<b>15,15±2,23</b>
Doses				
0Kg/ha	27,71b	22,00c	21,81b	13,63b
25Kg/ha	32,79a	30,65b	24,92a	15,72a
50Kg/ha	35, 31a	34,84a	25,69a	16,09a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>31,93±3,87</b>	<b>29,16±6,54</b>	<b>24,14±2,05</b>	<b>15,14±1,32</b>
Ecotypes	*	***	***	***
Doses				
	***	***	*	**
Ecotypes×Doses	ns	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 6 :** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le nombre de capsules par plante en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	259,4a	188,7a	115,60a	76,70a
E4	142,9c	119,6b	81,99b	54,28bc
E5	106,3d	112,6b	84,83b	50,17bc
E6	211,1b	123,9b	69,15b	54,06bc
E7	110,2d	108,5b	83,46b	58,62b
E8	106,2d	119,8b	52,51c	49,16c
<b>Moyenne±ET</b>	<b>156,01±64,72</b>	<b>128,85±29,84</b>	<b>81,25±20,83</b>	<b>57,16±10,14</b>
Doses				
0Kg/ha	142,9b	111b	66,15b	49,46b
25Kg/ha	157,4ab	133,2a	89,01a	59,55a
50Kg/ha	167,7a	142,3a	88,61a	62,48a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>156±12,45</b>	<b>128,83±16,10</b>	<b>81,25±13,08</b>	<b>57,16±6,83</b>
Ecotypes	***	***	***	***
Doses	**	***	***	***
Ecotypes×Doses	ns	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

**Tableau 7:** Effet de doses de DAP et des écotypes d'oseille de Guinée sur le poids de cent graines (en g) en 2015 et 2016 à Tara/Gaya et Tarna/Maradi.

Ecotypes	Tara/Gaya		Tarna/Maradi	
	2015	2016	2015	2016
E1	2,84d	3,62	3,54c	3,57b
E4	3,85a	3,62	3,83b	3,61ab
E5	3,71ab	3,67	4,14a	3,74ab
E6	3,66ab	3,72	4,18a	3,71ab
E7	3,17c	3,81	3,87b	3,72ab
E8	3,48b	3,88	4,01ab	3,87a
<b>Moyenne±ET</b>	<b>3,45±0,38</b>	<b>3,72±0,10</b>	<b>3,99±0,23</b>	<b>3,70±0,10</b>
Doses				
0Kg/ha	3,33b	3,72	3,73b	3,72
25Kg/ha	3,45ab	3,67	4,05a	3,65
50Kg/ha	3,58a	3,77	4,00a	3,75
<b>Moyenne±ET</b>	<b>3,45±0,12</b>	<b>3,72±0,05</b>	<b>3,99±0,17</b>	<b>3,70±0,05</b>
Ecotypes	***	ns	***	*
Doses	*	ns	***	ns
Ecotypes×Doses	*	ns	ns	ns

Les chiffres portant la (les) même(s) lettre(s) dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de  $p < 0,05$ . ns = non significatif; \* = significatif; \*\* = hautement significatif; \*\*\* = très hautement significatif, ET= Ecart-Type.

## DISCUSSION

L'expérimentation a été réalisée sur un sol relativement pauvre en phosphore et en azote dans les deux sites. En effet, les teneurs maximales en phosphore et en azote (4,30 mg/kg et 142,90 mg/kg à Tara/Gaya ; 7,20 mg/kg et 71,10 mg/kg à Tarna/Maradi est inférieure à la teneur normale (CRAAQ, 2003).

Les paramètres agromorphologiques les plus élevés ont été obtenus à Tara/Gaya en 2015 et en 2016. La variabilité observée pour les différents caractères étudiés peut être attribuée pour une large part à la nature du sol et aux conditions climatiques. Au nombre de paramètre les plus contrastants, nous avons la quantité de pluie enregistrée et sa répartition dans le temps en ce qui concerne le climat. En effet, en 2015 et 2016, les cumuls

pluviométriques à la station de Tara/Gaya étaient de 35% supérieurs à ceux de Tarna/Maradi et bien répartie au cours du cycle de la culture. El Naim et al. (2010) ont montré que la quantité et la distribution de la pluviométrie constitue le principal facteur limitant de la production de l'oseille au Soudan.

Le sol est également plus argileux (8,56 %) et limoneux (7,6%) à Tara/Gaya qu'à Tarna/Maradi (respectivement 1,25 % et 1,50%). Cependant, le pH est plus acide à Tara (4,95) qu'à Tarna (5,8). Ceci signifierait que l'oseille de Guinée préfère un sol riche en azote et argileux (site de Tara/Gaya) pour une bonne production par rapport à un sol sableux (Tarna/Maradi). Plusieurs auteurs ont montré que cette espèce se développe bien sur les sols fertiles mais peut aussi tolérer les sols sableux

et limoneux modérément fertiles ou pauvre (Hien, 2012; Mehdi, 2012; Adamou, 2013).

L'analyse de variance sur les paramètres agromorphologiques a montré une différence significative entre les doses de DAP au niveau de deux sites au cours de saisons de pluies 2015 et 2016. C'est ainsi que l'apport de DAP a significativement augmenté la hauteur de la plante d'oseille de Guinée. Ces résultats corroborent ceux d'Okosun et al. (2006) qui ont montré en zone semi-aride du Nigeria, une augmentation de la hauteur des plantes par un apport d'azote minéral. Ognalaga et al. (2015) ont également signalé une réponse significative de la hauteur de la plante d'oseille à l'azote minéral. Cependant, ces résultats sont en désaccord avec ceux d'Egharevba and Law (2007), Said et al. (2015), qui ont montré que l'apport d'azote minéral n'a aucun effet sur la hauteur totale de la plante. Par ailleurs, l'apport de DAP induit une augmentation du diamètre au collet de la plante aussi bien à Tara qu'à Tarna, mais sans aucune différence significative entre les doses de 25 et 50 kg/ha de DAP. Ce qui confirme les résultats d'Atta et al. (2010b). Des différences significatives existent aussi entre les différentes doses d'engrais apportées pour le nombre de branches/plante en 2015 et en 2016. Ces résultats sont en accords avec les travaux d'Hago et al. (2002), Egharevba and Law (2007), qui ont rapporté que l'apport l'azote de 50 et 100N kg/ha augmente le nombre de branches/plante. La réponse d'*Hibiscus sabdariffa* en présence des doses d'azote peut s'expliquer par une amélioration de la fertilité chimique du sol par DAP apporté.

L'apport de DAP a également permis d'augmenter significativement le nombre de capsules/plante dans les deux sites et au cours des deux années. Ce résultat ne concorde par avec celui d'Atta et al. (2010b). Cette différence peut s'expliquer par l'apport simultané de phosphore et d'azote par le DAP dans cette expérimentation contrairement à l'azote uniquement apportée par l'urée en 2010.

L'augmentation des paramètres agromorphologiques aux doses de DAP serait

liée à l'apport d'azote et de phosphore contenu dans cet engrais. En effet, Ghasemi et al. (2015) ont montré qu'en général, la réponse à l'azote intervient dans les premiers stades de développement de la plante. L'azote et le phosphore sont des macroéléments qui sont indispensables à tous les stades de développement de la plante. Ils sont le moteur de la construction de toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie de la plante (FAO, 2005; Amadji et al., 2009). Ils améliorent également la structure des sols, augmentent la capacité de rétention en eau et des nutriments dans le sol, stimulent l'activité microbienne et augmentent le rendement (Biaou et al., 2017).

L'azote est un élément constitutif de la chlorophylle, il est un facteur déterminant de la croissance des végétaux et la détermination du rendement des plantes (Magnan, 2006; Tchabi et al., 2012; Ognalaga et al., 2015). Par ailleurs, Saïdou et al. (2009) ont également indiqué que l'azote minéral absorbé par la plante sert à la synthèse des acides aminés. Il participe, entre autres, à la construction des tissus végétaux et entre dans la formule de nombreux constituants de structure (protides), de fonction (enzyme et coenzymes) et de réserves (de nombreux grains) (FAO, 2005). Le phosphore est nécessaire à de nombreuses réactions biochimiques dans lesquelles P sert de substrats ou de produits tels que l'ATP et fait partie intégrante des phospholipides, des phosphoprotéines et des phosphosucres (Imrani et al., 2014; Ghasemi et al., 2015). Il joue un rôle physiologique sur la multiplication cellulaire dans les méristèmes (ADN, ARN), la respiration cellulaire, le transfert de l'énergie (ATP, ADP) et la photosynthèse en synergie avec l'azote et de nombreux autres éléments minéraux.

Les faibles caractères agromorphologiques enregistrés en 2016 dans les deux sites, peuvent s'expliquer par le semis tardif qui avait de 6 jours de retard. En effet, Abdourahmane (2016) a rapporté que la date de semis a une influence directe sur le cycle de végétation et le rendement d'oseille.

Les résultats ont également montré des différences significatives entre les écotypes

pour la plupart des paramètres agromorphologiques. Ce qui indique une variabilité génétique. C'est ainsi que les écotypes E4 et E6 ont donné les meilleurs hauteurs totales respectivement en 2015 et en 2016 à Tara/Gaya, tandis qu'à Tarna/Maradi, ce sont l'écotype E5 et E6. Le diamètre au collet a été plus élevé chez l'écotype E5 au cours des deux années, alors que le meilleur nombre de capsules par plante a été obtenu chez l'écotype E1. La variabilité intra-génotype observée au sein de l'oseille de Guinée pourrait s'expliquer par son mode de reproduction préférentiellement autogame. Toutefois, cette variabilité augmente l'adaptation de cette espèce à l'environnement, d'où la large distribution de l'oseille au Niger. Par ailleurs la variabilité observée pourrait favoriser l'amélioration de cette espèce afin de lutter contre l'insécurité alimentaire. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Bakasso (2010) et Adamou (2013). Cependant, Ottai et al. (2006) ont démontré que les rendements des calices secs et frais par plante ont été plus sensibles aux changements environnementaux que les autres caractères tels que la hauteur de la plante, le nombre de branches par plante et le nombre de capsules par plante. Ceci montre la difficulté de disposer des écotypes performants pour la production à la fois des feuilles, des calices et des graines.

### Conclusion

L'apport de DAP a influencé significativement les paramètres agromorphologiques en 2015 et en 2016 à Tara/Gaya et à Tarna/Maradi. La dose optimale de DAP qui permet d'augmenter la plupart des paramètres agromorphologiques est de 50 kg/ha dans les deux sites. Les résultats ont montré l'importance de quantité et de la distribution de la pluviométrie dans la production de l'oseille. Les résultats montrent également l'existence d'une variabilité génétique au sein des écotypes d'oseille étudiés. Ce qui indique la possibilité d'un programme d'amélioration variétale pour une meilleure productivité de cette espèce dont l'importance socio-économique et culturelle

est de plus en plus grande au Sahel et particulièrement au Niger. Toutefois, au vue des résultats obtenus, le DAP à la dose de 50 kg/ha pourrait être recommandé aux producteurs d'oseille de Guinée. Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude dans toutes les zones agro-climatiques du Niger afin de déterminer les différentes doses de fertilisation minérale en fonction des objectifs de production.

### CONFLIT D'INTERETS

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

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

KKBK a rédigé le protocole, a conduit les essais sur le terrain, a fait l'analyse statistique des données et a rédigé le manuscrit de l'article ; AS, a contribué pour la rédaction du protocole, la supervision des essais, l'interprétation des résultats et la correction du draft du manuscrit ; BY et IMM, ont supervisés les essais sur le terrain et la correction du draft du manuscrit ; MM et ABA ont participé à l'installation et au suivi des essais sur le terrain et la correction du draft du manuscrit.

### REFERENCES

- Abdourahamane BB. 2016. Effet des conditions environnementales sur le rendement de huit écotypes d'oseille (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger. Mémoire de Master Université Abdou Moumouni, Niamey. 55p.
- Adamou BI. 2013. Evaluation de la diversité agro-morphologique des écotypes locaux de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger. Mémoire de Master Université Dan Dicko Dan Koulodo, Maradi, 77p.
- Amadji GL, Saïdou A, Chitou L. 2009. Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(2): 192-202.

- <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v3i2.44497>.
- Atta S, Diallo AB, Sarr B, Bakasso Y, Issaka L, Saâdou M, Glew RH. 2010b. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Yield and yield components in response to nitrogen fertilization in Niger. *Indian J. Agric. Res.*, **44**(2): 96-103. DOI: [www.arccjournals.com/indianjournals.com](http://www.arccjournals.com/indianjournals.com).
- Atta S, Diallo AB, Sarr B, Bakasso Y, Saâdou Mand Glew RH. 2010a. Variation in macro-elements and protein contents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from Niger. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* **10**: 2707-2718. ISSN 1684-5374.
- Atta S, Sarr B, Diallo AB, Bakasso Y, Issaka L, Saâdou M. 2013. Nutrients composition of calyces and seeds of three Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) ecotypes from Niger. *African Journal of Biotechnology*. Vol. **12**(26): 4174-4178, 26p. DOI: 10.5897/AJB12.2634. ISSN 1684-5315. <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Badran SB, Safwat, MS. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization in Egypt. *Journal of Agricultural Research*, **82** (2): 247-256.
- Bakasso Y, 2010. Ressources génétiques des roselles (*Hibiscus sabdariffa* L.) du Niger : Evaluations agro-morphologique et génétique. Thèse Université Abdou Moumouni, Niamey. 102p.
- Bakasso Y, Saadou M, Zongo JD, Baidou-Forson F. 2008. Analysis of agromorphological variability of *Hibiscus sabdariffa* L. in Niger. *Ann. Sci Agron. Benin*, **11**: 21-33.
- Bengaly M, Béré A, Traoré A. 2006. The chemical composition of bi-kalga, a traditional Fermented roselle (*Hibiscus sabdariffa*) seeds condiment. *Electronic Journal of Food and Plants Chemistry*, **1**(1): 7-11.
- Biaou OD, Saïdou A, Bachabi F-X, Padonou GE, Balogoun I. 2017. Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota* L.) sur sol ferrallitique au sud Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **11**(5): 2315-2326. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.29>.
- CRAAQ, 2003. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec Guide de référence en fertilisation 294 ière éd. CRAAQ Google Scholar.
- Diallo A. 2007. Contribution à la détermination des besoins en eau, de l'effet de l'azote sur le rendement et de la composition chimique de trois écotypes d'oseille (*Hibiscus sabdariffa*) Mémoire d'ingénieur Centre Régional Agrhymet, Niamey. 56p.
- Egharevba RKA, Law-Ogbomo KE. 2007. Comparative effects of two nitrogen sources on the growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) in the rainforest region: a case study of Benin-city, Edo State, Nigeria. *Journal of Agronomy*, **6**(1): 142-146. <http://ansijournals.com/ja>.
- El Naim AM, Ahmed AI, Ibrahim KA, Suliman A. M, Babikir ESN. 2017. Effects of Nitrogen and Bio-fertilizers on Growth and Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* var *sabdariffa* L.). *International Journal of Agriculture and Forestry*, **7**(6): 145-150. DOI: 10.5923/j.ijaf.20170706.05
- El Naim AM and Ahmed, SE. 2010. Effect of weeding frequencies on growth and yield of two roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Varieties under rain fed. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, **4**(9): 4250-425.

- FAO, 2005. Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Manuel de formation, Projet Intrants, Niger, 24p.
- Ghasemi M. Khadijeh A. Shiva G. Morteza S. Fatemeh Z. 2015. Effect of application of Nitrogen and Potassium fertilizers on some vegetative and reproductive traits in Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, **7**(2): 75-79. <http://www.innspub.net>.
- Hago TEM, Abd Elbagi AA, Ahmed FE. 2002. Response of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* varsabdariffa) to nitrogen, phosphorus and sulfur under summer and winter sowing. *J. Agric. Sc.*, **10**: 40-52.
- Hien AN. 2012. Etude comparée de deux systèmes de culture (pluvial et irrigue) de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) dans la province du IOBA : évaluation du potentiel de production en calices. Mémoire d'ingénieur Institut Du Développement Rural, Université Polytechnique, Bobo-Dioulasso. 62p.
- Housseini MLR. 2013. Effet de la fertilisation par microdose sur la productivité de deux variétés de Sésame (*Sesamum indicum* L.), la variation des teneurs et les bilans partiels des nutriments. Mémoire de Master Institut Du Développement Rural, Université Polytechnique, Bobo-Dioulasso. 52p.
- Idi M. 2009. Evaluation Agro-Morphologique de la collection d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) du Niger. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.) Université Abdou Moumouni, Niamey. 68p.
- Imrani N, Ouazzani Chahdi A, Chliyah M, Touati J, Ouazzani Touhami A, Benkirane R, Douira A. 2014. Effet de la fertilisation par différents niveaux de NPK sur le développement des maladies foliaires du riz. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **23**(1): 3601-3625. DOI: <http://www.m.elewa.org/JAPS>
- Magnan J. 2006. Epannage post récolte des engrais organiques et risques environnementaux reliés aux pertes d'azote. *Ordre des Agronomes du Québec.*, p.75.
- Majeed KA, Ali SA. 2011. Effect of Foliar Application of NPK 20-10-10 on Some Growth Characters of Two Cultivars of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *American Journal of Plant Physiology*, **6**: 220-227. DOI:10.3923/ajpp.2011.220-227.
- Mehdi D. 2012. Effect of mineral and organic fertilizers on the growth and calyx yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology*, **11**(48): 10899-10902. <http://www.academicjournals.org/AJB> DOI: 10.5897/AJB12.203.
- Mera UM, Singh BR, Magaji MD. Singh A, Musa M, Kilgori MJS. 2009. Response of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to Farmyard Manure and Nitrogen-fertilizer in the semi-arid savanna of Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, **17**(2): 246-251. <http://www.ajol.info/browse-journals>.
- Ognalaga M, Moupela C, Mourendé GA, Odjogui PIO. 2016. Effets comparés des cendres de *Chromolaene odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob et d'un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15-15-15) sur la croissance et le rendement de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Tropicultura*, **34** (3): 242-252.
- Ognalaga M, Odjogui PIO, Lekambou JM, Poligui RN. 2015, Effet des écumes à cannes à sucre, de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(5): 2507-2519. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.22>
- Okosun LA, Magaji M.D, Yakubu AI. 2006. The effect of nitrogen and phosphorus on

- growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* var *sabdariffa* L.) in a semi-arid agro-ecology of Nigeria. *Journal of Plant Sciences*, **1**(2):154-160.
- Ottai MES, Aboud KA, Mahmoud IM, El Hariri DM. 2006. Stability analysis of Roselle cultivars (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different nitrogen fertilizer environments. *World J. Agric. Sc.*, **2**: 333-339.
- Reameakers HC. 2002. Agriculture en Afrique de Tropicale. Roselle (oseille) *Hibiscus sabdariffa*. Document ICRISAT, 1691p.
- Said A, Rabo BS, Mustapha A B, Simon SY, Hamma IL. 2015. Influence of NPK fertilizer on the performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Samaru, Zaria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, **11**(3): 61-64.
- Saïdou A, Kossou D, Azontondé A, Hougni D-GJM. 2009. Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhyziens: cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **3**(3): 587-597. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.3i3.4533>.
- Tchabi VI, Azocli D, Biauou GD. 2012. Effet de différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) à Tchatchou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(6): 5078-5084. DOI: <http://dx.org/10.4314/ijbcs.v6i6.2>