Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture
http://www.rafea-congo.com
2025 ; 8(4), 221-231
ISSN (Print) : 2708-7743 **eISSN** : 2708-5422 **Dépôt légal** : JL 3.01807-57259

Effets du fumier de porcs sur la croissance du maïs « *Zea mays* L., variété *Espoir* » sous conditions de déficit hydrique à Faranah en République de Guinée

Moriba I Haba[1,2], Hamidou Bah[3*], Adoté Hervé Gildas Akueson[4], Diawadou Diallo[3]

(1)Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah (ISAV-VGE/F). Ecole doctorale en Agriculture Durable et Gestion des Ressources en Eau. BP 131 Faranah (République de Guinée). E-mail : hamidoubah@isav.edu.gn
(2)Université de N'Zérékoré. Faculté des Sciences de l'Environnement. Département Gestion des Ressources Naturelles. BP 50 N'Zérékoré (République de Guinée).
(3)Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah (ISAV-VGE/F). Département Agriculture. BP 131 Faranah (République de Guinée).
(4)Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire Valery Giscard d'Estaing de Faranah (ISAV-VGE/F). Département Eaux et Forêts Environnement. BP 131 Faranah (République de Guinée).

Reçu le 22 novembre 2025, **accepté** le 24 décembre 2025, **publié en ligne** le 27 décembre 2025

DOI : https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v8i4.20

RESUME

Description du sujet. Le stress hydrique constitue une contrainte majeure à la productivité du maïs (*Zea mays* L.) en Guinée.
Objectif. Cette étude a évalué l'effet du fumier de porc (FP) sur la croissance du maïs (variété Espoir) à Faranah, sous déficit hydrique de fin d'hivernage.
Méthodes. Un dispositif en split-plot à trois répétitions a croisé quatre dates de semis (d1–d4) et quatre doses de FP (0, 5, 10 et 15 t ha^{-1}). Huit paramètres de croissance ont été mesurés à maturité physiologique : diamètre moyen des tiges (DMTR), hauteur d'insertion des épis (HMIE), hauteur des tiges (HMTR), volume racinaire (VR), nombre de feuilles (NFP), nombre de nœuds (NNP), nombre d'entre-nœuds (NENP) et vitesse de croissance journalière (VCJ).
Résultats. L'analyse (ANOVA split-plot, tests post-hoc SNK/Tukey) montre que le FP améliore significativement tous les paramètres, avec des effets particulièrement marqués pour HMTR, VR et DMTR. La date d2 est globalement la plus favorable, tandis que d4 concentre les plus fortes pertes liées à la sécheresse tardive. Les doses modérées du fumier (5–10 t ha^{-1}) procurent des gains robustes et réguliers ; la dose la plus élevée (15 t ha^{-1}) n'apporte pas systématiquement d'avantage supplémentaire. La combinaison d2 × dose élevée ou modérée ressort comme la plus performante, alors que d4 × témoin présente les valeurs les plus faibles.
Conclusion. Ces résultats confirment l'intérêt agronomique du FP pour atténuer la sensibilité du maïs au déficit hydrique et soutiennent des recommandations opérationnelles en faveur d'une fertilisation organique raisonnée et d'un calendrier de semis optimisé à Faranah.

Mots-clés : Stress hydrique, maïs (*Zea mays* L.), fumier de porcs, croissance végétative, fertilisation organique, dates de semis, Guinée.

ABSTRACT

Effects of Pig Manure on the Growth of Maize (*Zea mays* L., Espoir" Variety) under Water Deficit Conditions in Faranah, Guinea
Description of the study. Water stress is a major constraint on maize (*Zea mays* L.) productivity in Guinea.
Objective. This study evaluated the effect of pig manure (PM) on the growth of the maize variety Espoir in Faranah under late-season water deficit conditions.
Methods. A split-plot design with three replications combined four sowing dates (d1–d4) and four PM application rates (0, 5, 10, and 15 t ha^{-1}). Eight growth parameters were measured at physiological maturity: mean stem diameter (MSD), ear insertion height (EIH), plant height (PH), root volume (RV), number of leaves (NL), number of nodes (NN), number of internodes (NIN), and daily growth rate (DGR).
Results. Analysis (split-plot ANOVA, post-hoc SNK/Tukey tests) showed that PM significantly improved all parameters, with particularly strong effects on PH, RV, and MSD. Sowing date d2 was generally the most favorable, while d4 showed the greatest losses due to late-season drought. Moderate doses (5–10 t ha^{-1}) provided

consistent and substantial gains, whereas the highest dose (15 t ha^{-1}) did not always yield additional benefits. The d2 × moderate or high dose combinations were the most effective, whereas the d4 × control combination produced the lowest values.
Conclusion. These results confirm the agronomic value of pig manure in reducing maize sensitivity to water deficit and support operational recommendations for rational organic fertilization and optimized sowing schedules in Faranah.

Keywords: Water stress, maize (*Zea mays* L.), pig manure, vegetative growth, organic fertilization, sowing dates, Guinea.

1. INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L.) constitue l'une des principales cultures vivrières de la Guinée, particulièrement dans la région de Faranah où il est une source essentielle d'alimentation et de revenus pour les ménages ruraux. Cependant, la production de cette céréale est fortement contrainte par les déficits hydriques récurrents liés aux changements climatiques. Face à ces stress, les rendements baissent de manière significative, compromettant la sécurité alimentaire.

L'utilisation d'amendements organiques tels que le fumier de porc apparaît comme une alternative durable aux engrais chimiques pour améliorer la tolérance du maïs au stress hydrique (Shah *et al.*, 2023). En effet, le fumier de porc enrichit le sol en nutriments, améliore sa structure et sa capacité de rétention en eau, ce qui favorise la croissance racinaire et la photosynthèse (Wan *et al.*, 2023). Des études récentes ont montré que les apports organiques renforcent la résilience du maïs en conditions de sécheresse en stimulant la biomasse et la performance physiologique des plantes (Buligon *et al.*, 2023 ; Zhu *et al.*, 2019).

Par ailleurs, les engrais organiques améliorent la hauteur des tiges, le développement foliaire et la vitesse de croissance journalière, qui sont des indicateurs clés de la vigueur et du rendement potentiel. Dans un contexte de rareté et de coût élevé des intrants chimiques en Guinée, la valorisation du fumier de porc, disponible localement notamment à Kissidougou et Faranah, constitue une opportunité stratégique.

La présente recherche se justifie par la nécessité de proposer des techniques de fertilisation organique adaptées au contexte guinéen afin d'améliorer la productivité du maïs Espoir, une variété locale largement cultivée mais vulnérable aux stress hydriques (Shah *et al.*, 2023). L'approche envisagée permettra d'évaluer de façon scientifique les effets du fumier de porcs sur plusieurs paramètres de croissance du maïs, avec pour objectif d'identifier la meilleure combinaison dose–date de semis en conditions de déficit hydrique. Ce travail contribuera ainsi à renforcer la durabilité des systèmes agricoles en Guinée et à promouvoir une fertilisation respectueuse de l'environnement.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Localisation du site

L'étude a été conduite dans le champ expérimental de l'ISAV-VGE de Faranah de façon échelonnée de manière à contrôler le stress hydrique de fin d'hivernage (Figure 1).

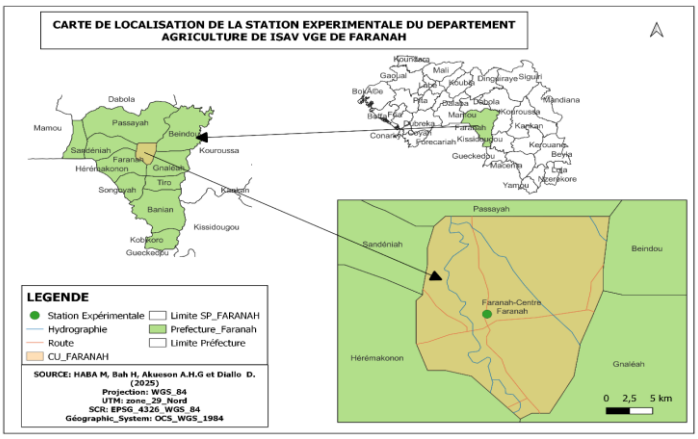

Figure 1. Carte de la zone d'étude

L'expérimentation sur la variété de maïs *Espoir* s'est déroulée sur l'ensemble de la saison pluvieuse, dans le but d'évaluer l'effet combiné des dates de semis et des doses de fumier de porcs sur la réponse de la culture en conditions de stress hydrique à Faranah. Le dispositif expérimental a été établi selon un plan en split-plot avec trois répétitions. Le facteur principal correspondait à quatre dates échelonnées de semis (D1 à D4), tandis que le facteur secondaire portait sur quatre doses de fumier de porcs utilisées comme engrais organique local (0, 5, 10 et 15 t/ha). Les paramètres de croissance suivants ont été mesurés à la maturité physiologique : le diamètre des tiges, la hauteur d'insertion des épis, la hauteur des tiges, le volume racinaire, le nombre de feuilles, le nombre de nœuds, le nombre d'entre-nœuds et la vitesse de croissance journalière. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS et Sigma plot version 12.5.

Matériel

Dans la conduite de cette étude, le matériel biologique utilisé a pour nom commercial « la variété de maïs, ESPOIR ». C'est une variété (population améliorée), non présentée comme un hybride F1 dans les fiches avec un cycle cultural d'environ 95 jours (maturité ~3 mois). Le rendement potentiel déclaré est de 6,5 t/ha en conditions favorables (valeur indiquée sur la fiche technique). Le grain a une couleur jaune et riche en protéines contenant des acides aminés la lysine et le tryptophane en meilleure proportion qu'un maïs ordinaire ; également riche en provitamine A, ce qui le rend intéressant pour les usages alimentaires et la nutrition (farines infantiles, semoule). L'état de la plante est décrit comme restant *vert* à maturité des grains, ce qui donne un avantage pour la valorisation du feuillage en alimentation animale. Les parties valorisables sont : le grain (alimentation humaine, transformation agro-industrielle), tige/feuillage (fourrage ou litière animale) (mita.coraf.org).

Méthodes analyse des données

Les données collectées sur les huit paramètres de croissance du maïs susmentionnés ont été saisies et organisées dans Microsoft Excel avant d'être exportées pour les analyses statistiques. L'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée selon le modèle en split-plot afin d'évaluer les effets principaux des dates de semis, des doses de fumier de porcs et de leur combinaison. Les répétitions ont été considérées comme les blocs. Cette approche permet de tester :
(i) l'effet de la date de semis sur les paramètres de croissance ;
(ii) l'effet des doses de fumier de porcs et
(iii) l'effet combiné (interaction date × dose).

Lorsque l'ANOVA montrait des différences significatives ($p < 0,05$), les moyennes ont été séparées par le test de Student-Newman-Keuls (SNK) ou par le test de Tukey HSD au seuil de 5 %. Ces tests post-hoc ont permis d'identifier les modalités de traitements qui diffèrent réellement entre elles.

Les logiciels SPSS (version 25) et SigmaPlot 14.0 ont été utilisés pour l'exécution des analyses statistiques et la génération des graphiques (boîtes à moustaches, histogrammes, courbes de croissance). Les résultats sont présentés sous forme de moyennes ± écart-type, accompagnées des lettres de comparaison multiple pour faciliter l'interprétation.

Enfin, une analyse descriptive (moyennes, coefficients de variation et écart-types) a été réalisée afin d'apprécier la variabilité des données. Des corrélations de Pearson entre certains paramètres (par exemple, volume racinaire et vitesse de croissance journalière) ont été explorées pour mettre en évidence les relations entre les traits morphologiques et la réponse à l'amendement organique.

3. RÉSULTATS

3.1. Diamètre moyen des tiges à la récolte (DMTR)

La Figure 2 présente l'évolution du diamètre moyen des tiges de maïs en fonction des dates de semis et des doses de fumier de porcs. Des différences significatives entre les dates de semis ont été observées : la date d2 enregistre les diamètres les plus élevés (environ 3,0 cm), traduisant une meilleure vigueur végétative, tandis que la date d4 se caractérise par les diamètres les plus faibles (entre 1,6 et 2,3 cm), révélant une forte sensibilité des plants au stress hydrique tardif. Les semis réalisés en d1 et d3 montrent des valeurs intermédiaires.

L'effet des doses de fumier de porcs est également manifeste. Pour toutes les dates de semis, les plants non fertilisés (D0) présentent des diamètres inférieurs à ceux ayant reçu du fumier. L'augmentation de la dose entraîne une amélioration progressive du diamètre, avec des valeurs maximales obtenues avec D2 et D3. Toutefois, les différences entre D2 et D3 ne sont pas toujours statistiquement significatives, ce qui suggère que la dose modérée peut suffire à obtenir une amélioration notable.

L'interaction entre la date de semis et la dose met en évidence que la combinaison la plus performante est observée pour d2-D3, qui présente le diamètre maximal (> 3,0 cm). À l'opposé, la combinaison d4-D0 enregistre la valeur la plus faible (< 1,7 cm). Ces résultats montrent que l'apport de fumier de

porc améliore la rigidité et la croissance en diamètre des tiges, contribuant ainsi à réduire le risque de verse, mais que l'effet positif reste conditionné par le calendrier de semis, la sécheresse tardive limitant fortement le développement des tiges.

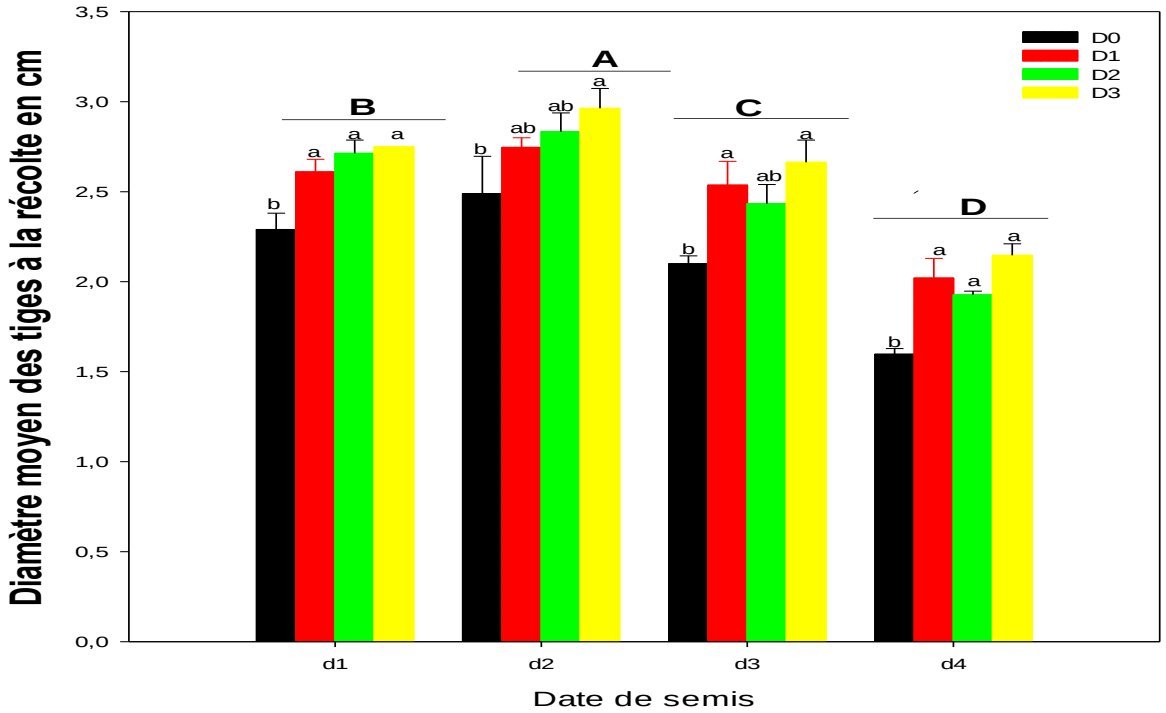

Figure 2. Croissance du diamètre des tiges en fonction des doses

3.2. Variation de la hauteur insertion

La Figure 3 met en évidence l'évolution de la hauteur moyenne d'insertion des épis selon les dates de semis et les doses de fumier de porcs. Les résultats indiquent que l'apport de fumier a un effet positif sur l'élévation du point d'attache des épis, ce qui améliore l'aération et facilite la distribution de la lumière dans le couvert végétal. La date d2 présente les valeurs les plus élevées, confirmant qu'elle est la plus favorable pour l'optimisation de la croissance en hauteur des épis. À l'inverse, les semis tardifs (d4) montrent une réduction notable de ce paramètre, ce qui traduit une limitation de la croissance en conditions de déficit hydrique. L'effet des doses est également significatif, puisque les plants ayant reçu du fumier, particulièrement aux doses modérées à élevées, enregistrent des hauteurs d'insertion supérieures à celles des témoins non fertilisés.

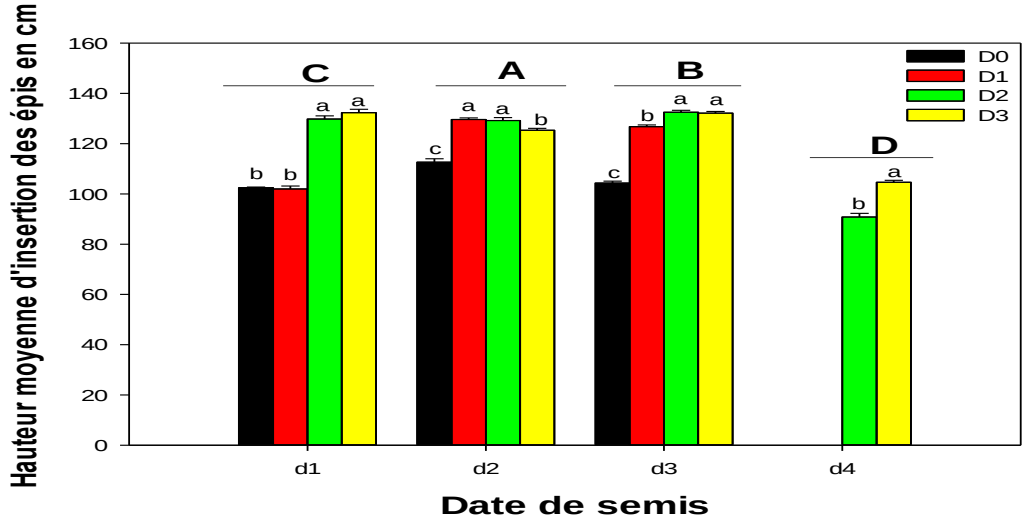

Figure 3. Hauteur moyenne d'insertion des épis (HMIE)

La Figure 4 présente la variation de la hauteur moyenne des tiges à la récolte. On observe une différence significative entre les dates de semis, avec une supériorité marquée de la date d2, qui enregistre les plus grandes

hauteurs, signe d'un allongement cellulaire efficace et d'une meilleure disponibilité en eau et nutriments. Les semis réalisés en d1 et d3 montrent des résultats intermédiaires, tandis que d4 affiche les valeurs les plus faibles, ce qui traduit une forte sensibilité au stress hydrique tardif. L'effet des doses de fumier e porc est également évident, avec une progression nette de la hauteur des tiges à mesure que la dose augmente. La combinaison d2-D3 présente la hauteur maximale, tandis que la combinaison d4-D0 révèle la valeur la plus basse. Ces résultats révèlent que l'apport de fumier favorise la croissance en hauteur du maïs, mais que cette réponse est fortement modulée par la date de semis.

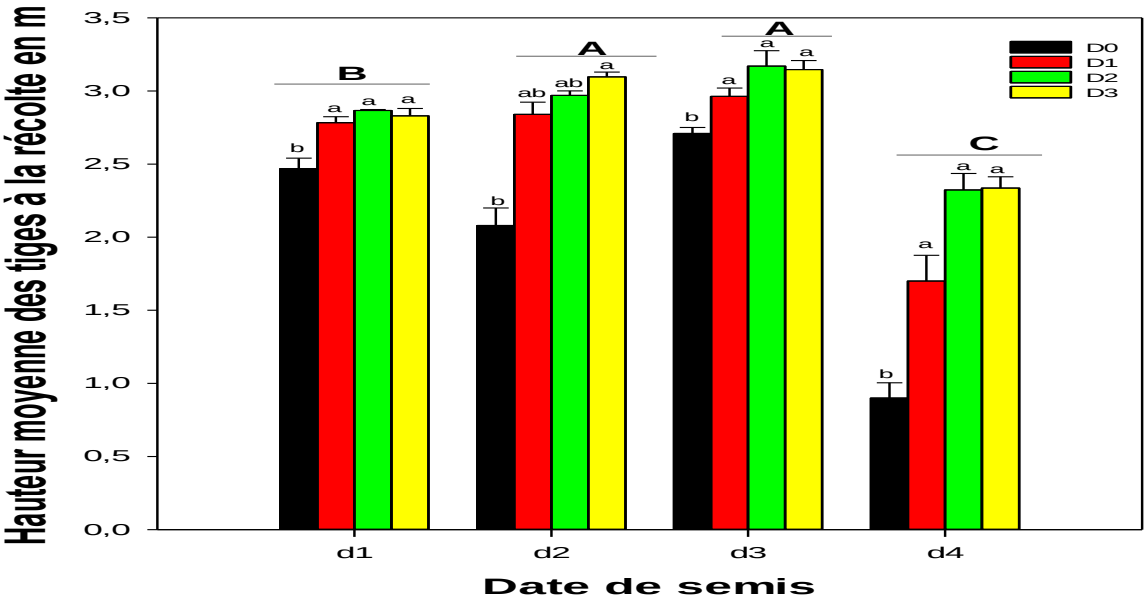

Figure 4. Hauteur moyenne des tiges à la récolte (HMTR)

3.3. Variation du volume racinaire

La Figure 5 illustre les effets du fumier de porcs et de la date de semis sur le volume racinaire du maïs. Les résultats montrent que l'apport du fumier entraîne une augmentation notable du volume racinaire, traduisant une meilleure porosité et une capacité accrue du sol à retenir l'humidité. La date d2 se distingue par des volumes racinaires plus élevés, surtout aux doses D2 et D3, ce qui suggère que le fumier a permis aux racines de mieux explorer le sol et d'optimiser l'absorption en eau et nutriments. En revanche, la date d4 enregistre les valeurs les plus faibles, avec une chute drastique du volume racinaire malgré l'apport de fumier, ce qui traduit l'effet sévère de la sécheresse de fin de saison. Globalement, l'effet positif du fumier est net mais reste limité par l'intensité du stress hydrique.

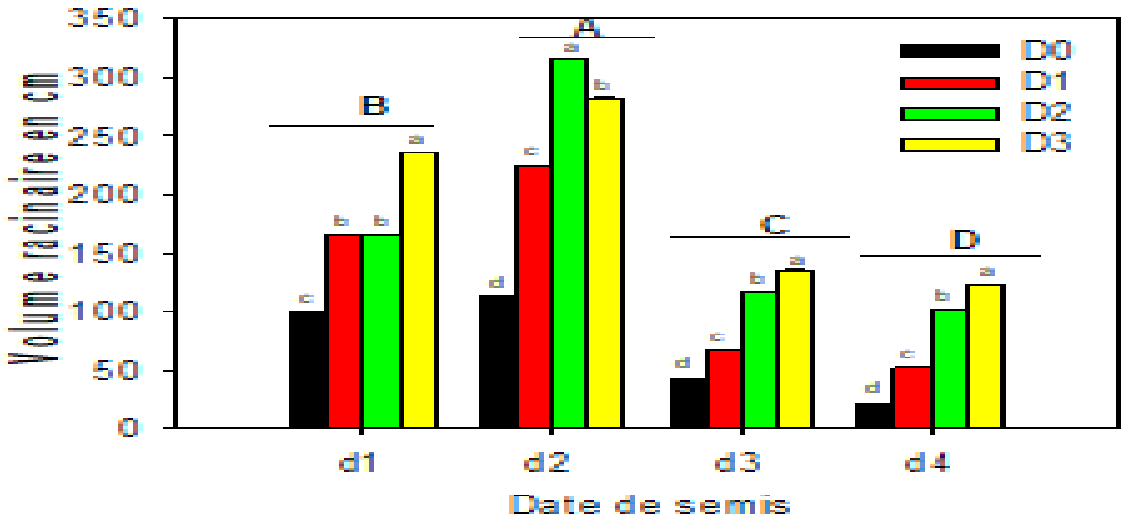

Figure 5. Volume racinaire

3.4. Nombre de feuilles par plant (NFP)

La Figure 6 présente l'évolution du nombre moyen de feuilles par plant. En effet, les apports organiques favorisent une meilleure formation foliaire, augmentant ainsi la surface photosynthétique disponible. La date d2 enregistre le nombre de feuilles le plus élevé, confirmant la vigueur végétative observée à cette période. Les semis tardifs (d4) présentent, au contraire, une réduction marquée du nombre de feuilles, en lien avec le déficit hydrique. Les doses croissantes de fumier entraînent une augmentation progressive de ce paramètre, bien que la différence entre D2 et D3 ne soit pas significative.

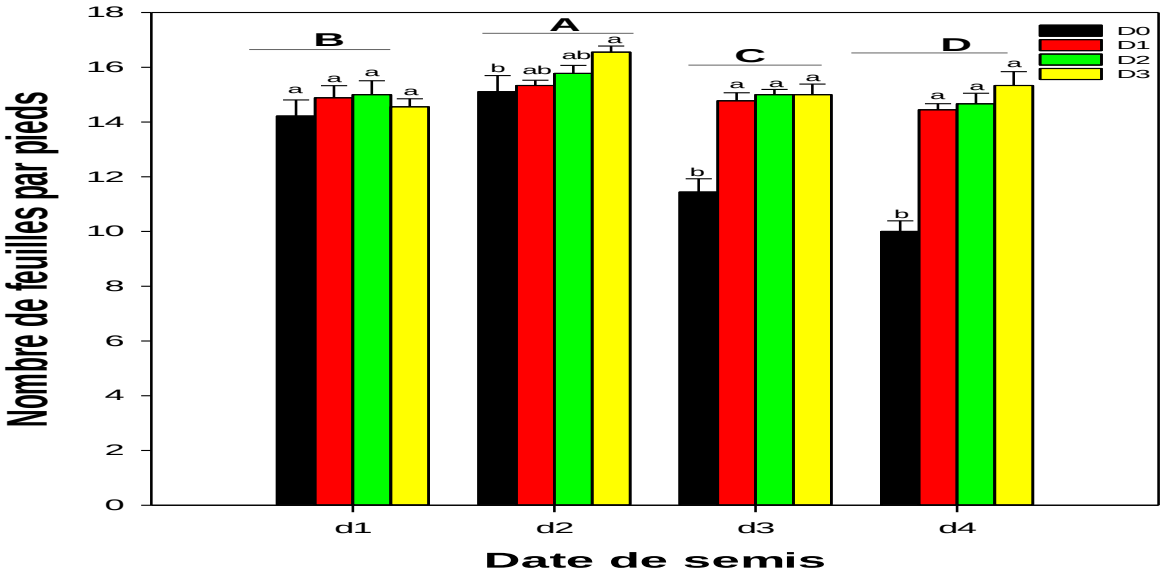

Figure 6. Nombre de feuilles par plant (NFP)

3.5. Nombre de nœuds par plant (NNP)

La Figure 7 illustre la variation du nombre moyen de nœuds par plant. Les résultats montrent que le fumier de porcs favorise la segmentation nodale et donc la structuration de la tige. La date d2 reste la plus favorable, avec un nombre de nœuds significativement plus élevé, tandis que d4 se caractérise par des valeurs réduites. Les doses modérées et fortes (D2 et D3) améliorent sensiblement ce paramètre par rapport au témoin, traduisant l'importance de l'apport organique pour la stimulation de la croissance structurale du maïs.

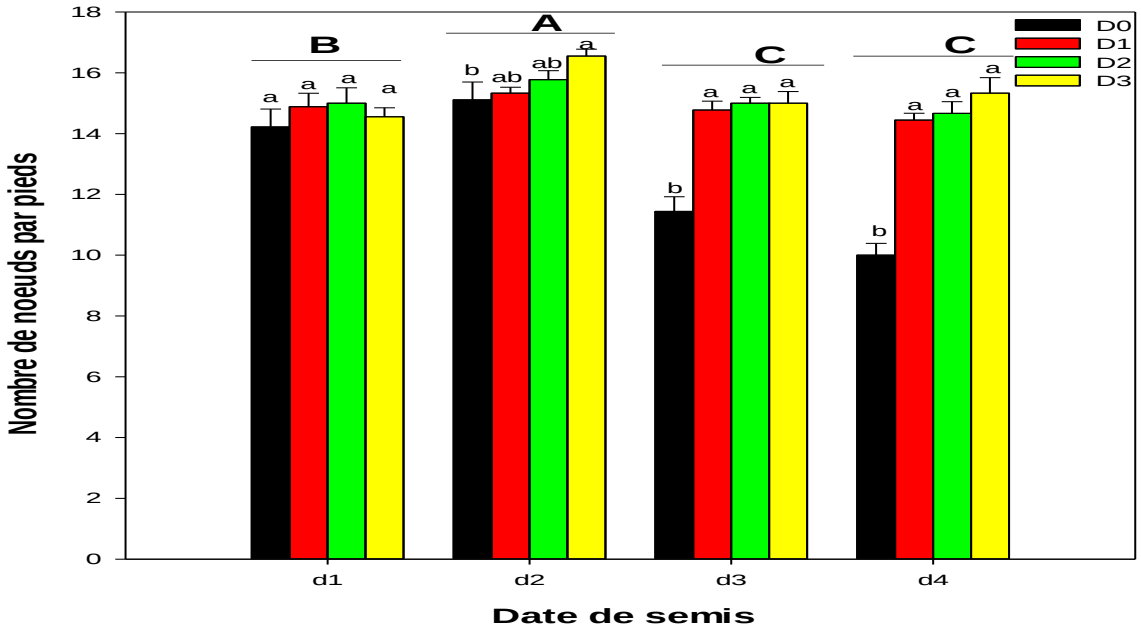

Figure 7. Nombre de nœuds par plant (NNP)

Nombre d'entre-noeuds par pieds (NENP)

La Figure 8 présente la variation du nombre moyen d'entre-nœuds par plant. L'allongement intermodal est stimulé par la capacité de rétention en eau et l'amélioration hydraulique du sol induite par le fumier. Les résultats indiquent que la date d2 et les doses modérées du fumier favorisent la formation d'un plus grand nombre d'entre-nœuds, tandis que la date d4 affiche des valeurs nettement inférieures. Le fumier permet donc une meilleure expression de ce paramètre morphologique, bien que son effet soit fortement conditionné par la disponibilité en eau.

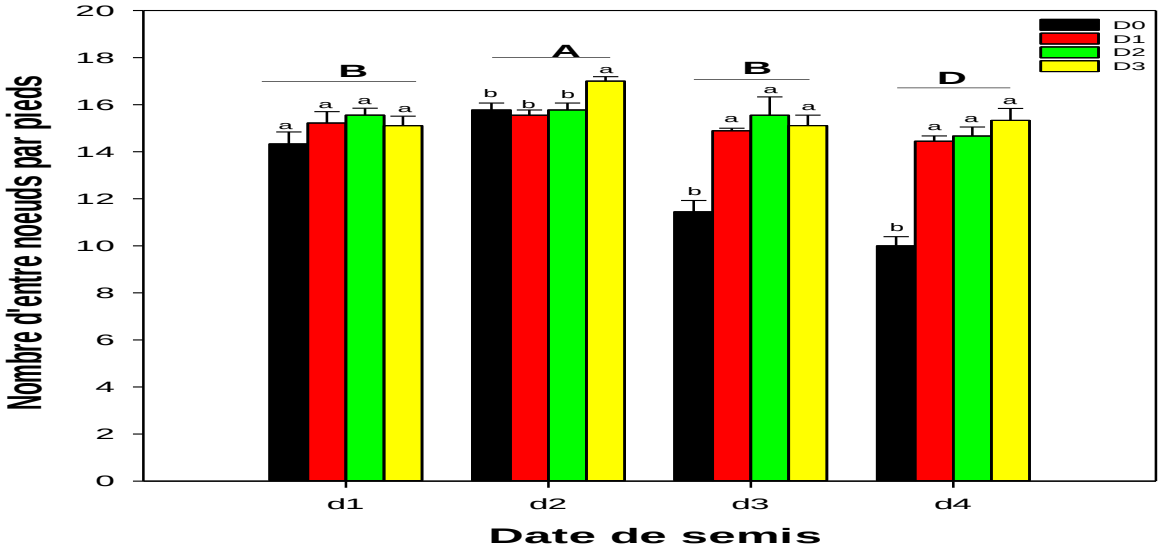

Figure 8. Nombre d'entre-nœuds par pieds (NENP)

3.6. Vitesse de croissance journalière (VCJ)

La Figure 9 illustre la vitesse de croissance journalière du maïs en fonction des dates de semis et des doses de fumier. Les résultats montrent que, malgré l'effet négatif du stress hydrique, l'apport du fumier maintient une croissance soutenue, en particulier aux dates précoces (d1 et d2). La dose D3 permet d'atteindre les valeurs maximales de vitesse de croissance journalière, confirmant le rôle positif du fumier dans le maintien de la dynamique de croissance. Toutefois, en d4, la sécheresse réduit considérablement la vitesse de croissance, même en présence de fumier. Ces observations confirment que le fumier de porcs est un facteur d'atténuation du stress hydrique mais qu'il ne permet pas d'annuler totalement les effets négatifs de la sécheresse tardive.

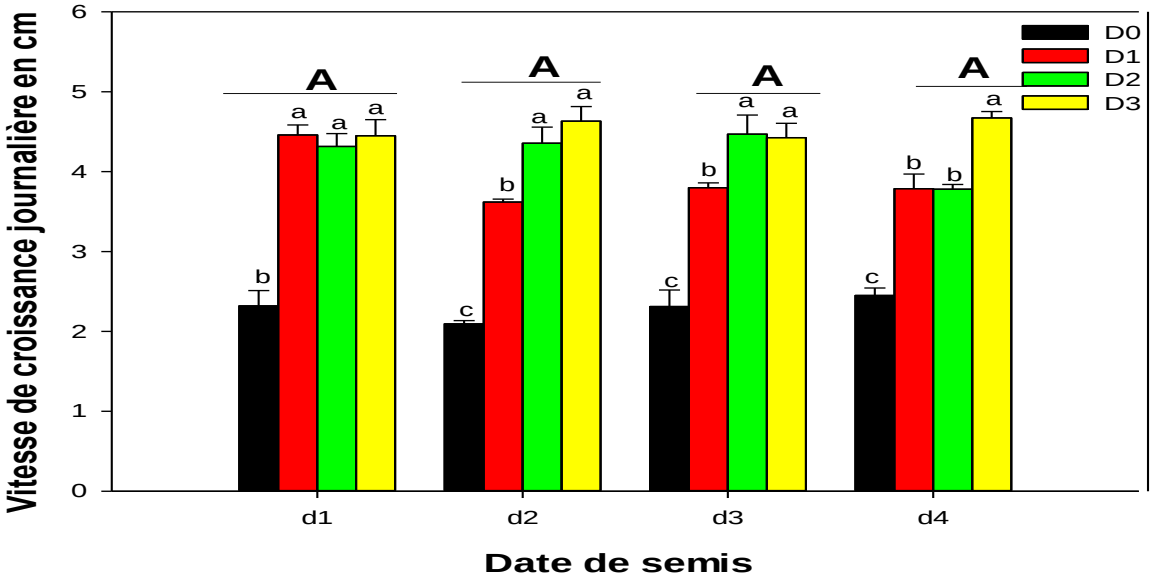

Figure 9. Vitesse de croissance journalière (VCJ)

3.7 Sensibilité des paramètres évalués au déficit hydrique

La Figure 10 montre la carte de chaleur de la sensibilité au déficit hydrique du maïs en fonction des dates de semis et des doses de fumier.

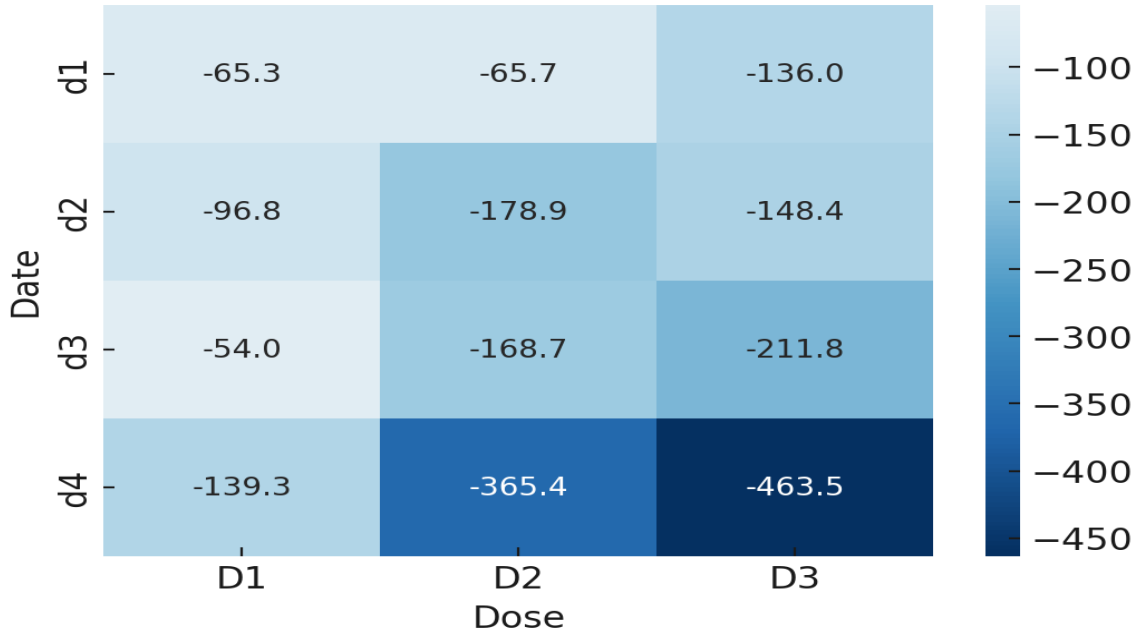

Figure 10. Heatmap pour le volume racinaire (VR)
La carte de chaleur montre une sensibilité extrême du volume racinaire en d4, surtout à la dose D3 (-463 %). Les dates d1 et d2 présentent des pertes plus modérées. On observe sur la figure 11 la sensibilité au déficit hydrique du diamètre moyen des tiges en fonction des dates de semis et des doses de fumier.

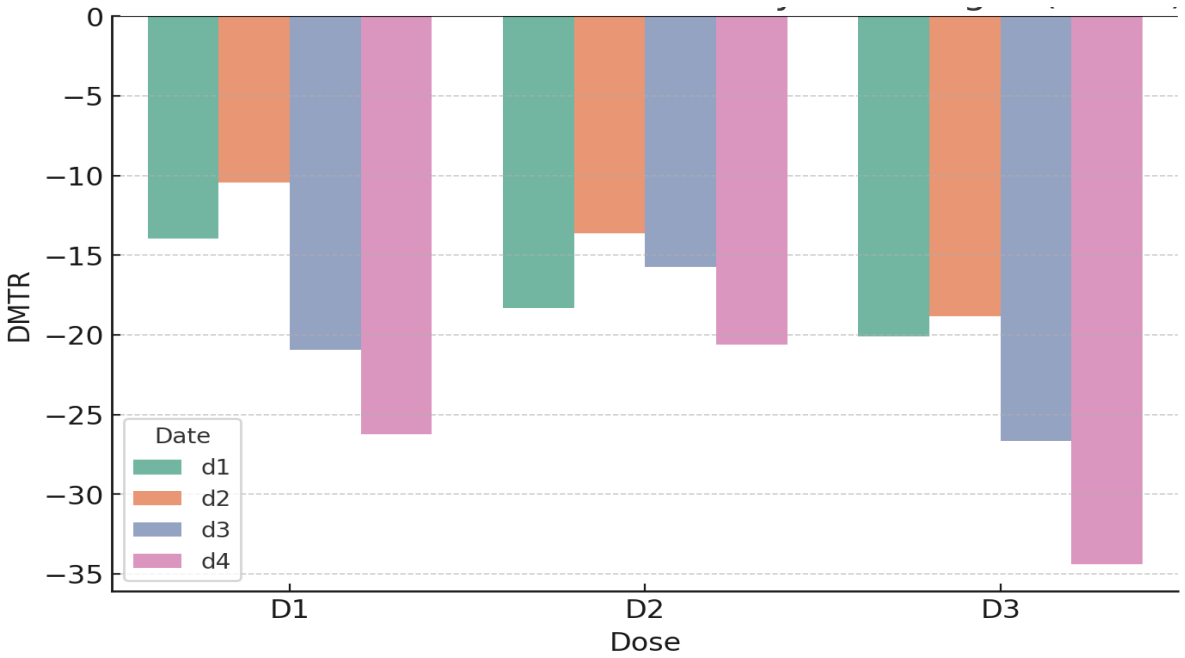

Figure 11. Barplot pour le diamètre moyen des tiges (DMTR)

Les pertes de diamètre de tige sont généralisées. Les semis de d2-D1 montrent la plus faible sensibilité, tandis que d4-D3 présente les réductions les plus marquées. La figure 12 illustre la sensibilité de la vitesse de croissance journalière du maïs ESPOIR au déficit hydrique en fonction des dates de semis et des doses de fumier.

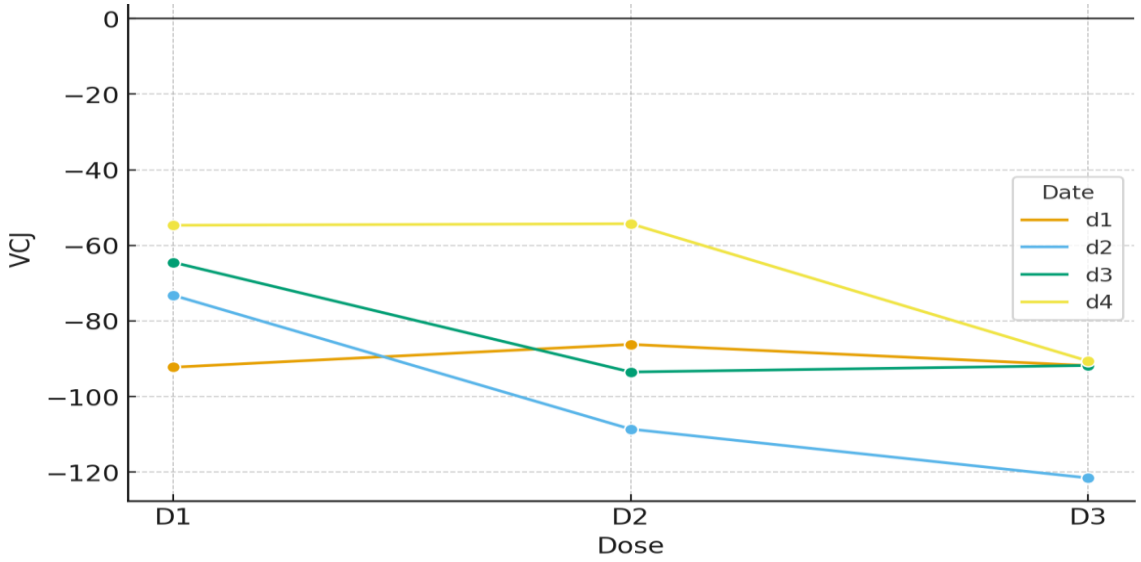

Figure 12. Sensibilité de la la vitesse de croissance journalière (VCJ)

Sur la Figure 12, la vitesse de croissance journalière présente des valeurs négatives, indiquant un ralentissement de la croissance par rapport à la date témoin. Cette tendance est plus marquée avec la dose la plus élevée (D3), notamment aux dates de semis D2 et D4, suggérant un effet dépressif possible d'un excès de matière organique sur la dynamique de croissance. La figure 13 montre le radar indiquant la comparaison la sensibilité au déficit hydrique des traitement d2-D1 vs d4-D3.

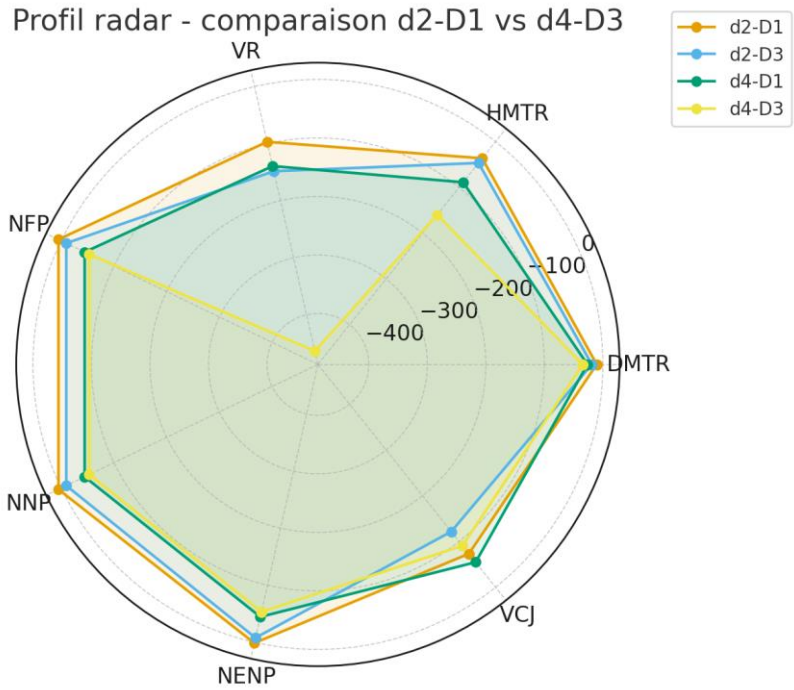

Figure 13. Radar plot pour la comparaison d2-D1 vs d4-D3

Le radar (Figure 13) montre que d2-D1 est beaucoup moins sensible que d4-D3 sur l'ensemble des paramètres. Cela confirme que la date d2 et une dose modérée sont les conditions les plus favorables. Les Figures (10, 11 et 12) confirment que le maïs est globalement sensible au déficit hydrique, avec des pertes de performances accrues en fin de saison (d4). Le fumier de porcs améliore partiellement la résilience, mais son effet dépend de la date de semis et de la dose. Les conditions les plus avantageuses restent la date d2 avec une dose faible à modérée (D1–D2), tandis que la combinaison d4-D3 est la plus défavorable.

4. DISCUSSION

Les résultats indiquent que l'apport de fumier de porcs améliore significativement la croissance végétative et l'architecture du maïs sous déficit hydrique, avec une réponse particulièrement nette sur le volume racinaire et la hauteur de tige. L'accroissement du VR observé aux dates favorables (notamment d2) corrobore l'idée que les matières organiques stimulent l'exploration racinaire via l'amélioration de la porosité, de la stabilité structurale et de la capacité de rétention en eau du sol (Wan *et al.,* 2023). Cette amélioration hydraulique du milieu, associée à une meilleure disponibilité des nutriments, favorise l'allongement cellulaire et la biomasse aérienne, se traduisant par des gains de HMTR et de DMTR (Wan *et al.,* 2023).

La réponse positive du diamètre de tige est cohérente avec les travaux montrant que les digestats et fumiers porcins renforcent la vigueur et réduisent la verse, grâce à une nutrition azotée plus progressive et à un effet structurant sur le sol (Buligon *et al.,* 2023). L'augmentation du nombre de feuilles et des nœuds/entre-nœuds observée sous FP s'observe dans la littérature montrant que les amendements organiques améliorent la surface photosynthétique et la dynamique de croissance, y compris en conditions de contrainte hydrique (Agha *et al.,* 2025). Ces effets combinés expliquent la meilleure VCJ dans les traitements fertilisés, surtout lorsque la contrainte hydrique est moins sévère (d1–d2).

L'effet date de semis apparaît déterminant : d2 surpasse systématiquement les autres dates, suggérant une meilleure synchronisation entre stades sensibles et disponibilité en eau résiduelle. À l'inverse, d4 cumule stress hydrique terminal et températures élevées, ce qui limite la croissance, même avec FP. Cette interaction forte date × dose rejoint les observations sur la dépendance des effets des amendements organiques au contexte climatique intra-saisonnier (Shah *et al.,* 2023).

Sur le plan des doses, les réponses les plus stables et efficaces sont obtenues à 5–10 t ha^{-1}. L'élévation à 15 t ha^{-1} n'améliore pas toujours les performances et peut conduire à des rendements marginaux décroissants—probablement en raison d'un déséquilibre temporaire de la solution du sol (effets osmotiques, minéralisation non synchronisée) ou des contraintes de diffusion en eau dans des horizons organo-riches sous sécheresse (Liu *et al.,* 2022). Dans un contexte de disponibilité locale du FP (Kissidougou et Faranah) et de coût élevé des intrants minéraux, l'option d'une dose modérée optimisée par la date d2 présente un ratio bénéfice/risque et une faisabilité logistique supérieurs.

Comparativement à d'autres travaux réalisés en Afrique de l'Ouest, les résultats de cette étude confortent l'idée que les amendements organiques constituent un levier d'adaptation efficace face à la variabilité pluviométrique : amélioration de la croissance et de la tolérance au stress sans externalités négatives majeures lorsqu'ils sont gérés de manière raisonnée (Wan *et al.,* 2023). Ils s'alignent également avec les études montrant la montée en performance de traits morpho-fonctionnels clés (racines, tiges et feuilles) sous fertilisation organique en conditions de sécheresse modérée (Shu *et al.,* 2022 ; Buligon *et al.,* 2023 ; Yessoufou *et al.,* 2023).

Comme implications pratiques pour Faranah, l'association d'un calendrier de semis au tour de d2 et de 5–10 t ha^{-1} de FP est recommandée afin d'amortir la contrainte hydrique et de sécuriser la croissance. Lorsque les semis sont tardifs (d4), l'apport de FP demeure utile mais ne compense pas entièrement la pénalisation liée à la sécheresse terminale ; des mesures complémentaires (paillage, micro-barrages, semis plus précoces et associations variétales tolérantes) doivent être envisagées. Enfin, la valorisation locale du FP soutient une intensification agro-écologique compatible avec la souveraineté fertilisante et la résilience des systèmes de production.

5. CONCLUSION

L'étude menée à Faranah en Guinée a démontré que le fumier de porcs constitue un levier agronomique efficace pour améliorer la croissance du maïs Espoir en conditions de déficit hydrique. Les résultats obtenus sur les huit paramètres de croissance mesurés indiquent que l'apport du fumier améliore significativement le diamètre des tiges, la hauteur des plantes, le volume racinaire, la surface foliaire et la vitesse de croissance journalière. L'interaction entre les dates de semis et les doses appliquées met en évidence que la combinaison d2 × doses modérées à élevées (5–10 t ha^{-1}) est la plus favorable, tandis que les semis tardifs (d4) restent particulièrement sensibles à la sécheresse terminale. Ces résultats confirment que l'utilisation raisonnée du fumier de porcs, en plus de renforcer la résilience du maïs face aux contraintes climatiques, contribue à la durabilité des systèmes agricoles guinéens. Elle offre une alternative crédible et économiquement viable à l'usage exclusif d'engrais chimiques, tout en valorisant une ressource organique locale disponible.

Références

Buligon E. L., Costa L. A. M., de Lucas Jr. J., Santos F. T., Goufo P. & Costa M. S. S., 2023). Fertilizer performance of a digestate from swine wastewater as synthetic nitrogen substitute in maize cultivation. *Agriculture*, 13(3), 565. https://doi.org/10.3390/agriculture13030565

Liu Y., Lan X., Hou H., Ji J., Liu X. & Lv Z., 2024. Multifaceted ability of organic fertilizers to improve crop productivity and abiotic stress tolerance: Review and perspectives. *Agronomy*, 14(6), 1141. https://doi.org/10.3390/agronomy14061141

Shah M. N., Wright D. L., Hussain S., Koutroubas S. D., Seepaul R., George S. & Eswaramoorthy R., 2023. Organic fertilizer sources improve the yield and quality attributes of maize (Zea mays L.) hybrids by improving soil properties and nutrient uptake under drought stress. *Journal of King Saud University – Science*, 34, 102570. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102570

Shu M., Shen M., Dong Q., Yang X., Li B. & Ma Y., 2022. Estimating the maize above-ground biomass by constructing the tridimensional concept model based on UAV-based digital and multi-spectral images. *Field Crops Research*, 282, 108491. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108491

Wan H., Liu X., Shi Q., Chen Y., Jiang M., Zhang J. & Liu F., 2023. Biochar amendment alters root morphology of maize plants: Implications in enhancing nutrient uptake and shoot growth under reduced irrigation regimes. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1122742. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1122742

Wang X., Yan J., Zhang X., Zhang S. & Chen Y., 2020. Organic manure input improves soil water and nutrients use for sustainable maize (Zea mays L.) productivity on the Loess Plateau. *PLOS ONE*, 15(8), e0238042. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238042

Yessoufou M. W. I. A., Tovihoudji P. G., Zakari S., Adjogboto A., Djenontin A. J. & Akponikpè P. B. I., 2023. Hill-placement of manure and fertilizer for improving maize nutrient- and water-use efficiencies in northern Benin. *Heliyon*, 9(7), e17823. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17823

Zhu X., Sun Z., Peng P., Huang H., Li Z., Zhang Y. & Yang L., 2019. Estimating maize above-ground biomass using 3D point clouds of multi-source unmanned aerial vehicle data at multi-spatial scales. *Remote Sensing*, 11(22), 2678. https://doi.org/10.3390/rs11222678

Zhu Y., Zhou C., Yang H., Yang G., Han L., Li Z. & Xu B., 2019. Estimation of maize above-ground biomass based on stem–leaf separation strategy integrated with LiDAR and optical remote sensing data. *Peer J.*, 7, e7593. https://doi.org/10.7717/peerj.7593