

Effet de la fertilisation minérale sur la production de trois cultivars d'ail (*Allium sativum* L.) à l'Extrême-Nord Cameroun

Mairama MALOUM^{1,2}, Philippe KOSMA^{2*}, Augustin GOUDOUM² et Laurette NGO NKOT³

¹ Délégation Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural du Diamaré,
BP 31 Maroua, Cameroun

² Université de Maroua, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua, Département d'Agriculture,
Elevage et Produits Dérivés, Laboratoire de Biosciences et Applications, BP 46 Maroua, Cameroun

³ Université de Douala, Faculté des Sciences, Département de Biologie des Organismes Végétaux, Laboratoire
de Biologie et Physiologie des Organismes Végétaux, BP 24157 Douala, Cameroun

(Reçu le 25 Novembre 2021; Accepté le 21 Février 2022)

* Correspondance, courriel : philippekosma@yahoo.fr

Résumé

Dans l'objectif d'améliorer la production et le rendement de l'ail (*Allium sativum* L.) à l'Extrême-Nord Cameroun, un essai de fertilisation de trois cultivars d'ail a été mis en place à Makabaye. A cet effet, cinq doses de NPK (0 ; 250 ; 500 ; 750 et 1000 g/casier) ont été apporté dans les différents casiers lors de la mise en place de l'essai et cinq doses de NPK + Urée (0 ; 250 + 83 ; 500 + 166 ; 750 + 250 et 1000 + 333 g/casier) 21 JAS. Un dispositif en bloc aléatoire complet, avec deux facteurs (cultivars d'ail et fertilisants), 15 traitements répétés 3 fois a été utilisé. Les paramètres de croissance et de rendement des trois cultivars d'ail testés ont été récoltés. L'analyse des données a été réalisé grâce à Excel 2013 et au logiciel R de version 3.4.0. Les résultats obtenus montrent que l'interaction entre la dose des fertilisants utilisée et le cultivar n'est pas significative. La corrélation entre la dose des fertilisants et le rendement est fortement positive ($r = 0,84$). Plus la dose des fertilisants est élevée, plus le rendement est meilleur. Par conséquent, les meilleurs rendements de ces aulx ont été obtenus à la dose D4 (1000 g NPK + 333 g Urée), qui a produit 10,33 t/ha pour l'ail violet, 9,27 t/ha pour l'ail blanc et de 7,73 t/ha pour l'ail rose. Il ressort que l'apport en fertilisants conditionne le rendement d'ails dans la zone d'étude.

Mots-clés : *Allium sativum*, NPK 14-24-14, Urée, production, rendement, Extrême-Nord.

Abstract

Effect of mineral fertilization on the production of three cultivars of garlic (*Allium sativum* L.) in the Far North Cameroon

With the aim of improving the production and yield of garlic (*Allium sativum* L.) at Far North, a fertilization trial of three garlic cultivars was set up in Makabaye. For this purpose, five doses of NPK (0; 250; 500; 750 and 1000 g / bin) were brought to the different compartments during the setting up of the trial and five doses

of NPK + Urea (0; 250 + 83; 500 + 166; 750 + 250 and 1000 + 333 g / trap) 21 JAS. A complete random block device, with two factors (garlic cultivars and fertilizers), 15 treatments repeated 3 times was used. Growth and yield parameters from the three garlic cultivars tested were collected. All the data collected was analyzed using Excel 2013 software for descriptive statistics and R software version 3.4.0 for analytical statistics. The results obtained revealed that the interaction between the dose of fertilizer used and the cultivar is not significant; therefore, the dose of fertilizers used acts in the same way on the cultivars tested. The correlation between the dose of fertilizers and the yield is strongly positive ($r = 0.84$). The higher the dose of fertilizers, the better the yield. Consequently, the best yields of these garlic were obtained at dose D4 (1000 g NPK + 333 g Urea), which produced 10.33 t / ha for purple garlic, 9.27 t / ha for white garlic and 7.73 t / ha for pink garlic. In view of all of the above, it appears that the supply of fertilizers conditions the yield of garlic in the study area.

Keywords : *Allium sativum*, NPK 14-24-14, Urea, production, yield, Far North.

1. Introduction

Les Amaryllidacées sont des plantes monocotylédones, c'est-à-dire que la graine ne possède qu'un seul cotylédon. Ce sont des plantes herbacées, vivaces et bulbeuses. Cependant chez le genre *Allium*, les bulbes peuvent être vivaces tel que chez le poireau, bisannuels comme chez l'oignon, ou encore annuels comme chez l'ail cultivé [1]. L'ail est la deuxième espèce du genre *Allium* la plus largement cultivée après l'oignon [1 - 4]. Ses bulbes offrent d'énormes potentialités notamment sur les plans alimentaire, nutritionnel, économique et médicinal [1, 2 - 4]. Sur le plan alimentaire et nutritionnel, le bulbe, composé de caïeux ou "dents", est surtout utilisé pour donner de la saveur aux viandes, poissons, sauces et salades, à l'état cru ou cuit, ou plus récemment sous forme déshydratée. Il est en outre une source d'éléments minéraux, d'oligo-éléments (comme le sélénium et le germanium) et des vitamines [1, 5]. Hormis le bulbe, les jeunes hampes florales sont aussi consommées. Il est parmi les cultures qui peuvent se conserver longtemps après séchage [6]. Son importance économique a augmenté considérablement dans le monde entier au cours de ces récentes années [5, 7]. Enfin sur le plan médicinal, l'ail est très réputé en phytothérapie [1, 8, 9]. Les utilisateurs d'ail, parmi lesquels nombre d'Africains, vantent son goût et ses vertus bienfaitantes. Broyé à l'état cru, l'ail est fortement antibiotique, et il est réputé très efficace pour baisser la pression sanguine et le cholestérol, et inhiber la formation de caillots sanguins. Les feuilles et le bulbe ont des propriétés hypotensives, carminatives, antiseptiques, vermifuges, diaphorétiques et expectorantes [1].

On dénombre environ 300 variétés d'ail cultivées dans le monde, particulièrement en zones ensoleillées. *Allium sativum* L. est majoritairement cultivé aux USA, en Chine, en Egypte, en Corée, en Russie et en Inde [4, 10]. En effet, la production mondiale en 2001 était estimée par la FAO à 11 millions de tonnes. Ces chiffres sont en hausse depuis 2015. La Chine est de loin le producteur le plus important avec 7,9 millions tonnes sur 585 000 ha [1]. Au Cameroun notamment dans les quatre grands bassins de productions à l'Extrême-Nord (Logone et Chari, Mayo-Sava, Mayo-Tsanaga et Diamaré), l'ail reste une culture envers laquelle les populations ont un attrait considérable. Malgré son importance tant alimentaire qu'économique, il existe peu des données sur la production réelle de l'ail, son itinéraire technique, ses caractéristiques agronomiques [11]. En effet au Cameroun, l'ail fait partie des cultures sous-explorées par la recherche agronomique et aucun effort n'ai fait localement pour porter cette culture dans le développement scientifique, mais plutôt elle est limitée aux agriculteurs locaux [11]. La nécessité d'exposer cette culture à la recherche scientifique afin d'éviter la perte de la diversité génétique dans les systèmes culturaux est sérieusement préconisée [11].

En outre, aucun programme raisonné n'a été mené pour étudier la diversité agro-morphologique ou agrogénétique des cultivars locaux, ni pour améliorer la productivité de la plante ou pour en étudier son itinéraire technique [11]. Les pratiques agricoles traditionnelles utilisées par les agriculteurs ont une grande influence sur le faible niveau de rendements obtenus. Il s'avère donc nécessaire de mener des études sur cette culture afin de disposer de plus d'informations sur son itinéraire technique et ses potentialités agronomiques sous une fertilisation et une formulation appropriée. A cet effet, cette étude vise à évaluer l'effet d'un engrais minéral sur la production et le rendement de trois cultivars d'ail à Makabaye, une localité située dans la commune de Maroua 1^{er} (Extrême-nord Cameroun).

2. Méthodologie

2-1. Localisation de la zone d'étude

L'essai a été réalisé du 28 octobre 2020 au 28 février 2021 en milieu paysan à Makabaye, dans la commune de Maroua 1^{er}, département du Diamaré, région de l'Extrême-nord Cameroun. Le site est situé entre le 10° et le 35° de latitude Nord et entre le 14° et le 19° de longitude Est et à une altitude de 423 m. Le climat de la zone d'étude est du type soudano-sahélien, avec une alternance de deux saisons : une longue saison sèche de 8 mois qui va d'octobre à mai et une courte saison pluvieuse de 4 mois allant de juin à septembre [12]. La pluviométrie moyenne recueillie sur le site d'expérimentation au cours de la campagne agricole 2020 a été de 1056 mm en 44 jours. La température maximale moyenne annuelle a été de 38°C.

2-2. Matériel

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est le l'ail. La **Figure 1** présente les images de trois cultivars d'ail blanc (A1), d'ail rose (A2) et d'ail violet (A3) qui ont été achetés auprès des producteurs lors de l'enquête conduite dans les bassins de production de l'Extrême-Nord Cameroun dans le cadre des travaux de terrain préalable à cet essai. Ces trois cultivars sont les plus cultivés dans les bassins de production de la région de l'Extrême-Nord Cameroun. Le matériel chimique est constitué d'un engrais minéral, sous la forme d'engrais composé NPK (14-24-14) et d'urée. Le matériel technique est essentiellement composé du mètre ruban, des houes pour le sarclage, des étiquettes pour l'identification des différents traitements, d'une tarière pour le prélèvement des échantillons de sol, d'un sécateur pour la biomasse, d'un Peson, des marqueurs, des sachets, etc.



Figure 1 : Images des cultivars d'ail blanc (A1), d'ail rose (A2) et d'ail violet (A3)

2-3. Dispositif expérimental

Un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet (BAC) avec 15 traitements et trois répétitions a été utilisé pour la mise en place de l'essai. Chaque parcelle élémentaire était constituée de 3 casiers de 6,75 m² (1,5 m x 4,5 m) espacés de 0,5 m les uns des autres, soit 107,75 m² de superficies. L'essai a été installé sur 45 parcelles élémentaires couvrant une superficie de 331,25 m². Deux facteurs ont été étudiés :

- Le premier facteur est la dose des fertilisants : NPK seul avec cinq niveaux (0 g/casier ; 250 g/casier ; 500 g/casier ; 750 g/casier et 1000 g/casier), appliqués dans les casiers lors de la mise en place de l'essai, utilisé comme engrais de fond, et du NPK + Urée avec cinq niveaux (0 g/casier ; 250 + 83 g/casier ; 500 + 166 g/casier ; 750 + 250 g/casier et 1000 + 333 g/casier) appliqués 21 JAS ;
- Le second facteur est les trois cultivars d'ail testés (A1 : Ail blanc ; A2 : Ail rose et A3 : Ail violet).

2-4. Mise en place de l'essai

Certains travaux préliminaires tels que le fauchage, le ramassage, le labour profond, le piquetage et la confection des casiers ont été effectués au début du mois d'octobre 2020 notamment avant l'installation de l'essai. Avant le semis (ou planting), les caïeux d'ail ont été trempés dans des sacs en jute pendant 36 heures pour lever la dormance. Au bout de ce temps, les bouts d'ail ont commencé à germer et mesuraient 2 cm, ce qui a permis de procéder immédiatement au semis en ligne et dans les casiers. Dans chaque casier, les écartements de 20 cm entre les lignes et 10 cm entre les poquets ont été respectés. L'engrais de fond (NPK à la dose indiquée ci-dessus) a été apporté dans chaque casier préalablement préparé juste avant le semis. Le 1^{er} sarclage des plants a eu lieu 18 jours après semis (JAS), suivi du démariage des plants et le second épandage d'engrais (NPK 14-24-14), et d'urée a eu lieu 21 jours après le semis. Ensuite, la fréquence d'irrigation est passée à une fois par semaine.

2-5. Collecte des données

Les paramètres du sol suivants ont été déterminés :

- Le pH (eau et KCl) du sol par la méthode potentiométrique dans un rapport sol/eau distillée de 1/2,5 ;
- La méthode de calcination a été utilisée pour déterminer le carbone organique du sol ;
- La méthode de Kjeldahl a permis de déterminer la teneur en azote du sol.

Les données de pré-germination et de croissances suivantes ont été collectées :

- Le nombre de plants levés a été déterminé par simple comptage du nombre de plants levés chaque 3 JAS. Ce qui a permis d'évaluer le taux d'émergence de chaque cultivar selon la formule ci-après :

$$\text{Taux de levé} = \frac{\text{Nombre de plants levés}}{\text{Nombre de poquets maximum sur un sous-bloc}} \times 100 \quad (1)$$

- Le nombre de feuilles par plant a été déterminé par simple comptage tous les 15 jours à partir du 45^{ème} JAS jusqu'à la fin de la phase végétative ;
- La longueur des feuilles a été mesurée à l'aide d'une règle graduée en centimètres. Les mesures ont été faites tous les 15 jours à partir du 45^{ème} JAS ;

- Le diamètre au collet a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse électronique gradué en millimètres. Il a été mesuré tous les 15 jours à partir du 45^{ème} JAS.

Les données de rendement ont été collectées sur les mêmes plants que ceux des paramètres de croissance et cette évaluation a été faite après la récolte et en un seul prélèvement. Il s'agit de :

- Du nombre de caïeux par bulbe. Le nombre de caïeux par bulbe a été compté manuellement;
- Du diamètre des bulbes. Le diamètre des bulbes a été évalué à l'aide d'un pied à coulisse électronique gradué en millimètres ;
- Du poids moyen des bulbes. Le poids des bulbes issus des plants constituant l'échantillon de chaque unité expérimentale a été pesé séparément à l'aide d'une balance électronique de précision ;
- Du rendement. Le poids total des bulbes par traitement a été converti en tonnes/hectare.

2-6. Analyse des données

Les données récoltées ont été saisies et mises en forme avec le tableur Excel 2013. Par la suite, elles ont été importées sous forme de fichiers (séparateur : tabulation) dans le logiciel R de version 3.4.0 pour analyse. Pour tous les paramètres, le test de normalité des résidus utilisant le test de normalité Shapiro-Wilk et le test d'homogénéité des variances utilisant le test de Bartlett ont été faits. Lorsque l'analyse de variance montre un effet significatif pour le facteur étudié, elle est complétée par le test de comparaison de Tukey. Et enfin, le test de corrélation de Pearson a été fait pour déterminer le degré de lien qu'il y a surtout entre le rendement et tous les autres paramètres.

3. Résultats et discussion

3-1. Caractéristiques chimiques du sol

Les échantillons de sol prélevés sur les parcelles d'expérimentation de l'essai ont été soumis aux analyses chimiques. Les résultats obtenus ont montré que le sol du site d'étude est légèrement acide ($\text{pH}_{\text{eau}} = 6,1$ et $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,1$), très pauvre en matière organique (0,31 %) et légèrement riche en phosphore (6,99%) et azote (0,25 %). L'humidité relative est faible (1,21 %) et la capacité d'échange cationique est de 12,52 cmol/kg. Ces résultats montrent la nécessité des apports de fertilisants pour soutenir le rendement des cultures. [13, 14] ont obtenu des résultats similaires rapportant que l'apport en fertilisant minéral a un effet significatif sur la production et le rendement.

3-2. Effet des fertilisants sur les paramètres de croissance de trois cultivars d'ail testés

3-2-1. Effet du NPK sur le taux moyen de levée de trois cultivars d'ail testés

L'évaluation du taux moyen de levée de trois cultivars d'ail testés en fonction du temps est présentée sur la **Figure 2**. Les résultats obtenus montrent que chez les trois cultivars testés et pour les cinq évaluations effectuées, les taux de levées évoluent en fonction du temps. De même, pour chaque évaluation effectuée, il n'existe aucune différence significative entre les différentes valeurs obtenues chez les trois cultivars testés. Deux semaines après semis, les trois cultivars testés ont chacun un taux de levée supérieur 88 %. Ce qui montre que les trois cultivars testés ont chacun une bonne aptitude à la levée.

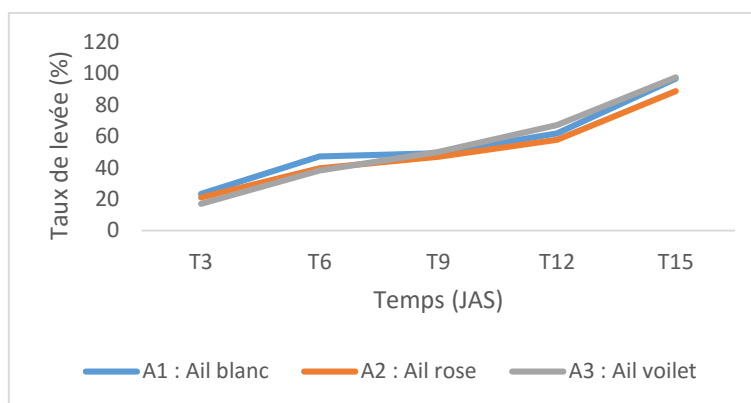


Figure 2 : Taux de levée de trois cultivars testés en fonction du temps

Le taux moyen de levée de trois cultivars d'ail testés en fonction de la dose du NPK appliquée avant le semis est présenté dans le **Tableau 1**. Les résultats montrent que les différentes doses du NPK apportées avant le semis n'ont eu aucune influence sur le taux de levée. En effet, de la dose témoin D0 (0 g/casier) à la plus grande dose D4 (1000 g/casier), le taux de levée est sensiblement égal partout et fluctue au 15^{ème} jour entre 88,9 (chez le cultivar d'ail rose) et 97,6 % (chez le cultivar d'ail violet) et 96,9 % chez l'ail blanc.

Tableau 1 : Taux de levée de trois cultivars d'ail testés en fonction des traitements 15 JAS

| Traitements | Cultivars testés | | |
|-------------|------------------|---------------|----------------|
| | A1: Ail blanc | A2 : Ail rose | A3: Ail violet |
| D0 | 96,8 | 89,8 | 96,7 |
| D1 | 97,7 | 88,6 | 95,9 |
| D2 | 94,8 | 87,9 | 98,8 |
| D3 | 98,5 | 89,5 | 98,7 |
| D4 | 96,7 | 88,7 | 96,9 |

La bonne aptitude à la levée des semences par les conditions environnementales favorables s'explique [15]. En effet, la dynamique de la levée résulte d'interactions entre les caractéristiques des semences utilisées et l'environnement (température, l'humidité et l'état structural du lit de semence) dans lequel elles sont placées au sein du lit de semence, environnement qui évolue lui-même au cours de la levée. Comparé aux résultats obtenus par certains auteurs [16], les taux de levées obtenus dans cette étude ont une légère différence qui pourrait s'expliquer par le fait que les deux auteurs ont travaillé dans des conditions pédoclimatiques différentes de celle-ci.

3-2-2. Effet des fertilisants sur le nombre de feuilles par plant de trois cultivars d'ail testés

Le **Tableau 2** présente l'effet des fertilisants utilisés sur le nombre de feuilles de trois cultivars d'ail testés à la fin de la phase végétative. Les résultats obtenus montrent qu'à la fin de la phase végétative, le nombre de feuilles varie en fonction des cultivars et non en fonction de la dose des fertilisants appliquées. En effet, à la phase végétative, on constate qu'il y a plus de feuilles chez le cultivar violet que chez les deux autres cultivars (blanc et rose) testés. Chez le cultivar d'ail violet, le nombre de feuilles varie entre $13,59 \pm 0,55$ à $14,44 \pm 0,22$ alors que chez les cultivars d'ail blanc et rose, le nombre de feuilles varie de $9,17 \pm 1,04$ à $11,44 \pm 1,02$. L'ANOVA effectuée sur les valeurs moyennes obtenues du nombre de feuilles de trois cultivars d'ail testés a montré une différence significative ($p < 0,05$) entre les valeurs moyennes obtenues légèrement

plus faibles chez les cultivars d'ail blanc et rose d'une part et celles plus élevées obtenues chez le cultivar violet d'autre part (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Nombre de feuilles de trois cultivars d'ail testés en fonction des doses des fertilisants

| Traitements | Cultivars testés | | |
|-------------|------------------|---------------|----------------|
| | A1: Ail blanc | A2: Ail rose | A3: Ail violet |
| D0 | 10,14 ± 1,04a | 10,18 ± 1,03a | 14,37 ± 0,78b |
| D1 | 10,01 ± 1,01a | 11,44 ± 1,02a | 14,44 ± 0,22b |
| D2 | 9,94 ± 0,14a | 9,17 ± 1,04a | 13,59 ± 0,55b |
| D3 | 10,10 ± 0,04a | 10,22 ± 1,03a | 14,30 ± 0,66b |
| D4 | 11,04 ± 0,74a | 10,16 ± 1,02a | 13,88 ± 0,72b |

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont montré que la variation de la dose des fertilisants utilisés n'a eu un effet sur le nombre de feuilles par plant des cultivars d'ail testés. Par contre, un effet variétal a été noté avec une différence significative ($p < 0,05$) entre les valeurs moyennes légèrement moins obtenues chez les cultivars d'ail blanc et rose d'une part et celles plus élevées obtenues chez le cultivar violet d'autre part. L'effet variétal manifesté dans le cadre de cette étude pourrait s'expliquer par l'aptitude génotypique dont dispose chaque cultivar testé.

3-2-3. Effet des fertilisants sur la longueur de feuilles des plants de cultivars d'ail testés

La **Figure 3** présente le diagramme en bâtons des résultats de la longueur des feuilles des trois cultivars d'ail testés en fonction des doses des fertilisants utilisés. Les résultats obtenus montrent que la longueur des feuilles de cultivars d'ail testés varie en fonction de la dose des fertilisants appliqués. En effet, chez les trois cultivars testés, les valeurs moyenne de la longueur des feuilles les plus élevées (49,1 cm ; 57,3 cm et 60,3 cm) ont été enregistrées dans les casiers contenant respectivement les cultivars rose, blanc et violet et traités à la dose D4 (1000 g + Urée/ casier). Les valeurs les plus faibles (29,1 cm ; 30,3 cm et 31,0 cm) ont été enregistrées dans les casiers contenant respectivement les cultivars d'ail rose, blanc et violet et traités à la dose D0 (0 g + 0 Urée/casier) (**Figure 3**). Le test de normalité des résidus du model utilisant le test de Shapiro-Wilk et le test d'homogénéité des variances utilisant le test de Bartlett ont montré que les résidus du model suivent une distribution normale et de variance homogène. Un effet hautement significatif ($p < 0,001$) de la dose des fertilisants sur la longueur des feuilles chez les trois cultivars d'ail testés a été observé.

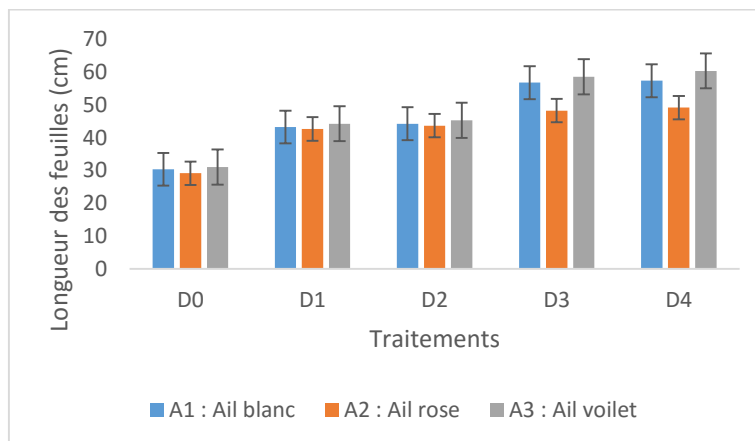


Figure 3 : Longueur de feuilles de cultivars d'ail testés en fonction des doses des fertilisants utilisés

Concernant la longueur des feuilles, les résultats obtenus ont révélé que la dose des fertilisants utilisés a eu un effet hautement significatif ($p < 0,001$) sur la longueur des feuilles de trois cultivars d'ail testés. Les résultats laissent voir que la longueur des feuilles atteint son maximum à de fortes doses (D4). Les feuilles de l'ail violet sont donc plus longues que celles de l'ail blanc et l'ail rose. Par contre celles de l'ail rose sont plus longues que celles de l'ail blanc. Cette différence de longueur pourrait s'expliquer par un effet du génotype car les trois cultivars ont été soumis aux mêmes conditions du milieu. Des résultats similaires ont été obtenus par [17 - 20], qui ont respectivement montré que la longueur des feuilles des plantes varie en fonction de l'aptitude d'une plante à se développer et des conditions pédoclimatiques dans lesquelles elle se trouve.

3-2-4. Effet des fertilisants sur le diamètre au collet de la tige de cultivars d'ail testés

Le **Tableau 3** présente l'effet des fertilisants utilisés sur le diamètre au collet de la tige de trois cultivars d'ail testés à la fin de la phase végétative. Les résultats obtenus montrent qu'à la fin de la phase végétative, le diamètre au collet de la tige de trois cultivars d'ail testés varie en fonction des traitements appliqués c'est-à-dire de la dose de NPK et d'urée appliqués. Les valeurs moyennes de diamètre au collet les plus élevées chez les trois cultivars d'ail blanc, rose et violet ($7,72 \text{ mm} \pm 1,02\text{b}$; $9,04 \text{ mm} \pm 0,74\text{c}$ et $10,01 \text{ mm} \pm 0,13\text{c}$) ont été respectivement obtenues sur les tiges des plants des casiers fertilisés à la dose D4 (**Tableau 3**). L'analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) de la dose des fertilisants utilisés sur le diamètre au collet de la tige.

Tableau 3 : *Diamètre au collet de trois cultivars d'ail testés en fonction des traitements utilisés*

| Traitements | Cultivars testés | | |
|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | A1: Ail blanc | A2: Ail rose | A3: Ail violet |
| D0 | $4,01 \pm 1,12\text{a}$ | $3,42 \pm 1,23\text{a}$ | $4,97 \pm 0,11\text{a}$ |
| D1 | $4,04 \pm 1,21\text{a}$ | $3,94 \pm 1,32\text{a}$ | $5,04 \pm 0,02\text{a}$ |
| D2 | $6,94 \pm 0,14\text{b}$ | $6,15 \pm 1,03\text{b}$ | $7,09 \pm 0,10\text{b}$ |
| D3 | $7,01 \pm 0,04\text{b}$ | $7,22 \pm 1,03\text{b}$ | $7,31 \pm 0,12\text{b}$ |
| D4 | $9,04 \pm 0,74\text{c}$ | $7,72 \pm 1,02\text{b}$ | $10,01 \pm 0,13\text{c}$ |

3-3. Effet des fertilisants sur les paramètres de rendement de trois cultivars d'ail testés

3-3-1. Effet des fertilisants sur le nombre de caïeux par bulbe

La **Figure 4** présente le nombre de caïeux par bulbe de trois cultivars d'ail testés en fonction des traitements (doses des fertilisants) utilisés. Les résultats obtenus montrent que le nombre de caïeux chez les trois cultivars testés varie en fonction des traitements (doses des fertilisants) appliqués. Chez les cultivars d'ail rose ($6,5 \pm 1,13$ et $6,8 \pm 1,35$), blanc ($7,2 \pm 1,02$ et $7,9 \pm 1,07$) et violet ($7,9 \pm 1,03$ et $8,00 \pm 1,32$), les valeurs moyennes du nombre de caïeux par bulbe les plus faibles ont été respectivement enregistrés sur les plants des casiers traités à la dose D0 et D1. Le nombre moyen de caïeux par bulbe les plus élevées chez les trois cultivars d'ail rose, blanc et violet ($10,00 \pm 1,02$; $12,8 \pm 0,31$ et $13 \pm 0,12$) ont été respectivement obtenues sur les plants des casiers traités à la dose D4 (**Figure 4**). On note plus de caïeux par bulbe chez l'ail violet ($13 \pm 0,12$) et l'ail blanc ($12,8 \pm 0,31$) que chez l'ail rose ($10,00 \pm 1,02$). L'analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) de l'apport du fertilisant sur le nombre de caïeux par bulbe de trois cultivars d'ail testés. Cela est confirmé également par les travaux de [19] et [20]. Par contre selon certains auteurs [21, 22], en plus des fertilisants, le nombre de caïeux par bulbe dépend également de la taille des caïeux semés.

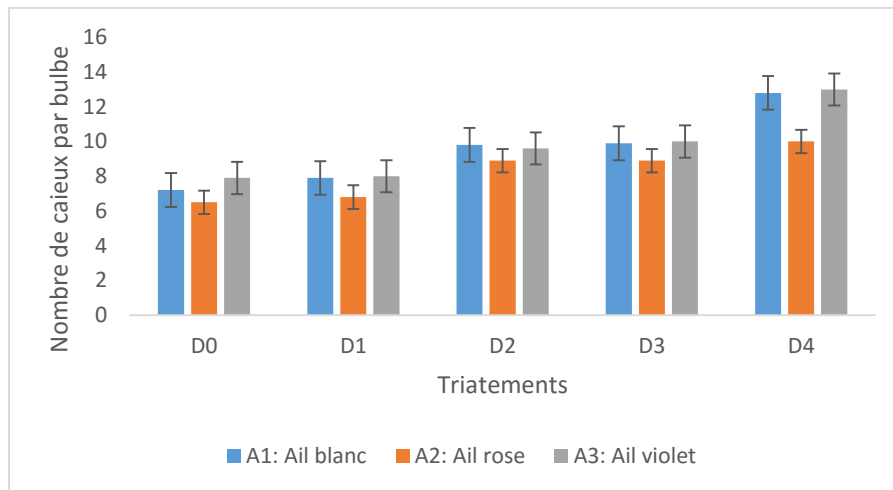


Figure 4 : Nombre de caïeux par bulbe en fonction des fertilisants pour les trois cultivars d’ail testés

3-3-2. Effet des fertilisants sur le diamètre des bulbes de trois cultivars d’ail testés

La **Figure 5** présente le diamètre des bulbes de trois cultivars d’ail testés en fonction de la dose du fertilisant (NPK + Urée) appliquée. Les résultats obtenus montrent que, le diamètre des bulbes de trois cultivars d’ail testés varie en fonction de la dose du fertilisant appliquée dans les différents casiers. La plus faible valeur de diamètre des bulbes a été enregistrée chez le cultivar d’ail rose et les valeurs les plus élevées ont été mesurées respectivement chez les cultivars d’ail blanc et violet (**Figure 5**). Pour le traitement D0, la plus faible valeur de diamètre des bulbes a été enregistrée chez le cultivar d’ail rose (30 mm ± 0,07) et les valeurs les plus élevées ont été mesurées chez les cultivars d’ail blanc (34 mm ± 0,04) et violet (37 mm ± 0,06). Concernant les casiers contenant le traitement D4, la plus faible valeur de diamètre des bulbes a été enregistrée chez le cultivar d’ail rose (44 mm ± 0,11) et les valeurs les plus élevées ont été mesurées chez les cultivars d’ail blanc (45 mm ± 0,12) et violet (47,8 mm ± 0,34) (**Figure 5**). Ces résultats montrent que les cultivars d’ail blanc et violet ont des bulbes plus larges par rapport à celui de l’ail rose. L’analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) de l’apport du fertilisant sur le diamètre de bulbe.

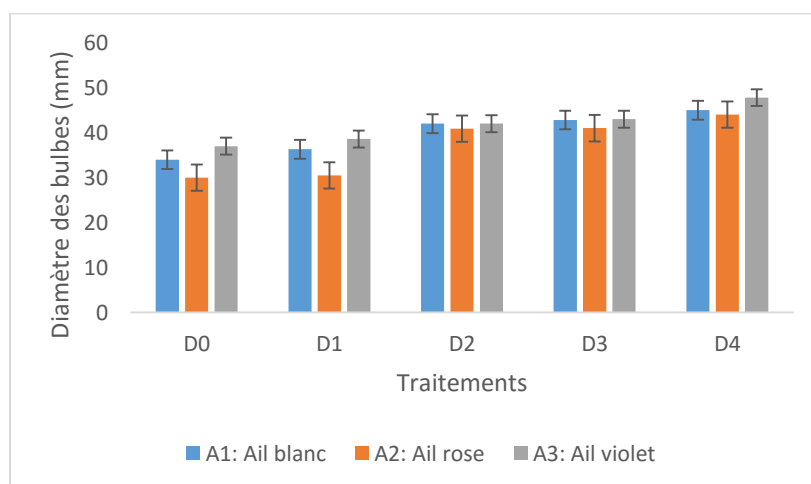


Figure 5 : Diamètre des bulbes de trois cultivars d’ail testés en fonction de la dose du fertilisant (NPK + Urée) appliquée

3-3-3. Effet des fertilisants sur le poids moyen des bulbes de trois cultivars d'ail testés

La **Figure 6** présente le diagramme du poids moyen des bulbes en fonction de la dose des fertilisants (NPK + Urée) appliquée. Les résultats obtenus montrent une très forte variation du poids des bulbes en fonction de la dose des fertilisants appliquée. On constate que le poids des bulbes augmente de façon exponentielle avec la dose des fertilisants appliquée. En effet, plus la dose des fertilisants augmente, plus le poids des bulbes est élevé. Par ailleurs, des cinq niveaux de dose des fertilisants testés, le poids des bulbes de l'ail violet (D0, D1, D2, D3 et D4, avec les valeurs moyennes du poids des bulbes respectivement de 98,9 g ; 102,7 g ; 231,7 g ; 433,0 et 821,0 g) est supérieur à celui de l'ail blanc (D0, D1, D2, D3 et D4, avec les valeurs moyennes du poids des bulbes respectivement de 92,6 g ; 98,7 g ; 175,8 g ; 409,0 et 807,0 g) et de l'ail rose (D0, D1, D2, D3 et D4, avec les valeurs moyennes du poids des bulbes respectivement de 88,3 g ; 95,9 g ; 217,6 g ; 400,0 et 704,0 g). Sur les cinq niveaux de dose des fertilisants testés, le poids des bulbes d'ail violet a toujours été plus élevé par rapport à ceux deux autres. De même, le poids des bulbes d'ail blanc a toujours été supérieur à celui de l'ail rose sauf à la dose D2 où le poids de l'ail rose s'est révélé supérieur à celui de l'ail blanc. Ces résultats montrent que le poids moyen des bulbes de trois cultivars étudiés est intimement lié au diamètre de leurs bulbes.

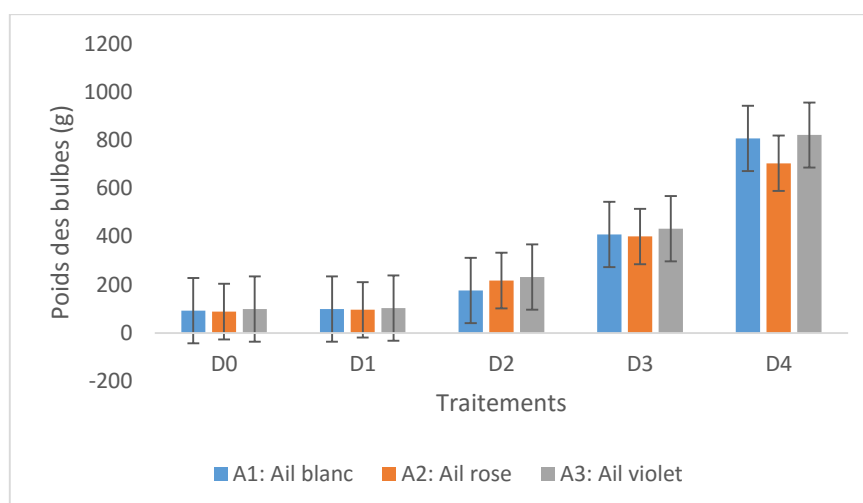


Figure 6 : Poids des bulbes en fonction de la dose des fertilisants appliquée sur les cultivars testés

Les résultats de l'ANOVA révèlent que la dose des fertilisants affecte hautement significativement ($p < 0,001$) le poids des bulbes. En effet, le poids des bulbes est directement lié au nombre de bulbes. Cependant, la plus forte dose des fertilisants améliore nettement le poids des bulbes chez les trois cultivars d'ail testés. Des observations identiques ont été faites par [23, 24] qui ont respectivement rapporté que l'engrais minéral appliqué à une forte dose entraîne l'augmentation du poids des bulbes.

3-3-4. Effet des fertilisants sur le rendement de trois cultivars d'ail testés

Le **Tableau 4** présente le rendement de trois cultivars d'ail testés en fonction de la dose des fertilisants utilisée. Les résultats obtenus montrent qu'à la récolte, les rendements d'ail obtenus chez les trois cultivars testés varient et augmentent en fonction de la dose des fertilisants appliquée. En effet, plus la dose des fertilisants augmente, plus le rendement est élevé. Sur les cinq niveaux de dose testés et pour une même dose, le rendement de l'ail violet est supérieur à celui de l'ail blanc et de l'ail rose. Néanmoins, les trois cultivars d'ail testés donnent des rendements plus élevés à la dose D4 (1000g NPK + 333g Urée par casier)

qui est de 10, 33 t/ha pour le l'ail violet, 9, 27 t/ha pour le l'ail blanc et de 7,73 t/ha pour l'ail rose. Comparé à la dose D0 (0 g NPK + 0g Urée par casier), chacun des rendements des trois cultivars d'ail testés est nettement supérieur à celui du témoin. Le témoin a donné 5,01 t/ha chez le l'ail violet, 5,82 t/ha chez le l'ail blanc et 4,59 t/ha le chez l'ail rose (**Tableau 4**). Les résultats de l'ANOVA révèlent que les doses des fertilisants appliquées affecte très significativement ($p < 0,001$) le rendement des trois cultivars d'ail testés.

Tableau 4 : Rendement de trois cultivars d'ail testés en fonction de la dose des fertilisants utilisée

| Cultivars | Traitements | | | | |
|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| A1: Ail blanc | 05,82 | 06,03 | 07,82 | 08,06 | 09,27 |
| A2: Ail rose | 04,59 | 05,01 | 06,09 | 06,96 | 07,73 |
| A3: Ail violet | 05,01 | 07,05 | 08,67 | 09,08 | 10,33 |

3-4. Effet de l'interaction entre la dose des fertilisants utilisés et cultivars d'ail testés

Les résultats de l'analyse de variance suivant les paramètres de croissance et de rendement ont montré que l'effet de l'interaction entre la dose des fertilisants utilisés et le cultivar est significatif ($p < 0,05$) sur le nombre de feuilles, le diamètre au collet de la tige, le nombre de caïeux par bulbe et sur le diamètre des bulbes d'une part et très significative ($p < 0,001$) sur la longueur des feuilles, le poids moyen des bulbes et sur le rendement des trois cultivars d'ail testés d'autre part. Cela signifie que pour ces paramètres, la dose des fertilisants utilisée agit différemment sur les trois cultivars testés. Par contre, l'interaction entre la dose des fertilisants utilisés et le cultivar n'a pas d'effet significatif sur le taux de levée de trois cultivars d'ail testés. Par conséquent, la dose des fertilisants utilisés sur les trois cultivars testés n'a aucune influence sur le taux de levée.

3-5. Relation entre les la dose des fertilisant et les paramètres étudiés

La distribution des variables est normale, raison pour laquelle le test de corrélation entre différentes variables a été fait grâce au test de Pearson. Le **Tableau 5** présente les valeurs r de Pearson. De ce tableau, il ressort que la corrélation entre la dose des fertilisants (diamètre bulbe, diamètre au collet, longueur des feuilles, nombre de caïeux par bulbe et nombre de feuilles par plant) est négative (est-elle significative, si oui donner $r = -xx$). Il y a une corrélation positive ($r > 0,5$) entre : longueur des feuilles (diamètre au collet, diamètre bulbe), diamètre au collet et nombre de caïeux par bulbe et ; entre : le diamètre au collet et (le nombre de feuilles par plant, le diamètre bulbe) ; le nombre de caïeux par bulbe et (le diamètre bulbe, la longueur des feuilles, la dose des fertilisants et le rendement), il existe une forte corrélation significative et positive ($r > 0,7$). Cela signifie que la valeur du diamètre des bulbes dépend du diamètre au collet, de la longueur des feuilles et du nombre de caïeux par bulbe. Et aussi, la dose des fertilisants utilisés agit positivement sur le rendement. Ce conduit à la conclusion selon laquelle la dose des fertilisants utilisés est le facteur principal qui conditionne le rendement des trois cultivars testés.

Tableau 5 : Valeurs r de Pearson

| | Dose | DB | DC | LF | NCB | NFP | Rendement |
|-----------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------|--------|-----------|
| Dose | 1.0000 | | | | | | |
| DB | -0.1244 | 1.0000 | | | | | |
| DC | -0.2949 | 0.7956 | 1.0000 | | | | |
| LF | -0.0208 | 0.6431 | 0.5561 | 1.0000 | | | |
| NCB | -0.0566 | 0.7093 | 0.6907 | 0.3808 | 1.0000 | | |
| NFP | -0.1586 | 0.6443 | 0.7867 | 0.4594 | 0.8072 | 1.0000 | |
| Rendement | 0.8440 | 0.2845 | 0.0837 | 0.2138 | 0.2842 | 0.1715 | 1.0000 |

DB = diamètre bulbe ; DC = diamètre au collet, LF = longueur des feuilles ; NCB = nombre de caïeux par bulbe ; NFP = nombre de feuilles par plant.

4. Conclusion

L'étude visant à évaluer l'effet de la fertilisation minérale sur la productivité de trois cultivars d'ail (*Allium sativum*) dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun montre que les paramètres de croissance et de rendement sont fortement conditionnés par le dosage des fertilisants. Les résultats obtenus démontrent que le nombre de caïeux, le diamètre au collet, le nombre et la longueur des feuilles, le diamètre des bulbes, le poids moyen des bulbes chez les trois cultivars testés varie en fonction des traitements appliqués, c'est-à-dire de la dose de NPK et d'urée appliquée. Plus la dose des fertilisants est élevée, plus le rendement est meilleur. En définitive, l'effet de l'interaction entre la dose des fertilisants utilisés et le cultivar est significatif. Ce qui voudrait dire que la dose des fertilisants utilisés agit différemment sur les trois cultivars testés. En général, le cultivar violet apparaît plus productif, suivi du cultivar blanc et le cultivar rose apparaît le moins productif.

Références

- [1] - L. COLIN, " L'ail et son intérêt en phytothérapie", Diplôme d'Etat de docteur en Pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université de Lorraine, Nancy (2016) 129 p.
- [2] - H. STAVĚLÍKOVÁ, Morphological characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) genetic resources collection - Information. *Hort. Sci.*, Vol. 35, N°3 (2008) 130 - 135
- [3] - G. NIDHISH, K. DHARMINDER, K. RAMESH, K. SANDEEP, S. SUBHASH and D. BALBIR, Growth and yield of garlic (*Allium sativum* L) as influenced by clove weight and plant growth regulators. *International Journal of Farm Sciences*, Vol. 4, N°3 (2014) 49 - 57
- [4] - N. MUNEER, H. MUHAMMAD, J. A. MUHAMMAD, K. NADRA, H. NASIR and H. BABAR, Effect of planting density on growth, yield and quality of Garlic at Rawalakot, Azad Kashmir. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, Vol. 10, N°1 (2017) 43 - 49
- [5] - W. MEDDEB, ' Etude des effets des rayonnements ionisants sur les propriétés biochimiques et biologiques de l'ail (*Allium sativum* L.)', Master Substances Naturelles Thérapeutiquement Actives, Faculté des Sciences de Bizerte, Université 7 Novembre à Carthage, Egypte (2008) 106 p.
- [6] - TRIKI, Activité antifongique de l'extrait d'ail vis-à-vis de quelques champignons isolés d'oliviers en dépérissement. *Revue Ezzaitouna*, Vol. 13, N° 1 et 2 (2012) 1 - 11
- [7] - N. S. YOUSSEF and H. S. H. TONY, Influence of Different Planting Date on the Performance of New Garlic Genotypes Grown Under El-Minia Governorate Conditions. *Nature and Science*, Vol. 12, N°5 (2014) 112 - 119

- [8] - X. J. XIONG, P. Q. WANG, S. J. LI, X. K. LI, Y. Q. ZHANG and J. WANG, Garlic for hypertension: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytomedicine*, Vol. 22, N°3 (2015) 352 - 361
- [9] - P. JOSLING, Preventing the common cold with a garlic supplement: a double-blind, placebo-controlled survey. *Adv. Ther.* Vol. 18, N°4 (2001) 189 - 193
- [10] - G. U. MAGAJI, A. S. FAGAM, U. D. RILWANU and I. ZAHARADDEEN, Phenotypic Response of Two Garlic Varieties to Different Nitrogen Fertilization Grown under Irrigation in Sudan Savannah Ecological Zone of Nigeria. *International Journal of Agronomy*, (2016) 1 - 10, Article ID 2495828 <https://doi.org/10.1155/2016/2495828>
- [11] - N. C. NGA, " Effet de la densité de semis sur la croissance et le rendement de deux cultivars d'ail en zone péri-urbaine de Maroua (Région de l'Extrême-Nord Cameroun) ", Mémoire de Master, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de l'Université de Maroua, Maroua (2017) 83 p.
- [12] - C. SEIGNOBOS et H. TOURNEUX, Le Nord-Cameroun à travers ses mots, IRD Ed. Karthala, Paris (2002)
- [13] - C. N. LLOSAS and A. M. FERNANDEZ, Influence of planting density on growth, development and yields of garlic (*Allium sativum* L.). *Centro Agrícola*, Vol. 11, N°1 (1984) 17 - 26
- [14] - M. A. FAROOQUI, I. S. NARUKA, P. P. SINGH, S. S. RATHORE, and R. P. S. SHAKTAWAT, "Effect of Nitrogen and sulphur levels on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.)," *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, Vol. 2, N° (2008) 18 - 23
- [15] - M. P. RAVENEAU, F. COSTE, P. MOREAU-VALANCOGNE, Y. CROZAT and C. DÜRR, Analyse de la germination-levée de deux légumineuses (pois - haricot) : intérêts et complémentarités des approches expérimentales et numériques. *Innovations Agronomiques* Vol. 35 (2014) 1 - 11
- [16] - T. MENGISTU and C. YAMOAH, Effect of sowing date and planting density on seed production of carrot (*Daucus carota* var. *sativa*) in Ethiopia. *African Journal of Plant Science*, Vol. 4, N°8 (2010) 270 - 279
- [17] - H. SEID, M. FIKRTE and T. ABEBA, Effect of intra-row spacing on growth performance of garlic (*Allium sativum* L.) at the experimental site of Wollo University, South Wollo, Ethiopia. *European Journal of Agriculture and Forestry Research*, Vol. 2, N°4 (2014) 54 - 61
- [18] - G. DESSIE and G. MULAT, Performance of garlic cultivars under rain-fed cultivation practice at Sout *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 14, N°5 (2019) 272 - 278
- [19] - A. MUSTEFA, " Effect of size and plant population on growth and build yield of garlic (*Allium sativum* L.) at chiro, west hararge zone ", A Thesis submitted to the college of Agriculture and Environmental Sciences, School of Plant Sciences, School of Graduate Studies-Hamara University, Ethiopia (2014) 178 p.
- [20] - S. NASIR, Review on effect of Garlic Clove weight on Yield and Yield Components of Garlic (*Allium sativum* L.). *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research* Vol. 6, N°9 (2018) 554 - 557
- [21] - G. VIDYA, Effect of planting time and plant densities on yield and yield contributing characters in garlic (*Allium sativum* L.) CV. Jamnagar. *Plant Archives* Vol. 15, N°2 (2015) 947 - 952
- [22] - D. BIZUAYEHU, T. NETSANET and A. GETACHEW, Growth and Bulb Yield of Garlic as Influenced by Clove Size. *The Scientific World Journal* (2021), Article ID 7351873, 7 pages <https://doi.org/10.1155/2021/7351873>
- [23] - A. K. DORO, Response of garlic (*Allium sativum* L.) to intra-row spacing at Ajiwa irrigation site of Katsina State - Nigeria. *Journal of Research in National Development*, Vol. 10, N°2 (2012) 103 - 107
- [24] - M. Z. A. ALGADI, E. A. ELGASIM and F. S. IBRAHIM, Physicochemical properties of garlic (*Allium sativum*) paste treated with ascorbic and citric acids. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 3, N°6 (2014) 1932 - 1942