

Evaluation de l'impact de l'intégration de la biomasse de *Chromolaena odorata* sur le rendement du maïs dans les sols de la région de Daloa, centre-ouest de la Côte d'Ivoire

[Evaluation of the impact of integrating *Chromolaena odorata* biomass on maize yield in soils of the Daloa region, central-western Côte d'Ivoire]

Konan Kouamé Firmin, Bayala Roger, Tokpa Lisette Zeh, Kouadio Koffi Hypolith, and Bakayoko Sidiky

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département d'Agro-pédologie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Chromolaena odorata*, an invasive plant of the Asteraceae family, is widespread in Africa, particularly in Côte d'Ivoire, where it poses significant challenges to agricultural systems by competing with crops for essential resources. However, this plant also offers ecological and agronomic benefits when integrated into sustainable agricultural practices. It can enrich soils with essential nutrients, such as calcium, and promote soil alkalization. Additionally, its dense biomass helps control weeds and prevent soil erosion. These underutilized characteristics warrant further investigation into its integration within sustainable agriculture. To this end, an agronomic trial was conducted in Daloa to assess the impact of *C. odorata* biomass on maize cultivation. Four treatments were tested in a Fisher block design: (i) *C. odorata* alone (Co), (ii) *C. odorata* with standard mineral fertilizer (CoNPK), (iii) standard mineral fertilizer alone (NPK), and (iv) a control with no treatment (TO). The results showed that the *C. odorata* alone treatment yielded the highest grain outputs, closely followed by the use of standard mineral fertilizer. In contrast, the control treatment produced the lowest yields, and the combination of *C. odorata* and mineral fertilizers resulted in yields lower than those from *C. odorata* alone. It is recommended to integrate *C. odorata* as a biofertilizer in sustainable agricultural systems due to its economic and ecological benefits. Further studies are required to define an optimal technical pathway for its use, assess its long-term effects on soils, and determine its potential to enhance crop profitability.

KEYWORDS: agriculture, biofertilizer, biomass, *Chromolaena odorata*, ecological, mineral fertilizer, yields.

RESUME: *Chromolaena odorata*, une plante invasive de la famille des Asteraceae, est largement présente en Afrique, notamment en Côte d'Ivoire, où elle pose des problèmes dans les systèmes agricoles en concurrençant les cultures pour les ressources essentielles. Cependant, cette plante offre aussi des avantages écologiques et agronomiques lorsqu'elle est intégrée dans des pratiques agricoles durables. Elle peut enrichir les sols en éléments nutritifs, tels que le calcium, et favoriser l'alcalinisation des sols. De plus, sa biomasse dense aide à contrôler les mauvaises herbes et à prévenir l'érosion des sols. Ces caractéristiques sous-exploitées justifient une exploration plus approfondie de son intégration dans l'agriculture durable. Dans cette optique, un essai agronomique a été mené à Daloa pour évaluer l'impact de la biomasse de *C. odorata* sur la culture de maïs. Quatre traitements ont été testés en block de Fisher: (i) *C. odorata* seul (Co), (ii) *C. odorata* avec engrais minéral standard (CoNPK), (iii) engrais minéral seul (NPK), et (iv) témoin sans traitement (TO). Les résultats ont montré que le traitement *C. odorata* seul a donné les meilleurs rendements en grain, suivis de près par l'utilisation d'engrais minéraux standard. En revanche, le traitement témoin a produit les rendements les plus faibles, et la combinaison de *C. odorata* et d'engrais minéraux a donné des rendements inférieurs à ceux de *C. odorata* seul. Il est recommandé d'intégrer *C. odorata* comme biofertilisant dans les systèmes agricoles durables, en raison de ses avantages économiques et écologiques. Des études supplémentaires sont nécessaires pour définir un itinéraire technique optimal pour son utilisation, évaluer ses effets à long terme sur les sols, et déterminer son potentiel pour améliorer la rentabilité des cultures.

MOTS-CLEFS: agriculture, biofertilisant, biomasse, *Chromolaena odorata*, écologiques, engrais minéral, rendements.

1 INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire, nation à forte vocation agricole, se trouve confrontée à des défis majeurs liés à la dégradation des sols, à la diminution des rendements agricoles et à la pression croissante de la population [1]. Le maïs (*Zea mays*), culture vivrière fondamentale, est particulièrement vulnérable à ces contraintes. La région de Daloa, qui représente une zone agricole stratégique de la Côte d'Ivoire, voit ses cultures vivrières telles que le maïs, le manioc et le riz jouer un rôle central dans l'économie locale [2]. Toutefois, ces dernières années, les rendements des cultures ont diminué en raison de divers facteurs, parmi lesquels figurent l'érosion des sols, le lessivage des nutriments, la faible fertilité des sols et la pression exercée par les mauvaises herbes [3]. Bien que la fertilisation minérale soit couramment utilisée, elle ne constitue pas une solution durable, en raison des effets environnementaux à long terme qu'elle peut induire, tels que la pollution des eaux souterraines et la dégradation de la biodiversité [4]. Dans ce contexte, l'intégration de matières organiques, telles que la biomasse de *Chromolaena odorata*, pourrait offrir des avantages agronomiques notables. En effet, dans la région de Daloa, située dans le centre-ouest du pays, cette plante invasive, originaire d'Amérique centrale, est particulièrement abondante [5]. Bien qu'elle soit souvent perçue comme nuisible en raison de sa compétition pour les ressources, notamment l'eau et la lumière, *C. odorata* présente un potentiel agronomique prometteur en améliorant la fertilité des sols, en contribuant à leur enrichissement organique et en luttant contre l'érosion [6], [7]. L'intégration de *C. odorata* dans les systèmes agricoles, en tant qu'amendement organique ou couverture végétale, pourrait ainsi constituer une solution durable pour améliorer la fertilité des sols tout en contrant les effets néfastes des espèces invasives. Plusieurs études ont démontré que la biomasse de *C. odorata* peut avoir un impact positif sur la fertilité des sols, en améliorant leur structure et en réduisant le lessivage des éléments nutritifs [8], [9]. Cependant, les connaissances sur son effet direct sur les rendements du maïs dans le contexte spécifique de Daloa demeurent limitées, ce qui justifie la réalisation de cette étude. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact de l'intégration de la biomasse de *C. odorata* sur la fertilité des sols et le rendement du maïs dans la région de Daloa. Plus précisément, l'étude vise à évaluer l'impact de cette biomasse sur le rendement du maïs en comparaison avec les pratiques de fertilisation minérale actuelles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

L'étude a été menée à Zépréghué, un village situé dans la région du Haut-Sassandra, dans la zone de Daloa, en Côte d'Ivoire, entre 6°22'18" Ouest et 6°54'09" Nord, à une altitude de 250 mètres. Les sols de cette région sont principalement des ferrallitiques remaniés sur les plateaux, tandis que des sols hydromorphes se trouvent dans les bas-fonds [10]. Selon [11], on y rencontre des Plinthic Lixisols sur les sommets et mi-versants, des Plinthic Arenosols sur les bas-versants et des Fluvisols dans les bas-fonds. Le climat de Zépréghué est de type tropical, caractérisé par une saison sèche et chaude s'étendant de novembre à février, suivie d'une saison pluvieuse de mars à octobre. La pluviométrie annuelle varie entre 1000 et 1400 mm, tandis que la température moyenne mensuelle oscille entre 24,7°C en août, mois le plus frais, et 27,8°C en février, mois le plus chaud. Ces caractéristiques climatiques et pédologiques exercent une influence directe sur les pratiques agricoles de la région.

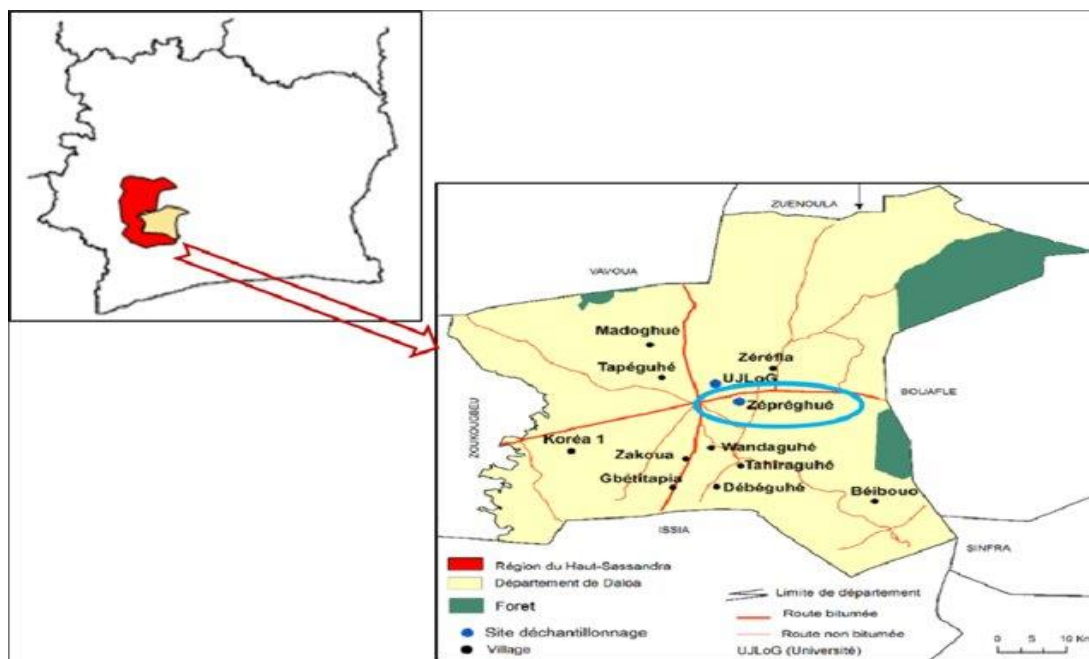


Fig. 1. Site de l'étude

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

2.2.1 SEMENCE DE MAÏS

Le matériel végétal utilisé est constitué de semences de maïs LG-501, une variété hybride développée par la société SEMIVOIRE. Cette variété se distingue par sa floraison précoce, survenant à 60 jours, et sa maturité rapide, généralement entre 105 et 110 jours, ce qui permet de la cultiver dans des cycles agricoles courts. Elle présente un rendement potentiel de 6 à 8 tonnes par hectare, en fonction des conditions de culture. Les grains de LG-501, de couleur jaune-orangé et semi-cornés (voir Figure 2), sont non seulement faciles à moudre, mais également riches en acides aminés, ce qui les rend adaptés à l'alimentation tant humaine qu'animale. Par ailleurs, cette variété est particulièrement appréciée pour sa résistance à la rouille et aux maladies des feuilles, ce qui en fait un choix particulièrement robuste pour les producteurs de maïs [12].



Fig. 2. Semence de maïs utilisée

2.2.2 INTRANTS

Les intrants sont constitués d'une fumure minérale et fumure organique.

L'engrais minéral employé est le NPK 15-15-15, largement utilisé et standardisé dans les cultures de maïs en Côte d'Ivoire. Cet engrais est particulièrement recommandé et couramment appliqué dans la culture du maïs à la dose de 300 kg ha⁻¹.

La fumure organique appliquée est composée de la biomasse de *Chromolaena odorata*, qui est coupée, hachée et ensuite épandue sur la parcelle (figures 4a, b et c).



Fig. 3. Fumure minérale utilisée



Fig. 4. A : pesée de la biomasse de *C. odorata* ; B : hachage de la biomasse de *C. odorata* ; C : épandage de la biomasse de *C. odorata*

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental (figure 5) a été conçu selon un plan de Fisher entièrement randomisé et couvre une superficie totale de 1298 m². Cette zone a été répartie en quatre blocs, espacés de 3 mètres. Chaque bloc, mesurant 12 m x 10 m (soit 120 m²), a été subdivisé en quatre parcelles élémentaires, chacune séparée par 2 mètres, avec une superficie de 20 m² (4 m x 5 m). Chaque parcelle élémentaire a reçu l'un des quatre traitements suivants:

- *Chromolaena odorata* (Co) seule, à une dose de 9,8 kg ha⁻¹;
- *Chromolaena odorata* associé à l'engrais chimique NPK 15-15-15 couramment utilisé (Co+NPK),
- Engrais chimique NPK 15-15-15 appliqué seul à raison de 300 kg ha⁻¹,
- Témoin absolu (T0).

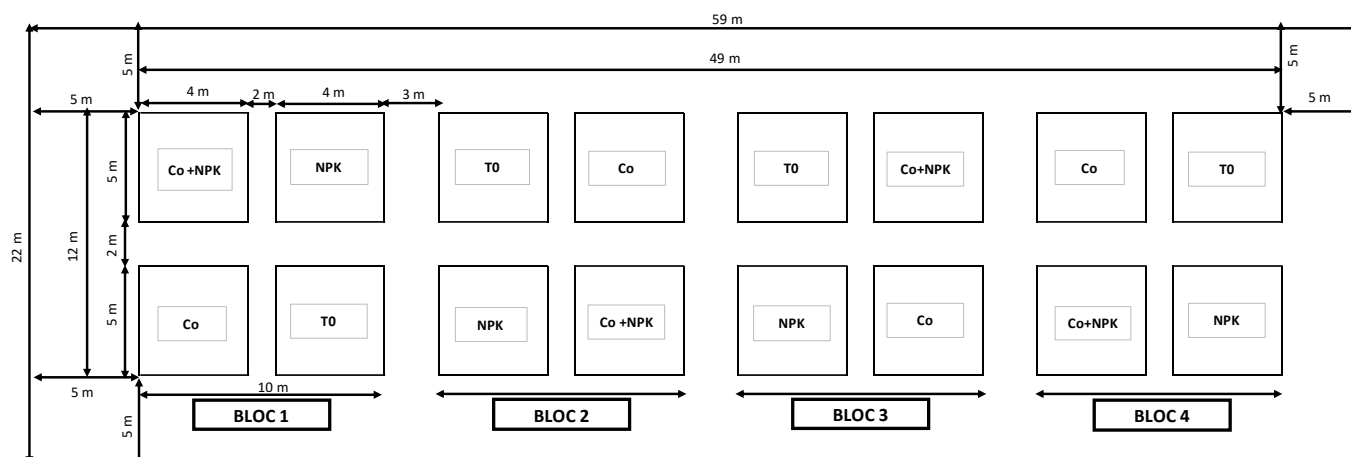


Fig. 5. Dispositif expérimental

2.3.1 DISPOSITIF DE SEMIS DU MAÏS

Le semis a été réalisé conformément à la méthode décrite par [13], avec un espacement de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets. Il a été effectué à une profondeur de 4 à 5 cm, avec 2 graines par poquet. 21 jours après le semis, chaque poquet a été réduit à un seul plant, permettant ainsi d'obtenir 60 plants de maïs par micro-parcelle, soit un total de 960 plants sur l'ensemble de la parcelle.

2.3.2 PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES

Les paramètres évalués comprenaient la hauteur des plants et le rendement. La hauteur des plants a été mesurée du sol à la pointe de la tige à l'aide d'un ruban, et cette mesure a été répétée à différents stades de développement pour suivre l'évolution de la croissance. Le rendement grain a été calculé par la suite.

3 RÉSULTATS

3.1 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA HAUTEUR DU MAÏS

L'évolution des hauteurs moyennes des plants de maïs en fonction des dates de mesure révèle, à travers les courbes distinctes, une croissance continue pour tous les traitements au cours du cycle de culture. Jusqu'au 25e jour, aucune différence significative n'est observée entre les traitements, et cela se poursuit jusqu'au 32e jour. Les plants ayant reçu la biomasse de *Chromolaena odorata* ont présenté les hauteurs les plus élevées, atteignant entre 20 et 160 cm jusqu'à la fin du cycle. Les plants des parcelles témoins ont enregistré les plus faibles hauteurs, variant de 20 à 140 cm à partir du 32e jour jusqu'à la fin du cycle. Le traitement avec engrais minéral a conduit à une croissance intermédiaire, avec des hauteurs variant de 20 à 150 cm (figure 6).

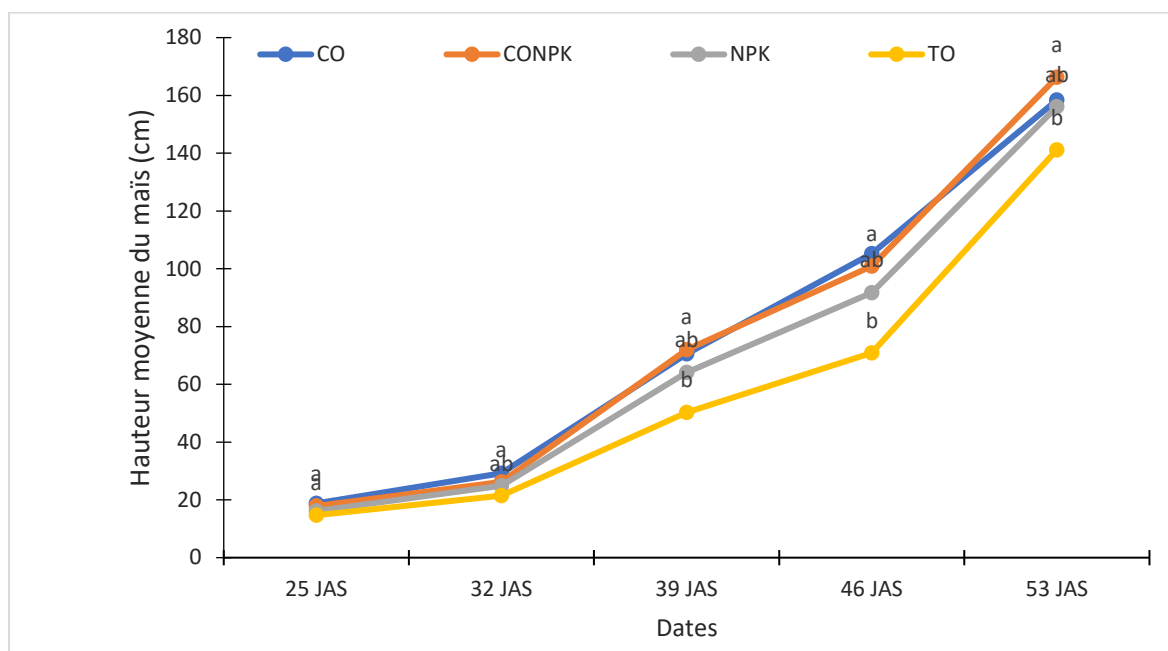


Fig. 6. Effet des traitements la hauteur des plants du maïs

Pour chaque traitement, les moyennes portant la même lettre ne présentent pas de différence significative au seuil de 5%. CO = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata*; CONPK = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata* combinée à de l'engrais chimique (NPK 15-15-15); NPK = Engrais chimique (NPK 15-15-15); T₀ = témoin absolu.

3.2 EFFET DES TRAITEMENTS SUR LE RENDEMENT DU MAÏS

Les rendements moyens du maïs par traitement sont présentés dans le tableau 1.

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre ces rendements ($P = 0,0000$). Le traitement avec *Chromolaena odorata* (CO) obtient le rendement le plus élevé, avec une moyenne de $245,21 \pm 41$ g, suivi de près par le traitement associant l'engrais chimique NPK 15-15-15 (CONPK), avec une moyenne de $232,1 \pm 39,3$ g, et celui de l'engrais chimique seul (NPK 15-15-15), avec une moyenne de $225,6 \pm 39$ g. En revanche, le traitement témoin (TO) enregistre le rendement le plus faible, avec une moyenne de $190,3 \pm 55$ g.

Tableau 1. Rendements moyens du maïs par traitement

Traitements	Rendements (tha ⁻¹)
CO	7,74a
CONPK	6,75ab
NPK	5,82b
TO	4,43c
P > F	0,0001

Les valeurs portant les mêmes lettres ne diffèrent pas de manière significative, tandis que celles portant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de 5%. CO = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata*; CONPK = apport de la biomasse de *Chromolaena odorata* combinée à de l'engrais chimique (NPK 15-15-15); NPK = Engrais chimique (NPK 15-15-15); T₀ = témoin absolu.

4 DISCUSSION

Cette étude, visant à évaluer l'impact de l'intégration de la biomasse de *Chromolaena odorata* sur le rendement du maïs dans les sols de la région de Daloa, située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, a permis de démontrer l'influence favorable de cette biomasse sur la hauteur des plants et le rendement du maïs. En effet, l'évolution des hauteurs moyennes des plants de maïs, en fonction des dates de semis, révèle, à travers les différentes courbes observées, une augmentation progressive de la hauteur des plants au cours du cycle végétatif. L'analyse de la variance a mis en évidence une différence statistiquement significative entre les traitements à partir du 25e jour après semis (JAS). Les plants de maïs ayant bénéficié du traitement à base de la biomasse de *Chromolaena odorata* (CO) ont affiché les

valeurs les plus élevées en termes de hauteur, et ce, jusqu'à la fin du cycle végétatif. En revanche, les plants des parcelles témoins ont montré les valeurs de hauteur les plus faibles à toutes les dates de semis, jusqu'à la fin du cycle. Quant au traitement à base d'engrais minéral couramment utilisé (NPK 15-15-15), bien qu'il ait favorisé une croissance supérieure à celle des parcelles témoins, il n'a pas atteint les performances des traitements utilisant la biomasse de *Chromolaena odorata*. Ces résultats confirment l'importance de l'apport nutritionnel de cette plante et son impact bénéfique sur la fertilité physique des sols. Il convient de souligner que *Chromolaena odorata* est largement reconnue pour sa capacité à restituer des macronutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium [14]. En particulier, l'azote, qui constitue le nutriment primordial pour le développement végétatif des plantes [15], joue un rôle fondamental dans plusieurs processus biologiques. Il est essentiel à la formation des protéines, composées d'acides aminés, qui sont indispensables à la croissance cellulaire, à la formation d'enzymes et à la régulation des processus biochimiques dans la plante [16]. L'azote participe également à la synthèse de la chlorophylle, optimisant ainsi l'efficacité de la photosynthèse et favorisant la croissance des plantes [17]. De plus, il est impliqué dans la croissance des tissus végétatifs, en particulier dans la formation de nouvelles feuilles, et une carence en azote peut entraîner un ralentissement de la croissance, ainsi qu'une décoloration des feuilles, appelée chlorose [18]. L'azote contribue également à l'accumulation de la biomasse, favorisant le développement des racines, des tiges et des feuilles, ce qui permet d'augmenter la masse totale de la plante [19]. Enfin, il influence la régulation hormonale, notamment en modifiant la production d'auxines, des hormones végétales qui régulent la croissance des racines et des tiges [20]. Les résultats les plus élevés obtenus avec le traitement à base de *Chromolaena odorata* seule, ainsi que la combinaison de cette biomasse avec le NPK, soulignent l'importance de la restitution des nutriments présents dans cette biomasse pour la fertilité des sols, comme l'ont démontré [14]. De plus, l'association avec l'engrais NPK présente un avantage considérable, car l'azote, le phosphore et le potassium sont des éléments essentiels à la production des cultures, notamment du maïs [21]. En ce qui concerne les rendements, les différents traitements ont exercé une influence significative sur le rendement du maïs. Le rendement le plus élevé a été obtenu avec le traitement exclusif à la biomasse de *Chromolaena odorata* (CO), mettant en évidence l'intérêt agronomique de cette espèce végétale en tant qu'amendement organique naturel. Ces résultats sont en adéquation avec ceux rapportés par [22], qui ont observé que l'application de la biomasse de *Chromolaena odorata* permet d'augmenter le rendement du maïs, d'améliorer les teneurs en phosphore des sols, ainsi que la productivité des ferralsols dégradés. Il convient de noter que le phosphore, en tant que composant clé des nucléotides, joue un rôle crucial dans la division cellulaire, la croissance des plantes et le développement des graines, notamment en facilitant la réplication génétique nécessaire au développement embryonnaire [23]. De plus, le phosphore est un élément central des phospholipides, qui constituent les membranes cellulaires et sont essentiels à la formation des cellules en développement, notamment pendant le remplissage des graines [24]. Les rendements obtenus grâce à la combinaison de *Chromolaena odorata* avec l'engrais chimique NPK 15-15-15 sont légèrement inférieurs à ceux observés avec le traitement exclusif à la biomasse de *Chromolaena odorata*, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'ajout d'un amendement organique comme la biomasse de *Chromolaena odorata* en combinaison avec un engrais minéral contribue à la fois à améliorer les rendements et le développement végétal. Ces résultats rejoignent ceux de [25], qui ont également souligné l'impact positif de la combinaison de *Chromolaena odorata* et du NPK sur les rendements en grains du maïs.

5 CONCLUSION

Cette étude a mis en lumière l'impact bénéfique de l'intégration de la biomasse de *Chromolaena odorata* sur le rendement du maïs dans la région de Daloa, située dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Les résultats obtenus indiquent que l'utilisation de cette biomasse en tant qu'amendement organique favorise la croissance des plants de maïs, augmentant ainsi leur hauteur et, par conséquent, leur rendement. L'analyse de la variance a révélé des différences significatives entre les traitements dès le 25^e jour après semis, avec les plants ayant reçu la biomasse de *Chromolaena odorata* présentant les plus grandes hauteurs tout au long du cycle végétatif. Le rendement le plus élevé a été enregistré dans le traitement utilisant exclusivement la biomasse de *Chromolaena odorata*, suivi de son association avec l'engrais minéral couramment employé. En revanche, le traitement avec l'engrais minéral seul a donné des résultats inférieurs à ceux des deux traitements précédemment mentionnés, bien qu'il ait surpassé le témoin. Ces résultats suggèrent que la biomasse de *Chromolaena odorata* enrichit les sols en éléments nutritifs essentiels, tels que l'azote, le phosphore et le potassium, ce qui contribue à une amélioration notable de la fertilité du sol. De plus, l'association de *Chromolaena odorata* avec l'engrais NPK a montré des effets positifs sur la fertilité du sol, bien que les rendements n'aient pas excédé ceux obtenus avec l'amendement organique seul. Cette étude met en évidence que l'utilisation de la biomasse de *Chromolaena odorata* constitue une alternative agronomique prometteuse pour améliorer la productivité du maïs en Côte d'Ivoire, en contribuant à la fois à l'enrichissement des sols et à l'augmentation des rendements. L'intégration de *Chromolaena odorata* dans les systèmes de production de maïs devrait être encouragée, notamment pour pallier les défis liés à la cherté et à la rareté des engrais chimiques. Il serait également pertinent d'examiner sa capacité de séquestration du carbone dans le sol, afin d'évaluer son potentiel dans l'atténuation du réchauffement climatique.

REFERENCES

- [1] Milhorance, C., Di Roberto, H., Kouadio, R., and Tano, K. P., Dynamiques institutionnelles relatives à la conservation et la restauration des sols et paysages post-forestiers en Côte d'Ivoire, 2024.
- [2] Tano, A. M., Crise cacaoyère et stratégies des producteurs de la sous-préfecture de Méadji au Sud-Ouest ivoirien, 2012.
- [3] Citeau, L., Bispo, A., Bardy, M., and King, D., *Gestion durable des sols. Quae*, 2008.
- [4] Mouilah Mohammed, A., Kalloum, S., and nasri, B., Evaluation de la contamination des eaux souterraines de la région d'adrar par les intrants agricoles, 2019.
- [5] Maroun, L., Étude de la perception des mauvaises herbes et des espèces végétales exotiques par la population des milieux agricoles en Côte d'Ivoire, l'exemple de *Chromolaena Odorata*, 2017.
- [6] R. Muniappan, A. Teshome and G. V. P. Reddy, «*Chromolaena odorata*: A threat to African agriculture,» *Invasive Plant Science and Management*, 2 (3), 241-249, 2005.
- [7] J. Audru, R. O'Neill and M. Bouan, «Impact de *Chromolaena odorata* sur l'érosion du sol et la structure du sol, » *Soil Science Journal*, 58 (2), 221-229, 1988.
- [8] L. Mollard, «Les effets écologiques de *Chromolaena odorata* sur les systèmes agricoles,» *Revue d'Ecologie et de Botanique*, 28 (4), 415-422, 1993.
- [9] R. Forest, «Effets de *Chromolaena odorata* sur la fertilité du sol et l'enrichissement en calcium, » *Agroforestry Systems*, 15 (4), 195-204, 1991.
- [10] F.G.B. Zro, A.M. Guéi, Y.K. Nangha, D. Soro and S. Bakayoko, «Statistical approach to the analysis of the variability and fertility of vegetable soils of Daloa (Côte d'Ivoire),» *African Journal of Soil Science*, 4: 328-338, 2016.
- [11] K.F. Konan, K.R. N'ganzoua, R.A. Bayala, Ouattara, A.H.D. Abobi, K.C. Kouadio, D. Soro, G. F. Z. Bi, B. Koné and S. Bakayoko, «Morphopedological characteristics and physical potential of Zépréguhé Soils in Daloa Region, Centre West, Côte d'Ivoire,» *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 15 (2), 598-605, 2022.
- [12] Seed Co West & Central Africa, *Maïs Jaune LG501: fiche technique*, 2022.
[Online]: <https://www.seedcogroup.com/weca/pdf/Yellow%20Maize%20LG501%20FR.pdf> (Janvier 2025).
- [13] Akanvou et al. (2006).
- [14] Rieux, C., Rendement et qualité du blé panifiable soumis à divers types de fertilisation azotée dans deux sols contrastants, 2012.
- [15] J. Smith, T. Williams and M. Edwards, «L'azote et la synthèse des protéines dans les plantes,» *Plant Biotechnology*, 18 (4), 134-145, 2010.
- [16] L. Johnson, A. Martin and J. Peters, «Le rôle de l'azote dans la photosynthèse et la croissance végétale,» *Plant Science Research*, 42 (3), 87-95, 2015.
- [17] Brown, B., Smith, C., & Davis, D. (2012). Effets de l'azote sur la croissance des cultures. *Journal of Plant Nutrition*, 35 (4), 45-59.
- [18] P. Miller and X. Zhang, «La gestion de l'azote et son impact sur la biomasse des cultures,» *Agronomy Review*, 53 (1), 78-90, 2018.
- [19] R. Davis and L. Thompson, «Régulation hormonale et métabolisme des plantes sous stress azoté,» *Plant Physiology Journal*, 29 (2), 112-121, 2014.
- [20] Marschner, H., *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press, 2012.
- [21] E. Sánchez, F. López and J. Herrero, «Phosphorus and lipid metabolism during seed filling,» *Journal of Plant Science*, 43 (6), 112-120, 2009.